

1 INHALT

1	Inhalt	1
2	Über diese Edition	3
3	Integrierte Planung – Eine Anforderung der [EnEV].....	4
3.1	Checklisten und Regeln für den Planungs- und Bauablauf.....	4
3.1.1	Grundlagenermittlung, Vorentwurf und Vorplanung.....	4
3.1.2	Entwurfsplanung	6
3.1.3	Genehmigungs- und Ausführungsplanung	7
3.1.4	Vergabe, Objekterstellung, Abnahme, Dokumentation	8
3.1.5	Übersicht.....	9
3.2	Notwendigkeit und Umfang von Softwareeinbindung	10
3.3	Aufbau der Edition	12
4	Beispielgebäude und Beispielwohnung	13
4.1	Beispielgebäude	13
4.2	Beispielwohnung.....	14
5	Primärenergiebedarf für Gebäude- und Anlagentechnik	16
5.1	Nachweis nach [EnEV] 2002	16
5.2	Möglichkeiten des Nachweises.....	16
5.3	Überschlägiger Primärenergiebedarf.....	17
5.4	Theorie des vereinfachten Nachweises nach [EnEV] und DIN V 4701-10.....	19
5.4.1	Gebäude	19
5.4.2	Anlagentechnik	20
5.5	Berechnungsbeispiel und Umsetzung in Software.....	25
5.5.1	Eingabe Gebäude.....	25
5.5.2	Eingabe Anlage.....	27
5.5.3	Auswertung	29
5.5.4	Parameterstudie.....	31
6	Heizlastberechnung für Gebäude und Räume	33
6.1	Relevante Planungsphasen	33
6.2	Vereinfachtes Verfahren nach Budde/Sproten	33
6.3	Vereinfachtes Verfahren nach [prEN 12831]	36
6.3.1	Transmissionswärmeverluste	36
6.3.2	Lüftungswärmeverluste	38
6.3.3	Zuschläge für unterbrochen oder selten beheizte Räume	39
6.3.4	Normheizlast	39
6.3.5	Übertragung der [prEN 12831] auf Software	40
6.4	Hinweise zur Bestimmung des Lüftungswärmeanteils.....	40
6.5	Softwarelösungen zur Bestimmung der Heizlast	42
6.5.1	Festlegung gebäudespezifischer Daten.....	42
6.5.2	Eingabe der Raumdaten	42
6.5.3	Festlegung der Raumtypen.....	43
6.5.4	Wandaufbau.....	44
6.5.5	Zusätzliche Informationen und Eingabemöglichkeiten.....	46
6.5.6	Berechnung der Heizlast.....	47
6.5.7	Berechnung des Wärmeschutznachweises	47
6.5.8	Anwendung speziell für Niedrigenergiehäuser – Beurteilung und Hinweise.....	48

7	Heizflächenbemessung	49
7.1	Relevante Planungsphasen	49
7.2	Festlegung der Systemtemperaturen	49
7.2.1	Allgemeine Hinweise	49
7.2.2	Umsetzung in Software	50
7.3	Auslegung der Heizflächen	50
7.3.1	Hinweise zur Dimensionierung von Heizflächen	50
7.3.2	Regelungsproblematik bei Schnellaufheizung	52
7.3.3	Softwareumsetzung	53
7.4	Anordnung der Heizflächen	54
7.4.1	Allgemeine Hinweise	54
7.4.2	Umsetzung in Software	55
8	Rohrnetzberechnung und hydraulischer Abgleich.....	57
8.1	Relevante Planungsphasen	57
8.2	Erklärung der Begriffe	57
8.2.1	Ventilautorität	57
8.2.2	Proportionalbereich	57
8.2.3	Durchflusskennwert	58
8.3	Kriterien der Rohrnetzberechnung	58
8.4	Rechengang der Rohrnetzberechnung	59
8.5	Hinweise zum Hydraulischen Abgleich	60
8.6	Hinweise zur Ventilauslegung	61
8.6.1	Problematik der "Ehrliche Ventilautorität"	62
8.6.2	Beispielrechnung zur Problematik der geringen Ventilautorität bei sehr großen Voreinstellungen	62
8.6.3	Beachtung des Verhältnisses von k_{VS} zu k_{VA}	65
8.6.4	Hydraulische Entkopplung	66
8.7	Umsetzung in Software	66
8.7.1	Rohrnetzauslegung	66
8.7.2	Ventilauslegung mit Software	68
8.7.3	Beurteilung der Software hinsichtlich des Programmteils "Rohrnetzauslegung"	69
8.7.4	Beurteilung der Software hinsichtlich der Ventilauslegung, Hinweise	70
9	Fazit und Ausblick	71
10	Quellenangabe	72
11	Anhang	73
11.1	Überschlägiger Primärenergiebedarf	73
11.2	Nachweis des Primärenergiebedarfes nach [EnEV] und DIN V 4701-10.....	73
11.3	Vereinfachte Heizlastberechnung	73
11.4	Haustechnisches Berechnungsprogramm	73

2 ÜBER DIESE EDITION

Die Untersuchungen im Rahmen der Qualifizierung am Kronsberg haben gezeigt, dass speziell im Niedrigenergiehausbereich detaillierte haustechnische Planungen und Berechnungen unverzichtbar sind.

Diese Planungen sind unter wirtschaftlichen Randbedingungen nur zu leisten, wenn entsprechende **softwaregestützte Berechnungsinstrumente** zur Verfügung stehen. Die zur Zeit handelsüblichen Berechnungsprogramme berücksichtigen die besonderen Anforderungen der Technik im Niedrigenergiehaus jedoch teilweise nicht.

Die Softwareentwicklung soll unter Berücksichtigung von zwei wesentlichen Kriterien erfolgen: einerseits sollen vereinfachte Berechnungsalgorithmen speziell für den Bereich des Ein-Zweifamilienhauses entstehen, um so dem Fachhandwerker die Gelegenheit zur korrekten Anlagenauslegung zu geben, andererseits sollen die besonderen technischen Anforderungen des Niedrigenergiehauses berücksichtigt werden.

Da das Ziel der Energieeinsparverordnung 2002 eine **integrierte Planung** von Architekten bzw. Tragwerksplanern und Versorgungstechnikern ist, muss entsprechende Software darauf abgestimmt sein. Die künftige Gebäudeplanung mit der Unterstützung von Software soll auf die Belange der einzelnen Gewerke abgestimmt sein, jedoch trotzdem eine "durchgängige" Planung erlauben. Das heißt, dass im Verlauf aller Planungsphasen eines Gebäudes – vom ersten Vorentwurf bis zur Übergabe des fertigen Gebäudes an die Nutzer – möglichst doppelte Planungsarbeit vermieden wird. Hier sei als Negativbeispiel die bisherige Handhabung der Raumheizlastberechnung (Anlagentechnik) und des Wärmeschutznachweises (Bautechnik) genannt: für die Bemessung der Heizflächen wurde (sofern überhaupt eine Planung gemacht wurde) die Entwurfsplanung der Gebäudehülle herangezogen. Spätere Veränderungen bei der Bauausführung der Gebäudehülle gingen somit in der Regel nicht mehr in die bis dahin abgeschlossene Heizflächenbemessung ein.

Der vorliegende Leitfaden zur Softwareerstellung wendet sich an Fachplaner der Versorgungstechnik, Architekten, Statiker sowie an Softwarehäuser, die sich mit der Erstellung von Planungswerkzeugen und Programmen im Bereich der Haustechnik beschäftigen. Ziel der Qualifizierungsmaßnahme ist es, die **Kriterien für zukünftige Softwarelösungen** auf die speziellen Anforderungen des Niedrigenergiehauses an die Heizungs- und Lüftungstechnik festzulegen.

Dabei wird die gesamte haustechnische Berechnung vom Primärenergienachweis nach [EnEV] 2002 bis zum hydraulischen Abgleich berücksichtigt und im besonderen auf die versorgungstechnischen Belange eingegangen.

3 INTEGRIERTE PLANUNG – EINE ANFORDERUNG DER [ENEV]

3.1 Checklisten und Regeln für den Planungs- und Bauablauf

Im Sinne der voraussichtlich im Jahre 2002 in Kraft tretenden Energieeinsparverordnung [EnEV] wird für die Erstellung eines Gebäudes ein ganzheitlicher Planungsprozess zwischen allen am Bau Beteiligten verlangt. Im Verlaufe der Erstellung eines neuen Gebäudes wird künftig dessen Primärenergiebedarf nachzuweisen sein. Da dieser Primärenergiebedarf ebenso wie die Kosten (Investition und Betriebskosten) sowohl von der Gebäudeplanung als auch der Anlagentechnik und der Nutzung des Gebäudes abhängen, kann ein optimales Gebäude- und Anlagenkonzept vermutlich künftig nur noch mit Softwareunterstützung gefunden werden.

Dieses Kapitel dient der Darstellung des zukünftigen Ablaufes der Planung und Errichtung eines Gebäudes "von der Idee bis zum Bezug". Da zum Zeitpunkt der Berichterstellung die Energieeinsparverordnung noch nicht verabschiedet ist, stellt der unten angegeben Ablauf eine nach Ansicht der Autoren wünschenswertes Ziel einer integrierten Planung dar.

In der Darstellung des Planungsablaufes wird auf wichtige Eckpunkte für die konventionell abgegrenzten Bereiche der "Gebäudeplanung" und der "Anlagenplanung" hingewiesen. Vor allem soll aber die Beeinflussung der beiden Bereiche untereinander hervorgehoben werden, die sehr komplex ist. Eine gemeinschaftlich von den Planern genutzte Software könnte die Planungsarbeit erheblich erleichtern.

3.1.1 Grundlagenermittlung, Vorentwurf und Vorplanung

In diesen ersten Planungsphasen müssen im Gegensatz zur bisherigen Handhabung auch Belange der Anlagentechnik und Wechselwirkungen mit der Gebäudetechnik erörtert werden. Es müssen für den weiteren Planungsablauf **grundlegende Entscheidungen** getroffen werden. Welches Ziel soll erreicht werden: geringsten Investitions- oder geringste Betriebskosten? Wie soll die Primärenergieanforderung der Energieeinsparverordnung erreicht werden: **Hochwertiges Gebäude oder hochwertige Anlagentechnik oder beides in Maßen?**

Die nachfolgende Tabelle bietet die wesentlichen Entscheidungen, die bereits in dieser Planungsphase getroffen werden müssen.

Gebäudetechnik		Anlagentechnik
Lokales Klima? Typische örtliche Architektur?	Standort	Örtliches Versorgungskonzept vorhanden?
Kompaktheitsgrad? Form? Aufbau?	Hülle	
	Energieträger	Für oder gegen Solartechnik? Für oder gegen regenerative Energie? Mit oder ohne Bevorratung von Brennstoff?
Einbindung in die Grundrissplanung und Gesamtarchitektur?	Heizraum	Heizraum nötig? Vielleicht später?
Einbindung der Solaranlage in die Gesamtarchitektur? Fensterlage und -größe?	solare Wärmenutzung	Passiv oder aktiv?
Platz für Schornstein? Einbindung in die Gesamtarchitektur?	Schornstein	Schornstein nötig? Multifunktionaler Schornstein für verschiedene Energieträger?
Vorhandensein von Keller?	Keller	Nutzung als Aufstellort für die Anlagentechnik?
Raum für Speicher?	Speicher	Speicher nötig? Vielleicht später?
Einbindung in die Gesamtarchitektur? Leitungsführung?	Heizanlage in der thermischen Hülle	Anordnung der Heizanlage im Gebäude?
Grundrissplanung; Abfolge der Räume; Achtung: erhöhte Dichtheitsanforderungen!	Lüftung	Lüftungsanlage vorhanden? Art?
Leitungsführung? Rückkopplung mit Fenstern? Einbindung in die Gesamtarchitektur?	Wärmeübergabe	Art der Wärmeübergabe?

TABELLE 1 AKTIVITÄTEN IN DER VORPLANUNGSPHASE

Eine Abschätzung, ob die Anforderungen der Energieeinsparverordnung mit diesen Planungswünschen erreicht werden können, sollte bereits hier erfolgen. Der Wärmeschutz der Gebäudehülle kann überschlägig aus dem mittleren U-Wert (früher k-Wert) der Einzelbauteile bestimmt werden. Der Primärenergienachweis kann anhand von Näherungsverfahren [Recknagel 2001] erfolgen oder anhand von Standardanlagen der [DIN V 4701-10] geschätzt werden. Auf diese Thematik wird im folgenden (Kapitel 5) noch eingegangen.

Am Ende dieser Planungsphase wissen die einzelnen Gewerke grob, wie das durch die [EnEV] gesteckte Ziel des maximalen Primärenergiebedarfes erreicht werden soll. Ein Primärenergienachweis

nach [EnEV] liegt noch nicht vor. Der Primärenergiebedarf sollte in diesem Planungsstadium nicht zu knapp erreicht werden. Eine Sicherheit von etwa 20... 30% kann erforderlich sein, damit die Grundkonzepte in den folgenden Planungsphasen nicht mehr wesentlich umgestoßen werden müssen.

3.1.2 Entwurfsplanung

Die Entwurfsplanung dient der **Optimierung des Wechselspiels zwischen Gebäude und Anlagentechnik**. Im Anschluss an die Vorentwurfsplanungsphase arbeiten die einzelnen Gewerke an der Verfeinerung der gesteckten groben Ziele. Diese Ausarbeitung erfolgt nach wie vor je nach Gewerk getrennt, der kommunikative Abgleich sollte jedoch immer wieder erfolgen. Vor allem, wenn entweder Anlagentechnik oder Gebäudeplanung wesentliche Änderungen im Konzept vornehmen.

Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn seitens des Versorgungsingenieurs die Wahl des Wärmeerzeugers verändert wird oder von Seiten des Architekten keine Verlegung einer Fußbodenheizung möglich ist usw. Immer dann sollten die Konsequenzen auf das andere Gewerk untersucht werden!

Die folgende Tabelle führt die in der Entwurfsplanung erforderlichen Aktivitäten auf. Die angegebene Reihenfolge erscheint für den Ablauf der Planung am geeignetsten. Es ist sinnvoll vor der architektonischen Planung die Art und Lage der Anlagentechnik zu kennen! Die Rohrnetzauslegung und Erzeugerwahl erfolgt dann nach der endgültigen Planung der Gebäudehülle.

Gebäudetechnik		Anlagentechnik
Erstellung von Grundrissen, Schnitten (M1:100) und dem Lageplan; gestalterische Integration der Anlagentechnik	←	Spezifikation der Anlagenkomponenten (Warmwasser, Heizung, Lüftung) nach [EnEV]; Festlegung des Regelkonzeptes für die Raumtemperatur und Lüftung
Festlegung des Konstruktionstypes von Bauteilen und Schichten zur Wärmedämmung, Luftdichtheit und passiver Solarnutzung		
Angabe der U-Werte; Planung von Maßnahmen zur Minimierung von Wärmebrückenwirkungen; Überprüfung der Konstruktionen zur Luft- und Winddichtheit	→	Heizlastberechnung und Heizkörperdimensionierung
		Rohrnetzberechnung Heizung und Wasser, Kanalnetzberechnung Lüftung, Schall- und Brandschutzberechnungen

TABELLE 2 AKTIVITÄTEN IN DER ENTWURFSPLANUNG

Am Ende dieser Planungsphase steht der erste vollständige Primärenergienachweis nach [EnEV]. Am besten eignet sich in dieser Planungsphase eine Kombination des vereinfachten [EnEV] Nachweises und des Tabellenverfahrens nach [DIN V 4701-10]. Alle Randbedingungen für Gebäude und Anlage liegen nun fest.

3.1.3 Genehmigungs- und Ausführungsplanung

Diese Planungsstufe dient der **Umsetzung der theoretischen Berechnungen in reale Bauteile und Anlagenkomponenten** und der Prüfung der theoretisch geplanten Komponenten (Gebäude und Anlage!) auf Einsetzbarkeit und Umsetzbarkeit in der Praxis.

Im wesentlichen erstellt jedes Gewerk aufgrund der Entwurfsplanung ein Angebot. Feinabstimmungen der Fachingenieure untereinander sind unerlässlich, wenn sich die Gewerke untereinander "berühren": wird z.B. ein Regelkonzept von Seiten der Anlagentechnik geändert, so muss der Heizwärmebedarf ggf. neu berechnet werden.

Die in der nachfolgenden Tabelle genannten Aktivitäten können parallel erfolgen.

Gebäudetechnik		Anlagentechnik
Umsetzung der Prinzipien der Entwurfsplanung in serielle Konstruktionssysteme; konstruktive, detaillierte Durcharbeitung des Wärmeschutzes, der Solarnutzung, der Vermeidung von Wärmebrücken und der Luftdichtheit	↔	Wahl der Anlagenkomponenten eines oder mehrerer Hersteller (Rohre, Kanal, Dämmung, Armaturen, Speicher, Kessel, Regler...)
Prüfung wie Details auf der Baustelle umsetzbar sind		Heizkörper- und Thermostatventil-Auslegung, Pumpenauslegung, hydraulischer Abgleich, Angabe der Reglereinstellung
Detaildarstellung von Bauteilen		Detailerstellung von Anlagenkonstruktionen

TABELLE 3 AKTIVITÄTEN IN DER GENEHMIGUNGS- UND AUSFÜHRUNGSPLANUNG

Am Ende dieser Planungsphase steht ein ggf. überarbeiteter [EnEV]-Nachweis mit den real für die Realisierung geplanten Gegebenheiten. Wenn die gewählten Komponenten und Regelstrategien es erfordern, muss der Nachweis überholt werden.

An dieser Stelle können auch herstellerspezifische Daten in die Ermittlung des Primärenergiebedarfes einfließen. Der Heizenergiebedarf kann im ausführlicheren Monatsbilanzverfahren der [DIN V 4108-6] berechnet werden. Der Primärenergiebedarf ist nun rechtlich nachgewiesen. Das Gebäude sollte an dieser Stelle die Anforderungen der [EnEV] erfüllen.

3.1.4 Vergabe, Objekterstellung, Abnahme, Dokumentation

In der Stufe der Bauausführung wird der Vollzug der integrierten Planung gesichert. Große Unterschiede zwischen Planung und Realität sollen durch entsprechende **Qualitätssicherung** vermieden werden.

Gebäudetechnik		Anlagentechnik
...der beteiligten Gewerke: Rohbauer, Trockenbauer, Fensterbauer	Qualifizierung	...der beteiligten Gewerke: Heizung- und Lüftungsbauer, Gas- und Wasserinstallateure
korrekte Baustoffwahl; Dämmqualitäten und –dicken; Ausführung der Luftdichtheit (Blower Door Test) und Minimierung von Wärmebrückenwirkungen	Überwachung	korrekte Auswahl der Komponenten; Ausführung der Leitungsführung und -dämmung; Einstellung der Regler, Thermostatventile, Pumpen
Fotografie später nicht sichtbarer Gegebenheiten	Dokumentation, Abnahme- protokolle	hydraulischer Abgleich; Reglereinstellungen; Thermostatventilvoreinstellungen; Pumpeneinstellungen;

TABELLE 4 AKTIVITÄTEN WÄHREND DER AUSSCHREIBUNG UND DANACH

Zur Sicherung der sachgerechten Nutzung sollten neben den Beschreibungen für Gebäude und Anlage auch Betriebsanleitungen, Wartungsanleitungen, Bedienungsanleitungen erstellt werden und die Nutzer über das Verhalten im Niedrigenergiegebäude informiert werden.

Der Energiebedarfsausweis für das Gebäude wird ausgestellt.

3.1.5 Übersicht

Die in den vergangenen Kapiteln tabellarisch dargestellten Sachverhalte sollen hier als vereinfachtes Fließdiagramm zusammengefasst werden.

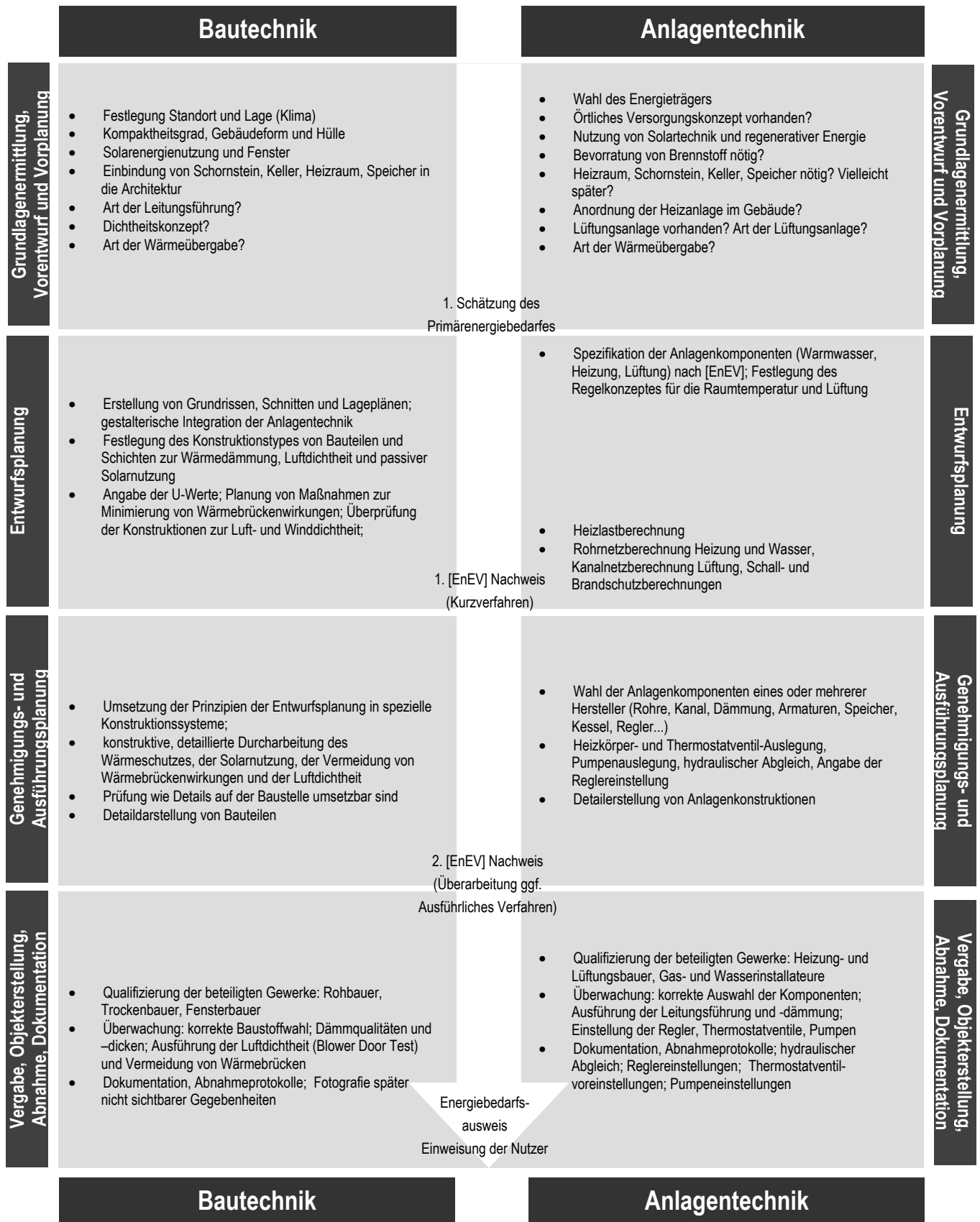


TABELLE 5 ÜBERSICHT ZUR INTEGRIERTEN PLANUNG

3.2 Notwendigkeit und Umfang von Softwareeinbindung

In der Planungsphase der **Grundlagenermittlung, Vorentwurf und Vorplanung** kann eine überschlägige Primärenergiebedarfsermittlung mit Hilfe eines Formblattes "per Hand" erfolgen. Dieses einfache Rechenschema kann auch als Software ausgeführt werden.

Zur Abschätzung der mit Einführung der [EnEV] möglichen "Kompensation des Primärenergiebedarfes" zwischen Gebäudetechnik und Anlagentechnik (besseres Gebäude und schlechtere Anlagen ↔ schlechteres Gebäude und bessere Anlage) können bereits in dieser Phase komplexere Softwareprogramme verwendet werden. Denkbar ist ein Modul:

- Primärenergiebedarfsermittlung im Kurzverfahren

der in den nächsten Absätzen beschriebenen modularen Software.

Die **Entwurfsplanung** ist aus Sicht der softwareunterstützten Planung die wichtigste Phase. Hier kann bereits heute auf viele am Markt verfügbare Rechnerprogramme zurückgegriffen werden. Diese stellen üblicherweise jedes für sich ein komplettes Berechnungswerkzeug für den Teil "Gebäude" oder "Anlage" dar, ihnen fehlt oft die Verknüpfung zwischen den beiden Bereichen.

