

EnEV und NEH: Konsequenzen für die Planung

1. Einführung: Integrierte Planung – Eine Anforderung der Energieeinsparverordnung

In den vergangenen Jahren wurde von den Autoren auf die Notwendigkeit einer integrierten Planung aller am Bau Beteiligten deutlich hingewiesen. Die zwischenzeitlich am Kronsberg gewonnenen Ergebnisse bestätigen diese Forderung. Die neue Energieeinsparverordnung, die seit dem 16. November 2001 veröffentlicht ist und am 01. Februar 2002 in Kraft getreten ist, setzt eine solche integrierte Planung zwingend voraus.

Als Hauptanforderung wird in der neuen Energieeinsparverordnung der maximale Primärenergiebedarf eines Gebäudes begrenzt. Es ist daher erforderlich, die Gebäude- und Anlagenspezifischen Einflüsse auf den Primärenergiebedarf nicht getrennt sondern als integrative Systemlösung für das Tripel Nutzer – Gebäude – Technik ganzheitlich zu betrachten.

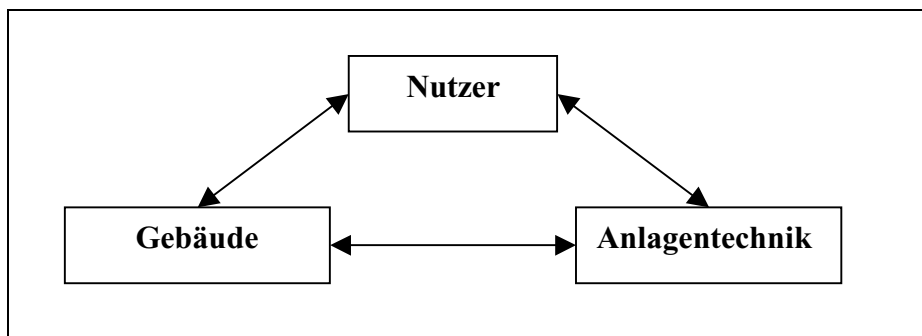


Bild 1: Nutzer, Gebäude, Anlagentechnik

Aus diesem Grund ist eine Zusammenarbeit von Architekt und Fachplaner schon im Vorentwurfsstadium erforderlich.

In Bild 2 sind die einzelnen Einflüsse auf den Primärenergiebedarf eines Gebäudes dargestellt. Aus dieser Primärenergiebetrachtung ergibt sich eine unmittelbare Abhängigkeit von Gebäude- und Anlagentechnik mit neuen Freiheitsgraden für die Gebäudeplanung. So kann zum Beispiel ein aus gestalterischen Gründen ungünstiges A/V Verhältnis (unter dem A/V_e Verhältnis versteht man das Verhältnis der Wärmeübertragenden Umfassungsfläche zum Gebäudevolumen) durch eine technisch hochwertige Heizungsanlage kompensiert werden. Leider wird nach dem derzeitigen Diskussionsstand der Grenzwert für den zulässigen Primärenergiebedarf ähnlich wie bei der momentan gültigen Wärmeschutzverordnung in Abhängigkeit vom A/V Verhältnis des Gebäudes angegeben, so dass das Bauen in kompakter energiesparender Bauform nicht honoriert wird.

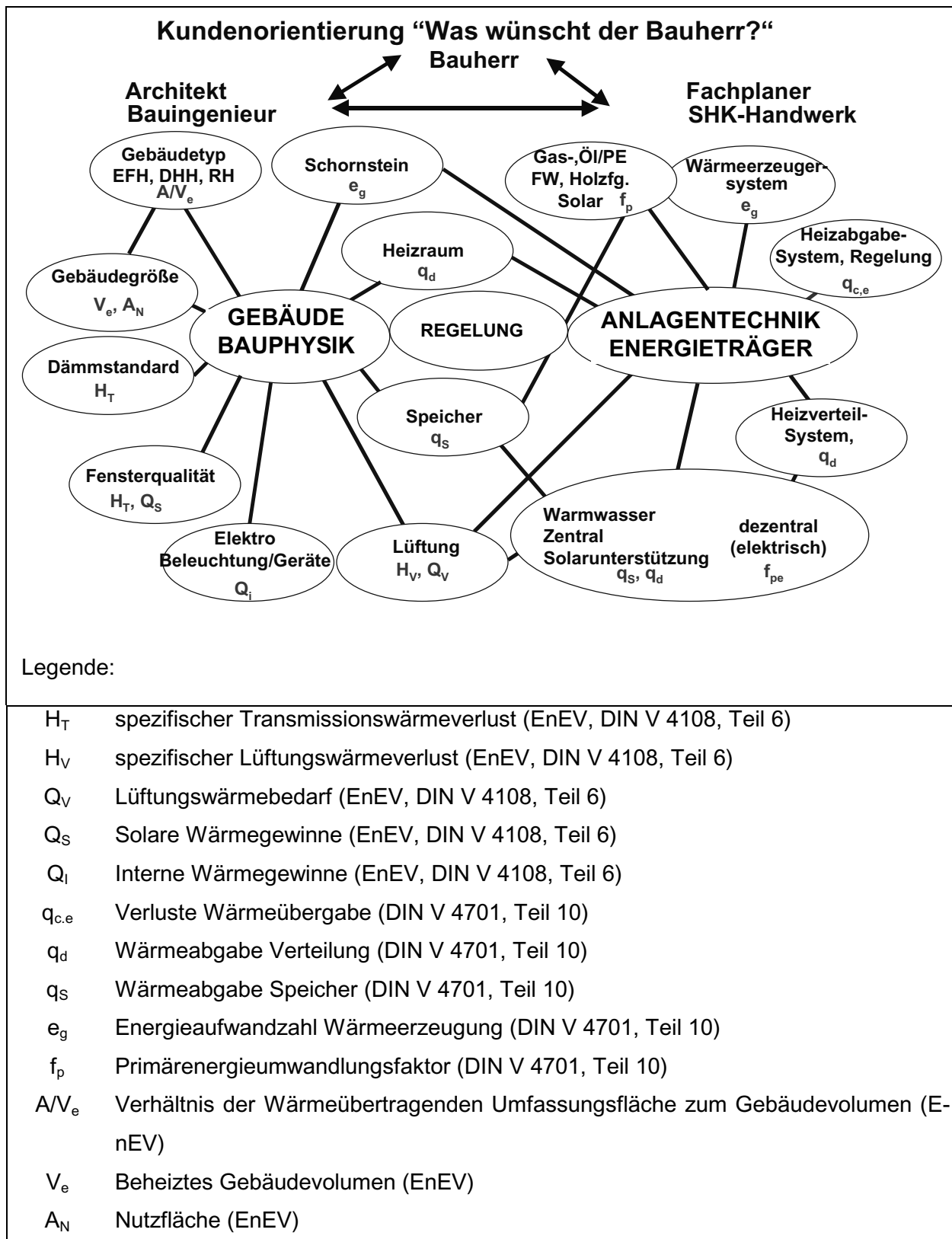


Bild 2: Energiebilanz

2. Checklisten und Regeln für den Planungs- und Bauablauf

Um das Anforderungsniveau der zukünftigen EnEV zu erfüllen, ist es unbedingt notwendig, eine konsequente Systematik in allen Planungs- und Ausführungsphasen eines Neubau- oder Modernisierungsobjektes einzuhalten. Die Voraussetzungen für einen energiesparenden Betrieb werden damit geschaffen. Der Nutzer sowie dessen frühzeitige Information und Aufklärung spielen eine weitere zentrale Rolle. Checklisten zu den einzelnen Aufgabenfeldern mit Angabe der zu beeinflussenden Energiekennwerte stellen eine wertvolle Hilfe dar. Bild 3 gibt einen Überblick als Checkliste für den gesamten Planungs- und Bauablauf. Wie Bild 3 zeigt, liegen gerade in den frühen Phasen der Vor- und der Entwurfsplanung die wichtigsten Entscheidungen über die Energieeinsparpotentiale. Falsche Entscheidungen in diesem Planungsstadium können später nicht mehr korrigiert werden.

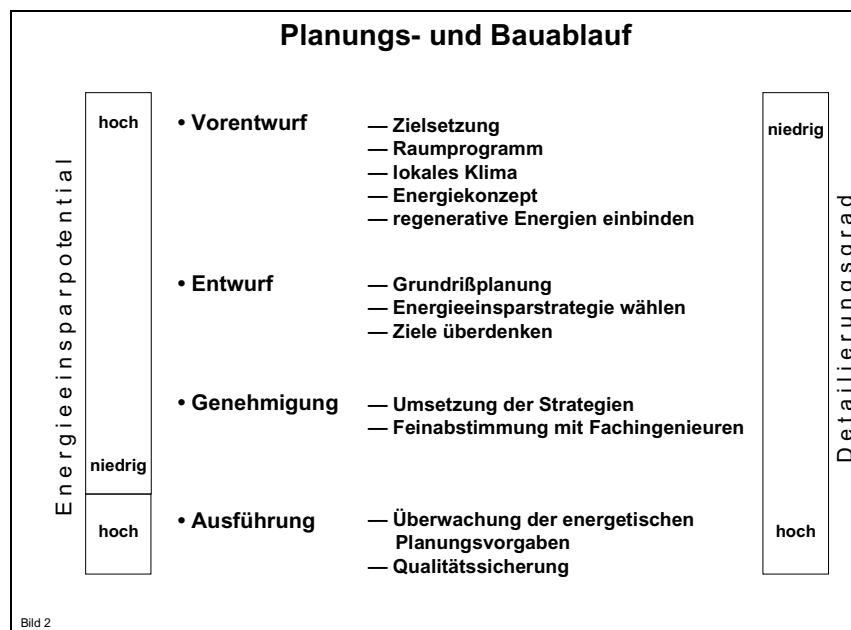


Bild 3: Planungs- und Bauablauf

2.1. Grundlagenermittlung: Primärenergieeinsatz für Gebäude- und Anlagentechnik

Mit der Zielsetzung, die CO₂-Emissionen und den Primärenergieeinsatz zu reduzieren, spielen bei der Konzeption eines neuen Gebäudes die für die Versorgung eingesetzten Energieträger eine ausschlaggebende Rolle. Hier werden in der zukünftigen EnEV auch die im Gebäude eingesetzten elektrischen Hilfsenergien der Anlagentechnik mit in die Primärenergiebewertung einbezogen.

Die für die Energieeinsparverordnung festgelegte Primärenergiebewertung einzelner Energieträger (Tabelle 1) unterscheidet sich durchaus von anderen europäischen Ländern. Es ist abzuwarten, ob im Rahmen der europäischen Harmonisierung der Gesetzgebung und der begleitenden Normung diese Werte beibehalten werden können. Die Primärenergiefaktoren berücksichtigen die zusätzlichen Energiemengen, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweilig eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Für Nah- und Fernwärmeversorgungssysteme (so auch für die Nahwärmeversorgung der Kronsberg-Siedlung) berechnet sich der Primärenergiefaktor nach folgender Berechnungsvorschrift:

$$f_{PE,WV} = \frac{\sum_j Q_{Br,j} \cdot f_{PE,Br,j} + (\Delta W_{KW,netto} - W_{HKW,netto}) \cdot f_{PE,EI}}{\sum_i Q_{H,i}}$$

Bedeutung der verwendeten Formelzeichen:

- $f_{PE,WV}$: Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung in kWh Primärenergie je kWh Heizenergie an der Gebäudehülle als Präzisierung zu den Pauschalvorgaben in Tabelle 1
- $Q_{H,i}$: Jahresheizenergie an der Übergabestelle zum Gebäude i in kWh/a, MWh/a oder GWh/a
- $Q_{Br,j}$: Jahresbrennstoffwärmebedarf aus dem fossilen Brennstoff j (z.B. Kohle, Heizöl, Erdgas) für die Wärmeerzeugerwerke (Heizwerke HW und Heizkraftwerke HKW) eines Wärmeversorgungssystems berechnet aus der Jahresmenge $m_{Br,j}$ und dem unteren Heizwert Hu_j : $Q_{Br,j} = m_{Br,j} \cdot Hu_j$ in kWh/a, MWh/a oder GWh/a
- $f_{PE,Br,j}$: Primärenergiefaktor des jeweiligen Brennstoffes j für HW und HKW unter Berücksichtigung der Vorkette nach Tabelle 1
- $\Delta W_{KW,netto}$: Arbeitsminderung eines großen Kondensations-Kraftwerkes (sog. Ohnehin-Kraftwerk) mit Fernwärmeauskopplung bei gleichem Brennstoffeinsatz wie im Kondensationsbetrieb und nach Abzug der elektrischen Pumparbeit für die Fernwärme-Transportleitung
- $W_{HKW,netto}$: Elektrische Jahresnettoarbeit der Heizkraftwerke des Wärmeversorgungssystems nach Abzug des elektrischen Heizkraftwerkseigenbedarfs und der Antriebsenergie für den Heiznetzbetrieb (Umwälzung, Druckhaltung) in kWh/a, MWh/a oder GWh/a
- $f_{PE,EI}$: Primärenergiefaktor der Strombereitstellung nach Tabelle 1

Die in Tabelle 1 angegebenen Primärenergiefaktoren für Nah-/Fernwärme sind typisch für durchschnittliche Wärmeerzeugungsanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung.