Für die Softwareentwicklung der Zukunft kommt an dieser Stelle die Forderung nach der im Kapitel 3.1 angesprochenen integrierten Planung. Diese kann zum Beispiel in einem modular aufgebauten Softwareprogramm erfolgen, das die Möglichkeit bietet, folgende Einzelberechnungen zu vereinen:

- Grundrissplanung
- Planung der Wandaufbauten (U-Werte)
- Berechnung von Wärmebrücken (Zuschläge)
- Berechnung von Fenstern (U-Werte und g-Werte)
- Heizlastberechnung Gebäude (Auslegung des Wärmeerzeugers)
- Heizlastberechnung Räume (Auslegung Heizkörper)
- Rohrnetzberechnung Heizung (mit Abgleich)
- Rohrnetzberechnung Wasser
- Kanalnetzberechnung Lüftung (mit Abgleich)
- Schallberechnung Lüftung
- Energiebedarfsberechnung nach [EnEV]
- Kostenermittlung (Gebäude und Anlage)

Die Daten der einzelnen Module können jeweils zur Ermittlung des Primärenergiebedarfes verwendet werden, aber auch untereinander austauschbar sein: Aufbauten von Wänden werden für die Heizlastberechnung herangezogen, Rohrleitungslängen für die Energiebedarfsberechnung usw.

Die Daten des bereits in der Vorplanung verwendeten Moduls "Primärenergiebedarf im Kurzverfahren" können stufenweise durch die genauere Planung ersetzt und ergänzt werden.

Mit einer solchen umfassenden Software kann der Primärenergiebedarf eines Gebäudes während der gesamten Planungsphase sehr einfach kontrolliert werden. Im Zuge der immer weiter verbreiteten Vernetzung durch das Internet kann eine solche Software ggf. auch gleichzeitig von mehreren Orten aus verwendet werden.

In der Phase der **Genehmigungs- und Ausführungsplanung**, d.h. Detailplanung, sind weitere Zusatzmodule für die verwendete Software vorstellbar, die es erlauben, bestimmte Wandaufbauten, Fensterdetails, Anlagenkomponenten usw. genauer zu planen. Diese Module könnten auch herstellerspezifische Daten (Energiedaten und Kosten) zulassen:

- detaillierte Fensterplanung, Wandplanung
- detaillierte Anlagenplanung

Für die Phase der **Vergabe, Objekterstellung, Abnahme und Dokumentation** werden vor allem Angebotslisten, Checklisten für die Umsetzung und Abnahmeprotokolle benötigt. Hier kann auf die Daten der vorangegangenen Planungsstufen zurückgegriffen werden. Wie in den heute am Markt befindlichen Planungsprogrammen bereits üblich, können aus vorhandenen Planungen (Rohrnetzplanung etc.) Stücklisten für die Angebotserstellung extrahiert werden. Diese können entsprechend mit Zusatzleistungen ergänzt werden.

Im Bereich der Objekterstellung und Abnahme ist die Formulierung einfacher Checklisten vorstellbar, die es erlauben, auf der Baustelle schnell nachzuvollziehen, welche Bauteile geplant und ausgeschrieben worden sind. Abnahmeprotokolle (zum Beispiel für den hydraulischen Abgleich) können ebenfalls auf der Grundlage von bereits im Programm vorhandenen Plandaten erstellt werden.

Für das modulare Programm ergeben sich folgende weitere Module:

- Ausschreibung Gebäude
- Ausschreibung Anlage
- Checkliste Baustelle
- Abnahmeprotokolle

Die Programmierung einer bis zu diesem Punkt vorgestellten sehr umfangreichen Software wird mit Sicherheit mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Für den künftigen Planungsalltag von Architekten und Versorgungsingenieuren können sich nach Meinung der Autoren jedoch nur solche komplexen Lösungen durchsetzen.

3.3 Aufbau der Edition

Trotz der in den vergangenen Jahren immer schneller fortschreitenden Computerisierung der Technik und Wirtschaft und der immer deutlicher werdenden Forderung nach Energieeinsparung, sind im Bereich der energetisch effizienten Planung für Gebäude noch große Reserven offen. Wir befinden uns erst am Anfang des Weges zu einer rechnergestützten, vernetzten Gebäudeplanung von Niedrig- und künftig Passivenergiegebäuden.

Die Autoren dieser Edition haben sich das Ziel gesetzt, für die Beschreibung dieses Weges **nützliche Hinweise und Anregungen** zu geben. Im Verlaufe der Mitarbeit am EXPO-Projekt Kronsberg seit Beginn der Planung Mitte der 90er Jahre haben sich viele Erkenntnisse ergeben, die für die künftige Planung von ähnlich gearteten Projekten, aber auch dem kleinen Einfamiliengebäude, von Nutzen sein können.

Neben den in den Kapiteln 3.1 und 3.2 genannten allgemeinen Informationen zum Planungsablauf und der Einbindung von Software soll diese Edition konkrete Hinweise zur softwaremäßigen Umsetzung bestimmter Einzelthemen geben. Dies sind:

- die Energiebedarfsermittlung nach [EnEV]
- die vereinfachte Heizlastberechnung und
- die Rohrnetzauslegung mit hydraulischem Abgleich im Niedrigenergiehaus.

Bei den Erläuterungen wird zum Teil auf verfügbare Software zurückgegriffen. An dieser wird demonstriert, welche Planungshinweise in heute üblicher Software bereits umgesetzt sind, welche speziell für das Niedrigenergiegebäude wichtigen Punkte jedoch noch zu ergänzen sind.

Die Programme sind im Verlauf der Beschreibungen nicht namentlich genannt, werden jedoch im Anhang näher beschrieben.

Der Aufbau der einzelnen Kapitel orientiert sich an folgender gedanklicher Kette:

- In welcher Planungsphase wird die Berechnung relevant?
- Wie sind die theoretischen Grundlagen der Berechnung (ggf. mit Beispielrechnung)?
- Wie können diese als Software umgesetzt werden oder sind bereits umgesetzt worden (ggf. mit Softwarebeispiel)?
- Welche Hinweise können gegeben werden (allgemein und die spezielle Software)?

4 BEISPIELGEBÄUDE UND BEISPIELWOHNUNG

4.1 Beispielgebäude

Dieses Beispielgebäude soll zur Veranschaulichung der Erstellung einer Energiebilanz (nach Energieeinsparverordnung) verwendet werden.

Es handelt sich um ein Mehrfamilienhaus mit 4 Wohneinheiten mit den in der nachfolgenden Tabelle beschriebenen wesentlichen Randdaten¹. Das Gebäude soll die Abmaße 16m x 19m x 3,2m haben, mit einem Flachdach und einem Keller ausgestattet sein.

Nutzfläche AN	352 m ²
Gebäudevolumen Ve	1100 m ³
Beheizte Fläche AEB	280 m ²
äußere Hüllfläche (ohne Fenster)	A _H = 788 m ²
Fenster	10,8 m ² in jede Himmelsrichtung (N, S, O, W)
Heizung	55/45°C System Radiatoren mit 2K Auslegung, unter den Fenstern vertikale Verteilleitungen im Keller, Steigestränge innenliegend geregelter Pumpe kein Speicher Brennwertkessel im Keller
Warmwasserbereitung	vertikale Verteilleitungen mit Zirkulation im Keller indirekt beheizter Speicher im Keller Brennwertkessel im Keller
Lüftungsanlage	zentrale Abluftanlage mit Wechselstromventilator

TABELLE 6 RANDBEDINGUNGEN FÜR DAS BEISPIELGEBÄUDE

Die mittleren U-Werte der Außenbauteile gelten wie für die Beispielwohnung im folgenden Kapitel angesetzt.

¹ Diese Randdaten werden für den Primärenergienachweis nach EnEV benötigt.

4.2 Beispielwohnung

Die Phasen der detaillierten Planungs- und Berechnungsschritte (Heizlastberechnung, Rohrnetzauslegung etc.) werden weitgehend an nachfolgend beschriebener Beispielwohnung nachvollzogen. Es wird an dieser Stelle eine kleinere Wohneinheit (nicht das gesamte MFH) gewählt, damit die Planung übersichtlich bleibt. Die Wohnung kann ein Teil des Mehrfamilienhauses bilden.

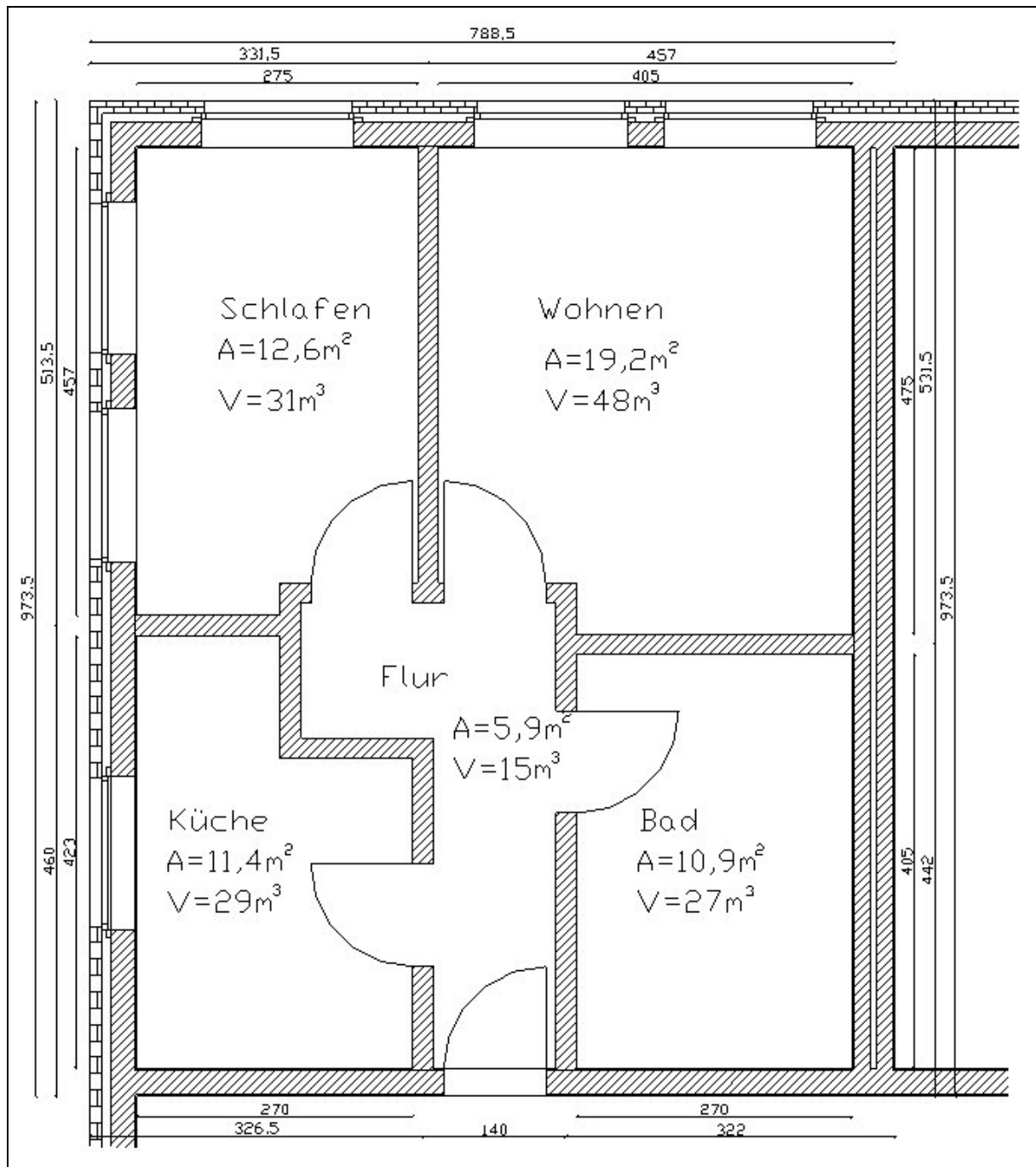


BILD 1 GRUNDRISS DER BEISPIELWOHNUNG

Für die Beispielwohnung angesetzte Kenngrößen:

Bauteil	Eigenschaft
Außenwände	$k_{AW} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$
Innenwände	$k_{IW} = 0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$
Innenwand zu Nachbarwohnung	$k_{IWNachbarwohnung} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}^2$
Außenfenster	$k_{AF} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A_{AF} = 2,25 \text{ m}^2$
Innentüren	$k_{IT} = 4,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A_{IT} = 2 \text{ m}^2$
Decke und Fußboden	$k_{DE} = k_{FB} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

TABELLE 7 RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE BEISPIELWOHNUNG

Weitere Daten zur Berechnung der Wohnung werden an den entsprechenden Stellen im nachfolgenden Text gegeben.

² Der k-Wert der Innenwand zur Nachbarwohnung entspricht dem k-Wert der Außenwand, da die Wohnungen baulich durch eine Doppelwand mit innenliegender Dämmschicht voneinander getrennt sind.

5 PRIMÄRENERGIEBEDARF FÜR GEBÄUDE- UND ANLAGENTECHNIK

5.1 Nachweis nach [EnEV] 2002

Die Energieeinsparverordnung [EnEV] legt den zulässigen Primärenergiebedarf eines Gebäudes fest. Die mit der Verordnung verknüpften Normen sind die [DIN V 4108-6] für den Teil der Gebäudetechnik und die [DIN V 4701-10] für die Anlagentechnik eines Gebäudes.

Nach der neuen Gesetzeslage unterliegt also nicht mehr nur der Baukörper und somit der Heizwärmebedarf (verursacht durch Wärmeverluste der Transmission, Lüftung und Wärmegewinne durch Personen, Geräte und solare Einstrahlung) einer energetischen Bewertung. Vielmehr muss schon auch die Anlagentechnik und deren energetische Güte bekannt sein.

Die Anlagentechnik umfasst Warmwasserbereitung, Lüftung und Heizung eines Gebäudes. Ihre technische Qualität wird durch die sogenannte Primärenergieaufwandszahl e_P ausgedrückt. Diese ist ein Umrechnungsfaktor, der zwischen Nutzwärmebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwassernutzwärme - Heizwärmebedarf nach vereinfachtem Berechnungsverfahren der [EnEV] und vorgegebener Nutzwärmebedarf von 12,5 kWh/(m² beheizter Nutzfläche und Jahr) für Trinkwarmwasser - und Primärenergiebedarf eines Gebäudes steht.

Für jedes zukünftig zu errichtende Gebäude sind zum einen der spezifische, auf die wärmeübertragende Hüllfläche bezogene Transmissionswärmebedarf H_T' (mittlerer U-Wert) und der spezifische, nutzflächenbezogene Primärenergiebedarf Q_P'' nachzuweisen³. Wie in Kapitel 3 bereits beschrieben, verändert sich dieser Nachweis während der Planungsphasen bis zur Angebotserstellung ständig.

5.2 Möglichkeiten des Nachweises

Der spezifische, auf die wärmeübertragende Hüllfläche bezogene Transmissionswärmebedarf H_T' (mittlerer U-Wert) wird mit Hilfe der [DIN V 4108-6] und anderer dort zitierter Normen bestimmt. Auf diese Berechnung soll hier nicht näher eingegangen werden.

Zur Bestimmung der Primärenergieaufwandszahl e_P stehen nach der [DIN V 4701-10] drei verschiedene Berechnungsverfahren zur Verfügung. Zum ersten kann sie in einem ausführlichen Berechnungsverfahren für nahezu jedes heute am Markt verfügbare System der Anlagentechnik ermittelt werden. Dieser Nachweis ist für die späteren Planungsphasen (unter Berücksichtigung des tatsächlichen Rohr- und Kanalnetzes und der eingebauten Komponenten) von Bedeutung.

³ Der Nachweis des Primärenergiebedarfes kann unter bestimmten Randbedingungen – vgl. [EnEV] – entfallen.

Weiterhin gibt es in der [DIN V 4701-10] ein Tabellenverfahren mit Formblättern, welches Energiekennwerte (Standardwerte) für derzeit übliche Systeme bietet. Auf dieses Verfahren wird im folgenden näher eingegangen.

Die dritte Variante ist ein graphisches Verfahren, mit dem die Primärenergieaufwandszahl e_P auf sehr einfache Weise für eine bestimmte Anlagenkonfiguration bestimmt werden kann. In der [DIN V 4701-10] sind derzeit 6 Anlagentypen graphisch erfasst, weitere sollen in einem Beiblatt zur Norm folgen. Bei softwareunterstützten Nachweisen wird diese Art des Nachweisverfahren nicht benötigt.

5.3 Überschlägiger Primärenergiebedarf

Der überschlägige Primärenergiebedarf wird in der frühen Phase der Vorplanung benötigt. Es dient der ersten Aufdeckung der Potentiale der Gebäude- und Anlagentechnik unter Berücksichtigung des angestrebten Dämmstandards für das Gebäude und des Primärenergieträgers für die Energieversorgung. Über das Gebäude und die Anlage müssen nur minimale Daten bekannt sein. Folgende Angaben reichen in einem ersten Schritt aus:

- Kompaktheitsgrad 0,5... 1,0 m⁻¹
- Dämmstandard 0,15... 0,5 W/(m²K) für die gesamte Hülle
- Art der Wärmeübergabe Heizung Fußbodenheizung oder Radiatoren
- Lage der Verteilung Heizung waagerechte Verteilung im Keller oder im beheizten Bereich
- Art der Verteilung Trinkwarmwasser mit oder ohne Zirkulation
- Art der Wärmeerzeugung
 - Brennwertkessel (BW)
 - Niedertemperaturkessel (NT)
 - Wärmepumpe (WP)
 - Nah/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (FW KWK)
 - dezentral elektrische Heizung
 - Solarunterstützung
- Vorhandensein einer Lüftungsanlage Abluftanlage oder keine Lüftungsanlage

Mit diesen Daten und der geplanten Nutzfläche des Gebäudes können die Anforderungen der [EnEV] überprüft werden. Der Dämmstandard (gewählter U_m -Wert) und die Art der Energieerzeugung können gegeneinander abgewogen werden.

Das folgende Bild zeigt ein Beispielformblatt⁴ zur Ermittlung des Primärenergiebedarfes. Die Datengrundlage sind das vereinfachte Verfahren zur Wärmebedarfsermittlung der [EnEV] und das Tabellenverfahren der [DIN V 4701-10]. Alle Flächenangaben in m² beziehen sich auf die in der [EnEV] und [DIN V 4701-10] verwendete Nutzfläche A_N .

⁴ zur Software: Siehe Anhang

Es sind beispielhaft Daten für das "Beispielgebäude" eingetragen, wie sie während der ersten Planungsphase geschätzt werden könnten.

Gebäude					
Transmission	km=0,15 (A/V=0,5...1,0)	20...40 kWh/(m²a)	1	55	
	km=0,3 (A/V=0,5...1,0)	35...70 kWh/(m²a)			
	km=0,5 (A/V=0,5...1,0)	60...120 kWh/(m²a)			
Lüftung		30...40 kWh/(m²a)	2	30	
Energiegewinne		25...35 kWh/(m²a)	3	30	
Heizwärme		kWh/(m²a)	4	55	= 1 + 2 – 3
Heizung					
Übergabe		1...3 kWh/(m²a)	5	2	
Verteilung	Kellerverteilung, Radiatoren	3...11 kWh/(m²a)	6	7	
	Kellerverteilung, FBH	1...4 kWh/(m²a)			
	Leitungen im Beheizten, Radiatoren	1...3 kWh/(m²a)			
	Leitungen im Beheizten, FBH	0...1 kWh/(m²a)			
Speicherung		0...1 kWh/(m²a)	7	0	
Erzeugung	BW	1,12	8	1,12	
	BW+solar	1,01			
	NT	1,21			
	NT+solar	1,09			
	WP	0,75			
	WP+Solar	0,68			
	FW KWK	0,7			
	dezentral EI	3			
Primärenergie Wärme Heizung		kWh/(m²a)	9	72	= (4 + 5 + 6 + 7) * 8
Warmwasserbereitung					
Nutzen		12,5 kWh/(m²a)	10	12,5	
Verteilung	mit Zirkulation	6...14 kWh/(m²a)	11	10	
	ohne Zirkulation	2...7 kWh/(m²a)			
Speicherung		1...6 kWh/(m²a)	12	3	
Erzeugung	BW	1,21	13	1,21	
	BW+Solar	0,61			
	NT	1,27			
	NT+Solar	0,63			
	WP	0,81			
	WP+Solar	0,41			
	FW KWK	0,8			
	dezentral EI	3			
Primärenergie Wärme Warmwasser		kWh/(m²a)	14	31	= (10 + 11 + 12) * 13
Hilfsenergien					
mech. Lüftung	Abluftanlage	3...6 kWh/(m²a)	15	0	
	ohne	0 kWh/(m²a)			
Heizung	zentral	3...16 kWh/(m²a)	16	9	
	dezentral	0...1 kWh/(m²a)			
Warmwasser	zentral	1...4 kWh/(m²a)	17	2	
	dezentral	0...1 kWh/(m²a)			
Primärenergie					
		kWh/(m²a)	18	114	= 9 + 14 + 15 + 16 + 17

TABELLE 8 ÜBERSCHLÄGIGE ERMITTLUNG DES PRIMÄRENERGIEBEDARFES

Für das Beispielgebäude wird mit einem Kompaktheitsgrad von etwa $0,8\text{m}^{-1}$ und einer Fläche von etwa 350m^2 ein Dämmstandard für die Hüllfläche vom $U_m=0,3\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gewählt. Die Wärmeerzeugung soll mit Brennwertkessel erfolgen. Eine Abluftanlage soll vorhanden sein. Alle anderen Angaben liegen im mittleren Bereich. Es ergibt sich ein Primärenergiebedarf von $114\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Diese Werte können bereits mit dem Anforderungsniveau der [EnEV] verglichen werden.

Ist	[EnEV]	Erfüllt?
$U_m=0,3\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$H_T'=0,49\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	ja, sehr gut
$q_P=114\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$Q_P''=114\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	ja, knapp

TABELLE 9 ÜBERPRÜFUNG DER ANFORDERUNGEN DER [ENEV]

Konsequenz dieser groben Vorplanung: mit diesen Vorgaben würde das Gebäude baubar sein. Der Kompaktheitsgrad könnte noch erhöht werden, damit das Anforderungsniveau nicht so knapp erreicht wird.

5.4 Theorie des vereinfachten Nachweises nach [EnEV] und DIN V 4701-10

Das vereinfachte Verfahren nach [EnEV] und das Tabellenverfahren [DIN V 4701-10] eignet sich sehr gut als erster Primärenergienachweis am Ende der Entwurfsplanung (vgl. Kapitel 3.1.5). An dieser Stelle wird die Theorie dieses Nachweises umrissen, die Details zur Umsetzung folgen im nächsten Kapitel.

5.4.1 Gebäude

Für das Gebäude muss der Heizwärmebedarf Q_h bestimmt werden:

$$Q_h = Q_T + Q_V - \eta_F \cdot (Q_i + Q_s)$$

Die Ermittlung des Transmissionswärmebedarfes Q_T erfordert die Eingabe der Größe und des U-Wertes aller Außenbauteile. Die Länge der Heizperiode, mittlere Innen- und Außentemperaturen sind standardisiert. Eine Berücksichtigung der Wärmebrücken erfolgt in den U-Werten der Bauteile oder pauschal für die gesamte Hüllfläche.

Der Lüftungswärmebedarf Q_V wird aus dem umbauten Volumen (aus der Nutzfläche A_N berechenbar) bestimmt. Es werden Standardluftwechsel und –gradtagszahlen verwendet. Eine geprüfte Luftdichtheit (Blower Door Messung) kann berücksichtigt werden.

Der Nutzungsgrad der Fremdwärme η und die inneren Wärmegegewinne Q_i sind Standardwerte. Die solaren Fremdwärmegegewinne werden aus der Größe und dem Energiedurchlassgrad der Fenster

berechnet. Einflüsse der Verschattung, Verschmutzung etc. der Fenster sowie die mittlere Energieeinstrahlung je nach Himmelsrichtung sind Festwerte.

5.4.2 Anlagentechnik

Die Berechnung der Anlagentechnik erfolgt über Energieverluste im Verlaufe der Prozesskette von der Wärmenutzung (Deckung des Heizwärmebedarfes und Warmwassernutzwärme) zur Primärenergie (für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung). Dabei werden folgende Einzelkennwerte ausgewiesen:

- Wärmeverluste der Wärmeübergabe für Heizung und Lüftung ($q_{H,ce,WE}$ und $q_{L,ce,WE}$)
- Hilfsenergien der Wärmeübergabe für Heizung und Lüftung ($q_{H,ce,HE}$ und $q_{L,ce,HE}$)

- Wärmeverluste der Wärmeverteilung für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung ($q_{H,d,WE}$ und $q_{L,d,WE}$ und $q_{TW,d,WE}$)
- Gutschriften für die Raumheizung aus Wärmeverteilung der Warmwasserbereitung ($q_{h,TW,d}$)
- Hilfsenergien der Wärmeverteilung für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung ($q_{H,d,HE}$ und $q_{L,d,HE}$ und $q_{TW,d,HE}$)

- Wärmeverluste der Wärmespeicherung für Heizung und Warmwasserbereitung ($q_{H,s,WE}$ und $q_{TW,s,WE}$)
- Gutschriften für die Raumheizung aus Wärmespeicherung der Warmwasserbereitung ($q_{h,TW,s}$)
- Hilfsenergien der Wärmespeicherung für Heizung und Warmwasserbereitung ($q_{H,s,HE}$ und $q_{TW,s,HE}$)

- Deckungsanteile eines Wärmeerzeugers an der Gesamtenergielieferung für Heizung und Warmwasserbereitung ($\alpha_{H,g}$ und $\alpha_{TW,g}$)
- Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasserbereitung ($e_{H,g}$ und $e_{TW,g}$)
- Anteile an der Endenergie Lüftung von Wärmerückgewinnung, Wärmepumpen und Heizregistern ($q_{L,g,WRG}$ und $q_{L,g,WP}$ und $q_{L,g,HR}$)
- anrechenbare Anteile der Lüftung an der Heizung ($q_{h,L}$)
- Hilfsenergien der Wärmeerzeugung für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung ($q_{H,g,WE}$ und $q_{L,g,WE}$ und $q_{TW,g,WE}$)

- Primärenergieumwandlungsfaktoren für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (f_P)

Für die Bestimmung eines jeden Kennwertes sind bestimmte Eingaben erforderlich, andere sind im Verfahren selbst hinterlegt. Ein Beispiel: zur Bestimmung der Wärmeverluste eines Warmwasserspeichers muss die Nutzfläche des Gebäudes sowie die Art und der Aufstellort des Speichers bekanntgegeben werden. Die notwendigen Temperaturen, Volumina und Dämmstandards für den Speicher sind im Kurzverfahren der [DIN V 4701-10] als Mittelwerte (energetisch unteres Drittel) für den Neubau hinterlegt.

Folgende Tabelle liefert eine Übersicht, welche Eingabeparameter für eine komplette Anlagenbeschreibung notwendig sind. Nicht aufgeführte Randbedingungen (Leitungslänge, Temperaturen, Dämmstandards, Pumpenleistungen etc.) sind im Verfahren der [DIN V 4701-10] standardisiert.

	Wahlmöglichkeiten
Warmwasserbereitung	
Verteilung	- gebäudezentral; mit Zirkulation; Verteilungen im beheizten Bereich - gebäudezentral; mit Zirkulation; Verteilungen im unbeheizten Bereich - gebäudezentral; ohne Zirkulation; Verteilungen im beheizten Bereich - gebäudezentral; ohne Zirkulation; Verteilungen im unbeheizten Bereich - wohnungszentral - dezentral; 1 Raum mit einer Zapfstelle - dezentral; 1 Raum mit mehreren Zapfstellen - dezentral; 2 Räume mit gemeinsamer Installationswand - dezentral; 1 Raum mit 1 Zapfstelle und 1 Raum mit mehreren Zapfstellen
Speicherung	- kein Speicher vorhanden - indirekt beheizter Speicher; Aufstellung im beheizten Bereich - indirekt beheizter Speicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich - bivalenter Solarspeicher; Aufstellung im beheizten Bereich - bivalenter Solarspeicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich - gasbeheizter Speicher; Aufstellung im beheizten Bereich - gasbeheizter Speicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich - elektrisch beheizter Tagspeicher; Aufstellung im beheizten Bereich - elektrisch beheizter Tagspeicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich - elektrisch beheizter Nachtspeicher; Aufstellung im beheizten Bereich - elektrisch beheizter Nachtspeicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich - elektrisch beheizter Kleinspeicher; Aufstellung im beheizten Bereich - elektrisch beheizter Kleinspeicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich
Solaranlage	- keine Solaranlage vorhanden - Solaranlage vorhanden
Art Grundlastwärme- erzeuger	- Kessel Konstanttemperatur - Kessel Niedertemperatur - Kessel Brennwert - Kessel Kombi-Brennwert - Kessel Kombi-Niedertemperatur - Gas-Speicherwassererwärmer - Elektroheizstab - Elektrodurchlauferhitzer - Elektro-Heizungswärmepumpe Wasser/Wasser - Elektro-Heizungswärmepumpe Erdreich/Wasser - Elektro-Heizungswärmepumpe Luft/Wasser - Elektro-Heizungswärmepumpe Abluft/Wasser - Elektro-Trinkwasserwärmepumpe Abluft - Elektro-Trinkwasser-WP Abluft/Zuluft ohne WÜT - Elektro-Trinkwasser-WP Abluft/Zuluft mit WRG 60% - Elektro-Trinkwasser-WP Abluft/Zuluft mit WRG 80% - Elektro-Trinkwasserwärmepumpe Kellerluft - Nah- und Fernwärme - Kraft-Wärme-Kopplung

Primärenergieträger Grundlastwärmeerzeuger	• Heizöl EL • Erdgas • Flüssiggas • Steinkohle • Braunkohle • Nah/ Fernwärme aus KWK; fossiler Brennstoff • Nah/ Fernwärme aus KWK; erneuerbarer Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; fossiler Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; erneuerbarer Brennstoff • Strom
Art Spitzenlastwärmeerzeuger	• kein weiterer Erzeuger vorhanden • Kessel Konstanttemperatur • Kessel Niedertemperatur • Kessel Brennwert • Gas-Speicherwassererwärmer • Elektroheizstab • Elektrodurchlauferhitzer
Primärenergieträger Spitzenlastwärmeerzeuger	• Heizöl EL • Erdgas • Flüssiggas • Steinkohle • Braunkohle • Nah/ Fernwärme aus KWK; fossiler Brennstoff • Nah/ Fernwärme aus KWK; erneuerbarer Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; fossiler Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; erneuerbarer Brennstoff • Strom
Lüftung	
geplanter Luftwechsel	• keine Lüftungsanlage • Luftwechsel $n=0,4 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=0,5 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=0,6 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=0,7 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=0,8 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=0,9 \text{ h}^{-1}$ • Luftwechsel $n=1,0 \text{ h}^{-1}$
Art der Anlage	• keine Lüftungsanlage • dezentrale Lüftungsanlage • zentrale Abluftanlage • zentrale Zu/Abluftanlage mit Verteilungen im unbeheizten Dach • zentrale Zu/Abluftanlage mit Verteilungen im beheizten Bereich • zentrale Zu/Abluftanlage mit Verteilungen im unbeheizten Keller
Wärmeübergabe	• keine Lüftungsanlage • Anlage mit Temperaturen unter 20°C • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Außenwandbereich; Einzelraumregelung • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Außenwandbereich; ohne Einzelraumregelung, zentrale Vorregelung • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Außenwandbereich; ohne Einzelraumregelung, ohne zentr. Vorregelung • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Innenwandbereich; Einzelraumregelung • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Innenwandbereich; ohne Einzelraumregelung, zentrale Vorregelung • Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Innenwandbereich; ohne Einzelraumregelung, ohne zentrale Vorregelung

Wärmerückgewinnung	- keine Wärmerückgewinnung vorhanden - Wärmeübertrager Zuluft/Abluft mit Wärmerückgewinnungsgrad 60% - Wärmeübertrager Zuluft/Abluft mit Wärmerückgewinnungsgrad 80%
Wärmepumpen	- keine Wärmepumpe vorhanden - Zuluft/Abluft Wärmepumpe - Wärmepumpe zur Trinkwarmwasserbereitung
Heizregister	- kein Heizregister vorhanden - Heizregister mit 35°C Auslegung - Heizregister mit 45°C Auslegung
Erzeuger für Heizregister	- kein Heizregister vorhanden - elektrischer Heizstab - Fern- und Nahwärme - Konstanttemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle - Konstanttemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der therm. Hülle - Niedertemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle - Niedertemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der therm. Hülle - Brennwertkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle - Brennwertkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle - Elektrowärmepumpen; Wasser/Wasser - Elektrowärmepumpen; Erdreich/Wasser - Elektrowärmepumpen; Luft/Wasser - Kraft-Wärme-Kopplung
Primärenergieträger für Heizregister	- Heizöl EL - Erdgas - Flüssiggas - Steinkohle - Braunkohle - Nah/ Fernwärme aus KWK; fossiler Brennstoff - Nah/ Fernwärme aus KWK; erneuerbarer Brennstoff - Nah/Fernwärme aus Heizwerken; fossiler Brennstoff - Nah/Fernwärme aus Heizwerken; erneuerbarer Brennstoff - Strom
Hilfsenergien	- keine Lüftungsanlage vorhanden - Wechselstromventilator (AC) - Gleichstromventilator (DC)
Heizung	
Übergabe	- Luftheizung vorhanden - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Außenwandbereich; $X_p=2K$ - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Außenwandbereich; $X_p=1K$ - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Außenwandbereich; elektronische Regelung - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Außenwandbereich; elektronische Regelung mit Optimierung - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Innenwandbereich; $X_p=2K$ - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Innenwandbereich; $X_p=1K$ - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Innenwandbereich; elektronische Regelung - Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Innenwandbereich; elektronische Regelung mit Optimierung - Wasserheizung; integrierte Heizflächen; $X_p=2K$ - Wasserheizung; integrierte Heizflächen; $X_p=0,5K$ - Elektroheizung; Anordnung Außenwandbereich; Einzelraumregelung; Direktheizung - Elektroheizung; Anordnung Außenwandbereich; Einzelraumregelung; Speicherheizung - Elektroheizung; Anordnung Innenwandbereich; Einzelraumregelung; Direktheizung - Elektroheizung; Anordnung Innenwandbereich; Einzelraumregelung; Speicherheizung

Systemtemperaturen	• 90/70°C • 70/55°C • 55/45°C • 35/28°C • keine Wasserheizung vorhanden
Verteilung	• dezentrales System • Verteilung im unbeheizten; Steigstränge außenliegend • Verteilung im unbeheizten; Steigstränge innenliegend • Verteilung im beheizten; Steigstränge außenliegend • Verteilung im beheizten; Steigstränge innenliegend
Art der Pumpe	• keine Umwälzpumpe vorhanden • geregelte Pumpe • ungeregelte Pumpe
Speicherung	• kein Speicher vorhanden • Speicher vorhanden; Aufstellung beheizt • Speicher vorhanden; Aufstellung unbeheizt
Solaranlage	• keine Solaranlage vorhanden • Solaranlage vorhanden
Art Grundlastwärme- erzeuger	• keine Wasserheizung vorhanden • Elektroheizung; Direktheizung • Elektroheizung; Speicherheizung • Fern- und Nahwärme • Konstanttemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Konstanttemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der therm. Hülle • Niedertemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Niedertemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der therm. Hülle • Brennwertkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Brennwertkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle • Elektrowärmepumpen; Wasser/Wasser • Elektrowärmepumpen; Erdreich/Wasser • Elektrowärmepumpen; Luft/Wasser • Elektrowärmepumpen; Abluft/Wasser (ohne WRG) • Elektrowärmepumpen; Luft/Luft mit WRG ohne Erdwärmetauscher • Einzelfeuerstätte • Kraft-Wärme-Kopplung
Primärenergieträger Grundlastwärmeerzeuger	• Heizöl EL • Erdgas • Flüssiggas • Steinkohle • Braunkohle • Nah/ Fernwärme aus KWK; fossiler Brennstoff • Nah/ Fernwärme aus KWK; erneuerbarer Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; fossiler Brennstoff • Nah/Fernwärme aus Heizwerken; erneuerbarer Brennstoff • Strom
Art Spitzenlastwärme- erzeuger	• kein weiterer Erzeuger vorhanden • Elektroheizung; Direktheizung • Elektroheizung; Speicherheizung • Konstanttemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Konstanttemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle • Niedertemperaturkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Niedertemperaturkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle • Brennwertkessel; Aufstellung in der thermischen Hülle • Brennwertkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle

TABELLE 10 RANDBEDINGUNGEN FÜR DAS TABELLENVERFAHREN DER [DIN V 4701-10]

Sind die Entscheidungen zur Art der Anlagentechnik in diesem Umfang getroffen (und sind der Heizenergiebedarf sowie die Nutzfläche A_N bekannt), kann der Primärenergiebedarf des Gebäudes bestimmt werden.

5.5 Berechnungsbeispiel und Umsetzung in Software

Die im folgenden mit Hilfe des Beispielgebäudes beschriebene Software⁵ bietet die Möglichkeit, den Heizwärmebedarf nach dem vereinfachten Verfahren der [EnEV] und die Primärenergieaufwandszahl e_P nach dem Tabellenverfahren der DIN V 4701-10 für Wohngebäude zu berechnen. Damit ist eine Überprüfung der Haupt- und Nebenbedingung der Energieeinsparverordnung (H_T' und Q_P'') möglich.

5.5.1 Eingabe Gebäude

Die Gebäudebeschreibung umfasst zunächst die Eingabe entweder des Gebäudevolumens V_e , des Luftvolumens V oder der beheizten Nutzfläche A_N . Für eine Berechnung des Primärenergiebedarfes bei bekanntem Heizwärmebedarf und Kompaktheitsgrad (zum Beispiel nach dem Monatsbilanzverfahren der [DIN V 4108-6]) kann die Eingabe der Bauteile umgangen werden.

Gebäudedaten		Anlage Test	2/6
G1. Nutzfläche, externes Volumen und Luftvolumen			
☒ Nutzfläche A_N in m^2	352		
☐ externes Volumen V_e in m^3	1100		
☐ Luftvolumen V in m^3	880		
G2. Manuelle Eingabe von q_h und A/V_e			
Heizwärmebedarf q_h in $kWh/(m^2a)$	0,00		
	59,38	zum Vergleich: Wert nach EnEV (G3.)	
Kompaktheitsgrad A/V_e in m^{-1}	0,00		
	0,76	zum Vergleich: Wert nach EnEV (G3.)	
☐ Diese Werte für q_h und A/V_e verwenden (sonst EnEV Berechnung in G3.)			

BILD 2 EINGABE DER GEBÄUDEDATEN - 1

Anderenfalls folgt die Eingabe der Bauteilflächen mit dazugehörigen U-Werten, sowie Entscheidung, ob in den U-Werten bereits Zuschläge für Wärmebrücken enthalten sind oder noch nicht. Die geprüfte Gebäudedichtheit kann berücksichtigt werden.

⁵ zur Software: Siehe Anhang

G3. Berechnung von q_h und A/V_e nach EnEV

Fußboden		☐ Wärmebrückennachweis für alle Bauteile geführt und in U berücksichtigt ☒ Gebäude hat Dichtheitstest bestanden	
304,0 A in m ²	0,30 U in W/(m ² K)		
A in m ²	U in W/(m ² K)		
Dach			
304,0 A in m ²	0,30 U in W/(m ² K)	☐ zum unbeheizten Dach (sonst zur Außenluft) ☐ zum unbeheizten Dach (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)		
Außenwände			
180,0 A in m ²	0,31 U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
A in m ²	U in W/(m ² K)	☐ zu unbeheizten Räumen (sonst zur Außenluft)	
Fenster nach Nordost, Nord, Nordwest			
10,8 A in m ²	1,20 U in W/(m ² K)	0,7 g-Wert	
Fenster nach Südost, Süd, Südwest			
10,8 A in m ²	1,20 U in W/(m ² K)	0,7 g-Wert	
Fenster nach Ost, West			
10,8 A in m ²	1,20 U in W/(m ² K)	0,7 g-Wert	
Dachfenster (Neigung < 30°)			
10,8 A in m ²	1,20 U in W/(m ² K)	0,7 g-Wert	

BILD 3 EINGABE DER GEBÄUDEDATEN - 2

Sind aus einem anderen Nachweis bereits Hüllfläche und der mittlere U-Wert bekannt, so können diese gesondert eingegeben werden.

☒ Hüllfläche A in m ² ☐ Hüllfläche A in m ²	831,2 0,76	aus Bauteilflächen hier Alternativ Handeingebe Kompaktheitsgrad A/V_e in m ⁻¹
☒ mittlerer U-Wert in W/(m ² K) ☐ mittlerer U-Wert in W/(m ² K)	0,36 	aus Bauteilflächen hier Alternativ Handeingebe

BILD 4 EINGABE DER GEBÄUDEDATEN - 3

Das Programm ermittelt unter Berücksichtigung der gewählten Fenstereigenschaften (Lage, g-Wert), der geprüften Gebäudedichtheit (mit / ohne Dichtheitstest) und der Wärmebrückenfreiheit (mit / ohne Wärmebrückennachweis) den Heizwärmebedarf nach [EnEV].

Für eine künftige Softwareentwicklung sollte die vorhandene Struktur erweitert und ergänzt werden um:

- eine komplette U-Wert-Berechnung aller Bauteile
- eine komplette Wärmebrückenberechnung aller Bauteile.

5.5.2 Eingabe Anlage

Die Anlagentechnik wird mit einer Eingabemaske in Auswahlmenüs beschrieben. Es ist in diesem Fall keine Eingabe von Zahlenwerten notwendig. Die benötigten Kenndaten (Wärmeenergieverluste und Hilfsenergiebedarf), die sich aus einer bestimmten Anlagenkonfiguration ergeben, sind in einer Datenbank hinterlegt. Die Grundlage ist hier das Tabellenverfahren der [DIN V 4701-10].

In den einzelnen Menüs können die im Kapitel 5.4.2 angegebenen Optionen gewählt werden.

Warmwasserbereitung		Anlage Test	3/6
W1. Wärmeverteilnetz			
gebäudezentral; mit Zirkulation; Verteilleitungen im unbeheizten Bereich			
W2. Wärmespeicherung			
indirekt beheizter Speicher; Aufstellung im unbeheizten Bereich			
W3. Wärmeerzeugung		Solaranlage vorhanden?:	
Grundlastwärmeerzeuger:		keine Solaranlage vorhanden	
Kessel Brennwert		Energieträger für diesen Wärmeerzeuger:	
Erdgas		Energieträger für diesen Wärmeerzeuger:	
Spitzenlastwärmeerzeuger:		kein weiterer Erzeuger vorhanden	
kein weiterer Erzeuger vorhanden			

BILD 5 EINGABE DER ALAGENDATEN – WARMWASSERBEREITUNG

Lüftung	
L1. Geplanter Anlagenluftwechsel	
Luftwechsel n=0,4 h ⁻¹	
L2. Art der Anlage	
zentrale Abluftanlage	
L3. Art der Wärmeübergabe	
Anlage mit Temperaturen unter 20°C	
L4. Erzeugung - Wärmerückgewinnung (WRG)	
keine Wärmerückgewinnung vorhanden	
L5. Erzeugung - Wärmepumpen (WP)	
keine Wärmepumpe vorhanden	
L6. Erzeugung - Heizregister (HR)	
kein Heizregister vorhanden	
Erzeuger für Heizregister:	dazugehöriger Primärenergieträger:
kein Heizregister vorhanden	kein Heizregister vorhanden
L7. Erzeugung - Hilfsenergie	
Wechselstromventilator (AC)	

BILD 6 EINGABE DER ALAGENDATEN – LÜFTUNG

Heizung	
H1. Wärmeübergabe	
Wasserheizung; freie Heizflächen; Anordnung Außenwandbereich; X _p =2K	
H2. Systemtemperaturen (Auslegung)	
55/45°C	
H3. Wärmeverteilung	
Art der Wärmeverteilung:	Regelung der Umwälzpumpe:
Verteilung im unbeheizten; Steigstränge innenliegend	geregelter Pumpe
H4. Wärmespeicherung	
kein Speicher vorhanden	
H5. Wärmeerzeugung	
Grundlast-Wärmeerzeuger:	Solaranlage vorhanden?
Brennwertkessel; Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle	keine Solaranlage vorhanden
Spitzenlast-Wärmeerzeuger:	Energieträger für diesen Wärmeerzeuger:
kein weiterer Erzeuger vorhanden	Erdgas

BILD 7 EINGABE DER ALAGENDATEN – HEIZUNG

Das Programm führt eine Vielzahl von Plausibilitätskontrollen durch, so dass nur bestimmte Anlagenkombinationen zulässig sind. Für ein Heizsystem mit den Auslegungstemperaturen von 90/70°C kann zum Beispiel kein Heizungspufferspeicher gewählt werden, da dieser auch in der Praxis nur für Niedertemperaturheizungen (55/45°C bzw. 35/28°C) üblich ist.

Für die künftige Softwaregestaltung kann diese Struktur um die Option der genauen Berechnung nach dem ausführlichen Verfahren der [DIN V 4701-10] mit realen Leitungslängen, realen Anlagenkomponenten, anderen Auslegungstemperaturen etc. ergänzt werden. Dazu muss für jedes der vorhandenen Eingabefelder ein "Programmbypass" eingeführt werden, der es erlaubt dieses Feld anderweitig zu editieren.

5.5.3 Auswertung

Die Berechnung der Primärenergieaufwandszahl erfolgt nach vollständiger Beschreibung des Trinkwarmwasser-, Heizungs- und Lüftungssystems. Ist die Systembeschreibung nicht vollständig, wird der Benutzer darauf hingewiesen.

Die Ergebnisse – das heißt unter anderem Einzelkennwerte für Wärmeenergienutzen, Wärmeverlustmengen und Hilfsenergien – werden für die vier Bereiche "Heizwärmebedarf", "Warmwasserbereitung", "Lüftung" und "Heizung" tabellarisch zusammengestellt.

Ergebnisse: Allgemeine Angaben				Anlage Test	4/6	
Nutzfläche	A_n	352	m^2			
Hüllfläche	A	831	m^2			
externes Gebäudevolumen	V_e	1100	m^3			
Luftvolumen	V	880	m^3			
Kompaktheitsgrad	A/V_e	0,76	m^{-1}			
Detaillergebnisse: Heizwärmebedarf (EnEV)						
Wärmeverlust Transmisson	HT	295	W/K	QT	19478	kWh/a
	Gt	66	kKWh/a			
Wärmeverlust Lüftung	HV	179	W/K	QV	11834	kWh/a
	Gt	66	kKWh/a			
innere Fremdwärme	QI	7744	kWh/a	ηQI	7357	kWh/a
	η	0,95	-			
solare Fremdwärme	QS	7744	kWh/a	ηQS	7357	kWh/a
	η	0,95	-			
Heizwärmebedarf	qh	59,38	kWh/(m²a)	Qh	20901	kWh/a

BILD 8 AUSWERTUNG – ALLGEMEINES

Detaillergebnisse: Trinkwarmwasserbereitung					
	Wärmeenergie			Hilfsenergie	
Nutzen	qtw	12,50	$kWh/(m^2a)$	-	-
Übergabe	qTW,ce	0,00	$kWh/(m^2a)$	qTW,ce,HE	0,00 $kWh/(m^2a)$
Verteilung	qTW,d	8,28	$kWh/(m^2a)$	qTW,d,HE	0,44 $kWh/(m^2a)$
Speicherung	qTW,s	2,47	$kWh/(m^2a)$	qTW,s,HE	0,05 $kWh/(m^2a)$
Erzeugung (Solaranlage)	aTW,g	0,00	-	aTW,g	0,00 -
	fP	0,00	-	fP	0,00 -
	eTW,g	0,00	-	qTW,g,HE	0,00 $kWh/(m^2a)$
Erzeugung (Grundlastherzeuger)	aTW,g	1,00	-	aTW,g	1,00 -
	fP	1,10	-	fP	3,00 -
	eTW,g	1,13	-	qTW,g,HE	0,16 $kWh/(m^2a)$
Erzeugung (Spitzenlastherzeuger)	aTW,g	0,00	-	aTW,g	0,00 -
	fP	0,00	-	fP	0,00 -
	eTW,g	0,00	-	qTW,g,HE	0,00 $kWh/(m^2a)$
Endenergie	qTW,WE	26,27	$kWh/(m^2a)$	qTW,HE	0,65 $kWh/(m^2a)$
Primärenergie	qTW,WE,P	28,90	$kWh/(m^2a)$	qTW,HE,P	1,95 $kWh/(m^2a)$

BILD 9 AUSWERTUNG - WARMWASSERBEREITUNG

Detailergebnisse: Lüftung

	Wärmeenergie			Hilfsenergie		
Nutzen	q _{h,L}	0,00	kWh/(m²a)	-	-	-
Übergabe	q _{ce,L}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,ce,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Verteilung	q _{d,L}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,d,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Erzeugung (Wärmerückgewinnung)	q _{L,g,WRG}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,g,HE}	1,33	kWh/(m²a)
	e _{L,g,WRG}	0,00	-			
	f _P	0,00	-			
Erzeugung (Wärmepumpe)	q _{L,g,WP}	0,00	kWh/(m²a)	f _P	3,00	-
	e _{L,g,WP}	0,00	-			
	f _P	0,00	-			
Erzeugung (Heizregister)	q _{L,g,HR}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,g,HE}	1,33	kWh/(m²a)
	e _{L,g,HR}	0,00	-			
	f _P	0,00	-			
Endenergie	q _{L,WE}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,HE}	1,33	kWh/(m²a)
Primärenergie	q _{L,WE,P}	0,00	kWh/(m²a)	q _{L,HW,P}	4,00	kWh/(m²a)

BILD 10 AUSWERTUNG – LÜFTUNG

Detailergebnisse: Heizung

	Wärmeenergie			Hilfsenergie		
Nutzen	q _{h (nutz)}	59,38	kWh/(m²a)	-	-	-
Gutschriften	q _{h, TW,d}	1,85	kWh/(m²a)	-	-	-
	q _{h, TW,s}	0,00	kWh/(m²a)	-	-	-
	q _{h, L}	0,00	kWh/(m²a)	-	-	-
	q _{h (effektiv)}	57,53	kWh/(m²a)	-	-	-
Übergabe	q _{H,ce}	3,30	kWh/(m²a)	q _{H,ce,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Verteilung	q _{H,d}	3,42	kWh/(m²a)	q _{H,ce,HE}	0,70	kWh/(m²a)
Speicherung	q _{H,s}	0,00	kWh/(m²a)	q _{H,ce,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Erzeugung (Solaranlage)	a _{H,g}	0,00	-	a _{H,g}	0,00	-
	f _P	0,00	-	f _P	0,00	-
	e _{H,g}	0,00	-	q _{H,g,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Erzeugung (Grundlastherzeuger)	a _{H,g}	1,00	-	a _{H,g}	1,00	-
	f _P	1,10	-	f _P	3,00	-
	e _{H,g}	1,03	-	q _{H,g,HE}	0,44	kWh/(m²a)
Erzeugung (Spitzenlastherzeuger)	a _{H,g}	0,00	-	a _{H,g}	0,00	-
	f _P	0,00	-	f _P	0,00	-
	e _{H,g}	0,00	-	q _{H,g,HE}	0,00	kWh/(m²a)
Endenergie	q _{H,WE}	66,17	kWh/(m²a)	q _{H,HE}	1,14	kWh/(m²a)
Primärenergie	q _{H,WE,P}	72,79	kWh/(m²a)	q _{H,HE,P}	3,42	kWh/(m²a)

BILD 11 AUSWERTUNG – HEIZUNG

Die Detailergebnisse der Warmwasserbereitung, Lüftung und Heizung werden um die folgenden Gesamtübersichten erweitert.