Energieträger		Primärenergiefaktoren
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
Nah/ Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	3

Tabelle 1: Primärenergiebewertung nach DIN V 4701, T10 (begleitende Norm zur Energieeinsparverordnung)

Umstritten ist weiterhin die Primärenergiebewertung von Holz- und Festbrennstoffen. Der Entwurf der EnEV definiert den Begriff erneuerbare Energien als „Energien zu Heizzwecken, zur Warmwasserbereitung oder zur Lüftung von Gebäuden eingesetzte und im räumlichen Zusammenhang dazu gewonnene Solarenergie, Umweltwärme, Erdwärme und Biomasse“. In Fachkreisen wird derzeit kontrovers diskutiert, ob der Brennstoff Holz (Holzpellets, Stückholz) als Biomasse im Sinne der Verordnung angesehen werden kann.

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, hat die Wahl des Energieträgers einen maßgeblichen Einfluss auf den Primärenergieverbrauch eines Gebäudes und nimmt somit Einfluss auf die erforderliche Qualität der Anlagen- und Gebäudetechnik.

Bild 4 gibt eine Rangliste für die in der Grundlagenermittlung zu berücksichtigenden Einflussfaktoren, v.a. auch bei der Inanspruchnahme von staatlichen Fördermaßnahmen.

Regenerative Energien sollten dabei für die langfristige Versorgung mit an erster Stelle stehen, obwohl ihr kurzfristiger Beitrag nicht überschätzt werden darf.

Rangliste von Energieträgern

Zeitschiene	2000	Fossile Energieträger	gasförmig	Erdgas	Förderung
			flüssig	Erdöl	
			fest	Steinkohle Braunkohle	
		Regenerative Energien	Sonne direkt	Solarstrom Sonnenwärme	
			indirekt	Wind Wasser Biomasse, -gas Umweltwärme Wasserstoff	
	2050		Geothermie		

Bild 4: Rangliste von Energieträgern

2.2. Die wichtigsten Anforderungen der EnEV

Bei der zukünftigen Gebäudeplanung wird die Energieeinsparverordnung eine zentrale Rolle einnehmen.

Der Entwurf der Energieeinsparverordnung stützt sich auf zwei begleitende Normen: Die DIN 4108-6 und die DIN 4701-10.

Dabei stellt die Energieeinsparverordnung im wesentlichen zwei Forderungen:

Begrenzung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes (Hauptanforderung)

Das Anforderungsniveau der EnEV ist in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis bei zentraler Warmwasserbereitung für typische Bereiche nutzflächenabhängig in Bild 5 dargestellt.

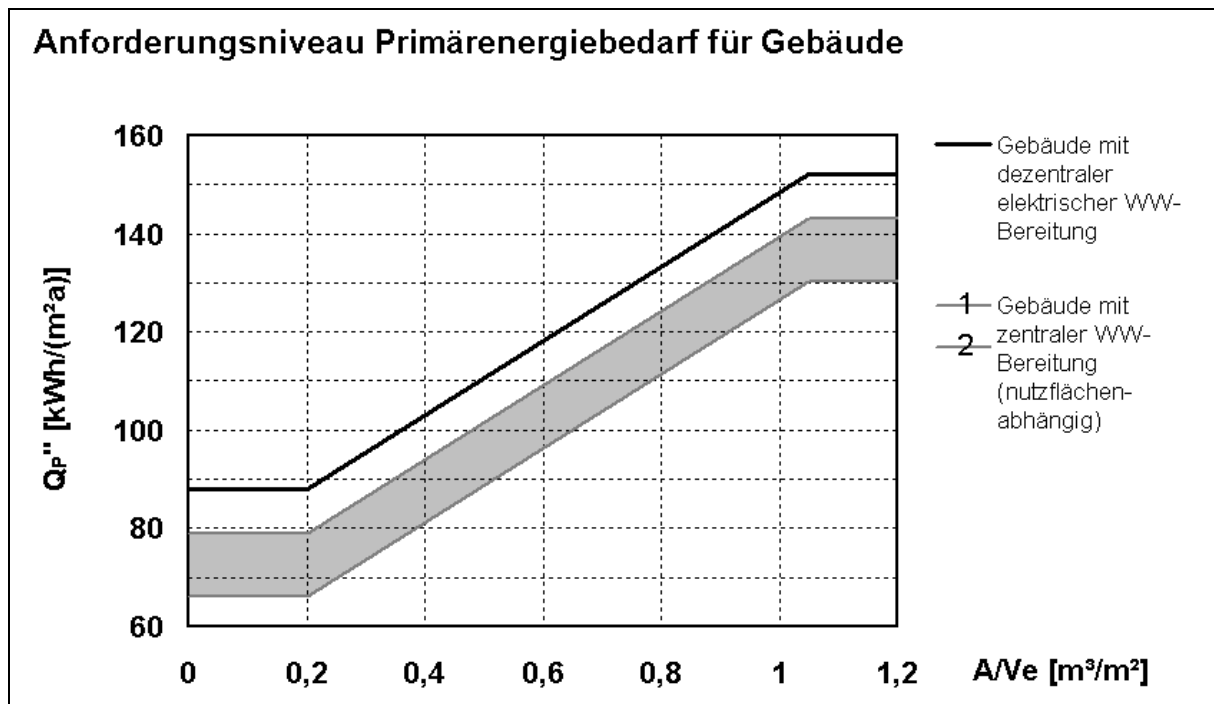


Bild 5: Anforderungsniveau nach EnEV

Wie aus Bild 6 hervorgeht, ist für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs das Zusammenwirken der beiden Normen DIN V 4701, Teil 10 und DIN V 4108, Teil 6 bzw. das vereinfachte EnEV-Verfahren erforderlich.

Aus DIN V 4108, Teil 6 (Monatsbilanzverfahren) oder dem vereinfachten Verfahren nach EnEV wird der Heizwärmebedarf Q_h errechnet, während nach DIN V 4701, Teil 10 die sogenannte Anlagenaufwandzahl e_p ermittelt wird. Auf welche Weise diese Anlagenaufwandzahl ermittelt werden kann, wird in Kapitel 2.4 beschrieben.

Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmebedarfs bezogen auf die Wärmeübertragende Umfassungsfläche (Nebenanforderung).

Dieser Wert kann mit Hilfe der Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile und der Wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach DIN V 4108, Teil 6 sowie weiterer in Bezug genommener Normen oder nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der EnEV Anhang 1 ermittelt werden. Auf den Berechnungsgang soll im einzelnen jedoch nicht näher eingegangen werden (siehe Editionen BfB)

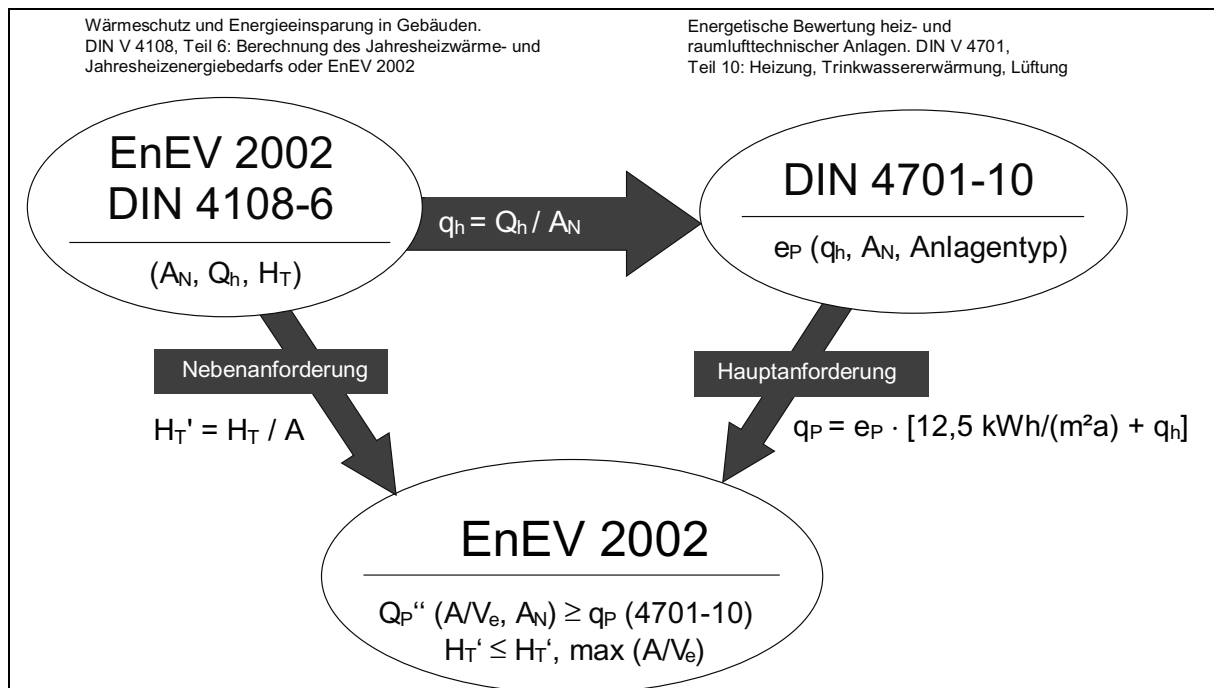


Bild 6: EnEV 2002 in Zusammenspiel mit den begleitenden Normen

2.3. Vorplanung: Energieträger und Versorgungskonzept festlegen (Entscheidung für Solartechnik, zentralen Speicher, multifunktionalen Schornstein, Lüftungstechnik)

In der Vorplanungsphase sind wichtige Entscheidungen hinsichtlich des Energie- und Versorgungskonzeptes und in der Wahl der eingesetzten Energieträger zu treffen. In Bild 7 sind die Pro- und Contra Argumente der einzelnen Versorgungsalternativen aufgeführt. Zu berücksichtigen sind Fern- und Nahwärmesysteme mit Kraft-Wärme-Kopplung, Erdgas- und Ölheizungssysteme, Holzheizungen und zukünftig auch wieder in verstärktem Maße Wärmepumpenanlagen, elektrische Heizsysteme und Solaranlagen.

Eine wichtige und grundsätzliche Entscheidung ist hierbei, ob man sich für eine leitungsgebundene Energieform wie Erdgas oder Fernwärme entscheidet oder für eine nicht leitungsgebundene Energieversorgung wie z. B. Heizöl und oder Holz. Bei einer Entscheidung für Heizöl und oder Holz wird in der Regel auch ein Heizraum erforderlich sein, da auch Lagerkapazität für den Brennstoff mit eingeplant werden muss. Der Vorteil bei dieser Versorgungsvariante liegt u.a. in der Unabhängigkeit beim Brennstoffeinkauf.

Einsatz	Ist ein Heizraum vorgesehen? - Verluste außerhalb der gedämmten Hülle Soll eine Option bestehen?
Eignung und Dimensionierung	Ist die Art (die Lage, die Größe) des Heizraums auf das Heizsystem abgestimmt?
Funktionalität	Kann der Heizraum gleichzeitig oder/und später für andere Verwendungen genutzt werden?