Gesamtübersicht (absolute Energien)				Anlage Test	5/6
	Wärmeenergie		Hilfsenergie	Gesamt	
Nutzen	Warmwasser		4400 kWh/a	0 kWh/a	4400 kWh/a
	Lüftung und Heizung		22861 kWh/a	0 kWh/a	22861 kWh/a
	Gesamt		27261 kWh/a	0 kWh/a	27261 kWh/a
Endenergie	Warmwasser		3248 kWh/a	229 kWh/a	3477 kWh/a
	Lüftung und Heizung		25312 kWh/a	469 kWh/a	25781 kWh/a
	Gesamt		34560 kWh/a	1038 kWh/a	35598 kWh/a
Primärenergie	Warmwasser		10173 kWh/a	686 kWh/a	10859 kWh/a
	Lüftung und Heizung		27844 kWh/a	1407 kWh/a	29251 kWh/a
	Gesamt		38016 kWh/a	2093 kWh/a	40109 kWh/a

BILD 12 AUSWERTUNG - GESAMTÜBERSICHT

Gesamtübersicht (spezifische Energien)			
	Wärmeenergie	Hilfsenergie	Gesamt
Nutzenergie	72 kWh/(m²a)	0 kWh/(m²a)	72 kWh/(m²a)
Endenergie	92 kWh/(m²a)	3 kWh/(m²a)	96 kWh/(m²a)
Primärenergie	102 kWh/(m²a)	9 kWh/(m²a)	111 kWh/(m²a)
Aufwandszahl			1,55
EnEV Anforderung			
	Istwert für dieses Gebäude	Maximalwert nach EnEV	Erfüllt?
HT*	0,36 W/(m²K)	0,50 W/(m²K)	ja
QP"	111 kWh/(m²a)	114 kWh/(m²a)	ja

BILD 13 AUSWERTUNG – [ENEV] ANFORDERUNG

Die letzten Tabelle bestätigt, ob dieses Gebäude mit seiner Anlagentechnik nach den [EnEV] zugelassen ist oder nicht.

Für die künftige Softwareentwicklung können Übersichten dieser Art für den rechtlichen Nachweis des Primärenergiebedarfes zertifiziert werden. So kann der Planer (Architekt oder Versorgungsingenieur) durch einfaches Ausdrucken der Randbedingungen und Ergebnisse den erforderlichen schriftlichen Nachweis erbringen. Auch die Erstellung des Energiebedarfsausweises kann mit Hilfe solcher Tabellen erfolgen.

5.5.4 Parameterstudie

Sind sich die an der Planung beteiligten Ingenieure und Architekten – besonders in frühen Planungsphasen – nicht über die Auswirkungen einzelner Maßnahmen (Dichtheitsprüfung, Lage der Verteilung...) auf den Energiebedarf des Gebäudes im klaren, können diese im Programm nachvollzogen werden.

Die Variation der Dichtheit des Gebäudes (Lüftungswärmebedarf) hat bei sonst gleichen Parametern Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf q_h und den Primärenergiebedarf q_p . Bei nicht vorhandener Dichtheitsprüfung kann dieses Gebäude die Anforderungen der [EnEV] nicht erfüllen.

☐ Wärmebrückennachweis für alle Bauteile geführt und in U berücksichtigt ☒ Gebäude hat Dichtheitstest bestanden		$q_{h,max}$ 78 kWh/(m²a) (aus HT*) $q_{h,ist}$ 59 kWh/(m²a) (Istwert) $q_{p,max}$ 114 kWh/(m²a) (QP") $q_{p,ist}$ 111 kWh/(m²a) (Istwert) e_p 1,55 - (Istwert)
---	--	--

BILD 14 PARAMETERSTUDIE – GEBÄUDE MIT DICHTHEITSTEST

☐ Wärmebrückennachweis für alle Bauteile geführt und in U berücksichtigt ☐ Gebäude hat Dichtheitstest bestanden	<table border="1"> <tr> <td>$q_{h,max}$</td> <td>78 kWh/(m²a)</td> <td>(aus HT)</td> </tr> <tr> <td>$q_{h,ist}$</td> <td>65 kWh/(m²a)</td> <td>(Istwert)</td> </tr> <tr> <td>$q_{p,max}$</td> <td>114 kWh/(m²a)</td> <td>(QP")</td> </tr> <tr> <td>$q_{p,ist}$</td> <td>117 kWh/(m²a)</td> <td>(Istwert)</td> </tr> <tr> <td>e_p</td> <td>1,52</td> <td>- (Istwert)</td> </tr> </table>	$q_{h,max}$	78 kWh/(m ² a)	(aus HT)	$q_{h,ist}$	65 kWh/(m ² a)	(Istwert)	$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")	$q_{p,ist}$	117 kWh/(m ² a)	(Istwert)	e_p	1,52	- (Istwert)
$q_{h,max}$	78 kWh/(m ² a)	(aus HT)														
$q_{h,ist}$	65 kWh/(m ² a)	(Istwert)														
$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")														
$q_{p,ist}$	117 kWh/(m ² a)	(Istwert)														
e_p	1,52	- (Istwert)														

BILD 15 PARAMETERSTUDIE – GEBÄUDE OHNE DICHTHEITSTEST

Auch im Bereich der Anlagentechnik können Veränderungen sofort nachvollzogen werden. So vermindert zum Beispiel die Wahl einer Solaranlage den Primärenergiebedarf von 111 auf 98 kWh/(m²a).

Solaranlage vorhanden?: keine Solaranlage vorhanden keine Solaranlage vorhanden Solaranlage vorhanden	<table border="1"> <tr> <td>$q_{p,max}$</td> <td>114 kWh/(m²a)</td> <td>(QP")</td> </tr> <tr> <td>$q_{p,ist}$</td> <td>111 kWh/(m²a)</td> <td>(Istwert)</td> </tr> <tr> <td>e_p</td> <td>1,55</td> <td>- (Istwert)</td> </tr> </table>	$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")	$q_{p,ist}$	111 kWh/(m ² a)	(Istwert)	e_p	1,55	- (Istwert)
$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")								
$q_{p,ist}$	111 kWh/(m ² a)	(Istwert)								
e_p	1,55	- (Istwert)								

BILD 16 PARAMETERSTUDIE – GEBÄUDE OHNE SOLARANLAGE

Solaranlage vorhanden?: Solaranlage vorhanden keine Solaranlage vorhanden Solaranlage vorhanden	<table border="1"> <tr> <td>$q_{p,max}$</td> <td>114 kWh/(m²a)</td> <td>(QP")</td> </tr> <tr> <td>$q_{p,ist}$</td> <td>98 kWh/(m²a)</td> <td>(Istwert)</td> </tr> <tr> <td>e_p</td> <td>1,36</td> <td>- (Istwert)</td> </tr> </table>	$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")	$q_{p,ist}$	98 kWh/(m ² a)	(Istwert)	e_p	1,36	- (Istwert)
$q_{p,max}$	114 kWh/(m ² a)	(QP")								
$q_{p,ist}$	98 kWh/(m ² a)	(Istwert)								
e_p	1,36	- (Istwert)								

BILD 17 PARAMETERSTUDIE – GEBÄUDE MIT SOLARANLAGE

Diese Parametervariation kann für die professionelle Softwareerstellung zum Beispiel durch Kostenfunktionen erweitert werden.

6 HEIZLASTBERECHNUNG FÜR GEBÄUDE UND RÄUME

6.1 Relevante Planungsphasen

Die Heizlastberechnung erfolgt im Sinne der integrierten Planung bereits am Ende der Entwurfsphase. Dann stehen die Wärmedurchgangswerte der Hüllflächen jedes Raumes und die Höhe des geplanten Lüftungsvolumenstromes fest. Die Heizlast eines jeden Raumes kann berechnet werden und als Grundlage für die Festlegung der Größe der Heizflächen dienen. Die Gebäudeheizlast und die Anschlussleistung des Wärmeerzeugers werden bestimmt. Bei zukünftiger Verwendung einer modularen Software könnten spätere Änderungen in der Gebäudehülle in der Heizkörper- und Wärmeerzeugerwahl nachträglich berücksichtigt werden.

Wird die anlagentechnische Planung für ein kleineres Gebäude ohne Abstimmung mit dem Architekten durchgeführt, dann sind vielfach Näherungslösungen für die Bestimmung des Heizwärmebedarfes notwendig. Diese sind – auch als sehr einfach gehaltene Berechnungsalgorithmen – der heute oft üblichen Planung ohne Berechnung eindeutig vorzuziehen. Die Entwicklung solcher überschlägigen Berechnungshilfen sollte auf jeden Fall dahingehen, dass übersichtliche und einfach zu bedienende Programme entstehen, die ohne Zuhilfenahme von weiterer Literatur zu einem praktikablen Ergebnis führen.

In diesem Kapitel sollen Verfahren der vereinfachten Heizlastberechnung vorgestellt werden. Dabei kommt an geeigneter Stelle die in Kapitel 4.2 beschriebene Beispielwohnung zum Einsatz. Die vereinfachten Heizlastberechnungen (für Räume und Gebäude) sind als Alternative zur Berechnung nach DIN 4701-1...3 anzusehen, ersetzen diese jedoch rechtlich nicht.

6.2 Vereinfachtes Verfahren nach Budde/Sproten

Zahlreiche Untersuchungen des Institutes für Heizungs- und Klimatechnik der Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel haben gezeigt, dass die vorgeschriebene Heizlastberechnung nach DIN 4701 im Ein- bis Zweifamilienhaus in der Regel vom Fachhandwerker nicht durchgeführt wird. Eine Heizlastberechnung ist aber unbedingt notwendig, da die gesamte Auslegung der Heizungsanlage (Heizflächen, Pumpen, Rohrnetz) auf dieser Berechnung basiert.

Das folgende Verfahren⁶ bietet dem Handwerker vereinfachte Möglichkeiten zur Ermittlung der Heizlast und lässt sich mit einfachen Mitteln als Computerprogramm umsetzen.

Nach Auffassung der Autoren sind für Gebäude, die nach den Bestimmungen der Energieeinsparverordnung 2002 oder allgemein mit einem höheren Wärmeschutz, wie z.B. am Kronsberg, verwirklicht werden, die Aufgaben für die Auslegung und Dimensionierung der einzelnen

⁶ Zur Software: siehe Anhang

Anlagenteile neu gestellt. Die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB), DIN 18380: „Heizanlagen und zentrale Warmwassererwärmungsanlagen“ fordert zu Recht die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden als Grundlage für die Bemessung der einzelnen Anlagenkomponenten.

Es muss jedoch die Frage gestellt werden, ob nicht mit einem einfachen Verfahren bei gleichen Genauigkeitsanforderungen die erforderliche Heizlast auf kürzerem und physikalisch eindeutigeren Wegen bestimmt werden kann.

Die nachfolgenden Überlegungen geben dieses Verfahren wieder mit dem in kurzen Schritten die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste eines Raumes und in summa eines Gebäudes bestimmt werden können. Vorab sei deutlich betont, dass die Ableitungen auf den gleichen wärmetechnischen Grundlagen basieren wie die [DIN 4701].

Wie in der DIN 4701 ist die Norminnentemperatur als sog. Empfindungstemperatur Grundlage für die Berechnung des Transmissionswärmeverluststromes. Sie wird vereinfacht als arithmetischer Mittelwert der Lufttemperatur ϑ_L und der inneren Oberflächentemperatur ϑ_W eines Bauteils (z.B. Außenwand, Fenster, Tür) festgelegt:

$$\vartheta_i = \frac{(\vartheta_L + \vartheta_W)}{2}.$$

Der Wärmestrom bezogen auf eine Bauteilfläche ergibt sich wie bekannt aus der Gleichung:

$$q = k \cdot (\vartheta_L - \vartheta_a) = \frac{1}{R_K} \cdot (\vartheta_L - \vartheta_a).$$

Hierin ist der Wärmedurchgangswiderstand R_K die Summe der Einzelwiderstände:

$$R_K = R_i + \sum R_{\lambda} + R_a.$$

mit R_i : innerer Wärmeübergangswiderstand (nach DIN 4701: 0,13 m²K/W)
 R_{λ} : Wärmeleitwiderstand einer Bauteilschicht
 R_a : äußerer Wärmeübergangswiderstand (nach DIN 4701 z.B. 0,04 m²K/W)

Der auf die Bauteilfläche bezogene Wärmestrom ergibt sich nach den einfachen Gesetzen der Reihenschaltung von Einzel-Wärmetransportwiderständen in gleicher Weise zu:

$$q = \frac{\vartheta_W - \vartheta_a}{R_K - R_i}.$$

Durch die folgende Umformung lässt sich der auf die Bauteilfläche bezogene Wärmestrom bei Vorgabe einer gewünschten "Norm"-Innentemperatur ϑ_i , z. B. 20 °C , in einfacher Weise bestimmen:

$$\vartheta_L = \vartheta_a + q \cdot R_K$$

und

$$\vartheta_w = \vartheta_a + q \cdot (R_K - R_i) .$$

Durch entsprechende Umformungen ergibt sich:

$$\vartheta_i = \vartheta_a + q \cdot \frac{(2R_K - R_i)}{2} \text{ bzw.}$$

$$q = 2 \frac{(\vartheta_i - \vartheta_a)}{2R_K - R_i}$$

Bei bekanntem Aufbau des Bauteils (R_K) und vorgegebener "Norm"-Innentemperatur ϑ_i sowie "Norm"-Außentemperatur ϑ_a kann der Transmissionswärmeverlust damit in einfacher Weise ermittelt werden:

$$Q_T = q \cdot A$$

mit : A Bauteilfläche

Die Ableitung berücksichtigt, dass bei Bauteilen mit hohen k-Werten, d. h. mit geringen inneren Oberflächentemperaturen, die Lufttemperatur anzuheben ist. Die in der DIN 4701-1 erforderliche Außenwandkorrektur ist damit überflüssig.

Der "Norm"-Wärmebedarf eines Raumes ergibt sich in bekannter Weise aus der Summe der Einzelverluste aller Bauteile. Weitere Vereinfachungen des Rechenverfahrens der DIN 4701 sollen hier nicht näher erörtert werden.

Die Berechnung der Transmissionswärmeverluste an das Erdreich grenzender Bauteile muss drastisch vereinfacht werden. So kann der Wärmedurchgangswiderstand R_K nur bis zur Außenwand eingesetzt werden:

$$R_{K,E} = R_i + \Sigma R_{\lambda}$$

und anstelle der Außentemperatur eine minimale Erdreichtemperatur von ca. 0 °C angesetzt werden.

Der "Sicherheitszuschlag" von 15 % nach DIN 4701, Teil 3 (8.89) kann wegen der "korrekten Physik" beim Einfluss der Wärmedurchgangswiderstände auf die "Norm"-Innentemperatur ebenfalls entfallen.

Der Lüftungswärmebedarf ergibt sich bei den heute eingesetzten dichten Fenstern und Türen fast ausschließlich aus einem Mindestluftwechsel oder bei Gebäuden mit mechanischer Lüftung aus dem Luftwechsel Lüftungsanlage bestimmt:

$$Q_L = n \cdot V_R \cdot c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot (\vartheta_L - \vartheta_a)$$

mit n Luftwechselzahl – typisch $0,5 \text{ h}^{-1}$
 V_R Raumvolumen
 $\rho_L \cdot c_{p,L}$ Dichte und spezifische Wärmekapazität von Luft - $0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$

Da bei den heute sehr dichten Gebäuden der Gesamtluftwechsel vor allem durch den Nutzer und die Anlagentechnik und weniger durch die Fugenlüftung bestimmt wird, kann der in der Berechnung des Lüftungswärmebedarfs nach [DIN 4701-1] verwendete gleichzeitig wirksame Lüftungswärmeanteil ($\xi=0,5$) weitgehend entfallen⁷.

6.3 Vereinfachtes Verfahren nach [prEN 12831]

Als Basis der Berechnung sind die Außenmaße der Bauteile anzusetzen. Die Basis der Bemaßung ist der Abstand zwischen den Geschossoberflächen (der Kellerboden wird vernachlässigt). Innere Wände werden bis zur halben Wandstärke berücksichtigt.

6.3.1 Transmissionswärmeverluste

Die allgemeine Formel lautet:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\Theta}$$

mit : $f_{\Delta\Theta}$ Temperaturkorrekturfaktor für höhere Norm-Innentemperaturen
 $\Phi_{T,i}$ Transmissionswärmeverluste des beheizten Raumes i
 $\Phi_{V,i}$ Lüftungswärmeverluste des beheizten Raumes i

⁷ Der Gesamtluftwechsel wird in bestehenden Gebäuden (vor WSchV 1995) überwiegend durch den Fugenluftwechsel bestimmt. Da dieser stark von der Windrichtung abhängt, verwendet die [DIN 4701-1] den Minderungsfaktor 0,5. Damit wird berücksichtigt, dass bei üblichen Windverhältnissen etwa maximal 50% der Gebäudehüllfläche in Windrichtung liegt.

Die Transmissionswärmeverluste können wie folgt ermittelt werden:

$$\Phi_{T,i} = \sum f \cdot A_K \cdot U_K \cdot (\Theta_{\text{int},i} - \Theta_e)$$

mit : f Temperaturreduktionsfaktor (nach [prEN 12831], Seite 48 Tab D11)
 A_K Fläche des Elementes k
 U_K Wärmedurchgangskoeffizient des Elementes k
 $\Theta_{\text{int},i}$ Norminnentemperatur des beheizten Raumes i
 Θ_e Normaußentemperatur

Es werden folgende Temperaturfaktoren f verwendet:

Außenwand, Außenfenster $f = 1,0$
 Innentür, Innenwand zum Flur $f = 0,6$
 Innenwand zur Nachbarwohnung $f = 0,5$
 Innenwand zum Treppenhaus $f = 0,5$

Die Anwendung der obigen Formel soll beispielhaft für das Schlafzimmer der Beispielwohnung erfolgen:

$$\Phi_{T,\text{Schlafen}} = \left[\begin{aligned} & (1,0 \cdot 18,65\text{m}^2 \cdot 0,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})_{\text{AW}} + (1,0 \cdot 6,75\text{m}^2 \cdot 1,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})_{\text{AF}} \\ & + (0,6 \cdot 2\text{m}^2 \cdot 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})_{\text{IT}} + (0,6 \cdot 1,26\text{m}^2 \cdot 0,98 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})_{\text{IWFlur}} \\ & + 2 \cdot (0,5 \cdot 17,12\text{m}^2 \cdot 0,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})_{\text{Decke+Fußboden}} \end{aligned} \right] \cdot (20 - (-14))\text{K}$$

$$= 841\text{W}$$

mit : $A_{\text{AW}} = (5,135\text{m} + 3,3315\text{m}) \cdot 3\text{m} - A_{\text{Fenster}} = 25,3995\text{m}^2 - 6,75\text{m}^2 = 18,65\text{m}^2$
 $k_{\text{AW}} = 0,31\text{ W/m}^2\text{K}$
 $A_{\text{AF}} = 6,75\text{ m}^2$
 $k_{\text{TürTreppenhaus}} = 1,2\text{ W/m}^2\text{K}$
 $A_{\text{IWFlur}} = 0,48\text{m} \cdot 3\text{m} = 1,26\text{m}^2$
 $k_{\text{IWFlur}} = 0,98\text{ W/m}^2\text{K}$
 $A_{\text{Fußboden}} = A_{\text{Decke}} = 5,135\text{m} \cdot 3,3315\text{m} = 17,12\text{ m}^2$
 $k_{\text{Fußboden}} = k_{\text{Decke}} = 0,31\text{ W/m}^2\text{K}$
 $A_{\text{IT}} = 1\text{m} \cdot 2\text{m} = 2\text{m}^2$
 $k_{\text{IT}} = 4\text{ W/m}^2\text{K}$

Für die anderen Räume erfolgt die Rechnung analog.

Die Temperaturdifferenz, die sich zum Beispiel zum Flur ergibt, beträgt $(20 - (-14))\text{K} \cdot 0,6 = 20,4\text{K}$. Somit wird eine Temperatur von $-0,4^\circ\text{C}$ im Flur zugrunde gelegt. Das Verfahren nach EN 123831 ermittelt daher viel zu hohe Werte für die Raumheizlasten, sollte in dieser Form (Verwendung von Temperaturkorrekturfaktoren) nur zur Bestimmung der Gebäudeheizlast verwendet werden.

Für eine Umsetzung als Software müssten statt der "festen" Außentemperatur Θ_e trotz der Komplizierung des Rechenganges variablen Temperatur je nach Nachbarraum, zum Beispiel 15°C für eine Nachbarwohnung, (wie nach DIN 4701-1) eingesetzt werden. Dann ist es sowohl für die Heizlastberechnung eines Gebäudes als auch der Räume einer Wohnung einsetzbar.

Zum Vergleich: die Raumheizlast für das Schlafzimmer beträgt nur 650 W, wenn als Temperaturen für die Innenwände und die Decke 15°C und die Bodenplatte 0°C angesetzt wird. Diese Raumheizlast beträgt etwa nur 75% der überschlägigen Berechnung nach [prEN 13831].

6.3.2 Lüftungswärmeverluste

Diese werden wie folgt bestimmt:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{\min} \cdot (\Theta_{\text{int},i} + \Theta_e)$$

mit : $V_{\min}$ Mindestluftvolumenstrom des beheizten Raumes i in $[\text{m}^3/\text{h}]$
 $\Theta_{\text{int},i}$ Norminnentemperatur des beheizten Raumes i
 Θ_e Normaußentemperatur

Die Verwendung von Normaußentemperaturen für jeden Raum macht die Verwendung des Rechenverfahren nach [prEN 12831] auch an dieser Stelle nicht für einzelne Räume einer Wohnung, sondern nur für abgeschlossene Wohnungen bzw. Gebäude praktikabel.

Die im Kapitel 6.3.1 gegebenen Hinweise zur Temperaturdifferenz gelten auch hier.

Der hygienisch notwendige Mindestluftvolumenstrom beträgt:

$$V_{\min} = n_{\min} \cdot V_i$$

mit : $n_{\min}$ Mindestaußenluftwechsel in h^{-1} ([prEN 12831], Seite 44 Tab.D6)
 V_i Volumen des beheizten Raumes i in m^3 , auf Basis der externen Abmessungen multipliziert mit einem Reduktionsfaktor von 0,8.

Die [prEN 12831] unterscheidet im vereinfachten Verfahren in 4 unterschiedliche Anwendungsfälle für den Luftwechsel: 0,5 h⁻¹ für Wohnräume (Standardfall), 1,5 h⁻¹ für Küchen und Badezimmer mit Fenstern, 1,0 h⁻¹ für Büroräume und 2,0 h⁻¹ für Besprechungsräume und Schulzimmer.

6.3.3 Zuschläge für unterbrochen oder selten beheizte Räume

Die zusätzlich benötigte Leistung in intermittierend beheizten Räumen wird anhand folgender Gleichung berücksichtigt:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$$

mit : A_i Fußbodenfläche des beheizten Raumes (auch hier Außenmaße bzw. halbe Innenwandstärke)
 f_{RH} Aufheizfaktor für Gebäude ([prEN 12831] Seite 47 Tab.10a und 10b)

Der Aufheizfaktor wird eingeführt, um für einen Raum eine Schnellaufheizung nach einer Nachtabenkung zu garantieren. Die [prEN 12831] sagt dazu aus, dass "in gut gedämmten und luftdichten Gebäuden ein Temperaturabfall während der Nachtabenkung von mehr als 2-3 K unwahrscheinlich" ist.

In der gewählten Beispielwohnung wird für den Schlafrum ein intermittierender Betrieb vorgesehen, da dieser tagsüber als Büroraum innerhalb der Wohnung genutzt wird, und deshalb nachts mit 16°C und tagsüber mit 20°C in die Berechnung einbezogen wird.

$$\Phi_{RH, \text{Schlafen}} = (3,315\text{m} \cdot 5,135\text{m}) \cdot 22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 375\text{W}$$

Für f_{RH} wird von folgenden Kriterien ausgegangen: Angenommener Temperaturabfall nach Absenkephase: 2 K, Gebäude mit schwerer Gebäudemasse und eine Aufheizzeit von 1 h.

6.3.4 Normheizlast

Die Normheizlast für das Gebäude ergibt sich nach folgender Formel:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$$

mit : Φ_{HL} Normheizlast der Gebäudeeinheit
 $\sum \Phi_{T,i}$ Summe der Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume,
 ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit oder eines Gebäudes (mit einem Wärmeerzeuger)

- $\sum \Phi_{v,i}$ Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit bzw. eines Gebäudes.
- $\sum \Phi_{RH,i}$ Summe der benötigten Aufheizleistungen zum Ausgleich der Auswirkungen einer intermittierenden Beheizung aller Räume.

Die Vorgabe der Berechnung "ohne Berücksichtigung der übertragenen Wärme innerhalb einer Gebäudeeinheit..." macht es erforderlich, die beheizte Zone noch einmal unter Berücksichtigung Außenflächen zu berechnen.

Die obige Formel kann nach der [prEN 12831] auch zur Ermittlung der Raumheizlast verwendet werden, wenn jeweils die Transmissionsheizlast, die Lüftungsheizlast und die Zusatzheizlast für den betrachteten Raum summiert werden. Die bereits gegebenen Hinweise zur Temperaturdifferenz und den Temperaturkorrekturfaktoren gelten weiterhin.

6.3.5 Übertragung der [prEN 12831] auf Software

Das vereinfachte Verfahren der [prEN 12831] ist nur unter Vorbehalten notwendig. Positiv ist die Berücksichtigung der Schnellaufheizung nach Absenkenphasen. Dieser Berechnung sollte nach Ansicht der Autoren auch in einer Software besondere Bedeutung zukommen.

Der sich ergebende Wert der Gebäudeheizleistung Φ_{HL} nach der Berechnung der [prEN 12831] dient zur Dimensionierung der Leistung des Wärmeerzeugers. Hier fehlt für kleine Gebäude vor allem die Einbeziehung der Warmwasserbereitung, die die Wahl der Erzeugerleistung mitbestimmt.

Für die raumweise Berechnung eines Gebäudes erscheint dieses Verfahren nicht geeignet, da die Heizflächen aufgrund der hohen Temperaturkorrekturen zwischen zwei Räumen sehr groß ausfallen.

6.4 Hinweise zur Bestimmung des Lüftungswärmeanteils

In Hinblick auf eine Gebäudeplanung mit Software sollen an dieser Stelle erweiternde Aussagen zum Thema Wohnungslüftung gemacht werden. Der Bestimmung des Lüftungswärmeverlustes am kältesten Tage kommt bei der Gebäudeheizlastberechnung und den Raumheizlastberechnungen eine besondere Bedeutung zu, denn der Anteil der Lüftungsheizlast an der Wohnungsheizlast steigt im Niedrigenergiegebäude.

Im immer größeren Maße werden Neubauten mit Wohnungslüftungsanlagen geplant (Abluftanlagen im Niedrigenergiehaus und Zuluft/Abluftanlagen im Passivhaus). Daher sind innerhalb eines Gebäudes sogenannte "Zulufräume" (Wohn- und Schlafräume), "Ablufträume" (Küchen und Bäder) und "Überströmzonen" (Flure) zu finden.

Eine Software sollte folgende Vorgehensweise ermöglichen: Festlegung eines Mindestluftwechsels für die Ablufträume und Überprüfung des Luftwechsels für die restliche Wohnung aufgrund der sich ergebenden Volumenströme. Weitere Überprüfung des Mindestluftwechsels nach Personen.

Für die Beispielwohnung könnten folgende Werte angenommen werden:

A Ablufträume

A1 Badezimmer

Raumvolumen des Badezimmers

$$V = 27 \text{ m}^3$$

Luftwechsel 1,5... 4

$$n = 2 \text{ (gewählt)}$$

Volumenstrom

$$\dot{V} = n \cdot V = 2 \frac{1}{h} \cdot 27 \text{ m}^3 = 54 \frac{\text{m}^3}{h}$$

A2 Küche

Raumvolumen der Küche

$$V = 29 \text{ m}^3$$

Luftwechsel [Heiz Konzept]

$$n = 1$$

Volumenstrom

$$\dot{V} = n \cdot V = 1 \frac{1}{h} \cdot 29 \text{ m}^3 = 29 \frac{\text{m}^3}{h}$$

B Zulufräume

Umrechnung auf den Luftwechsel (bzw. Außenluftvolumenstrom) der Zulufräume:

Raumvolumen Wohn- und Schlafrum

$$V_{\text{ges}} = 48 \text{ m}^3 + 31 \text{ m}^3 = 79 \text{ m}^3$$

Gesamtvolumenstrom (Zuluft = Abluft)

$$\dot{V}_{\text{ges,Abl}} = 29 \frac{\text{m}^3}{h} + 54 \frac{\text{m}^3}{h} = 83 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Resultierender Luftwechsel:

$$n_{\text{Zuluft}} = \frac{\dot{V}_{\text{ges,Abl}}}{V_{\text{ges}}} = \frac{83 \text{ m}^3}{79 \text{ m}^3 \cdot h} = 1,051 \frac{1}{h} \approx 1 \frac{1}{h}$$

C Gesamte Wohnung

Volumen

$$V_{\text{ges}} = 150 \text{ m}^3$$

Volumenstrom

$$\dot{V}_{\text{ges,Abl}} = 83 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Resultierender Luftwechsel

$$n_{\text{ges}} = \frac{\dot{V}_{\text{ges,Abl}}}{V_{\text{ges}}} = \frac{83 \text{ m}^3}{150 \text{ m}^3 \cdot h} = 0,55 \frac{1}{h}$$

Eine Kontrolle des Mindestvolumenstroms für die gesamte Wohnung in Bezug auf die Anzahl der Bewohner sollte immer möglich sein. Für die Beispielwohnung ergibt sich eine durchschnittliche Bewohnerzahl von etwa 2 Personen bei ca. 35 m²/Person [Recknagel 2001]. Für jede Person ist ein Mindestluftwechsel von 30 m³/h nötig. Dieser Wert kann bei einem Gesamtvolumenstrom von 83m³/h sehr gut erfüllt werden.

Die Berechnung des Norm-Lüftungswärmeverlustes mit der Angabe des Mindest-Außenluftwechsels wirft im Zusammenhang mit Abluftsystemen im NEH verschiedene Fragen auf, die der Planer zu bedenken bzw. einzuschätzen hat: Die Annahme des mittleren Luftwechsels in den Ablufträumen zur Dimensionierung der Heizflächen ist bei mechanischer Lüftung nicht korrekt. In Wirklichkeit wird die Luft aus den angrenzenden Räumen abgesaugt, so dass in diesen Fällen anstelle der Normaußentemperatur die Lufttemperatur innerhalb des Gebäudes einzusetzen ist (hier 20°C). Damit wird die Normheizlast für diesen Raum entsprechend geringer. Im umgekehrten Schluss müssen die Heizflächen in den Zulufräumen entsprechend größer dimensioniert werden, wenn hier die volle Außenluftmenge für die gesamte Wohnung anfällt. Dies sollte in künftigen Softwareprogrammen berücksichtigt werden. Auf den Einsatz eines Gleichzeitigkeitsfaktors für die Lüftung (wie nach DIN 4701-1 mit 0,5 angesetzt) kann und sollte bei Zwangslüftung durch eine Lüftungsanlage verzichtet werden.

6.5 Softwarelösungen zur Bestimmung der Heizlast

Mit der Hilfe einer Software zur Berechnung der Heizlast von Gebäuden sollten schnelle und zuverlässige Ergebnisse erzielt werden. Hinweise zur Softwarenutzung mit Ergänzungen für zukünftige Programme werden anhand eines bereits am Markt verfügbaren Programmes gegeben, das im folgenden beschrieben wird.

6.5.1 Festlegung gebäudespezifischer Daten

Zur Berechnung der Heizlast eines Gebäudes innerhalb der Software bedarf es der Festlegung einiger spezifischen Werte für das Gebäude. Die Eingabe dieser Daten muss manuell erfolgen. Das Programm übernimmt dann die Erstellung von Ergebnissen aus den eingegebenen Daten. Zum Beispiel ist die Eingabe des Standortes allein ausreichend um Art der Gegend und die Normaußentemperatur zu definieren.

The screenshot shows a software window titled 'WB Projektdaten DIN4701-stu-arb'. It contains various input fields for building data, organized in two columns. The fields and their values are as follows:

Field	Value	Field	Value
PLZ	38300	Ort	Wolfenbüttel
Ortshöhe	0 m	Außenlufttemperatur	-14 °C
Außenlufttemp.-Korrektur	0 K	Länge des Gebäudes	9.00 m
Norm-Außenlufttemperatur	-14 °C	Breite des Gebäudes	7.00 m
Temp. während Kälteperiode	1 °C	Gebäude-Bodenfläche	63.00 m²
Grundwassertemperatur	10 °C	Höhe des Gebäudes	3.00 m
Grundwassertiefe	3 m	Grundrisstyp	Einzelhaustyp
Wärmeleitfähigkeit Erde	1.2 W/mK	Art der Lage	Freie Lage
Grenzwert Kellerdämmung	0.5 W/m²K	Art der Gegend	Windstark
Hauskenngröße	3.10	Gebäudetyp	max. Schacht/Geschoß
Windgeschwindigkeit	6.0 m/s	gleichzeit. Lüftungswärmeanteil - nach DIN	0.5

At the bottom of the window are three buttons: 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe'.

BILD 18 EINGABE DER ALLGEMEINEN GEBÄUDEDATEN

6.5.2 Eingabe der Raumdaten

Die Eingabe der Raumdaten erfolgt in einem separaten Fenster. Die Numerierung der Räume ist nach einem festgelegten Muster möglich (Gebäude, Stockwerk, Wohnung, Raumnummer). Die Bezeichnung

des Raumes ist frei wählbar. Die Festlegung der Raumlänge –breite und -höhe führt dazu, dass das Programm diese Werte bei z.B. Eingabe der Kennung „DE“ für eine Decke, automatisch übernimmt.

6.5.3 Festlegung der Raumtypen

Zur Festlegung der Raumtypen ist es erforderlich die einzelnen Anforderungen der Räume zu kennen.

WB Raum DIN4701-stu-arb

Raum: 1 1 1 1 Kurz-B: W0 Bez.: - Wohnen NEH -
 Länge: 4.75 m Breite: 4.05 m lichte Höhe: 2.50 m Gesch.-Höhe: 3.00 m
 Norm-Innentemperatur: 20 °C

Nr	KBBT	HI	n	b	h	A	-A'	k	KNB	TNB	QT	TNBe	QTe	w	s	a	Fugenl.		
				m	m	m²	m²	W/m²K		°C	W	°C	W				m		
>>	1	AF	AF1	S	2	1.50	1.50	2.25	-	4.50	1.20	-14	184	-14	184	2	2	0.3	12.0
	2	AW	AW1	S	1	4.05	3.00	12.15	-	7.65	0.31	-14	79	-14	79				
	3	IW	AW2	W	1	4.75	3.00	14.25	-	14.25	0.31	SCH	20		15	22			
	4	IW	IW1	N	1	2.70	3.00	8.10	-	8.10	0.98	BAD	24	-32	19	8			
	5	IW	IW1	O	1	0.50	3.00	1.50	-	1.50	0.98	FLU	15	7	15	7			
	6	IT	IT	N	1	1.00	2.00	2.00	-	2.00	4.00	BAD	24	-32	19	8			
	7	IW	IW1	N	1	1.35	3.00	4.05	-	2.05	0.98	FLU	15	10	15	10			
	8	IW	IW1	O	1	4.25	3.00	12.75	-	12.75	0.98	SCH	20		15	62			
	9	DE	DE		1	4.75	4.05	19.24	-	19.24	0.30	W0	20		15	29			
	10	FB	FUB		1	4.75	4.05	19.24	-	19.24	0.30	W0	20		15	29			

Lüftungswärmebedarf freie Lüftung: 341 W
 Normlüftungswärmebedarf QL: 545 W
 Transmissionswärmebedarf einge. QTe: 439 W
 Transmissionswärmebedarf QT: 217 W
 flächenbez. Wärmebedarf: 39.60 W/m²
 Normwärmebedarf QN: 762 W
 Gesamtwärmebedarf eingeschr.: 984 W
 Gesamtwärmebedarf: 762 W

BILD 19 BEGRENZUNGSFLÄCHEN EINES RAUMES

Zum einen ist das die (Norm-)Innentemperatur und zum anderen der Mindestluftwechsel. In einem separaten Fenster können für jeden Raum diese Daten hinterlegt werden.

WB Raum-Stammdaten DIN4701-stu-arb

Kurzbez	Bezeichnung	t-Innen	Normt-Innen	einge.	Luftwech.
		°C	°C		
	BAD - innenliegendes Bad NEH -	24		19	0.0
>>	FLU - Flur NEH -	15		15	0.0
	KÜ - Küche NEH -	20		15	0.0
	SCH - Schlafen NEH -	20		15	1.0
	TRP - Treppenhaus NEH -	15		15	0.0
	W0 - Wohnen NEH -	20		15	1.0

OK Editieren Abbrechen Hilfe

BILD 20 GRUND DATEN DER RAUMKONDITION

Das Eingabefeld Luftwechsel (Mindestluftwechsel) hat für die Berechnung der Heizlast einen hohen Stellenwert, auf den zu einem späteren Zeitpunkt noch eingegangen wird.

6.5.4 Wandaufbau

Die Festlegung der Wandaufbauten erfolgt nach folgendem Schema: Wahl der Bauteilgruppe (z.B. Außenwand), Wahl des Katalogs (global oder lokal), Wahl des Bauteils (z.B. AW1). Die Wahl eines bereits bestehenden Kataloges ermöglicht es vorgefertigte Bauteile zu wählen. U-Werte für Bauteile können aber auch selbst neu erstellt werden.

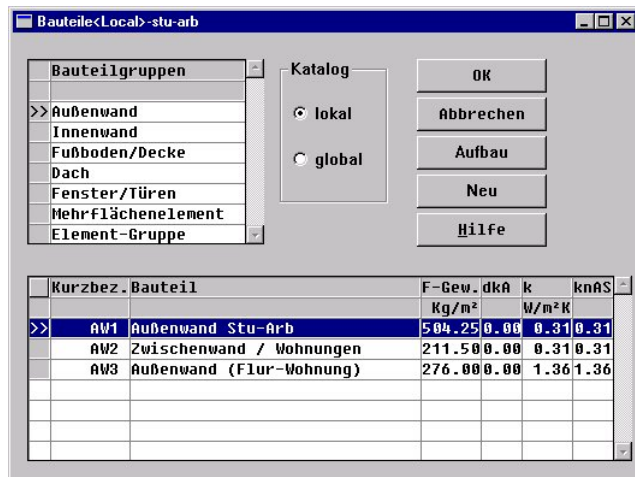


BILD 21 BAUTEILE

Zur Erstellung eines neuen Fenster/Türentyps bzw. für neue Wände/Decken/Fußböden/Dächer gibt es jeweils ein Menü. Nach der Festlegung der Kurzbezeichnungen und Bauteilnamen für ein neu zu erstellendes Bauteil können alle bekannten Werte in die dafür vorgesehenen Felder eingetragen werden.

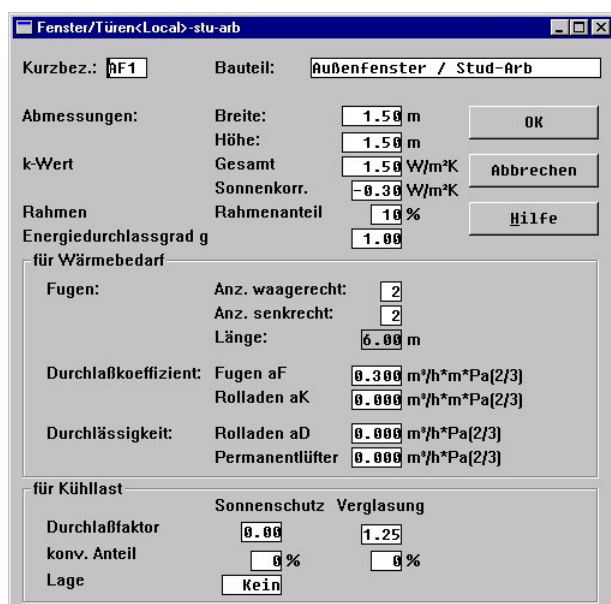


BILD 22 ERSTELLUNG FENSTER/TÜREN

Wandaufbau<Local>-stu-arb

Kurzbez. **AW1** Bauteil **Außenwand Stü-Arb** OK

Alpha $[W/m^2K]$ R $[m^2K/W]$ t $[°C]$ phi $[%]$ Periode ☒ Tau ☐ Verdunstung

Innen **7.69** **0.13** **20.0** **50** Abbrechen

Aussen **25.0** **0.04** **-14.0** **80** Grafik

Periodendauer **1440** h Hilfe

Baustoff	Dicke mm	Lambda W/mK	R-Lambda m^2K/W	t _{Inn} $°C$	t _{Ausp} $°C$	p Pa	ps Pa
>> 1 Gipsputz ohne Zuschlag	15.0	0.350	0.043	18.7	18.2	1115	2091
2 Kalksandst. DIN 106 T. 1 u. 2, 1000	240.0	0.500	0.480	18.2	13.2	248	1521
3 Faserdämmst. DIN 18165, Wlfr. 035	85.0	0.035	2.429	13.2	-12.0	218	218
4 Klinkermauerw. DIN 105	1800	125.0	0.810	-12.0	-13.6	145	188

k-Wert **0.31** W/m^2K Wassermenge **0.34** kg/m^2 Flächengewicht **504.25** kg/m^2

BILD 23 ERSTELLUNG WÄNDE/DECKEN/FUSSBÖDEN/DÄCHER

Zur Deklaration eines neuen Bauteils muss dem neuen Bauteil eine Kurzbezeichnung (z.B. AW1) zugeordnet werden. Die Bauteilbezeichnung (z.B. Außenwand Stü-Arb) dient der genaueren Beschreibung eines Bauteils.

Die Eingabe der Baustoffe ist in der unteren Liste möglich. Das Programm ermöglicht eine unterstützte Eingabe der Baustoffdaten aus dem Baustoffkatalog. Eine weiter sinnvolle Eingabeunterstützung ist die Möglichkeit, einen gewünschten k-Wert für einen Baustoff einzugeben, wenn der Wandaufbau noch nicht feststeht (frühe Planungsphase).

Berechnung Baustoffdicke

Gewünschter k-Wert **0.00** W/m^2K

OK Abbrechen Hilfe

BILD 24 MITTLERER K-WERT

Nach jedem vollständigen Bauteileintrag wird der berechnete k-Wert ausgegeben. Der Temperaturverlauf des Bauteils kann grafisch abgerufen werden.

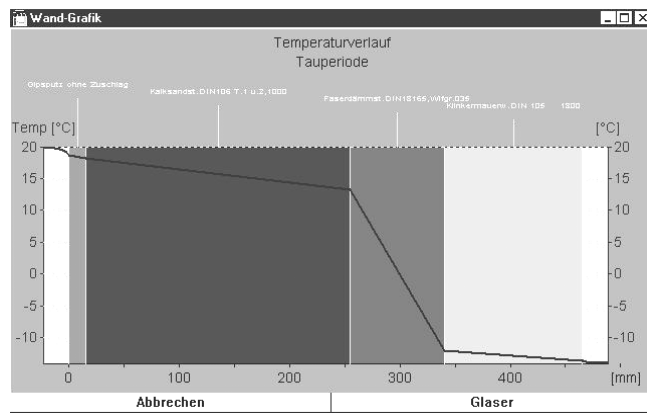


BILD 25 TEMPERATURVERLAUF IM BAUTEIL

Nach Eingabe der Bauteile sind die Abmessungen der Flächen einzugeben. Diese Eingabe entfällt bei fest definierten Objekten, wie zum Beispiel bei Fenstern und Türen. Ein entscheidender Eintrag ist die Angabe der Temperatur hinter dem betrachteten Bauteil. Hier kann mit Auswahl einer passenden Raumkurzbezeichnung das Temperaturniveau des angrenzenden Nebenraumes festgelegt werden. Wenn keine Angabe erfolgt, wird mit Außenlufttemperatur gerechnet.

6.5.5 Zusätzliche Informationen und Eingabemöglichkeiten

Raum: 1 1 1 3		Kurz-B: KÜ		Bez.: - Küche NEH -	
Länge:	4.23 m	Breite:	2.70 m	lichte Höhe:	2.50 m
Norm-Innentemperatur		20 °C		Anzahl der Innentüren	
Raumvol. L*B*H		28.6 m³		Höhe über Erdboden	
Umschließungsfläche		57.5 m²		Höhenkorr. angestr. eSA	
Fußbodenfläche		11.4 m²		Höhenkorr. nicht angestr. eSN	
Temp. Umgebungsluft		Raum innen -14.0 °C		Höhenkorr. angestr. eGA	
Abluftüberschuß		0 m³/h = 0.0000 m³/s		Mindestluftwechsel	
Temperatur zus. Lüftung		15.0 °C		Anzahl gleicher Räume	
zus. Lüftung		27 m³/h = 0.0075 m³/s		Int. Wärmegewinn [W-schutzV.]	
Wärmebedarf-Zuschlag		0 W		Krischer-Wert DKR	
Raumkennzahl		0.90		angestr. Durchlässigkeiten	
anteiliger Lüftungswärmebedarf		0.37		nicht angestr. Durchl.	
Lüft.-WB durch RLT-Anlage		0 W		Wärmebedarf Hüllfläche	
mindest Lüftungswärmebedarf		0 W		volumenbez. Wärmebedarf	
Bereinigter WB		582 W		flächenbez. Wärmebedarf	
Lüftungswärmebedarf freie Lüftung		171 W		Normwärmebedarf QN	
Normlüftungswärmebedarf QL		216 W		Gesamtwärmebedarf eingeschr.	
Transmissionswärmebedarf einge. QTe		422 W		Gesamtwärmebedarf	
Transmissionswärmebedarf QT		367 W		582 W	

BILD 26 RAUMSPEZIFISCHE DATEN

Innerhalb dieser Eingabeoberfläche werden alle raumspezifischen Daten angezeigt, wie der festgelegte Mindestluftwechsel, die Norminnentemperatur und weitere vorher festgelegte Werte. Zusätzlich ist es hier möglich, einen Zuluftvolumenstrom vorzugeben, der auf Grund eines Luftwechsels mit einer Abluftanlage realisiert werden soll.

Die weitere Eingabe der Zulufttemperatur und der daraus resultierenden Temperaturdifferenz zur Norminnentemperatur ermöglicht dem Programm die Berechnung der zusätzlichen Lüftungsheizlast welche zur Heizlast der freien Lüftung addiert wird.

Mit diesem Menü können die Mindestluftwechsel für alle Räume per Hand editiert werden. Die Temperatur der nachströmenden Luft kann per Hand gewählt werden. Zuluft- und Ablufträume können abgebildet werden. Allerdings müssen die Zuluftvolumenströme (in m³/h) handschriftlich berechnet werden. Der Mindestluftwechsel muss vorher im Hauptmenue zu null gesetzt werden.

6.5.6 Berechnung der Heizlast

Die Berechnung der Heizlast kann für ein gesamtes Projekt oder auch für einzelne Teile erfolgen (z.B. Wohnungen innerhalb eines Wohnkomplexes). Einzelne Räume können somit ebenfalls eingesehen werden.