Bild 9: Heizraum

Für die zentrale Warmwasserbereitung ist optional der Einsatz einer Solaranlage zu empfehlen. Es sollte jedoch auf keinen Fall für eine eventuelle spätere Solarnutzung sofort ein größerer Speicher eingesetzt werden. Diese Überdimensionierung würde zu erheblichen Verlusten führen und wäre energetisch falsch.

Grundsätzlich ist beim Einsatz von Solarthermie zur Trinkwarmwasserbereitung eine genaue energetische Betrachtung durchzuführen, da es bei ungünstigen Randbedingungen zu einem Mehrverbrauch an Primärenergie kommen kann.

Felduntersuchungen des Institutes für Heizungs- und Klimatechnik der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel haben ergeben, dass besonders das Nutzerprofil eine entscheidende Rolle für den energetischen Nutzen einer Solaranlage hat. So kann der Einsatz einer Solaranlage bei einem ungünstigen Nutzerprofil im Zusammenspiel mit Fehlern bei der Anlagendimensionierung sowie bei der Regelung von Komponenten unterschiedlicher Hersteller zu einem höheren Primärenergieverbrauch führen, als eine einfache Warmwasserbereitung mit fossilen Brennstoffen. Gründe hierfür sind ein erhöhter Aufwand an Hilfsenergie, erhöhte Wärmeverluste durch eine größere Zahl von Anschlüssen und erhöhte Auskühlverluste durch das größere Volumen des Solarspeichers.

Notwendigkeit	Ist ein zentraler Speicher notwendig? Soll eine Option bestehen?
Eignung	Ist die Art (das Material, die Anordnung) des zentralen Speichers auf das Heizsystem und das Gebäude abgestimmt?
Dimensionierung	Sind die Größe und Anzahl an den Wärmebedarf und die Nutzergewohnheiten angepaßt?
Funktionalität	Kann das Speichersystem ohne großen Aufwand erweitert bzw. verändert werden?
Dauerhaftigkeit	Kann die Lebensdauer der Konstruktion und Materialien ausgedehnt werden?

Bild 10: Zentraler Speicher

2.4. Entwurfsplanung: Optimierung des Wechselspiels Gebäude und Anlagentechnik

Mit dem Einstieg in die Entwurfsplanung sollten Architekt und Fachplaner/ Heizungsfachmann gemeinsam prüfen, ob der Gebäudeentwurf mit den Eckdaten:

- A/V_e -Verhältnis
- beheizte Nutzfläche A_N
- spezifischer Heizwärmebedarf q_h
- vorgesehene Anlagentechnik

die Anforderungen des Gesetzgebers erfüllt, oder ob Änderungen am Baukörper bzw. am Anlagensystem vorzunehmen sind. Hierfür muss mit Hilfe der Berechnungsverfahren nach EnEV (vereinfachtes Heizperiodenbilanzverfahren) oder nach dem Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108, Teil 6 sowie nach DIN V 4701, Teil 10 der Primärenergiebedarf ermittelt werden.

2.4.1 Berechnung des Jahres- Primärenergiebedarfs nach EnEV

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p für Wohngebäude errechnet sich vereinfacht aus der Summe von Jahres-Heizwärmebedarf Q_h nach dem vereinfachten Verfahren der EnEV oder nach dem ausführlichen Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108, Teil 6 und dem Jahres-Warmwassernutzwärmebedarf Q_w (Standardwert $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) multipliziert mit der Anlagenaufwandzahl e_p nach DIN V 4701 Teil 10.

$$Q_p = (Q_h + Q_w) \cdot e_p \quad (1)$$

Die DIN 4701 T10 erlaubt die Berechnung der Anlagenaufwandzahl beliebig spezifizierter Anlagenkombinationen. Zur Ermittlung der Anlagenaufwandzahl e_p und des Primärenergiebedarfs Q_p stehen drei Verfahren zur Auswahl:

Diagrammverfahren: Grafische Ermittlung der Anlagen-Aufwandzahl e_p und des Endenergiebedarfs anhand von Aufwandzahl-Diagrammen für Standardwerte in Abhängigkeit vom flächenbezogenen Heizwärmebedarf q_h und der beheizten Nutzfläche A_N . Die Anlagen-Aufwandzahlen werden in der Norm exemplarisch für sechs gängige Anlagensysteme dargestellt. Weitere Systeme werden zukünftig in Beiblättern zu dieser Norm behandelt.

Tabellenverfahren:

Wenn ein Gerät der Anlage noch nicht festgelegt ist, werden Kennwerte für Standardprodukte angeboten. Diese Standardwerte können immer verwendet werden, sie orientieren sich aber am unteren energetischen Durchschnitt des Marktniveaus und führen damit in der Regel nicht zu den besten, das heißt geringsten Anlagen-Aufwandzahlen.

Detaillierte Verfahren:

Wenn Kennwerte von konkreten Produkten vorliegen (z. B. die Wärmeerzeuger-Aufwandzahl des Kessels x der Firma y , berechnet nach den Randbedingungen und Vorgaben der Norm oder vorgegeben durch Produktunterlagen), können diese Kennwerte anstelle der Standardwerte verwendet werden. Dadurch ergeben sich in der Regel bessere Anlagen-Aufwandzahlen, da die Standardwerte sich am unteren Marktniveau orientieren. Es ist alternativ auch möglich, nur für einzelne Stufen der Wärmebereitstellung das detaillierte Berechnungsverfahren zu verwenden und für die anderen Stufen das Tabellenverfahren mit Standardwerten anzuwenden. Um „auf der sicheren Seite zu liegen“, empfiehlt es sich im frühen Vor- und Entwurfsplanungsstadium nur Standardwerte zu verwenden.

2.4.1. Vereinfachtes Nachweisverfahren gemäß EnEV 2002

Im frühen Stadium der Entwurfsplanung wird sicherlich zunächst nur das Diagrammverfahren zur Anwendung kommen. Wie man die Anlagenaufwandzahl und den Primärenergiebedarf ermittelt, soll anhand des folgenden Beispiels dargestellt werden.

Beispiel: Der Architekt hat nach DIN 4108-6 ein q_h von 50 kWh/(m²a) für ein Wohngebäude von $A_N = 150$ m² ermittelt. Das A/V-Verhältnis des Gebäudes beträgt 0,7 m⁻¹. Mit Hilfe des Diagramms für Anlagentyp 1 (NT-Kessel, zentrale WW-Bereitung, Aufstellung im unbeheizten Bereich) (Bild 11) ergibt sich eine Anlagenaufwandzahl von $e_p = 1,89$.

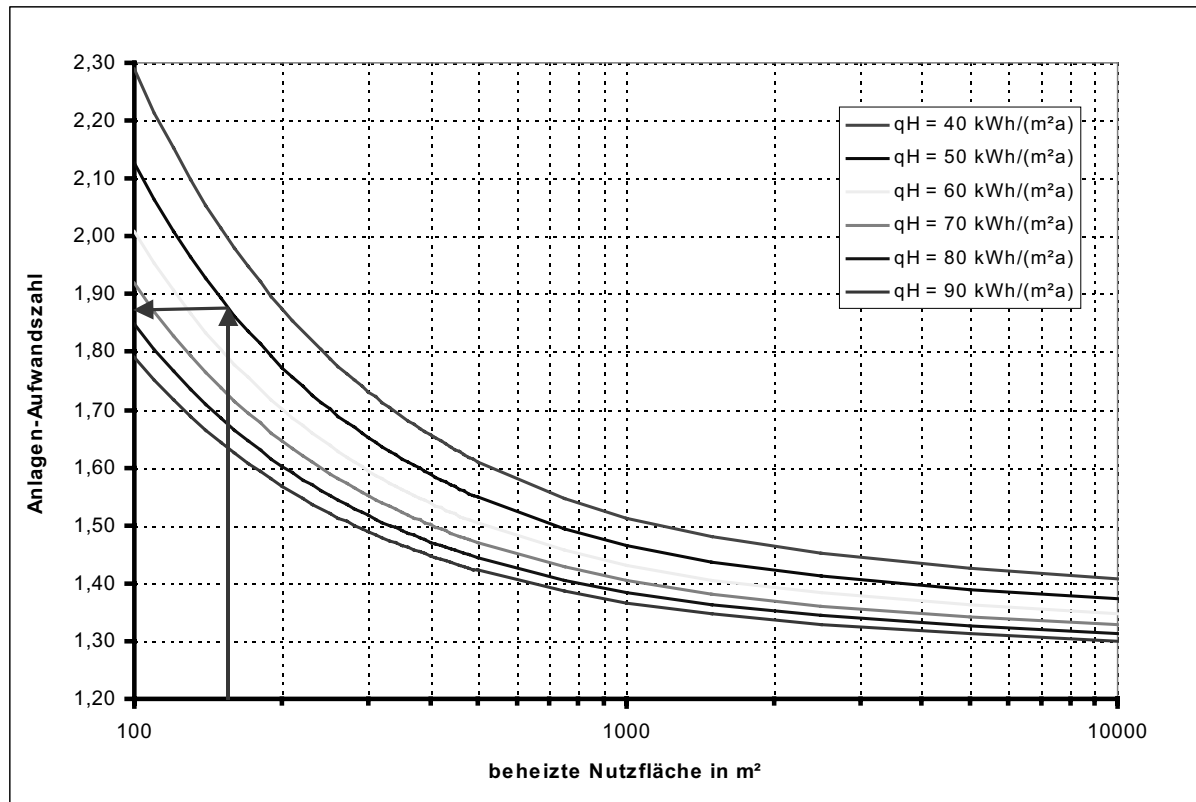


Bild 11: Anlagentyp 1- Niedertemperatur Kessel mit Gebäudezentraler Trinkwassererwärmung

Nun kann der Primärenergiebedarf ermittelt werden und bezogen auf die Nutzfläche mit dem Anforderungsniveau der EnEV verglichen werden.

$$q_P = e_p \cdot (q_h + q_{tw}) \quad \text{mit } q_{tw} = 12,5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

$$q_P = 1,89 \cdot (50 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} + 12,5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}) = \underline{118,12 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}}$$

Für das beschriebene Gebäude mit zentraler Trinkwarmwasserbereitung und einem A/V-Verhältnis von 0,7 m⁻¹ wird der Primärenergiegrenzwert nach EnEV wie folgt berechnet:

$$Q_p'' = 103,64 + 2600 / (100 + A_N) \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$$

$$Q_p'' = 103,64 + 2600 / (100 + 150) \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$$

$$Q_p'' = \underline{114 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}}$$

Die Hauptanforderung nach EnEV wird nicht eingehalten.

Zum Erreichen des geforderten Niveaus gibt es zwei Möglichkeiten:

- a) Der Dämmstandard wird erhöht
- b) Einsatz besserer Anlagentechnik

Es wird der Anlagentyp 2 (Brennwertkessel, sonst wie Anlagentyp 1) nach Anhang D der DIN 4701-10 gewählt: Die Ablesung in Bild 12 ergibt eine Anlagenaufwandzahl $e_p=1,75$. Daraus folgt ein Primärenergiebedarf von:

$$q_p = 1,75 * (50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})) = 109,37 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Die Hauptanforderung nach EnEV wird eingehalten.