WB Gesamtergebnis DIN4701-stu-arb

von: 1 1 1 1 bis: 1 1 1 5

Lüftungswärmebedarf QLüft	1435 W
Transmissionswärmebedarf QTrans	1363 W
zusätzlicher Wärmebedarf QZus	300 W
Wärmeverluste durch Aussenhülle Qhüll	896 W
Gebäudewärmebedarf: QTrans + QZus + 0.5 * QLüft =	2381 W
Qhüll + QZus + 0.5 * QLüft =	1914 W
Summe eingeschränkter Wärmebedarf	3593 W
flächenbezogener Wärmebedarf	39.7 W/m²
volumenbezogener Wärmebedarf	15.9 W/m³

OK Berechnen Hilfe

BILD 27 ÜBERSICHT HEIZLASTEN

6.5.7 Berechnung des Wärmeschutznachweises

Die Software bietet die Möglichkeit, einen Wärmeschutznachweises zu erstellen.

WärmeschutzV-stu-arb

von: 1 1 1 1 bis: 1 1 1 5

Gebäude

Typ: Wohngebäude

Gemarkung:

Flurstücknr.:

Nutzfläche: 0.0 m²

☐ Raumhöhe > 2.60 m

☐ Reihennittelhaus

Berechnung für

☒ normale Innentemperaturen

☐ niedrige Innentemperaturen

☐ gedämmter Fußboden

QT (Transmission) 2555 kWh/a

QL (Lüftung) 2606 kWh/a

QI (interne Gewinne) 1201 kWh/a

Faktor 0.0

QS (solare Gewinne) 2096 kWh/a

QH (Heizwärmebedarf) 1349 kWh/a

Korrektur

	Länge [m]	Breite [m]	Prozent [%]
Aussenwände	0.00	0.00	0.0
Boden/Decken	0.00	0.00	0.0
Dächer	0.00	0.00	0.0
Volumen			0.0

Lüftung

Anlage: Abluftanlage

Wärmerückgewinnungsgrad: 0.00 %

Umfassungsfläche A ☒ rechn 46.8 m²

Gebäudenutzvolumen V ☒ rechn 150.1 m³

Luftvolumen VL ☒ rechn 120.1 m³

A / V 0.31 1/m

Jahres-Heizwärmebedarf

	max. zulässig	berechnet
QH/V [kWh/m³a]	19.22	8.99
QH/A [kWh/m²a]	60.07	28.08

OK Berechnen Hilfe

BILD 28 WÄRMESCHUTZNACHWEIS

Innerhalb dieses Eingabefensters gibt es eine Korrekturmöglichkeit für die Abmessungen der Wände. Weiterhin ist eine Korrektur von Umfassungsfläche, Gebäudevolumen und Luftvolumen möglich. Die Berechnung startet nach dem betätigen des "Berechnen-Buttons". Im unteren rechten Feld kann die Einhaltung der zulässigen Werte der Wärmeschutzverordnung eingesehen werden.

6.5.8 Anwendung speziell für Niedrigenergiehäuser – Beurteilung und Hinweise

In diesem Abschnitt wird auf die Übersichtlichkeit und die Verständlichkeit der Berechnungsstrukturen dieses Programmes eingegangen. Hinweise für die Verbesserung werden gegeben.

Positiv zu werten sind die übersichtliche Struktur der Eingabe, die dem Berechnungsgang und den Formblättern der DIN 4701-1 nachempfunden sind. Auch der Bauteilkatalog, der global in andere Projekte übertragen werden kann, ist vorteilhaft.

Bei der Arbeit mit der Software sind jedoch folgende Punkte besonders aufgefallen, die mit künftigen Softwarelösungen verbessert werden könnten:

- Die Berechnung des Luftwechsels sollte für die Ablufträume erleichtert werden, indem Standardwerte für typische Luftwechsel (Bäder, Küchen) vorgeschlagen werden. Eine Überprüfung des Mindestluftwechsels nach Personen sollte vorhanden sein.
- Der noch enthaltene Wärmeschutznachweis wird künftig durch den Primärenergienachweis ersetzt.
- Es fehlt die Möglichkeit die Schnellaufheizung eines Gebäudes zur Bestimmung der Raumheizlast zu berücksichtigen.
- Für den künftigen Primärenergienachweis muss das Programm neben dem Bauteilkatalog mit Möglichkeiten zur Wärmebrückenberücksichtigung ausgestattet werden.

7 HEIZFLÄCHENBEMESSUNG

7.1 Relevante Planungsphasen

Die Bemessung der Heizflächen (und die Thermostatventil-Auslegung) kann in der Genehmigungs- und Ausführungsplanung nach der Erstellung des ersten Primärenergienachweises erfolgen, wenn alle Außenbauteile festliegen. Sie sollten noch einmal überprüft werden, wenn sich im Verlauf der weiteren Planung wesentliche Änderungen an der Raumheizlast ergeben.

7.2 Festlegung der Systemtemperaturen

7.2.1 Allgemeine Hinweise

Durch die Festlegung auf bestimmte Systemtemperaturen bzw. Temperaturspreizungen wird die weitere Berechnung entscheidend beeinflusst. Grundsätzlich muss zunächst festgestellt werden, welche Vor- bzw. Rücklauftemperaturen durch die Art der Wärmeversorgung (NT-Kessel, BW-Kessel, Fernwärme) vorgegeben sind.

Wird ein Niedertemperaturkessel verwendet, so kann relativ frei entschieden werden, während z.B. bei Nah- bzw. Fernwärme maximale Rücklauftemperaturen vorgeschrieben sind. Auch bei Brennwertgeräten sollte auf eine nicht zu hohe Rücklauftemperatur ($<50^{\circ}\text{C}$ im Auslegungsfall) geachtet werden, um die Kondensationsenergie nutzen zu können.

Weiterhin sind die Auswirkungen einer sehr hohen Temperaturspreizung (z.B. $75/35^{\circ}\text{C}$) auf den Massenstrom zu beachten. Zu hohe Spreizungen bewirken zu geringe Massenströme, was zum einen zu Problemen bei der Auswahl geeigneter Ventile führt, zum anderen (wegen der geringen Fließgeschwindigkeiten) eine langsame Reaktion auf Veränderungen am TH-Ventil mit sich bringt. Die Einflüsse auf die Regelung werden noch vertieft im Kapitel 8 besprochen.

Desweiteren muss dem Mindestvolumenstrom einiger Wärmeerzeuger Rechnung getragen werden, z.B. benötigen die meisten wandhängenden Brennwertgeräte einen sicherzustellenden Mindestvolumenstrom. Ein teilweise empfohlenes Dreiwege-Thermostatventil am letzten Heizkörper würde im Teillastbetrieb zu einer Beimischung von Heizwasser nahe der Vorlauftemperatur zum Rücklauf bewirken, was die Nutzung der Brennwerttechnik negativ beeinflusst.

Bei der Auslegung mit den Werten $55/45^{\circ}\text{C}$ ergibt sich während der Übergangszeit eine weitere, häufig nur in der Betriebspraxis feststellbare Problematik. Die maximale Vorlauftemperatur von 55°C wird nur im Auslegungsfall erreicht, wodurch während der Übergangszeit Heizwassertemperaturen gefahren werden, die in der Nähe der menschlichen Körpertemperatur liegen und deshalb als „kalt“ empfunden werden.

Die Größe der Heizflächen differiert bei den Temperaturspreizungen 75/35, 70/40, 65/39 (Kronsberg) und 55/45 nur geringfügig [Heizt Konzept]. Für die Planung von Niedrigenergiegebäuden müssen Vor- und Nachteile einer Temperaturspreizung genau abgewogen werden. Hier wird auf weiterführende Literatur, z.B. das Heiztechnische Konzept Kronsberg [Heizt Konzept] verwiesen.

Als Schlussfolgerung aus den oben erwähnten Überlegungen wird für die weitere Projektbearbeitung die Temperaturpaarung 70/40°C gewählt.

7.2.2 Umsetzung in Software

Die Eingabe der Auslegungsvor- und Rücklauftemperaturen erfolgt über ein separates Menü. Auch bei der Rohrnetzberechnung wird auf diese Temperaturpaarung zurückgegriffen.

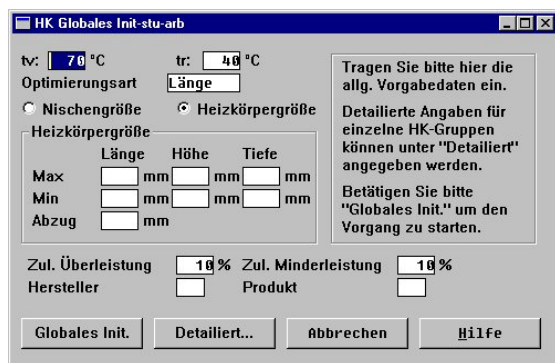


BILD 29 SYSTEMTEMPERATUREN

7.3 Auslegung der Heizflächen

7.3.1 Hinweise zur Dimensionierung von Heizflächen

Der Heizkörperdimensionierung sollte gerade in Gebäuden nach dem Niedrigenergiehausstandard besondere Beachtung geschenkt werden. Dabei ist immer auf die gemeinsame Betrachtung des Zusammenspiels zwischen Heizkörper und Ventil zu achten.

Durch z.B. stark überdimensionierte Heizkörper ergeben sich mögliche Schwankungsbreiten des Heizwärmeverbrauchs von 30... 180 kWh/m²a. Es kann festgestellt werden, dass eine angebotene Überleistung durch Heizkörper auch häufig ausgenutzt wird und somit der Mehrverbrauch erklärt werden kann. Weitere Gründe sind zu hoch eingestellte Heizkurven und ein nicht durchgeführter hydraulischer Abgleich (vgl. Kapitel 8).

Gerade im Niedrigenergiehaus muss die Gegenüberstellung von statischer Heizlastberechnung nach DIN 4701-1... 3 und der Anforderung an eine Schnellaufheizung besondere Beachtung finden. Die Differenzen zwischen diesen berechneten Lasten spielt in gut gedämmten Gebäuden eine große Rolle,

da die statische Heizlast sinkt, der Aufwand für eine Schnellaufheizung (z.B. bei nächtlicher Fensterlüftung) absolut gesehen jedoch gleich bleibt. Der relative Mehraufwand steigt somit im Gegensatz zu bisherigen Standard- bzw. Altbauten.

Als mögliche Lösungen für die Aufheizproblematik, z.B. am Morgen nach einer Nachtabenkung, können folgende Ansätze vorgeschlagen werden:

- Erhöhung der Vorlauftemperatur während der Aufheizphasen, was durch sogenannte „Optimierer“ von der regelungstechnischen Seite her möglich ist;
- Die zeitweise Reduzierung der Zuluftmenge bei Häusern mit kontrollierter Wohnungslüftung (Quasistandard im NEH), manuell oder besser automatisiert. Auch eine Kombination mit dem ersten Punkt stellt einen Lösungsansatz dar.
- Planung eines zweiten Heizkörpers, der bei Räumen mit Mischnutzung eingesetzt werden kann (z.B. bei Wohn-/Schlafräumen).

Die Dimensionierung eines einzelnen Heizkörpers unter Berücksichtigung von Zuschlägen für den Aufheizfall führt, wie oben schon erwähnt, zu einer starken Überdimensionierung. Die Ermittlung der nötigen Zuschläge kann auf verschiedene Arten erfolgen, zum Beispiel kann das folgende Diagramm Anwendung finden [Heiz Konzept].

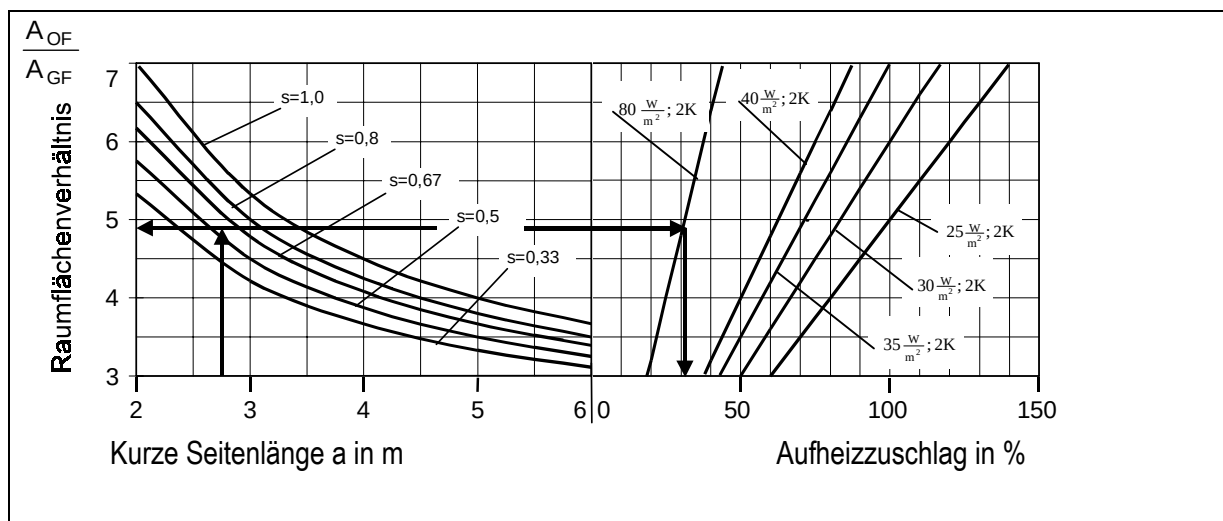


BILD 30 ABSCHÄTZUNG EINES AUFHEIZZUSCHLAGES

Die Anwendung des Diagrammes erfolgt hier exemplarisch für das Schlafzimmer der Beispielwohnung. Dieses unterliegt per Definition eine Mischnutzung (Schlafraum / Büroraum). Das Verhältnis von Umschließungs- zur Grundfläche beträgt:

$$\frac{A_{OF}}{A_{GF}} = \frac{62\text{m}^2}{13\text{m}^2} = 4,8.$$

Das Seitenverhältnis ist:

$$S = \frac{a}{b} = \frac{2,75\text{m}}{4,57\text{m}} = 0,6.$$

Der flächenbezogene Wärmebedarf, den die Planungssoftware für das Wohnzimmer angibt, beträgt:

$$q_{\text{spez, Wohnen}} = 79,6 \approx 80 \text{ W/m}^2$$

Mit diesen Randdaten ergibt sich ein Aufheizzuschlag von ca. 30 % auf die Normheizlast. Der bzw. die Heizkörper müssten mit einer spezifischen Heizlast von etwa 100 W/m² ausgelegt werden.

7.3.2 Regelungsproblematik bei Schnellaufheizung

Würde die zusätzliche Aufheizleistung durch einen einzelnen, größer dimensionierten Heizkörper gedeckt, ergäbe sich folgender Sachverhalt: Ist der Aufheizfall (mit stärkerer Leistungsanforderung) abgeschlossen und wird nur noch die stationäre Leistung benötigt, führt dies zu regelungstechnischen Problemen.

Der erforderliche Massenstrom reduziert sich erheblich, das Thermostatventil muss weiter schließen, so dass aufgrund des auch als „Wunders der Warmwasserheizung“ bezeichneten Phänomens, je nach Temperaturspreizung eine Reduktion der Wassermenge um bis zu 90% erfolgen muss. Die Regelgüte nimmt drastisch ab, es kann zum Zweipunkregler-Verhalten des Ventils kommen. Weitere Erläuterungen zu diesem Thema folgen in Kapitel 8.

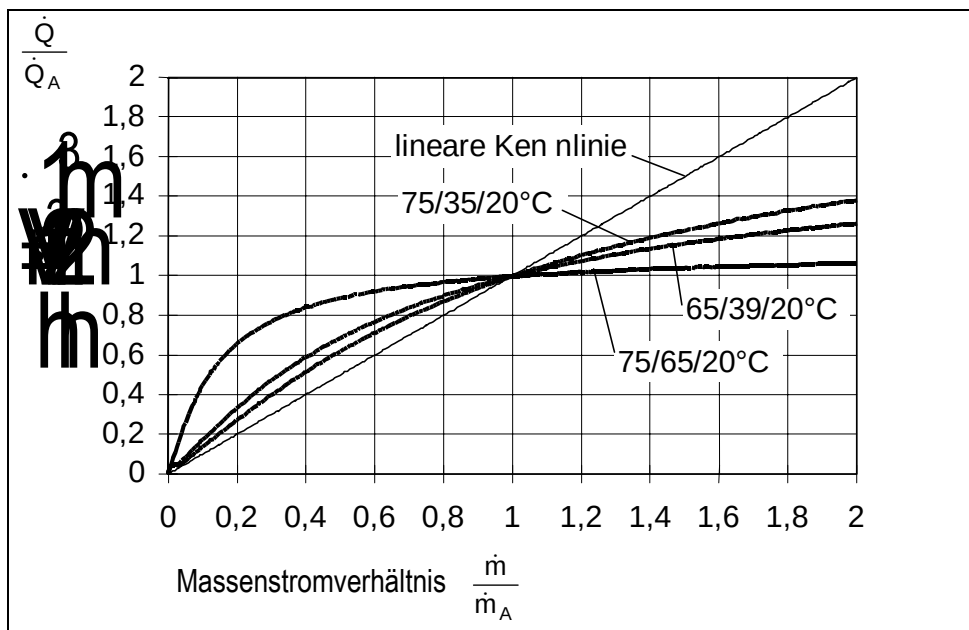


BILD 31 KENNLINIEN VON HEIZKÖRPERN

Eine Alternative zur Lösung der Aufheizproblematik kann die Installation eines zweiten Heizkörpers sein. Dieser wird nur in Betrieb genommen, wenn die zusätzliche Leistung, z.B. am Morgen, benötigt wird. Um diese Schaltung zu ermöglichen ist es nicht zumutbar, dem Nutzer das morgendliche „Aufdrehen“ des Ventils und „Abdrehen“ nach der Bedarfsdeckung zu überlassen.

Wird der zweite Heizkörper nach Erreichen des statischen Zustandes nicht herunter reguliert, so ergibt sich neben der möglichen gegenseitigen Beeinflussung der Heizkörper (bezogen auf die Thermostate) auch die gleiche oben beschriebene Problematik der reduzierten Massenströme und damit eines schlechten Regelverhaltens. Es wird deshalb angeraten, den zusätzlichen Heizkörper mit einem elektronischen Thermostatkopf auszurüsten und entsprechend zu programmieren.

7.3.3 Softwareumsetzung

Innerhalb der verwendeten Software besteht keine Möglichkeit, die zusätzlich benötigte Last für den Aufheizfall separat berechnen zu lassen. Dies ist vermutlich bedingt durch die Anlehnung an bisherige Normen, wie eben der DIN 4701.

Eine Berücksichtigung des Aufheizzuschlages kann nur manuell berücksichtigt werden, indem der für ein Gebäude berechnete Wert für die Raumheizlast mit einem höheren Wert (unter Verwendung eines frei gewählten Zuschlages, zum Beispiel 30%) überschrieben wird.

The screenshot shows the 'HK Auslegung-stu-arb' window with the following data:

Room Data:
Raum-Nr.: 1 1 1
Raumbezeich.: - Wohnen NEH -
Q-Raum: 1132 W
Q-Installiert: 1172 W (103.6%)
Q-Differenz: 40 W (3.6%)
Anzahl Räume: 1
tL: 20 °C
Q-Extra: 0 W
Hersteller: EN442 KERMI GmbH 03/99
Produkt: Plan-Ventil

HK-Nr.	Q _{sol}	Q _{eff}	Anteil	n	Grp	Hst	Pro	Typ	t _v	t _r	Opt-Art	Verl.
	W	W	%						°C	°C		%
>> 1	566	586	51.8	1	W0	ker	34	Typ 12	70.0	40.0	Länge	0.00
2	566	586	51.8	1	W0	ker	34	Typ 12	70.0	40.0	Länge	0.00

Heizkörpergröße [mm]

☐ Nischengröße
☒ Heizkörpergröße

Länge: 1205
Höhe: 605
Tiefe: 66

zul. Überleist.: %
zul. Minderleist.: 60%
Zeta-HK: 2.50
Heizkörper fixiert

Nr.	Typ	Q _{Norm}	Q _{Eff}	Länge	Höhe	Tiefe	Gl.	m-ideal	m-real	Anteil	t _r
		W	W	mm	mm	mm		kg/h	kg/h	%	°C
>>	Typ 12	1253	586	1205	405	66		16.8	*****	51.8	70.0

Buttons: Neu berechnen, Hilfe

BILD 32 WAHL DES HEIZKÖRPERS

In Anlehnung an die DIN 4701-3 besteht die Option für alle Heizkörper des Projektes einen Zuschlag auf die berechnete Heizlast zu gewähren.

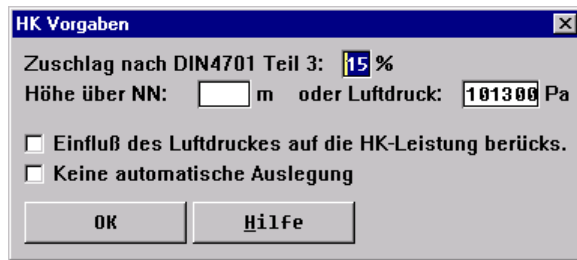


BILD 33 WAHL DES AUSLEGUNGSZUSCHLAGES

Für folgende Softwareentwicklungen sollte die Berechnung eines Aufschlages Anhand der Raumdaten (siehe vorgeschlagenes Diagramm des [Heiz Konzeptes]) ermöglicht werden.

7.4 Anordnung der Heizflächen

7.4.1 Allgemeine Hinweise

Die Anordnung der Heizflächen innerhalb der Wohnung bzw. des Raumes sollte, wie bisher auch meist üblich, unterhalb der Fensterflächen erfolgen. Handelt es sich um bis auf den Boden reichende Glasflächen, so ist auch hier die Installation vor oder neben diesen zu empfehlen. Es sollten jedoch bauliche Maßnahmen getroffen werden, um den direkten Strahlungsverlust des Heizkörpers durch die Glasflächen zu minimieren (z.B. von HK-Herstellern mit angebotenen Verkleidungen).

Die Positionierung der Heizkörper unterhalb von Fenstern wirkt zum einen der sonst auftretenden Kaltluftströmung entgegen (möglich Folge: der Raum ist „fußkalt“), zum anderen wird die in Fensternähe auftretende Abstrahlung von Körperwärme zu den Glasflächen hin in gewissem Maße kompensiert. Zur Sicherstellung dieser Anforderung werden folgende Punkte nach [VDI 6030] gefordert:

- Anordnung eines Heizkörpers unter jedes Fenster
- Der Heizkörper muss sich mindestens über die gesamte Fensterbreite erstrecken (die Wahl der Bauhöhe bzw. Bautiefe ist dann freigestellt und soll nach heiztechnischen- bzw. architektonischen Gesichtspunkten erfolgen.)

Diese Anforderungen lassen sich aus nachfolgend genannten Gründen in Niedrigenergiegebäude kaum umsetzen:

- Bei Installation eines Heizkörpers unter jedem Fenster ergeben sich bei Räumen mit mehreren Fenstern im NEH teilweise so niedrige Leistungen pro Heizkörper, dass diese kaum auszulegen sind.
- Die Forderung nach Wahl eines Heizkörpers in Fensterbreite, würden sich teilweise theoretische Bauhöhen ergeben, die Sonderanfertigungen erfordern und aus optischen Gründen abzulehnen sind.

- Weiterhin läuft die Auslegung mehrerer Heizflächen auf die Wahl von einfachen Heizplatten ohne Konvektorbleche hinaus. Dies bringt ein schlechteres dynamisches Verhalten mit sich und widerspricht somit auch den Empfehlungen des heiztechnischen Konzeptes Kronsberg [Heiz Konzept], welches die Auswahl von Typ 12 bzw. Typ 22 für das NEH fordert.
- Da die Auswahl der Heizkörper nie getrennt von der Ventilauslegung betrachtet werden darf, würden sich bei derart kleinen Leistungen pro Heizkörper so geringe Massenströme ergeben, dass die ohnehin im NEH schon schwierige Auswahl von Heizkörperventilen (siehe Kapitel 8), aufgrund noch geringerer k_{vs} -Werte fast unmöglich gemacht würde (unter der Vorgabe weiterer Eckdaten und unter Berücksichtigung bisher am Markt verfügbarer Ventile).

Es sollte vielmehr eine Anordnung unterhalb der Fenster erfolgen, jedoch ohne Vorgabe einer konkreten Baulänge. Die Auswahl könnte durch einen favorisierten Heizkörpertypen erfolgen.

7.4.2 Umsetzung in Software

Die Anordnung der Heizkörper wird innerhalb der Rohrnetzberechnung in der Zeichnung verdeutlicht.

Ein Raum kann auch mit mehreren Heizkörpern ausgestattet werden. Wird ein Heizkörper für die Deckung einer zusätzlichen Aufheizleistung benötigt, kann diesem der entsprechende Anteil an der Gesamtheizlast des Raumes zugeordnet werden (hier 2 Heizkörper mit je 586W).

The screenshot shows the 'HK Auslegung-stu-arb' window with the following data:

Raum-Nr. 1 1 1 1 Raumbezeich. - Wohnen NEH -

Q-Raum ☒ WB 1132 W Anzahl Räume 1 tL 20 °C Q-Extra 0 W

Q-Installiert 1172 W 103.6% Hersteller EN442 KERMI GmbH 03/99

Q-Differenz 40 W 3.6% Produkt Plan-Ventil

HK-Nr	Q _{Soll}	Q _{Eff}	Anteil	n	Grp	Hst	Pro	Typ	t _v	t _r	Opt-Art	Verl.
	W	W	%						°C	°C		%
>> 1	566	586	51.8	1	W0	ker	34	Typ 12	70.0	40.0	Länge	0.00
2	566	586	51.8	1	W0	ker	34	Typ 12	70.0	40.0	Länge	0.00

Heizkörpergröße [mm]

☐ Nischengröße

☒ Heizkörpergröße

Länge Höhe Tiefe

Max 1205 605 66

Min 1205

zul. Überleist. %

zul. Minderleist. 60%

Zeta-HK 2.50

Heizkörper fixiert

Nr.	Typ	Q _{Norm}	Q _{Eff}	Länge	Höhe	Tiefe	G _L	m-ideal	m-real	Anteil	t _r
		W	W	mm	mm	mm		kg/h	kg/h	%	°C
>>	Typ 12	1253	586	1205	405	66		16.8	*****	51.8	70.0

Neu berechnen Hilfe

BILD 34 EINGABE VON ZUSATZHEIZKÖRPERN

Die Art der Heizkörperwahl kann ebenfalls manuell eingegeben werden. Heizkörper können nach einer Mindestlänge, Maximalhöhe etc., aber auch leistungsgenau gewählt werden.

HK Globales Init-stu-arb

tv: 70 °C tr: 40 °C

Optimierungsart Länge

☐ Nischengröße ☒ Heizkörpergröße

Heizkörpergröße

	Länge	Höhe	Tiefe
Max	mm	mm	mm
Min	mm	mm	mm
Abzug	mm		

Tragen Sie bitte hier die allg. Vorgabedaten ein.
Detaillierte Angaben für einzelne HK-Gruppen können unter "Detailliert" angegeben werden.
Betätigen Sie bitte "Globales Init." um den Vorgang zu starten.

Zul. Überleistung 10 % Zul. Minderleistung 10 %

Hersteller Produkt

Globales Init. Detailliert... Abbrechen Hilfe

BILD 35 OPTIMIERUNGSKRITERIEN FÜR HEIZKÖRPER

Die Wahl und Anordnung der Heizkörper innerhalb des untersuchten Programmes ist für den Bereich der Niedrigenergiegebäude praktikabel.

8 ROHRNETZBERECHNUNG UND HYDRAULISCHER ABGLEICH

8.1 Relevante Planungsphasen

Die Rohrnetzberechnung sollte am Ende der Entwurfsplanung vor der Erstellung des ersten Primärenergienachweises vorliegen. Die Wahl konkreter Thermostatventile und die theoretische Berechnung des hydraulischen Abgleiches kann in der Genehmigungs- und Ausführungsplanung erfolgen.

8.2 Erklärung der Begriffe

8.2.1 Ventilautorität

Die Ventilautorität, welche die Regelqualität widerspiegelt, ist das Verhältnis des Druckverlustes über dem Regelwiderstand zum Druckverlust des gesamten Regelkreises. Der Wert dieser Autorität sollte im Bereich von 0,3 ... 0,7 liegen. Die Ventilautorität berechnet sich wie folgt:

$$a_v = \frac{\Delta p_{v,100}}{\Delta p_{ges,100}}$$

mit $\Delta p_{ges,100} = \Delta p_{Rest,100} + \Delta p_{v,100}$

$\Delta p_{v,100}$	Druckverlust über dem Regelwiderstand des Ventils bei voller Öffnung
$\Delta p_{Rest,100}$	Druckverlust des Netzes (incl. Gehäuse- und Voreinstellwiderstand des Ventils)
$\Delta p_{ges,100}$	gesamter Druckverlust des Regelkreises

8.2.2 Proportionalbereich

Der gesamte Stellbereich eines Ventils wird Proportionalbereich genannt. Er gibt bei Thermostatventilen an, um wie viel Kelvin sich die Raumlufttemperatur ändern muss, um den gesamten Auslegungsventilhub zu überwinden. Die Proportionalabweichung X_p ist die Differenz zwischen Ist- und Sollwert. Bei einer Temperaturregelung ist z.B. $X_p = \vartheta_{ist} - \vartheta_{soll}$.

Bei einer Dimensionierung von Thermostatventilen ist ein Auslegungsproportionalbereich $X_{p,A}$ zu wählen. Dieser gibt die Temperaturerhöhung an, die notwendig ist, um das Ventil (aus der projektierten Zwischenstellung) vollständig zu schließen. Für die Auslegung von Thermostatventilen wird ein Bereich von $X_{p,A} = 1$ bis 2 K angegeben.

Je kleiner dieser Wert ist, desto größer ist die Einsparung des Jahresheizenergieverbrauchs, da das Ventil empfindlicher auf Störgrößen reagiert. Hierbei darf jedoch die Regelbarkeit nicht leiden, denn ist der Proportionalbereich zu klein ausgelegt, kann ein Zweipunkt-Verhalten des Ventils die Folge sein. Eine mögliche Nutzerreaktion kann die Erhöhung des Temperatursollwertes sein.

8.2.3 Durchflussskennwert

Der Durchflussskennwert eines Ventils, welcher vom Hersteller gemessen und als k_V -Wert angegeben wird, ergibt sich durch ein festgelegtes Wertepaar: der Durchflussskennwert ist der Volumenstrom in m^3/h von Wasser mit einer Temperatur von $5\text{--}30^\circ\text{C}$, der eine Druckdifferenz von 1 bar über der Armatur erzeugt. (Die Einheit m^3/h wird oftmals nicht angegeben). Der statistische Mittelwert einer Armaturenserie bei vollständig geöffnetem Ventil wird als k_{VS} -Wert angegeben.

Der k_V -Wert für die Auslegung ($k_{V,A}$) wird mit der erwünschten Ventilautorität (und dem daraus resultierenden verfügbaren Druckverlust) und dem Auslegungsvolumenstrom ermittelt. Dazu an dieser Stelle ein Beispiel:

Gegeben sind: $\dot{V}_A$, a_V und Δp_{Netz}

Gesucht sind: $\Delta p_{V,100}$ und $k_{V,A}$

Aus der Ventilautorität folgt der erforderliche Druckverlust über dem Ventil:

$$a_V = \frac{\Delta p_{V,100}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{\text{Netz}}} \Rightarrow \Delta p_{V,100} = \frac{a_V}{1 - a_V} \cdot \Delta p_{\text{Netz}}$$

Mit diesem Druckverlust und dem bekannten Volumenstrom kann der erforderliche $k_{V,A}$ -Wert bestimmt werden:

$$k_{V,A} = \dot{V}_A \cdot \sqrt{\frac{1\text{bar}}{\Delta p_{V,100}}}$$

8.3 Kriterien der Rohrnetzberechnung

Niedrigenergiegebäude mit hohen Dämmstandards weisen sehr geringe Heizlasten und somit sehr niedrigere Heizwassermassenströme auf. Durch die Berechnung der stationären Heizlast und der Festlegung der Temperaturspreizung ist der Massenstrom für das Rohrnetz eindeutig definiert. Die Wahl eines Querschnitts und der definierte Massenstrom ergeben die Fließgeschwindigkeit des Heizmediums. Im Aufheizfall kommt es zu höheren Massenströmen, die wiederum die Fließgeschwindigkeit heraufsetzen und den Druckverlust des Rohrnetzes nachteilig erhöhen.

Durch die Wahl eines kleinen Rohrquerschnittes (sofern praktisch möglich) wird zwar die Flexibilität des Heizungssystems erhöht (größere Fließ- u. Ansprechgeschwindigkeit), das Problem der Ventilauslegung wird dadurch weiter verschärft, da eine akzeptable Ventilautorität der einzelnen Thermostatventile mit steigendem Druckverlust über die Leitungen (großer Restdruckverlust im System) noch schwerer zu erreichen ist.

Bei der Auswahl der Rohrquerschnitte ist ebenfalls die praktische Ausführung der Rohrleitungsverlegung zu berücksichtigen. Es ist nach Meinung der Verfasser problematisch, sehr kleine Rohrquerschnitte ($<3/8''$), welche durchaus Verwendung im Niedrigenergiehaus finden könnten, in der Praxis zu verlegen.

Weiterhin sollte bei der Planung und Verlegung von Rohrleitungen darauf geachtet werden, dass das horizontale Verteilsystem hinter dem Wärmeerzeuger (früher unter der Kellerdecke geführt) im Niedrigenergiegebäude möglichst innerhalb der gedämmten Gebäudehülle ausgeführt wird. So können die Wärmeverteilverluste vermindert werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Gebäude ohne tägliche Temperaturabsenkungen beheizt werden.

Ein Nachteil dieser Verlegeart ist die unregelmäßige Wärmeabgabe. In Zonen mit sehr dicht verlegten Rohrleitungen (z.B. Wohnungsverteiler in Wohnungsfluren) kann es zu einer Überschreitung der Auslegungssinnentemperatur kommen.

8.4 Rechengang der Rohrnetzberechnung

Aufgrund der verkleinerten Auslegungsspielräume durch verfügbare Anlagenkomponenten, wie Thermostatventile, Differenzdruckregler, Abgleichdrosseln muss sich das Rechenverfahren zur Rohrnetzdimensionierung den daraus resultierenden Erfordernissen anpassen. Wurde früher das Rohrnetz zunächst anhand des mittleren Druckverlustgefälles ausgelegt, führt dieses u.U. heute nicht mehr zu befriedigenden Ergebnissen. Für die Rohrnetzdimensionierung werden daher folgende Schritte vorgeschlagen:

1.	Festlegung einer minimalen Druckdifferenz, die sich durch Pumpenauslegung bzw. -regelung oder den Einsatz von Differenzdruckreglern realisieren lässt. Dabei ist unter Beachtung der Ventilautorität ein herstellerabhängiger Mindestdruckverlust über dem Regelquerschnitt des Thermostatventils z.B. 1,5 bis 2,5 kPa einzuhalten. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Festlegung auf 50 mbar für die konstant zu haltende Druckdifferenz realistisch.
2.	Berechnung der Auslegungsvolumenströme und Zuordnung zu den einzelnen Teilstrecken.
3.	Auswahl der Thermostatventile für sämtliche Heizkörper (Berücksichtigung der Empfehlungen zur Ventilauslegung in Kapitel 8.6) Können die Auslegungsempfehlungen durchweg oder in der Mehrzahl der Fälle nicht eingehalten werden, ist eine Verringerung der Auslegungstemperaturspreizung abzuwägen. Aus dem Restdruckverlust und der abgeschätzten Rohrleitungslänge ergibt sich der ungünstigste Heizkörper, für den mit der Rohrnetzberechnung begonnen wird. Anhand einer Vorüberlegung können i.a. bei wohnungsweiser Verteilung sämtliche Anschlussleitungen mit dem kleinsten, konstruktiv sinnvollen Rohrleitungsdurchmesser dimensioniert werden.
4.	Reservierung eines ca. 20%igen Anteils am Gesamtdruckverlust zur Voreinstellung an jedem

	Verbraucher, inkl. des Druckverlustes in der Anschlussleitung und der nicht voreingestellten Einstelldrossel einer Rücklaufverschraubung und/ oder einer minimalen Voreinstellung des Thermostatventils.
5.	Dimensionierung der senkrechten Verteilleitungen entsprechend des verfügbaren Schwerkraftumtriebdruckes, um die abgehenden Verbraucher in etwa gleichzustellen. Bei einer 70/40°C-Auslegung ergibt sich pro Meter Höhendifferenz eine verfügbare Druckdifferenz von 120 Pa. Rechnet man pauschal 20% davon für Einzelwiderstände, ergibt sich ein Auslegungswert von 50 Pa/m, wobei dieser eher über- als unterschritten werden sollte.
6.	Berechnung des verfügbaren Restdruckverlustes in den ungünstigsten Strängen, Ermittlung eines mittleren Druckverlustgefälles. In neueren Fachartikeln werden Druckverlustgefälle von 20-50 Pa/m empfohlen. Aufgrund der verringerten Heizleistung und der erhöhten Temperaturspreizung ergeben sich keine ungewöhnlich großen Rohrleitungsquerschnitte, die Rohrdimensionen aus dem Gebäudebestand mit einer typischen Heizlast von 100 W/m ² werden eher unterschritten. Als Orientierung kann daher auch ein Wert von 20-50 Pa/m dienen, unnötig große Durchmesser sollten aber bei verfügbarem Differenzdruck vermieden werden, um eine schnelle Wasserverteilung und minimale Verlustoberflächen zu realisieren. Werden die waagerechten Verteilleitungen bis zu den senkrechten Verteilungen druckverlustarm ausgeführt, ist i.a. eine zentrale Differenzdruckreglung ausreichend.
7.	Nach der Festlegung der einzelnen Rohrleitungsquerschnitte muss noch die nicht verbrauchte Druckdifferenz für jeden Heizkörper ermittelt werden, um den Einstellwert der Voreinstellung zu ermitteln.

TABELLE 11 RECHENGANG ZUR ROHRNETZBERECHNUNG

8.5 Hinweise zum Hydraulischen Abgleich

Der hydraulische Abgleich ist eine Grundvoraussetzung für eine funktionierende Heizungsanlage und eine niedrige Rücklauftemperatur. Die Grundlage ergibt sich aus Punkt 7. des im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Rechenschemas. Die tatsächliche Umsetzung ist dann vom Installationsbetrieb durchzuführen. Eine Erklärung darüber sollte bereits im Leistungsverzeichnis als pflichtgemäße Forderung gestellt werden und vom Fachplaner zumindest stichprobenartig vor Ort abgenommen werden.

Die eigentliche Aufgabe des hydraulischen Abgleiches ist das Einregulieren aller Verbraucher untereinander bei Nennbelastung. Das bedeutet, dass durch alle Thermostatventile bei der projektierten Ventilöffnung die Auslegungsvolumenströme fließen. Die Einregulierung erfolgt an den einzelnen Heizkörpern anhand der bei der Rohrnetzberechnung ggf. Rohrnetznachrechnung ermittelten Einstellwerte. Der Hydraulische Abgleich erfolgt also bereits am Schreibtisch des Anlagenplaners, indem er die Einstellwerte ermittelt und in den Ausführungsunterlagen dokumentiert.

Dazu wird oft angemerkt, dass ein Rohrnetz nicht so ausgeführt wird, wie es geplant wurde, so dass während der Ausführungsplanung keine exakten Werte angegeben werden können. Dieses Argument stimmt nur bedingt. Wesentlich größer sind i.a. die natürlichen Unsicherheiten einer Rohrnetzberechnung, die Fertigungstoleranzen einer Einstellarmatur und die vor Ort erreichbare Einstellgenauigkeit. Trotzdem kann mit diesen Werten gearbeitet werden; ggf. müssen einzelne Heizkörper nachgerechnet oder auch während der Funktionsprobe nachreguliert werden. Die Unsicherheit einer Druckverlustberechnung wird auf 20% angegeben. Aufgrund des quadratischen Zusammenhangs zwischen Druckverlust und Volumenstrom variieren die Volumenströme dann nur um ca. 10%. In der Literatur wird davon ausgegangen, dass Rohrnetze geringere Druckverluste als berechnet aufweisen.

Die erweiterte Aufgabe des hydraulischen Abgleiches ergibt sich aus den Forderungen der VOB/DIN 18 380 Abschnitt 3.5.2:

"...Die Anlagenteile sind so einzustellen, dass die geforderten Funktionen und Leistungen erbracht und die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt werden. Der hydraulische Abgleich ist so vorzunehmen, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb, also z.B. auch nach Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspausen der Heizungsanlage, alle Wärmeverbraucher entsprechend ihrem Wärmebedarf mit Heizwasser versorgt werden."

Bei der Umstellung größerer Heizungsanlagen auf Thermostatventile wird die Hoffnung gehegt, dass sich ein automatischer hydraulischer Abgleich durch die Thermostatventile einstellen würde. Während einer Absenkphase geschieht allerdings genau das Gegenteil, die Thermostatventile öffnen entsprechend der Temperaturabsenkung immer weiter. Frühere Thermostatventile wurden mit einem Proportionalbereich von bis zu 6 K ausgeführt, so dass sich bei Öffnung der Ventile der Widerstand an den Heizkörpern soweit verringerte, dass es zur Unterversorgung in anderen Netzbereichen kam. Als erste Abhilfe wurden in den unterversorgten Bereichen alle Heizkörper voll geöffnet; dem um ein vielfaches gesteigerten Gesamtvolumenstrom stand jedoch keine Leistungserhöhung gegenüber.

Diesem Problem wurde folgendermaßen entgegengewirkt: zunächst wurde der Proportionalbereich auf ca. 3 K reduziert. Eine weitere, aber umstrittene Möglichkeit, ist die Begrenzung des maximalen Hubes. Der Regelquerschnitt wird somit auch bei großen Sollwertabweichungen nur bis zur Hubgrenze freigegeben. Die Einstellung kann an speziellen Thermostatköpfen erfolgen, bringt bei kleinen Querschnitten in ggf. verschmutzten Anlagen das Problem der Verstopfung mit sich.

8.6 Hinweise zur Ventilauslegung

Die Problematik der Ventilauslegung im NEH basiert hauptsächlich auf den niedrigen Volumenströmen, die auf Grund der geringen Heizlasten zustande kommen. Da die Ventilhersteller für derart niedrige Volumenströme derzeit keine Ventile zur Verfügung stellen, kommt es zu sehr niedrigen

Ventilautoritäten, die ein schlechtes Regelverhalten zur Folge haben. Für die Auslegung eines Ventils sind nicht nur der Volumenstrom und der Druckverlust über dem Ventil die alleinigen Kriterien, der Proportionalbereich ist ebenfalls sehr entscheidend. Dieser sollte sich im Bereich zwischen 0,7 ... 1,5 bewegen.

8.6.1 Problematik der "Ehrliche Ventilautorität"

Bei Verwendung voreinstellbarer Ventile treten hinsichtlich der Ventilautorität, gerade bei sehr großen Voreinstellungen, Probleme auf. Sie können ein schlechtes Regelverhalten hervorrufen, obwohl diese Ventile auf einen geeigneten Volumenstrom innerhalb eines akzeptablen Xp-Bereichs auslegbar sind.

Diese Behauptung stützt sich auf folgende Tatsache:

Der Gesamtwiderstand eines Ventils mit Voreinstellung setzt sich aus dem Voreinstellungswiderstand (C_{VE}), Gehäusewiderstand (C_G) und dem Regelwiderstand (C_R) zusammen. Diese Widerstände sind in Reihe geschaltet: $C_{Ventil} = C_{VE} + C_G + C_R$

Der Voreinstellungswiderstand nach einer einmaligen Einstellung ist genauso konstant zu betrachten, wie der Gehäusewiderstand. Desweiteren darf der Druckverlust, der durch die Voreinstellung hervorgerufen wird, nicht als Druckverlust des Ventils betrachtet werden, sondern muß zum Netzwidestand addiert werden. Die Voreinstellung arbeitet so gesehen wie eine Drossel und ist damit vergleichbar mit einer gedrosselten Rücklaufverschraubung. Für den Gehäusewiderstand gilt der gleiche Sachverhalt.

Der Druckverlust ($\Delta p_{V, 100}$) des Ventils bei voller Öffnung ist nach der vorherigen Erläuterung nur der Druckverlust über dem Regelwiderstand. Somit ergibt sich die neue Gleichung für die „Ehrliche Ventilautorität“:

$$a_v = \frac{\Delta p_{V100,R100}}{\Delta p_{Rest} + \Delta p_{V100,R100}}$$

mit: $\Delta p_{V100,R100}$ Druckverlust über dem Regelwiderstand C_R
 $\Delta p_{ges, 100}$ Druckverlust über dem gesamten Regelkreis $C_{Ventil} = C_{VE} + C_G + C_R$

8.6.2 Beispielrechnung zur Problematik der geringen Ventilautorität bei sehr großen Voreinstellungen

Der vom Hersteller angegebene k_{VS} -Wert eines Ventils basiert auf einer offenen Voreinstellung. Um den Druckverlust über dem Regelwiderstand ermitteln zu können, wird das Auslegungsdiagramm (nach Herstellerangabe, siehe unten) dieses Ventils herangezogen. An den linearen Teil des Kurvenverlaufs wird eine Tangente gelegt (im Bild: ideale Kennlinie). Durch den Verlauf der Tangente kann der Druckverlust über dem Gehäusewiderstand ermittelt werden. Er ergibt sich aus dem $k_{V,R100}$ -Wert und

dem Auslegungsvolumenstrom ($\dot{V}_A$). Bei Drosselung gegenüber dem voll geöffneten Ventil (z.B. im Auslegungsfall), ergibt sich der Regeldruckverlust durch das Wertepaar $k_{V,A}$ und $\dot{V}_A$.

Gegebene Werte eines fiktiven Netzes:

Bezeichnung	Wert	Einheit
gewünschter av-Wert	0,5	-
Δp_{Rest}	0,055	bar
kvs (Ventil)	0,24	m ³ /h
$\dot{V}_A$	0,02	m ³ /h
Xp	1...1,5	

TABELLE 12 RANDBEDINGUNGEN FÜR RECHENBEISPIEL

Der erste Schritt zur Berechnung der "Ehrlichen Ventilautorität" besteht darin, sich mit der gewählten Ventilautorität den Druckverlust über dem Ventil zu berechnen:

$$\Delta p_{V100} = \frac{0,5}{1 - 0,5} \cdot 0,055 \text{ bar} = \underline{\underline{0,055 \text{ bar}}}$$

Zur Berechnung der Voreinstellung wird der $k_{V,A}$ -Wert (Auslegungs- k_V -Wert) benötigt:

$$k_{V,A} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{0,055 \text{ bar}}} = \underline{\underline{0,085 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}}$$

Mit diesem Wert ist die Voreinstellung eines gewählten Ventils ermittelbar. Zur Bestimmung muss jetzt der gewählte Xp-Wert ($X_{p\text{gewählt}}=1,5K$) herangezogen werden, um den Schnittpunkt für die Voreinstellung eindeutig festzulegen.

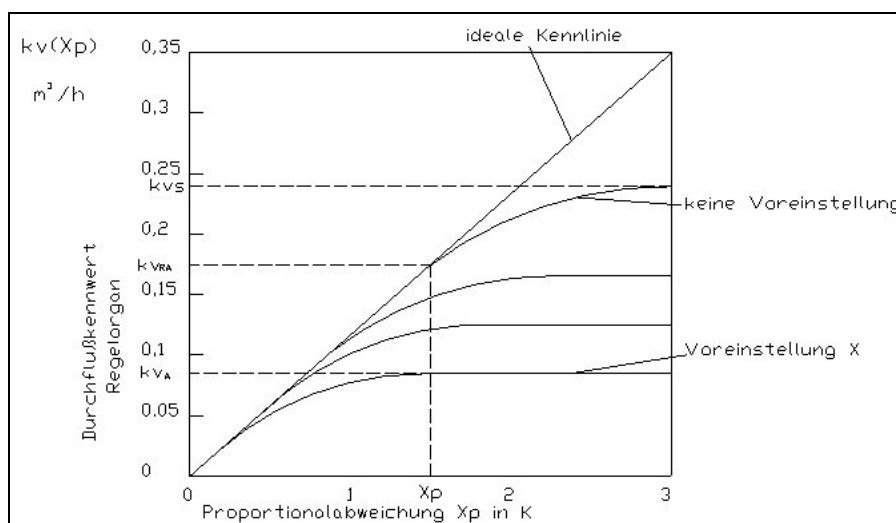


BILD 36 KENNLINIEN EINES VENTILS MIT VOREINSTELLUNGEN

Nach diesem Berechnungsgang ist es erforderlich, den entsprechenden $k_{VR,A}$ -Wert aus dem Diagramm zu erfassen. Mit diesem Wert lässt sich der „wahre“ Druckverlust des Ventils (Druckverlust über dem Regelwiderstand) berechnen. K_V -Wert der linearen Kennlinie bei einem X_p -Wert von 1,5K beträgt (Wert aus Diagramm abgelesen):

$$\underline{\underline{k_{VR,A}(X_p=1,5K) = 0,175 \frac{m^3}{h}}}$$

Damit beträgt der Druckverlust über dem Regelkegel:

$$\Delta p_{R,A} = 1 \text{ bar} \cdot \left(\frac{\dot{V}_A}{k_{VR,A}} \right)^2$$

$$\Delta p_{R,A} = 1 \text{ bar} \cdot \left(\frac{0,02 \frac{m^3}{h}}{0,175 \frac{m^3}{h}} \right)^2 = \underline{\underline{0,013 \text{ bar}}}$$

Für die Bestimmung der „Ehrlichen Ventilautorität“ bedarf es der Zuordnung der einzelnen Druckverluste des gesamten Netzes.