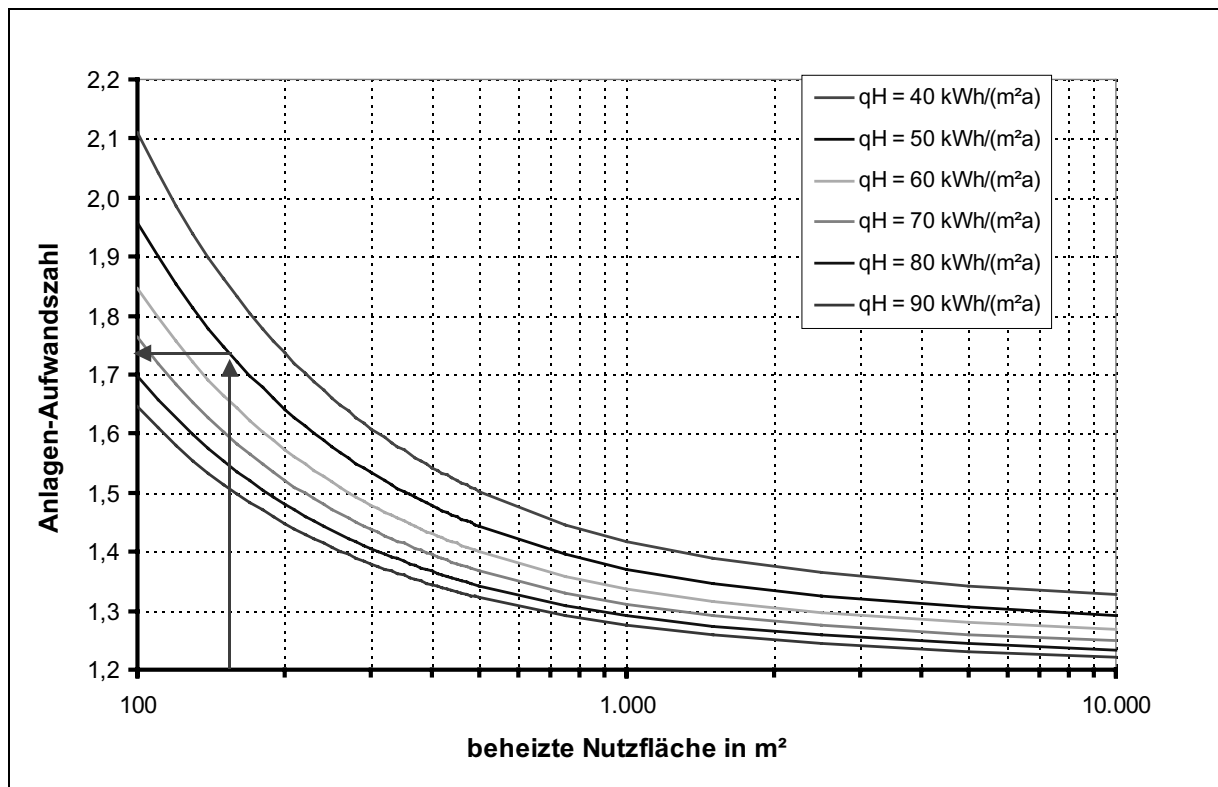


Bild 12: Anlagentyp 2- Brennwertkessel mit Gebäudezentraler Trinkwassererwärmung

Um das Zusammenspiel zwischen Gebäude- und Anlagentechnik sichtbar zu machen und gleichzeitig Architekt und Anlagenplaner die Variationsmöglichkeiten aufzuzeigen, wurden von den Autoren die Diagramme zur Berechnung von 5 Anlagentypen (DIN 4701 T10, Anhang C.5) so weiterentwickelt, dass der maximal zulässige Heizwärmebedarf $q_{h,max}$ nach dem vereinfachten Verfahren der EnEV bzw. dem Monatsbilanzverfahren der DIN 4108-6 in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis und der Gebäudenutzfläche A_N dargestellt wird. Gemeinsam mit dem in Tabelle 2 angegebenen Anforderungsniveau in Abhängigkeit vom A/V Verhältnis können Architekt und Fachplaner überprüfen, ob die festgelegten Gebäudeeckdaten dem Anforderungsniveau entsprechen oder ob Änderungsbedarf besteht. Auf diese Weise kann schnell ermittelt werden, welche Einsparpotentiale durch einzelne Optimierungsmaßnahmen sowohl am Baukörper als auch in der Anlagentechnik erschlossen werden können.

Variationsrechnungen mit verschiedenen anlagentechnischen und gebäudetechnischen Systemen sind mit geringem Zeitaufwand schnell möglich. Beim oben behandelten Beispiel kann aus Tabelle 2 auf einen Blick abgelesen werden, dass für Anlagentyp 2 ein maximaler Heizwärmebedarf von $q_h = 54,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ zulässig ist.

Durch die direkte Angabe des maximal zulässigen Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit von Nutzfläche und A/V-Verhältnis für verschiedene Anlagenkonfigurationen, ohne den Umweg über die Energieaufwandzahl, ergibt sich nach Meinung der Autoren eine deutliche Arbeitserleichterung gegenüber den Auswahl diagrammen in Anhang C.5 der DIN V 4701, Teil 10.

In den Spalten A bis E der Tabelle 2 werden folgende Werte Dargestellt:

- Spalte A: Primärenergiebedarfswerte bei dezentraler (elektrischer Warmwasserbereitung)
- Spalte B: In Spalte B ist der sich aus der Nebenanforderung der sich aus der Nebenanforderung der EnEV ergebende Grenzwert für den Transmissionswärmebedarf angegeben ($Q_T' = H_T' \cdot A/A_N \cdot 66 \text{ kWh/a}$)
- Spalte C: H_T' Spezifischer Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Wärmeübertragende Umfassungsfläche
- Spalte D: Q_P' Jahresprimärenergiebedarf bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen für Nichtwohngebäude
- Spalte E: Q_T' Transmissionswärmebedarf für Nichtwohngebäude

A _w in m ²	Primärenergieanforderung Q _p '' in kWh/(m ² a); Q _p ' in kWh/(m ³ a) nach EnEV											V _e	A _N	E) Q _T ''		
	100 m ²	150 m ²	200 m ²	300 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	1500 m ²	2500 m ²	5000 m ²	10000 m ²				A) dez.	B) Q _T ''
AN _ε =0,2	79,0	76,4	74,7	72,5	70,3	69,1	68,4	67,6	67,0	66,5	66,3	80	43	1,05	14,72	46,00
AN _ε =0,3	86,5	83,9	82,2	80,0	77,9	76,6	75,9	75,2	74,5	74,0	73,8	88	51	0,83	17,13	53,53
AN _ε =0,4	94,1	91,5	89,7	87,6	85,4	84,1	83,4	82,7	82,1	81,6	81,3	95	60	0,73	19,54	61,06
AN _ε =0,5	101,6	99,0	97,3	95,1	92,9	91,6	90,9	90,2	89,6	89,1	88,8	103	68	0,66	21,85	68,28
AN _ε =0,6	109,1	106,5	104,8	102,6	100,4	99,2	98,5	97,7	97,1	96,6	96,4	110	77	0,62	24,36	76,13
AN _ε =0,7	116,6	114,0	112,3	110,1	108,0	106,7	106,0	105,3	104,6	104,2	103,9	118	85	0,59	26,77	83,66
AN _ε =0,8	124,2	121,6	119,8	117,7	115,5	114,2	113,5	112,8	112,2	111,7	111,4	125	92	0,56	29,18	91,19
AN _ε =0,9	131,7	129,1	127,4	125,2	123,0	121,8	121,1	120,3	119,7	119,2	119,0	133	100	0,54	31,59	98,72
AN _ε =1,0	139,2	136,6	134,9	132,7	130,6	129,3	128,6	127,9	127,2	126,7	126,5	140	109	0,53	34,00	106,25
AN _ε =1,05	143,0	140,4	138,7	136,5	134,3	133,1	132,4	131,6	131,0	130,5	130,3	144	113	0,52	35,21	110,03

Nichtwohngebäude

q _{h,max}	Anlage 1: Niedertemp.kessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung											dez.	Q _T ''	H _T '
A _w in m ²	100 m ²	150 m ²	200 m ²	300 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	1500 m ²	2500 m ²	5000 m ²	10000 m ²			
AN _ε =0,2	7,6	16,6	21,0	25,1	28,4	30,0	30,8	31,6	32,3	33,0	33,6	80,0	43,3	1,05
AN _ε =0,3	13,5	22,6	27,0	31,2	34,5	36,2	37,1	37,8	38,5	39,3	39,9	87,5	51,4	0,83
AN _ε =0,4	19,4	28,6	33,1	37,3	40,7	42,4	43,3	44,1	44,8	45,6	46,3	95,1	60,2	0,73
AN _ε =0,5	25,3	34,6	39,1	43,4	46,8	48,6	49,5	50,3	51,1	51,9	52,6	102,6	68,1	0,66
AN _ε =0,6	31,3	40,6	45,1	49,5	53,0	54,7	55,7	56,5	57,4	58,2	58,9	110,1	76,7	0,62
AN _ε =0,7	37,2	46,6	51,2	55,6	59,1	60,9	61,9	62,8	63,6	64,6	65,3	117,6	85,2	0,59
AN _ε =0,8	43,1	52,6	57,2	61,7	65,3	67,1	68,1	69,0	69,9	70,9	71,6	125,2	92,4	0,56
AN _ε =0,9	49,1	58,6	63,3	67,8	71,4	73,3	74,3	75,3	76,2	77,2	78,0	132,7	100,2	0,54
AN _ε =1,0	55,0	64,6	69,3	73,9	77,6	79,5	80,5	81,5	82,4	83,5	84,3	140,2	109,3	0,53
AN _ε =1,05	58,0	67,6	72,3	76,9	80,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,5	144,0	112,6	0,52

in der ungedämmten Hülle

q _{h,max}	Anlage 2: Brennwertkessel mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung											dez.	Q _T ''	H _T '
AN in m ²	100 m ²	150 m ²	200 m ²	300 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	1500 m ²	2500 m ²	5000 m ²	10000 m ²			
AN _ε =0,2	12,6	21,4	25,6	29,5	32,5	33,9	34,7	35,3	35,8	36,5	37,0	80,0	43,3	1,05
AN _ε =0,3	19,1	28,0	32,1	36,1	39,1	40,6	41,4	42,0	42,6	43,2	43,7	87,5	51,4	0,83
AN _ε =0,4	25,6	34,5	38,7	42,7	45,7	47,3	48,0	48,7	49,3	50,0	50,5	95,1	60,2	0,73
AN _ε =0,5	32,1	41,1	45,3	49,3	52,4	53,9	54,7	55,4	56,0	56,7	57,3	102,6	68,1	0,66
AN _ε =0,6	38,6	47,6	51,9	55,9	59,0	60,6	61,4	62,1	62,8	63,5	64,0	110,1	76,7	0,62
AN _ε =0,7	45,1	54,2	58,5	62,5	65,7	67,3	68,1	68,8	69,5	70,2	70,8	117,6	85,2	0,59
AN _ε =0,8	51,6	60,7	65,0	69,2	72,3	73,9	74,8	75,5	76,2	77,0	77,6	125,2	92,4	0,56
AN _ε =0,9	58,1	67,3	71,6	75,8	79,0	80,6	81,5	82,2	82,9	83,7	84,3	132,7	100,2	0,54
AN _ε =1,0	64,6	73,8	78,2	82,4	85,6	87,3	88,2	88,9	89,7	90,5	91,1	140,2	109,3	0,53
AN _ε =1,05	67,9	77,1	81,5	85,7	89,0	90,6	91,5	92,3	93,0	93,8	94,5	144,0	112,6	0,52

in der ungedämmten Hülle

q _{h,max}	Anlage 3: Brennwertkessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung											dez.	Q _T ''	H _T '
AN in m ²	100 m ²	150 m ²	200 m ²	300 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	1500 m ²	2500 m ²	5000 m ²	10000 m ²			
AN _ε =0,2	54,1	53,8	53,3	52,2	50,3	51,1	50,4	49,8	49,2	48,5	48,5	80,0	43,3	1,05
AN _ε =0,3	60,8	60,6	60,0	59,0	57,0	57,9	57,2	56,5	56,0	55,3	55,3	87,5	51,4	0,83
AN _ε =0,4	67,6	67,4	66,8	65,8	63,8	64,6	64,0	63,3	62,7	62,1	62,1	95,1	60,2	0,73
AN _ε =0,5	74,3	74,1	73,5	72,5	70,6	71,4	70,7	70,1	69,5	68,9	68,9	102,6	68,1	0,66
AN _ε =0,6	81,1	80,9	80,3	79,3	77,3	78,2	77,5	76,9	76,3	75,6	75,6	110,1	76,7	0,62
AN _ε =0,7	87,8	87,6	87,1	86,1	84,1	85,0	84,3	83,6	83,1	82,4	82,4	117,6	85,2	0,59
AN _ε =0,8	94,6	94,4	93,8	92,8	90,9	91,7	91,1	90,4	89,9	89,2	89,2	125,2	92,4	0,56
AN _ε =0,9	101,4	101,2	100,6	99,6	97,6	98,5	97,9	97,2	96,6	96,0	96,0	132,7	100,2	0,54
AN _ε =1,0	108,1	107,9	107,4	106,4	104,4	105,3	104,6	104,0	103,4	102,7	102,7	140,2	109,3	0,53
AN _ε =1,05	111,5	111,3	110,7	109,7	107,8	108,7	108,0	107,4	106,8	106,1	106,1	144,0	112,6	0,52