Δp_{Rest}	0,055	bar
Δp_{V100}	0,055	bar
$\Delta p_{VR,A}$	0,013	bar
Δp_{ges}	0,110	bar

TABELLE 13 DRUCKVERLUSTE RECHENBEISPIEL

Die ehrliche Ventilautorität beträgt:

$$a_v = \frac{\Delta p_{VR,A}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{Rest}} = \frac{\Delta p_{VR,A}}{\Delta p_{ges}}$$

$$a_v = \frac{0,013 \text{ bar}}{0,111 \text{ bar}} = \underline{\underline{0,118}}$$

Wie dieses Beispiel zeigt, ist die „Ehrliche Ventilautorität“ (0,118) wesentlich geringer als die gewünschte (0,5). Dieses ist in der Realität keine Seltenheit. Eine Verbesserung der Situation würde sich einstellen wenn die Ventilhersteller kleinere Ventile mit sehr kleinen k_{VS} -Werten ($\leq 0,1 m^3/h$) anbieten würden.

Eine weitere Möglichkeit die Verfälschung der Autorität auszuschließen, liegt im Einsatz von Ventilen mit austauschbaren Ventilkegeln. Beim Einsatz solcher Ventile wird der Druckverlust über dem

gesamten Ventil hauptsächlich durch den Regelquerschnitt hervorgerufen. Ein Nachteil dieser Ventile ist sicherlich in der praktischen Ausführung zu sehen (Verwechslung der Kegel beim Einbau). Das Auslegungsdigramm für ein Ventil mit auswechselbaren Ventilkegeln sieht folgendermaßen aus:

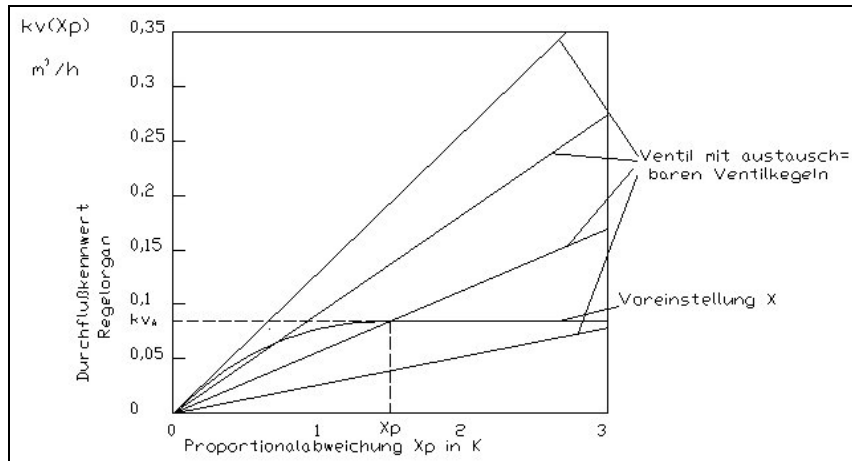


BILD 37 KENNLINIEN EINES VENTILS MIT VERSCHIEDENEN VENTILKEGELN

In diesem Diagramm ist ein Ventil mit 4 verschiedenen Ventilkegeln eingetragen. Es ist bei der Auslegung eines solchen Ventils darauf zu achten, einen Kegel zu verwenden, der den vorgegebenen X_p -Bereich realisiert. Desweiteren ist in diesem Diagramm als Vergleich die Kennlinie eines voreinstellbaren Ventils wiederzufinden (gebogene Kennlinie).

Eine weitere sicher praktikable Lösung des Problems der Ventilautorität und auch des hydraulischen Abgleiches ist die Verwendung von Ventilen mit fester Voreinstellung für definierte Auslegungsspreizungen, z.B. 70/40°C oder 55/45°C. Diese Spreizungen müssten sich dazu als alleinige Temperaturpaarungen auf dem Markt durchsetzen (wie früher die Paarung 90/70°C).

8.6.3 Beachtung des Verhältnisses von k_{VS} zu k_{VA}

Bei der Auswahl eines Ventils sollte auf das Verhältnis von k_{VS} und k_{VA} geachtet werden. Während einer Nachtabenkung zum Beispiel sind alle Ventile eines Rohrnetzes voll geöffnet. Wenn die Nachtabenkung endet, kommt es zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Volumenströme in den einzelnen Heizkörpern. Die Ventile, die auf einen kleinen k_{VA} -Wert gegenüber dem jeweiligen k_{VS} -Wert ausgelegt wurden, erhalten einen wesentlich größeren Volumenstrom (gegenüber dem Auslegungsvolumenstrom) als Ventile, bei denen dies nicht der Fall ist. Dies gilt besonders für Ventile, die nur eine kurze Anschlussleitung zur Pumpe hin haben. Das Verhältnis sollte daher nicht größer 2 sein:

$$\frac{k_{VS}}{k_{VA}} \leq 2.$$

8.6.4 Hydraulische Entkopplung

Für die Einhaltung der Ventilautorität ist es erforderlich, dass der Netzdruckverlust des volumenvariablen Teiles des durch das Ventil geregelten Teiles eines Heizkreises möglichst geringe Wert annimmt. In Fällen, in denen ein großer Netzdruckverlust (Wärmeübertrager in einer Übergabestation) vorliegt, ist es empfehlenswert eine hydraulische Entkopplung vorzunehmen. Sonst würden zur Einhaltung der Ventilautorität sehr kleine Ventile benötigt, die jedoch derzeit nicht am Markt verfügbar sind. Eine Erhöhung des Volumenstromes durch die Verkleinerung der Temperaturspreizung, welcher eine Einsatzverbesserung der Ventile zur Folge hätte, schafft ebenfalls keine Verbesserung, da der Netzdruckverlust mit einer Erhöhung quadratisch zunehmen würde.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der hydraulischen Entkopplung eines Kreises, zum Beispiel können Differenzdruckregler zum Einsatz kommen. Auch der Einsatz einer elektronisch geregelten Umwälzpumpe ist denkbar. Zu diesem Thema wird an dieser Stelle auf das Heiztechnische Konzept Kronsberg verwiesen [Heiz Konzept].

8.7 Umsetzung in Software

8.7.1 Rohrnetzauslegung

Die Rohrnetzauslegung der untersuchten Software erfolgt auf der Basis einer grafischen Eingabe des Rohrnetzverlaufes. Ein Rohrnetz, hier für die Beispielwohnung, kann wie folgt aussehen:

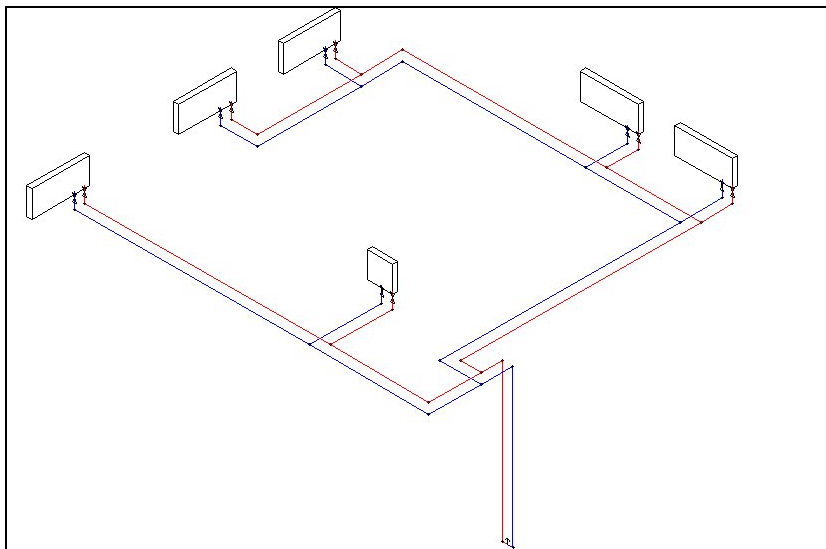


BILD 38 BEISPIELROHRNETZ

Die Vorgehensweise zur zeichnerischen Darstellung eines Rohrnetzes innerhalb des Programmes ist folgende: zunächst wird das Rohrsystem festgelegt (Ein- oder Zweirohrsystem), dann wird ein Startpunkt festgelegt. Die Rohre werden mit den entsprechenden Rohrlängen aus der schriftlichen Vorgabe (Zeichnung) durch Bewegen der Maus gezeichnet. Die Heizkörperanschlussleitungen enden jeweils

waagrecht unterhalb der Anschlüsse.

Das Einbinden von Heizkörpern erfolgt über ein separates Menü. Der Heizkörper wird mit der Maus an das Ende des Vorlaufs platziert. Die Ausrichtung des Heizkörpers geschieht durch das Bewegen der Maus. Weiterhin wird durch die Bewegung der Maus die Länge des Heizkörpers vorgegeben. Dies spielt zur späteren Berechnung des Rohrnetzes keine Rolle, es ist jedoch ein optischer Aspekt, welcher zur Veranschaulichung der Anlage beiträgt. Für die Einbindung der Heizkörper bietet das Programm einige Hilfestellungen.

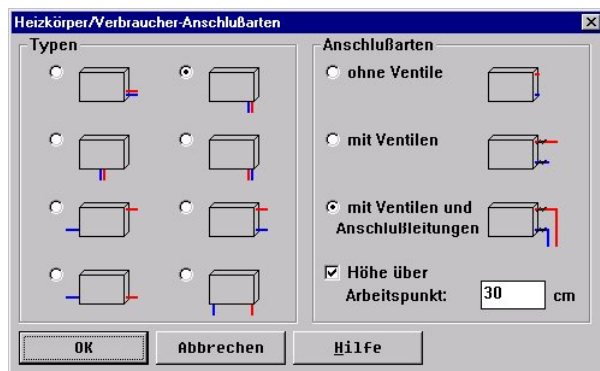


BILD 39 HEIZKÖRPERANSCHLUSS

Die Festlegung des Heizkörpertyps und der daraus resultierenden Anschlussart können gewählt werden. Als letztes wird die Lage des Wärmeerzeugers als Ausgangspunkt des Netzes und die Fließrichtung des Mediums festgelegt. Durch den Aufruf der Daten des Startpunktes (Wärmeerzeuger) kann der gesamte Druckverlust und Massenstrom des Netzes eingesehen werden. Durch Einsatz einer Pumpe in die Rohrleitung wird der Druckverlust des Netzes für den Wärmeerzeuger (Startobjekt) zu null gesetzt. Der Gesamtdruckverlust ist dann innerhalb der Daten für die Pumpe einzusehen.

Die Rohrabschnitte müssen vor der Netzberechnung einzeln bearbeitet werden. Dazu gibt es für jede Teilstrecke ein entsprechendes Menü.

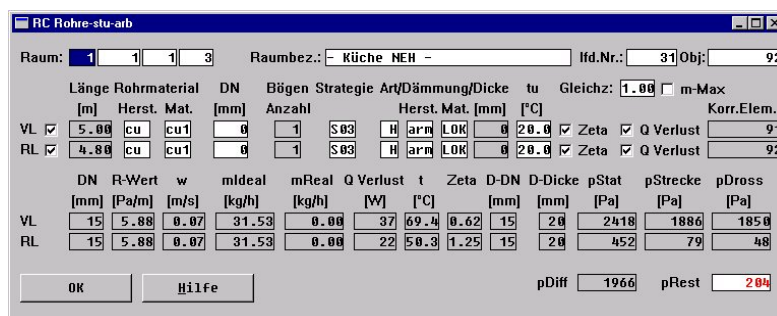


BILD 40 EDITION VON ROHRABSCHNITTEN

Die Festlegung des Dämm- und Rohrmaterials erfolgt aus einem Katalog, der in der Software hinterlegt ist. Es muss für den Vorlauf und den Rücklauf jeweils eine Vorgabe getroffen werden. Die Rohrlängen werden automatisch aus der Zeichnung übernommen. Eine manuelle Änderung dieser Werte kann jedoch vorgenommen werden.

Jedem Rohrabschnitt wird automatisch eine Raumnummer zugeordnet, wenn der betrachtete Rohrabschnitt die Anschlussleitung eines Heizkörpers des Raumes darstellt. Eine manuelle Eingabe ist ständig möglich. Die Angabe der Raumnummer dient zur besseren Übersichtlichkeit.

Die Angabe der Temperatur der Umgebungsluft dient zur Ermittlung der Wärmeverluste des Rohrabschnitts.

Für jede Teilstrecke können vor der Berechnung des Rohrnetzes verschiedene Rohrdurchmesser vorgegeben werden, aus denen bei der Berechnung der entsprechende gewählt wird. Somit werden bestimmte Durchmesser für die automatische Auslegung ausgeschlossen.

Die Ausgabe von "p-Rest" gibt an, wieviel Druck zusätzlich innerhalb dieses Teilstranges abgedrosselt werden muss. Es wird nur dann ein Wert in diesem Feld ausgegeben, wenn durch eine festgelegte Ventileinstellung oder eine bereits voll gedrosselte Rücklaufverschraubung kein zusätzlicher Druckverlust erzielt werden kann.

8.7.2 Ventilauslegung mit Software

Die Ventilauslegung mit einer Software sollte die erforderlichen Punkte, die im Kapitel 8.6 erläutert wurden, aufnehmen und verwerten.

Die Auslegung eines Ventils in der getesteten Software wird nach folgendem Schema durchgeführt: Der Heizkörper wird in der entsprechenden Datenbank aufgerufen, die Heizkörperleistung wird definiert, um den resultierenden Massenstrom zu definieren. Dann wird das Ventil nach Herstellerkatalog gewählt, Ventilautorität und Xp-Bereich werden festgelegt, die Armatureneinstellungen werden berechnet.

Das beschriebene Schema wird anhand einiger Graphiken noch einmal verdeutlicht. Mit folgender Oberfläche werden die Ventildaten eingegeben:

HK-Nr.: 1 1 1 4 1 Raumbez.: - Schlafen NEH - Hfd.Nr.: 11 Obj.: 124

HK

Leistungsangabe m	Q	tv	tr	dt	tL	QN	n	Zeta	pZusätzl.
[kg/h]	[W]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]			[Pa]
41.03	83.0	68.4	51.0					2.50	0

Ventile

Herst.	Art	Ventil	Typ	DN	Autorität	dpMax	P-Abweich.	Einstellung	HK-Anteil	Sollwert	alles drosseln
				[mm]	min. max.	[Pa]	Min Ziel			Diff.[Pa]	
VL	SA1	2	4	TUV	15	0.30 0.70	1.0 1.5		0	0	
RL	mng	2	30	US	0	0.00 0.00	0.0 0.0		0	0	

kv-Wert	Druckabfall	Einstellung	Autorität	P-Abweich.	DN	mIdeal	mReal
[Pa]				[K]	[mm]	[kg/h]	[kg/h]
VL	0.48	747	Nr. 5	0.30	1.60	41.03	0.00
RL	1.45	81	8.00	0.00	15	41.03	0.00

OK Hilfe

BILD 41 VENTILDATEN

Die Software ermöglicht die Übernahme der berechneten Leistungswerte aus der Heizkörperauslegung.

Die Vorgabe der Ventilautorität- und des Xp-Bereichs erfolgt in den dafür beschrifteten Feldern. Für die Ventilautorität ist ein Bereich vorgesehen (min/max), für den Xp-Wert muss ein Minimalwert und ein zu erzielender Wert vorgegeben werden. Nach einer Berechnung des Rohrnetzes wird bei Nichteinhaltung der Ventilautorität das Ergebnis „in rot“ ausgegeben, ein nicht erzielter Xp-Wert wird nicht hervorgehoben.

Die Voreinstellung der Armaturen des Heizkörpers wird separat berechnet. Zu den Ergebnissen zählen die Vorgaben für die Einstellungen der Heizkörperarmaturen. Eine Kontrolle des Berechnungsergebnisses stellt die Überprüfung der Armatureinstellungen des Heizkörpers im ungünstigen Strang dar. Die Rücklaufverschraubung dieses Heizkörpers sollte voll geöffnet sein. Der Wert für die Ventilautorität dieses Heizkörpers muss das Minimum des gesamten Netzes darstellen.

8.7.3 Beurteilung der Software hinsichtlich des Programmteils "Rohrnetzauslegung"

Durch die grafische Darstellung werden sehr übersichtlich die Eingabemöglichkeiten für die Berechnung des Rohrnetzes unterstützt. Die beiden möglichen Ansichten des Rohrnetzes, isometrische Darstellung und Draufsicht, erweisen sich dazu als hilfreich.

Positiv zu nennen sind weiterhin der Katalog der Rohr- und Dämmstoffmaterialien.

Die Auslegungsstrategie der Rohrleitungen kann innerhalb eines separaten Menüs gewählt werden. Sie hat sicherlich die größte Auswirkung auf den Einsatz von Rohrnetzen in Niedrigenergiehäusern. Das Programm bietet verschiedene Varianten:

m = Massenstrom
Q = Leistung
Q,tv,tr = Leistung,Vor-Rücklauftemperatur
Q,dt = Leistung,Temperaturspreizung
Q,tL,QN,n = Leistung,Raumlufthtemp.,Normleistung,HK-Exponent
HkCALC = Daten aus HK-Auslegung
HkCALCz = Daten aus HK-Auslegung mit DIN-Zuschlag

BILD 42 AUSLEGUNGSKRITERIEN

Die Auslegungsstrategien müssen per Hand gewählt werden. Ist eine hohe Ventilautorität erwünscht, wird für die Auslegung der Rohrleitungen ein geringes Druckgefälle gewählt. Für eine angemessene Ansprech- und Fließgeschwindigkeit wird entsprechend ein Fließgeschwindigkeitsbereich verwendet, der diese Anforderung erfüllt. Es ist möglich, eigene Strategien durch das Betätigen des "Editieren"-Buttons zu erstellen, so dass eine angepasste Auslegung des Rohrnetzes zu realisieren ist.

8.7.4 Beurteilung der Software hinsichtlich der Ventilauslegung, Hinweise

Durch die im Programm berechneten Einstellungen der Armaturen entfällt die aufwendige Berechnung der Einstellungen für den hydraulischen Abgleich. Um in der Praxis den hydraulischen Abgleich eines Projektes durchzuführen, wäre es jedoch sinnvoll, wenn ein Programm eine "druckbare" Liste aller vorzunehmenden Einstellungen zur Verfügung stellen würde. Diese Liste sollte so übersichtlich gestaltet sein, dass jeder (ausführender Monteur) den Bezug der Einstellungen zur jeweiligen Armatur herstellen kann.

Die Berechnung der Ventilautorität von voreinstellbaren Ventilen erfolgt nicht auf der Grundlage der "Ehrlichen Ventilautorität von voreinstellbaren Ventilen". Zur Verbesserung dieser Situation könnte ein selbstverfasster Katalog unter Berücksichtigung dieser Problematik beitragen. Hierfür müssten selbstverständlich alle Herstellerunterlagen (Diagramme) im Programm hinterlegt werden, damit die Daten zur Berechnung der „Ehrlichen Ventilautorität“ verfügbar sind.

Bei der Auslegung eines Ventils wird primär die Einhaltung der Ventilautorität beachtet, der resultierende Xp-Wert kann sämtliche Werte oberhalb des gesetzten Zieles annehmen, ohne dass das Programm dies dem Anwender besonders anzeigt. Es sollte daher ein Xp-Bereich vorgegeben werden können. Bei Nichteinhaltung dieses Bereiches müsste der Xp-Wert kenntlich gemacht werden.

Das Programm ermöglicht den Einsatz von Differenzdruckreglern innerhalb des Netzes. Diese können bei der Berechnung des hydraulischen Abgleichs berücksichtigt werden.

9 FAZIT UND AUSBLICK

Der **softwareunterstützten Gebäudeplanung** sollte und wird nach Ansicht der Autoren künftig eine **größere Bedeutung** zukommen. Dabei kann es prinzipiell zwei parallele Entwicklungstendenzen geben: zum einen die Erarbeitung von universell für alle Stufen der Planung einsetzbarer, **modularer Software**, zum anderen die Erstellung von **vereinfachten Planungshilfen**.

Dabei wird die modulare Software vermutlich vor allem für größere Projekte interessant sein, an deren Erstellung wenigstens je ein Vertreter der Bau- und Anlagentechnik beteiligt ist. Die einfachen Planungshilfen werden sicherlich überwiegend im Bereich der Ein- und Zweifamiliengebäude zum Einsatz kommen. Da gerade diese Gebäude einen großen Teil der heute neu erstellten Gebäude ausmachen und den Primärenergieverbrauch für die nächsten 50 bis 100 Jahre entschieden mitbestimmen, gilt deren Planung besondere Aufmerksamkeit.

Die späte, aber eindeutige Tendenz des Einzugs eines "Computerzeitalters" auch in die Gebäude- und Anlagenplanung und –erstellung muss genutzt werden, um **neue Maßstäbe für die Branche** zu setzen. Die neue, positive Einstellung gerade kleinerer und mittlerer Unternehmen zur Kommunikationstechnik (E-mail, Internet, Software) und der potentiellen Endverbraucher zu ausgefeilter, energiesparender Technik im Gebäude bietet dabei völlig neue Möglichkeiten.

So kann und sollte beispielsweise auch ein kleines Heizung- und Lüftungsunternehmen künftig mit entsprechender Software energieberatende Funktionen ausüben. Neben dieser – für die gesamte Wirtschaft typischen Verschiebung der Aufgaben eines Unternehmens in Richtung "Dienstleistung" – kann mit Hilfe der geeigneten Software auch die energetisch hochwertige Technik verschiedener schon am Markt befindlicher Anlagenkonzepte und –komponenten genutzt werden. Diese blieben vielfach in der Vergangenheit ungenutzt, weil die in der Praxis dazu notwendige Gesamtplanung (Rohrnetzberechnung, hydraulischer Abgleich) aus Kostengründen fehlte.

Die in dieser Edition besprochenen Ansätze sollen als positiver Impuls für eine Entwicklung in diese Richtung gesehen werden.

10 QUELLENANGABE

[Heiz Konzept]	Bauen Am Kronsberg – Heiztechnisches Konzept; Landeshauptstadt Hannover; Februar 1998
[Lüftungskonzept]	Bauen am Kronsberg – Lüftungskonzept; Landeshauptstadt Hannover, September 1996
[VDI 3808]	VDI 3808 – Energiewirtschaftliche Beurteilungskriterien für heiztechnische Anlagen; VDI; Mai 1986
[DIN V 4701-10]	DIN V 4701-10; Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen; Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Ausgabe Februar 2001
[DIN 4701-1]	DIN 4701-1; Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; Grundlagen der Berechnung; Ausgabe März 1983
[DIN 4701-2]	DIN 4701-2; Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; Tabellen, Bilder, Algorithmen; Ausgabe März 1983
[DIN 4701-3]	DIN 4701-3; Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; Auslegung der Raumheizeinrichtungen; Ausgabe August 1989
[prEN 12831]	DIN EN 12831; Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast; Deutsche Fassung prEN 12831; Ausgabe August 1997
[DIN V 4108-6]	DIN V 4108-6; Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs; Ausgabe November 2000
[EnEV]	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV); Stand März 2001
[EN 832]	DIN EN 832; Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude; Deutsche Fassung EN 832; Ausgabe Dezember 1998
[Recknagel 2001]	Recknagel, Sprenger, Schramek; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; 2001; Oldenbourg Verlag, München
[Stud Arbeit]	Mengazzi, K. und Tietgen, L.; Planungsleitfaden zur Softwareentwicklung für haustechnische Berechnungen im Niedrigenergiehaus; Studienarbeit, Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel; Mai 2001
[VDI 6030]	VDI 6030 Blatt 1; Auslegung von freien Raumheizflächen - Grundlagen und Auslegung von Raumheizkörpern; Ausgabe April 1999

11 ANHANG

11.1 Überschlägiger Primärenergiebedarf

Programm: "Überschlägiger Primärenergiebedarf"
System: Excel97 Worksheet für Windows
Quelle: Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel, e.V.
Am Exer 6
38302 Wolfenbüttel
Bezug: www.tww.de

11.2 Nachweis des Primärenergiebedarfes nach [EnEV] und DIN V 4701-10

Programm: "EPkomplett" bzw. "EParchitekt"
System: Excel97 Worksheet für Windows
Quelle: K. Jagnow
Neuer Weg 8
38302 Wolfenbüttel
Bezug: www.tww.de

11.3 Vereinfachte Heizlastberechnung

Programm: "Vereinfachte Heizlastberechnung"
System: Excel97 Worksheet für Windows
Quelle: Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel, e.V.
Am Exer 6
38302 Wolfenbüttel
Bezug: www.tww.de

11.4 Haustechnisches Berechnungsprogramm

Programm: "mh Software"
System: Programm für Microsoft Windows
Quelle: mh-software GmbH
Greschbachstr. 29
76229 Karlsruhe
Mail: hotline@mh-software.de