in der gedämmten Hülle

q _{h,max}	Anlage 4: Brennwertkessel + Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung											dez.	Q _T ''	H _T '
AN in m ²	100 m ²	120 m ²	150 m ²	170 m ²	200 m ²	250 m ²	300 m ²	350 m ²	400 m ²	450 m ²	500 m ²			
AN _ε =0,2	41,0	41,9	43,6	43,2	43,0	43,9	44,6	44,9	45,1	45,3	45,5	80,0	43,3	1,05
AN _ε =0,3	47,8	48,7	50,4	50,0	49,8	50,7	51,4	51,7	51,9	52,0	52,3	87,5	51,4	0,83
AN _ε =0,4	54,5	55,5	57,2	56,8	56,6	57,4	58,1	58,5	58,6	58,8	59,0	95,1	60,2	0,73
AN _ε =0,5	61,3	62,2	63,9	63,5	63,3	64,2	64,9	65,2	65,4	65,6	65,8	102,6	68,1	0,66
AN _ε =0,6	68,0	69,0	70,7	70,3	70,1	71,0	71,7	72,0	72,2	72,3	72,6	110,1	76,7	0,62
AN _ε =0,7	74,8	75,7	77,4	77,1	76,9	77,7	78,4	78,8	79,0	79,1	79,4	117,6	85,2	0,59
AN _ε =0,8	81,5	82,5	84,2	83,8	83,6	84,5	85,2	85,5	85,7	85,9	86,1	125,2	92,4	0,56
AN _ε =0,9	88,3	89,2	91,0	90,6	90,4	91,2	92,0	92,3	92,5	92,6	92,9	132,7	100,2	0,54
AN _ε =1,0	95,1	96,0	97,7	97,3	97,1	98,0	98,7	99,1	99,3	99,4	99,7	140,2	109,3	0,53
AN _ε =1,05	98,4	99,4	101,1	100,7	100,5	101,4	102,1	102,5	102,6	102,8	103,1	144,0	112,6	0,52

in der gedämmten Hülle

q _{h,max}	Anlage 5: Wärmepumpe mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung											dez.	Q _T ''	H _T '
AN in m ²	100 m ²	120 m ²	150 m ²	170 m ²	200 m ²	250 m ²	300 m ²	350 m ²	400 m ²	450 m ²	500 m ²			
AN _ε =0,2	53,8	54,9	57,1	56,2	55,6	56,6	57,5	57,9	58,0	58,1	58,4	80,0	43,3	1,05
AN _ε =0,3	64,7	65,8	68,1	67,2	66,5	67,5	68,5	68,8	68,9	69,0	69,4	87,5	51,4	0,83
AN _ε =0,4	75,6	76,7	79,0	78,1	77,4	78,4	79,4	79,7	79,8	80,0	80,3	95,1	60,2	0,73
AN _ε =0,5	86,6	87,6	89,9	89,0	88,3	89,4	90,3	90,6	90,7	90,9	91,2	102,6	68,1	0,66
AN _ε =0,6	97,5	98,5	100,8	99,9	99,3	100,3	101,2	101,5	101,7	101,8	102,1	110,1	76,7	0,62
AN _ε =0,7	108,4	109,4	111,7	110,8	110,2	111,2	112,1	112,4	112,6	112,7	113,0	117,6	85,2	0,59
AN _ε =0,8	119,3	120,4	122,6	121,7	121,1	122,1	123,0	123,3	123,5	123,6	123,9	125,2	92,4	0,56
AN _ε =0,9	130,2	131,3	133,5	132,6	132,0	133,0	133,9	134,2	134,4	134,5	134,8	132,7	100,2	0,54
AN _ε =1,0	141,1	142,2	144,4	143,5	142,9	143,9	144,8	145,2	145,3	145,4	145,7	140,2	109,3	0,53
AN _ε =1,05	146,6	147,6	149,9	149,0	148,4	149,3	150,3	150,6	150,8	150,9	151,2	144,0	112,6	0,52

in der ungedämmten Hülle

Tabelle 2: Berechnungstabellen für 5 Anlagentypen nach Anhang C.5, DIN V 4701, Teil 10

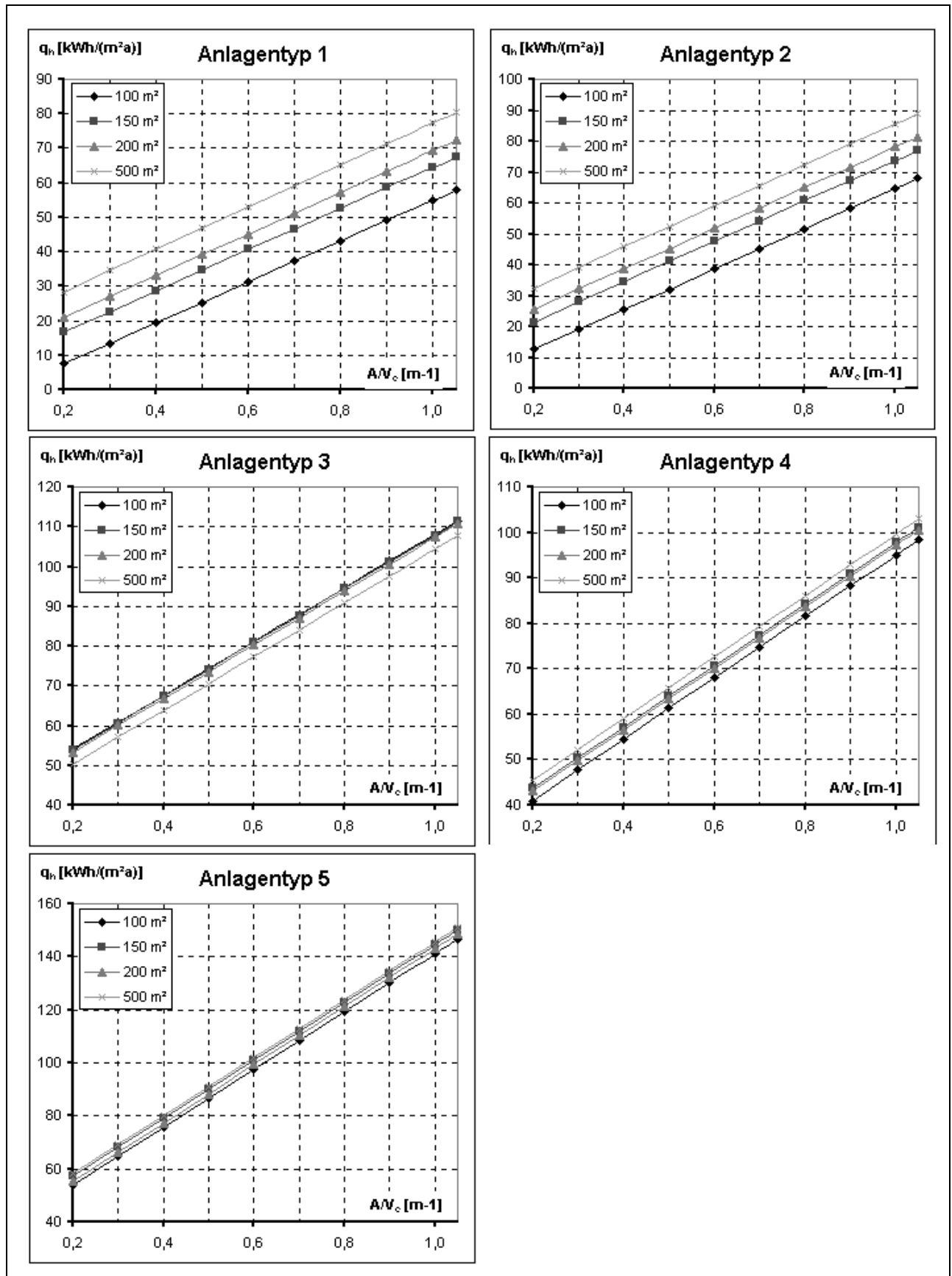


Bild 13: Berechnungsdiagramme für 5 Anlagentypen nach Anhang C.5, DIN V 4701, Teil 10

2.5. Genehmigungs- und Ausführungsplanung: Nachweis gemäß DIN-V-4108-6 und DIN-V-4701-10 (Detailliertes- oder Tabellenverfahren)

Während der Genehmigungs- und Ausführungsplanung sollte die endgültige Berechnung des Primärenergiebedarfs und die Erstellung des Energiebedarfsausweises durchgeführt werden. Dieser Energiebedarfsausweis muss die wesentlichen Ergebnisse der Berechnungen nach der EnEV, insbesondere die Werte des spezifischen Transmissionswärmeverlusts, des Endenergiebedarfs nach einzelnen Energieträgern und den Primärenergiebedarf enthalten. Wie dieser Energiebedarfsausweis im einzelnen gestaltet wird, liegt im Zuständigkeitsbereich der Bundesländer und kann unterschiedlich geregelt werden.

2.5.1. Konzepte für die Anlagentechnik

Für eine ganzheitliche Betrachtung von Gebäude- und Anlagentechnik in der Planungsphase und zur endgültigen Berechnung der Anlagenaufwandszahl müssen die nachstehend aufgeführten Informationen für den Nachweis nach der EnEV vorliegen:

- Aufstellungsort des Wärmeerzeugers
- Energieträger und Art des Wärmeerzeugungssystems
- Wärmeverteilsystem und Hilfsenergien
- Wärmeabgabesystem (Auslegungstemperaturen)
- Lüftungssystem
- System der Trinkwassererwärmung
- Regelungssystem

Beim Verfahren nach DIN V 4701, Teil 10 werden die Einzelbilanzierungen in der festgelegten Reihenfolge Trinkwarmwasser, Lüftungstechnik und Heizungsanlage durchgeführt. Auf diese Weise können zum Beispiel Verluste bei der Warmwasserbereitung der Heizungsanlage zum Teil als Gewinne gutgeschrieben werden, wenn diese innerhalb der gedämmten Gebäudehülle anfallen.

In der nachfolgenden Tabelle sollen die typischen Einsparpotentiale zur Primärenergieminderung einzelner anlagentechnischer Maßnahmen dargestellt werden.

Primärenergieminderung	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$
Brennwerttechnik versus NT-Technik	5...15
System weitgehend in der gedämmten Hülle	3...25
Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL)	
Abluftsysteme (z. T. bedarfsgeführt)	6...10
KWL mit Wärmerückgewinnung	15...20
Dezentrale elektronische Einzelraumregelung	1...2
Solare Warmwasserbereitung	12...20

Tabelle 3: Einsparpotentiale der Anlagentechnik

Die Berechnung der Anlagenaufwandszahl nach dem detaillierten Berechnungsverfahren wird in Zukunft nicht als aufwendige Handrechnung sondern mit Unterstützung von PC-Programmen durchgeführt werden. Entsprechende Software wird sicherlich mit Inkrafttreten der EnEV zur Verfügung stehen.

In diesem Kapitel soll der Schwerpunkt auf grundsätzliche Planungshinweise zu den Themen:

- Lüftungstechnik
- Wärmeverteilung und Systemtemperaturen
- Regelung

gelegt werden.

2.5.2. Lüftungstechnik

In hochwärmegedämmten Gebäuden (Gebäude nach EnEV 2002 errichtet) kann der Lüftungswärmebedarf über 50 % am Gesamtwärmebedarf betragen. Will man weitere Energieeinsparpotentiale erschließen, muss diese Thematik zwangsläufig näher betrachtet werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welchen Stellenwert die einzelnen Lüftungsvarianten:

- **Fensterlüftung**
- **Abluftanlage**
- **Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung**

unter energetischen Gesichtspunkten im Niedrigenergiehaus haben. Untersuchungen der (Prof. Dr. –Ing. Richter, Technische Universität Dresden) ergaben, dass aus energetischer Sicht die Fensterlüftung überraschenderweise allen anderen Lüftungsverfahren, einschließlich der Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung, überlegen ist. Nur bei hoher Gebäudedichtigkeit, sehr guten Wärmerückgewinnungseffekten, günstiger Ventilatorauswahl und optimalem Nutzerverhalten lässt sich diese Tendenz umkehren.

Diese rein energetische Betrachtungsweise berücksichtigt jedoch nicht die hygienischen bzw. bauphysikalischen Belange. Hier schneiden mechanische Lüftungsanlagen günstiger ab, da sie nutzerunabhängig arbeiten und so einen kontrollierten Luftwechsel gewährleisten. Der Entwurf der EnEV schreibt keines der oben genannten Lüftungssysteme zwingend vor, es wird lediglich gefordert, dass das Gebäude so ausgeführt wird, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt wird. Werden mechanische Lüftungsanlagen eingesetzt, so müssen sie einstellbar und leicht regulierbar sein sowie im geschlossenen Zustand der folgenden Tabelle genügen.

Zeile	Anzahl der Vollgeschosse	Klasse der Fugendurchlässigkeiten nach DIN EN 12 207 – 2000-6
1	bis zu 2	2
2	mehr als 2	3

Tabelle 4: Klasse der Fugendurchlässigkeit von außenliegenden Fenstern, Fenstertüren und Dachflächenfenstern

Dieses gilt nicht für Lüftungsanlagen mit selbsttätig regelnden Außenluftdurchlässen, die so ausgeführt sind, dass der Regelvorgang bei einer Druckdifferenz von 10 Pa beginnt und der Außenluftvolumenstrom im Bereich von 15 Pa bis 100 Pa zu einem Luftwechsel des Gebäudes von höchstens $0,3 \text{ h}^{-1}$ führt.

Empfehlungen für den Einsatz des Lüftungssystems

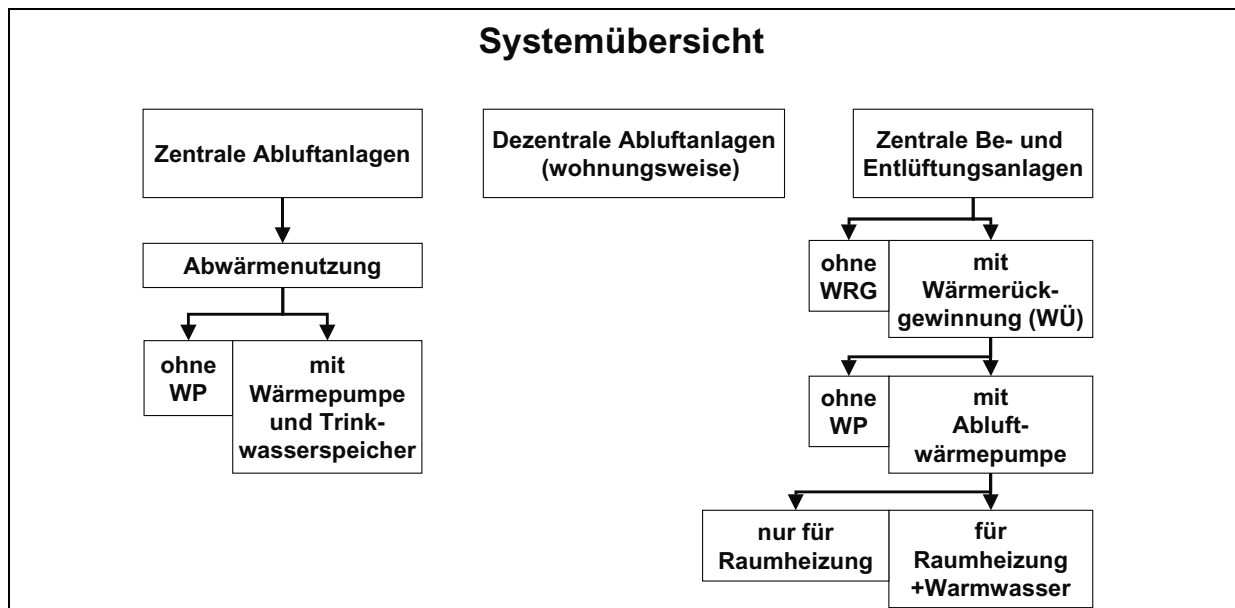


Bild 14: Lüftungssysteme

Der Einsatz des richtigen Lüftungssystems kann nicht allgemeingültig auf ein System festgelegt werden. Es müssen alle Einfluss nehmenden Parameter wie Nutzerverhalten, Gebäudeausführung und Heizsystem berücksichtigt werden. Durch Einsatz von Lüftungsanlagen sind v. a. im kleinen Einfamilienhaus nicht unbeträchtliche Einsparungen möglich, wenn eine funktionierende Regelung sowohl mit der Lüftungs- als auch mit der Heizanlage kommuniziert. Andernfalls sind Mehrverbräuche, wie z.B. in NEH mit Kombisystemen der ersten Generation zur Lüftung/Heizung und Warmwasserbereitung, zu erwarten! Diese Mehrverbräuche entstehen z. B., wenn ein Abluftsystem mit nachgeschalteter Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung über die normale Heizzeit von typisch 180 – 190 d/a hinaus „durchläuft“ und damit einen zusätzlichen Lüftungswärmebedarf erzeugt, der von unabhängig geregelten statischen Heizflächen zusätzlich aufgebracht wird.

Der heutige Standard von Lüftungsanlagen ermöglicht in den meisten Fällen noch keinen wirtschaftlichen Betrieb komplexer Wohnungslüftungssysteme - zusätzlich zu einem zentralen Heizsystem - mit Wärmerückgewinnung und/oder mit Wärmepumpen. Standard im Niedrigenergiehaus wird sicherlich der Einsatz einfacher Abluftsysteme mit Abluftventilatoren in den Nassräumen bzw. in der Küche sein, wobei definierte Zuluftmengen über die Wohn- bzw. Schlafräume, möglichst bedarfsabhängig, zugeführt werden müssen

Als Planungshilfe können jedoch folgende Empfehlungen gegeben werden:

Gebäudetyp	Lüftungssystem	Anforderung an das Gebäude
Einfamilienhaus nach EnEV	Abluftanlage oder Fensterlüftung	bei Einsatz einer Lüftungsanlage $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
Mehrfamilienhaus nach EnEV	Abluftanlage	$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
Passivhaus oder Ultraniedrigenergiehaus ($q_h \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

Tabelle 5: Einsatzempfehlung von Lüftungssystemen

Die Überprüfung der Gebäudedichtigkeit mit einem Blower-Door-Test sollte beim Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen auf jeden Fall durchgeführt werden, da es bei Undichtigkeiten der Gebäudehülle und gleichzeitigem Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen zu einem erhöhten Energieverbrauch kommen kann.

Wenn ein Dichtigkeitstest durchgeführt wird und ein n_{50} -Wert von $1,5 \text{ h}^{-1}$ erreicht wird, sieht die Energieeinsparverordnung hierfür einen Bonus bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs Q_h vor, der einer Verringerung des Lüftungswärmebedarfs von ca. $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ entspricht.

Erfahrungen am Kronsberg haben gezeigt, dass mechanische Lüftungsanlagen ihre energetischen und bauphysikalischen Aufgaben nur dann erledigen können, wenn eine sorgfältige Anlagenplanung und -ausführung und Wartung durchgeführt werden und die Nutzer intensiv geschult und informiert werden. Dieses beinhaltet im einzelnen:

- Berechnung der Zu- und Abluftvolumenströme
- Richtige Dimensionierung der Kanalquerschnitte und Luftauslässe
- Hydraulischer Abgleich und Einmessung der Volumenströme (einstellbare Luftauslässe)
- Regelmäßige Wartung der Anlagen

Eine hervorragende Hilfe liefert hierbei das für den Kronsberg angefertigte Lüftungstechnische Konzept (Landeshauptstadt Hannover, Umweltamt)

2.5.3. Wärmeverteilung und Systemtemperaturen

Die zunehmende Praxis der Verlegung von Heizrohr- und Trinkwarmwasserverteilungen im Estrich bewirkt eine erhöhte nicht geregelte Wärmeabgabe, insbesondere in Fluren, die zu erhöhten Raumtemperaturen und einem daraus resultierendem Ablüften der Überschüsse führen. Dieser bisher in der Fachöffentlichkeit völlig vernachlässigte Einfluss wurde in Analysen von Planunterlagen quantifiziert. Nach ersten Schätzungen kann die Gesamtlänge verlegter Heiz- und Warmwasserleitungen durch optimierte Rohrführung und somit der Anteil unregelter Wärmeabgabe um ca. 40% und mehr vermindert werden. Es zeigt sich hierbei sehr deutlich, dass nur eine integrierte Vor- und Entwurfsplanung durch Architekt und Fachplaner eine sachgerechte und energiesparende Lösung für zukünftige Bauvorhaben ermöglichen wird.



Bild 15: Heiz- und Trinkwarmwasserleitungen

Verteilung der Nutz- und Verlustwärmemengen

Auswertungen von MFH-Geschosswohnungsbauten am Kronsberg in Niedrigenergiehausstandard mittels eines selbst erstellten Gesamtbilanzverfahrens (Quelle: Recknagel Sprenger Schramek 03/2001) zeigen folgende Verteilung der Nutz- und Verlustwärmemengen:

Heizwärme (incl. Verluste):	70 - 85 kWh/(m ² a)
Warmwasser (incl. Verluste):	20 - 35 kWh/(m ² a)
Wärmeabgabe gesamt:	90 - 120 kWh/(m ² a)

Davon sind von den Heizkörpern bzw. für die WW-Bereitung abgegebenen Nutzwärmemengen:

Geregelte Wärmeabgabe:	40 - 60 kWh/(m ² a)
Warmwassernutzwärme:	10 - 15 kWh/(m ² a)
Summe Nutzwärme:	50 - 75 kWh/(m ² a)

Das Verhältnis geregelte Wärmeabgabe zu Energieinput liegt damit bei nur ca. 50 – 60 %. Die detaillierte Einzelbilanzanalyse eines Mehrfamilienhausobjektes am Kronsberg ergab eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und den mit Wärmemengenzählern, Warmwasserzählern und mit elektronischen Heizkostenverteilern gemessenen Werten. Das Verhältnis:

über Heizkörper abgegebene Nutzwärme und durch Zapfung für Trinkwarmwasser
verbrauchte Nutzwärme

zur

Bruttowärme an der Wärmeübergabestation

lag theoretisch bei 62.5%, praktisch gemessen bei 60,3%.

Dies kann als sehr gute Übereinstimmung zwischen den Annahmen des neu entwickelten Gesamtbilanzverfahrens und den realen Verhältnissen angesehen werden. Demgegenüber zeigen Berechnungen nach der neuen EnEV und nach dem Hessischen Energiepassverfahren sehr starke Abweichungen.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich im Einfamilien- und Reihenhausbereich.

Zur Minimierung der unregulierten Wärmeabgabe sollten folgende Punkte unbedingt berücksichtigt werden (Bild 16).

- kurze Leitungen
- gute Wärmedämmung
- lückenlose Dämmung auch von Pumpen und Armaturen
- Verlegung weitgehend innerhalb der gedämmten Gebäudehülle
- niedrige Rücklauftemperaturen (Brennwerttechnik, Nah- und Fernwärme)
- richtig dimensionierte Querschnitte
- hydraulischer Abgleich
- Zahl der Armaturen so weit wie möglich beschränken

Bild 16: Wärmeverteilsystem und Hilfsenergien

Ein weiteres Kriterium für die Höhe der Verluste durch unregelmäßige Wärmeabgabe und Wärmeerzeugungsverluste sind die Systemtemperaturen. Hier werden in Bild 17 Empfehlungen für die Anlagenauslegung gegeben.

System	Radiator	Fußboden-/Wandheizung
Warmwasser		
Niedertemperatur	70 / 55	35 / 28
Brennwert 1	70 / 40	35 / 28
Brennwert 2	55 / 45	35 / 28
Nah-/Fernwärme	70 / 40	35 / 28
Solar	60 / 30	50 / 30 35 / 25
1 ohne Anforderungen an einen Mindestvolumenstrom 2 mit Anforderungen an einen Mindestvolumenstrom		

Bild 17: Wärmeabgabesystem: Auslegungstemperaturen

Beim Einsatz von Brennwerttechnik ist hier die Auslegungsspreizung 70/40 vorzuziehen. Durch die niedrige Rücklauftemperatur kann ein hoher Brennwertnutzen erreicht werden. Gleichzeitig liegt die mittlere Übertemperatur höher, so dass die Heizflächen um ca. 15 % kleiner dimensioniert werden können. Weiterhin ergibt sich durch die große Temperaturspreizung ein kleinerer Volumenstrom und damit ein geringerer Aufwand an elektrischer Hilfsenergie für die Umwälzpumpe. Dies ist jedoch nicht bei den heute weitgehend eingesetzten Brennwertwandgeräten möglich, da diese einen Mindestumlaufheizwasserstrom benötigen.

Dimensionierung der Heizflächen

Bei der Auslegung der Heizflächen sollte die Leistung der Heizkörper möglichst genau den Vorgaben der Heizlastberechnung entsprechen, um Verluste durch eine erhöhte und schwer zu regelnde Wärmeabgabe der Heizflächen zu vermeiden. Dieser „Mehraufwand“ durch unregelmäßige Wärmeabgabe wird häufig vom Nutzer zum „Fenster hinaus abgelüftet“. Vielfach wird das Aufheizverhalten des Raumes als Argument für eine zu größere Heizflächenauslegung angeführt, wobei gewährleistet werden soll, dass nach einer längeren Absenkphase eine Schnellaufheizung möglich ist. Will man unter diesem Gesichtspunkt eine schnelle Aufheizung gewährleisten, sollte hierfür ein separater Heizkörper als Reserve eingebaut werden, der nur für den betreffenden Raum im Aufheizfall in Betrieb genommen wird.

2.5.4. Regelung und Verteilungseinrichtungen

Der Entwurf der EnEV stellt an die Regelungstechnik und Verteilungseinrichtungen von Heiztechnischen Anlagen folgende Anforderungen:

§ 12 Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen
<p>(1) Zentralheizungen sind mit zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von:</p> <ol style="list-style-type: none">1. der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und2. der Zeit <p>auszustatten.</p> <p>(2) Heizungstechnische Anlagen sind mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur auszustatten. Dies gilt nicht für Einzelheizgeräte, die zum Betrieb mit festen oder flüssigen Brennstoffen eingerichtet sind. Mit Ausnahme von Wohngebäuden ist für Gruppen von Räumen gleicher Art und Nutzung eine Gruppenregelung zulässig. Fußbodenheizungen in Gebäuden, die vor dem Inkrafttreten dieser Verordnung errichtet worden sind, dürfen abweichend von Satz 1 mit Einrichtungen zur raumweisen Anpassung der Wärmeleistung an die Heizlast ausgestattet werden.</p> <p>(3) Soweit Umwälzpumpen in Heizkreisen von Zentralheizungen mit mehr als 25 kW Nennleistung erstmalig eingebaut oder ersetzt werden, müssen sie so ausgestattet oder beschaffen sein, dass die elektrische Leistungsaufnahme dem betriebsbedingten Förderbedarf selbsttätig in mindestens drei Stufen angepasst wird, soweit sicherheitstechnische Belange des Heizkessels dem nicht entgegenstehen.</p> <p>(4) Warmwasseranlagen sind mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung der Zirkulationspumpen in Abhängigkeit von der Zeit auszustatten, soweit solche Pumpen vorhanden sind.</p>

Bild 18 Anforderungen der EnEV an die Regelung von Zentralheizungen

In den meisten Fällen werden diese Anforderungen durch den Einsatz einer witterungsgeführten Vorlauftemperaturregelung im Zusammenspiel mit Thermostatventilen oder elektronischen Einzelraumregelsystemen und einer Zeitsteuerung erfüllt. Die DIN V 4701, Teil 10 gibt in Ihrem Berechnungsverfahren zwei verschiedene Aufwandzahlen für die Regelung mit Thermostatventilen bei einer Regeldifferenz von 1 bzw. 2K an. Um die Anforderung einer Regeldifferenz von 1 K einhalten zu können, ist eine ausführliche Rohrnetzberechnung mit anschließendem hydraulischem Abgleich unumgänglich. Im Entwurf der EnEV bzw. in der DIN V 4701, Teil 10 ist nicht erläutert, wie die Auslegung der Regeldifferenz auf 1 bzw. 2 Kelvin durchgeführt und dokumentiert werden soll. Hier besteht noch Klärungsbedarf.

An dieser Stelle soll auch betont werden, dass es unbedingt erforderlich ist, dass von den Ventilherstellern geeignete Thermostatventile (kleiner kvs-Wert, wechselbare Ventilkegel) für den Einsatz im Niedrigenergiehaus angeboten werden. Weiterhin kann es sinnvoll sein, in den Steigesträngen Strangdifferenzdruckregler vorzusehen, da diese einen korrekten hydraulischen Abgleich der Anlage erheblich vereinfachen. Hinweise zur korrekten Auswahl und Auslegung von Thermostatventilen und zum Einsatz von Strangdifferenzdruckreglern werden im heiztechnischen Konzept für den Kronsberg (Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover, Umweltamt) gegeben.

<u>Regelkonzept</u>	
Dezentral	Thermostatventil P-Bereich: 1K, 2K Einzelraumregelung, elektronisch
Zentral	Raumtemperaturregelung nach Referenzraum Witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung Selbstlernende Regelung, FUZZY-Control

Bild 19: Regelungssystem

2.6. Ausführungsplanung: Hydraulischer Abgleich der Heizungs- und Lüftungstechnik

Ein nicht durchgeführter hydraulischer Abgleich der Heizungs- und Lüftungstechnik führt insbesondere im Mehrfamilienhaus zur Unterversorgung ungünstig gelegener Wohnungen (weit von der Pumpe bzw. vom zentralen Ventilator entfernt) und gleichzeitig zur Überversorgung günstig gelegener Wohneinheiten (Bild 20). Die „nicht durchdachten“ Gegenmaßnahmen: Erhöhung der Pump-/Ventilatorleistung bzw. der Heizkurve zentraler Regler führen zu einem nicht unbeträchtlichem Verschwendungspotential und zu einem Mehrverbrauch von geschätzt ca. 10 – 30 kWh/(m² a) für ein Gebäude ohne Qualitätssicherung im Vergleich zu einem Gebäude mit qualifizierter Planung und Ausführung

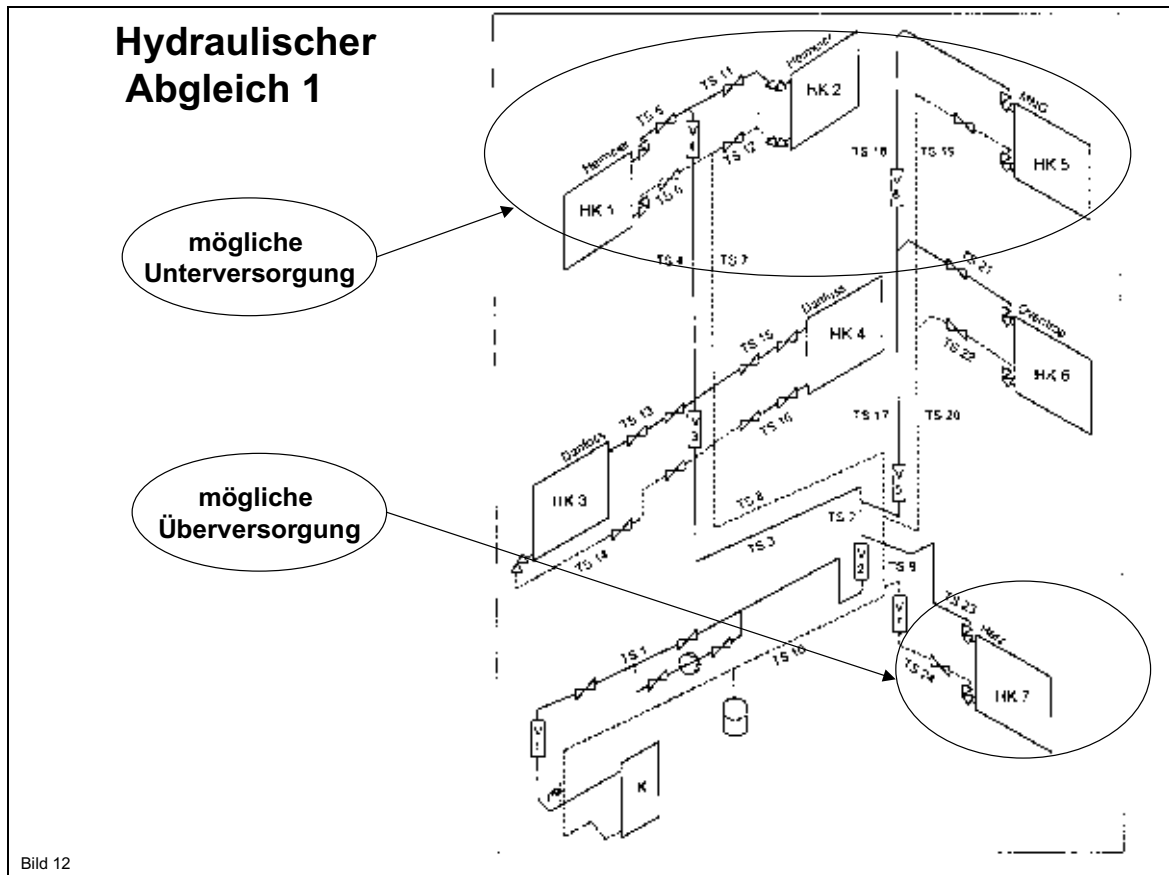


Bild 20: Hydraulischer Abgleich 1

Für die Durchführung eines einwandfreien hydraulischen Abgleiches ist es unbedingt erforderlich, dass die in Bild 21 aufgeführten Arbeitsschritte durchgeführt werden. Besonderes Augenmerk sollte hierbei auf eine saubere nachvollziehbare Dokumentation der notwendigen Planungsdaten gelegt werden.

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> • Jeder Heizkörper soll im Maximum genau den Durchfluß bekommen der für die jeweils benötigte Heizleistung erforderlich ist. • Das System und insbesondere die Thermostatventile zusammen mit den Heizflächen sollen möglichst genau und flink regeln. • Die benötigte Pumpenleistung soll möglichst gering sein: 1 promille-Regel: 100 W Pumpleistung bei 100 kW Kessel
Voraussetzungen:	<p><u>Rohrnetzberechnung je Teilstrecke</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Druckverlust der Rohre • Druckverlust der Bauteile • Auswahl und Berechnung der Thermostatventile • Auswahl der Differenzdruckregler, Pumpenauslegung
Abgleich:	<p><u>Stufe 1:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Voreinstellung der Bauteile nach Berechnung • Voreinstellung der Pumpenförderhöhe <p><u>Stufe 2:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Meßtechnische Überprüfung, Dokumentation • Evtl. Nachjustierung der Voreinstellungen

Bild 21: Hydraulischer Abgleich 2

2.7. Vergabe und Objekterstellung: Qualifizierung und Qualitätssicherung im Handwerk - Abnahme

Unqualifiziert geplante und ausgeführte Gebäudekonstruktionen sowie Anlagentechniken fördern erhöhte Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, erhöhtes Ablüften und z. T. erhöhte Raumtemperaturen und damit einen unkontrollierten Mehrverbrauch von mindestens 10 – 30 kWh/(m² a).

Probleme in der Heiz- und Lüftungstechnik liegen mit großer Wahrscheinlichkeit in folgenden Mängeln der Qualifizierung des ausführenden Handwerks und der fehlenden Qualitätssicherung:

- Teilweiser oder überwiegender Einsatz überdimensionierter Heizflächen, die aufgrund der notwendig kleinen Volumenströme zu Teillast- und Regelproblemen führen, auf die der Nutzer häufig mit erhöhten Raumtemperaturen und Luftwechselraten reagiert.
- Nicht durchgeführte Heizlast- bzw. Wärmebedarfsberechnung als Grundlage für die Heizkörper-, Pumpen- und Rohrnetzauslegung.
- Nicht durchgeführte Rohrnetzberechnung als Grundlage für den hydraulischen Abgleich.
- Nicht durchgeführter hydraulischer Abgleich sowohl an zentralen Stellen (Differenzdruckregler, Regelpumpen, Strangreguliertventile) als auch dezentral durch nicht korrekt ausgewählte und nicht oder falsch voreingestellte Thermostatventile. Hieraus resultieren z. T. zu hohe Rücklauftemperaturen.
- Nicht an ein Nahwärmesystem oder an Brennwerttechnologie angepasste Techniken der Warmwassereinbindung und daraus resultierende hohe Rücklauftemperaturen.
- Nicht oder nur unzureichend durchgeführte Berechnungen als Grundlage für den Einsatz von Anlagen zur Wohnungslüftung.
- Nicht durchgeführte Einstellung und hydraulischer Abgleich der Wohnungslüftungsanlagen.

Nur durch eine zukünftig erweiterte Qualitätssicherung der Heiz- und Lüftungsanlagentechnik und durch ergänzende Schulungen des ausführenden Handwerks können die Anforderungen eines Lüftungstechnischen als auch eines Heiztechnischen Konzepts sichergestellt werden.

Ein nachträgliches „Ausbessern“ bei nicht ordnungsgemäß geplanten und/oder ausgeführten und/oder einregulierten Anlagen ist durch Schulungen nicht möglich! Hier kann, wenn überhaupt, nur eine aufwendige Einzelfalllösung ggf. Abhilfe schaffen. Ausschlaggebend ist die Beantwortung der Frage: „Wurde eine Planung und Ausführung mit Dokumentation der Plandaten realisiert?“ Eine z. T. schon in einigen Bundesländern eingeführte Fachunternehmererklärung würde den Prozess der Qualitätssicherung wesentlich unterstützen.

Maßnahmen der Qualitätssicherung können nur bei nachvollziehbar geplanten und ausgeführten Anlagen sinnvoll greifen. Mindestens die „üblichen“ Planberechnungen (Wärmebedarfsberechnung, Heizkörperauslegung, Rohrnetzberechnung mit Plandaten für den hydraulischen Abgleich) müssten vorliegen! Eine Qualifizierung müsste einer Qualitätssicherung vorausgehen. Eine zusammenfassende Checkliste zum Thema Qualitätssicherung findet sich in Bild 22.

Voraussetzungen:	Planungsunterlagen und -daten - Wärmebedarfsberechnung - Heizkörperauslegung - Reglereinstellung - Rohrnetzberechnung - Pumpenauslegung - ggf. Kanalnetzberechnung - Plandaten für hydraulischen Abgleich
Maßnahmen:	• Blower-Door-Test • Hydraulischer Abgleich Rohrnetz • ggf. Hydraulischer Abgleich Kanalnetz • Dokumentierte Reglereinstellungen • Dokumentierte Pumpeneinstellungen
Abnahmeprotokolle und ggf. Revision der Unterlagen	

Bild 22: Qualitätssicherung

3. Gebäude- und Anlagenmodernisierung

Primäres Ziel in der Modernisierung von Altgebäuden und Anlagen ist die Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen heiztechnischer Anlagen. **Die Modernisierung des Gebäude- und Anlagenbestands ist Bestandteil der neuen Energieeinsparverordnung. Ziel muss die Modernisierung des Gebäudebestands auf heutiges NEH-Niveau sein.**

Bei der Erstellung von Energiekonzepten für den Gebäudebestand ist schrittweise vorzugehen:

- Grobanalyse des Energieverbrauchs,
- Feinanalyse und Feststellung des Ist-Zustandes des Gebäudes und aller anlagentechnischen Komponenten,
- Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen am Gebäude und an der Technischen Gebäudeausrüstung,
- Abschätzung der Energieeinsparung, der Emissionsminderung und der Wirtschaftlichkeit verschiedener alternativer Maßnahmen,
- Durchführung der wirtschaftlichsten Maßnahmen.

Für die Bewertung der vorhandenen Gebäude- und Anlagentechnik ist der Vergleich mit statistischen Energie- und Verbrauchskennwerten sehr wertvoll.

Eine korrekte Verbrauchserfassung ist daher die Grundlage für alle energiewirtschaftlichen Überlegungen. Die Verbrauchserfassung sollte vor allem Wärme, Elektrizität (speziell für Hilfsantriebe) sowie Kalt- und Warmwassermengen beinhalten.

Die neue als Weißdruck vorliegende VDI-Richtlinie 3807: "Energieverbrauchskennwerte für Gebäude" liefert wichtige Hinweise bei der Ermittlung von Energiekennwerten und kann auf privatrechtlicher Basis Grundlage eines Energiepasses für den Gebäudebestand sein.

Energiekennwerte werden unterschieden nach dem Verwendungszweck, z. B. für reine Heizwärme, für Warmwasser, Wirtschaftswärme, Strom und Wasser, nach der Energieart (Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Strom, feste Brennstoffe), nach der Nutzungsart (unterschiedliche Wohn- und Nichtwohngebäude), der Energieform (Primärenergie, Endenergie, Nutzenergie), dem Bezugswert (Flächen, Personenzahlen, Produktionseinheiten), den Kosten (spezifische Energiekosten, Kosten je Bezugswert, Grund- und Arbeitspreise). Eine immer stärkere Bedeutung wird der Bewertung der Emissionen und hier insbesondere der CO₂-Emissionen zukommen.

Bei der aktuellen Diskussion über eine Energiesteuer werden externe Kosten für die unterschiedlichen Brennstoffe und Verbrennungsprozesse in Ansatz gebracht.

Eine systematische Vorgehensweise ist für die Erstellung von Energiekonzepten zwingend erforderlich. Die meisten der im Neubaubereich gewonnenen Erkenntnisse und eingesetzten Techniken lassen sich auch im Bereich der Gebäudesanierung umsetzen.

Dabei sollten immer – wenn wirtschaftlich möglich – Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen (sogenannte Sowieso-Maßnahmen) in Gebäuden mit sinnvollen Maßnahmen zur energetischen Optimierung kombiniert werden.

		Maßnahmen													
		AW-Dämmung außen	AW-Dämmung innen	Dachdämmung	Dämmung Spitzboden / oberste Geschossdecke	Dämmung Kellerdecke	Wärmeschutzverglasung	bedarfsgerechte Lüftung	Brennwertheizung	Umbau auf Zentralheizung	Gas- oder Fernwärmeanschluss	Wärmeservice	Isolierung der Heizungs- und Warmwasserrohre	Nachabschaltung der Zirkulationspumpen	Solar Kollektoranlage
Gelegenheiten	sofort				x	x							x	x	
	Fassadenrenovierung (Anstrich, Putz)	x													
	Betonsanierung	x													
	Schimmelprobleme, Feuchteschäden	x	x					x							
	Mieterwechsel		x							x			x		
	Wohnungsrenovierung, Heizkörperwechsel		x												
	Dachausbau			x	x										
	Dacherneuerung			x											x
	Fenstererneuerung						x	x							
	Heizkesselerneuerung								x		x	x			x
	Schornsteinsanierung								x	x					
	Komfortverbesserung (z.B. Alte Einzelöfen)								x	x	x	x			x
	Asbestsanierung bei alten Nachtspeicheröfen									x	x				
	Umbau Zentralheizung								x		x	x			x
Brennstoffwechsel (z.B. Von Öl auf Gas)								x		x	x			x	

Bild 23: Checkliste für die Modernisierung

4. Ausblick - Zusammenfassung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 wird „auf dem Papier“ den Energiebedarf im Neubau gegenüber dem Anforderungsniveau der derzeit geltenden Wärmeschutzverordnung 95 um weitere 25 – 35 % (von den Autoren geschätzt um nur ca. 5 – 20 %) reduzieren. Auch höhere Bedarfswerte gegenüber der Wärmeschutzverordnung von 1995 sind möglich, wenn zum Beispiel Nahwärmesysteme mit Kraft-Wärmekopplung für die Versorgung eingesetzt werden. Die EnEV fördert die frühzeitige Zusammenarbeit von Bauherr, Architekt und Fachplaner. Diese Chance muss genutzt werden.

Die EnEV sieht vor, indirekt den Jahresheizenergiebedarf als Summe aus Heizwärmebedarf und anlagentechnischen Verlusten incl. der elektrischen Hilfsenergien sowie direkt den Primärenergiebedarf zu begrenzen. Normen auf europäischer (EN 832) und internationaler Ebene (ISO 13790) in Verbindung mit nationalen technischen Regeln (Vornormen DIN-V-4108, Teil 6 und DIN-V-4701, Teil 10) werden für den Nachweis herangezogen. Eine Umrechnung auf den energieträgerabhängigen Primärenergieeinsatz ist im Verfahren der DIN-V-4701, Teil 10 integriert. Mit der Begrenzung des Heizenergiebedarfs eröffnet sich gleichzeitig die Chance, anlagen- und gebäudetechnische Maßnahmen bilanzmäßig zu verrechnen.

Von weiterer und noch größerer Bedeutung sind die Forderungen der EnEV für den Gebäude- und Anlagenbestand, vorausgesetzt das Wirtschaftlichkeitsgebot ist erfüllt. Im Bestand liegt das weitaus größte zukünftig zu erschließende Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotential! Langfristig sind alle Bestandsgebäude nebst ihrer Anlagen auf den heutigen Niedrigenergiehaus-Standard auszubauen.

Veränderte Randbedingungen und Anforderungen an die Planung und Ausführung der Gebäude – Vermeidung von Wärmebrücken sowie Dichtheitsanforderungen - und der Anlagentechnik für Heizung und Warmwasserbereitung – erhöhte Dämmung der Heiznetzkomponenten sowie ein dokumentierter hydraulischer Abgleich - sollten für das zu erwartende Niedrigenergiehausniveau in die Berechnungsverfahren einbezogen werden (zur Zeit nicht vorgesehen). Hierzu sollten auch verstärkt Forderungen an die Qualitätssicherung und an die Kontrolle, d. h. an einen seriösen Vollzug der Verordnungsinhalte gestellt werden.

5. Quellenangaben:

1. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV)
2. DIN V-4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
3. DIN V-4108-6 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresenergiebedarfs
4. Planer- Forum, Wärmeschutz & Heiztechnik im Neubau und im Baubestand, BAUCOM Verlag für Marketing und Kommunikation
5. Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 2000, R. Oldenbourg Verlag, München
6. Bauen Am Kronsberg, Hinweise zur Realisierung des Niedrigenergie-Standards, Heiztechnisches Konzept, Landeshauptstadt Hannover, Amt für Umweltschutz
7. Bauen Am Kronsberg, Hinweise zur Realisierung des Niedrigenergie-Standards, Lüftungskonzept, Landeshauptstadt Hannover, Amt für Umweltschutz
8. Wärmetechnik, Gentner Verlag Stuttgart, 1/2000, Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff: Spannbreite des Heizenergieverbrauchs in neuen Gebäuden nach der zu erwartenden Energieeinsparverordnung
9. Wärmetechnik, Gentner Verlag Stuttgart, 12/2000, Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff: Energieeinsparverordnung (EnEV) 2001/02 und zugehörige Normung
10. Wärmetechnik, Gentner Verlag Stuttgart, 1/2000, Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff: Die Energieeinsparverordnung und deren wesentliche Einflussfaktoren

Quelle: Seminare für KuKa, Hannover, 2001 und 2002