

## 2.4 Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs

### 2.4.1 Normgebäudewärmebedarf

Der Normgebäudewärmebedarf gemäß DIN 4701 /47/ ist Grundlage einer Reihe von Berechnungsalgorithmen des Jahresheizwärmeverbrauchs. Weiterhin ist seine Kenntnis für das Verständnis des Begriffs der Vollbenutzungsstunden und als Eingabegröße der Computersimulation von Bedeutung. Trotz einer relativ einfachen Berechnung gibt es im Umfeld immer wieder Unklarheiten.

Prinzipiell besteht der Normgebäudewärmebedarf aus jenen Wärmeverlusten durch Transmission und Lüftung beheizter Räume, die sich in einem Gebäude bei Vorliegen von Normtemperaturen und Abwesenheit von inneren und radiativen Gewinnen einstellen. Die Normaußentemperaturen entsprechen dem tiefsten Zweitagesmittel, das von 1951 bis 1979 maximal zehnmal erreicht oder unterschritten wurde. Es ist regional verschieden und liegt in Deutschland zwischen  $-8$  und  $-20$  °C. Bei schweren Bauweisen darf es entsprechend nach oben korrigiert werden, um das Speicherverhalten zu berücksichtigen. Bei den meisten Gebäuden handelt es sich um 2 K.

Unter Vorliegen bestimmter Voraussetzungen werden Einflüsse der Sonnenstrahlung berücksichtigt. Schlechtgedämmte Wände dürfen im Wärmedurchgangskoeffizienten leicht reduziert werden. Bei Fenstern existiert diese Reduktion ebenfalls. Sie ist vom Gesamtenergiedurchlaßgrad abhängig.

Der Lüftungswärmeverbrauch wird bei heutigen dichten Gebäudehüllen im Normalfall unter Voraussetzung eines hygienisch notwendigen Luftwechsels berechnet. Dieser Luftwechsel ist nicht mit dem jährlichen Mittelwert identisch, der deutlich höher liegt. Zusätzlich wird davon ausgegangen, daß er nur an der angeströmten Fassade aktiv wird. Lediglich bei Gebäuden über 10 m Höhe wird mit einem zusätzlichen Auftriebsanteil gerechnet. Berücksichtigt wird dies durch einen Gleichzeitigkeitsfaktor, der je nach Auftriebswirkung 0,5 oder 0,7 beträgt.

Bedingt durch diese Minderung auf der Lüftungsseite und der Nichtberücksichtigung raumspezifischer Zuschläge ist der Normgebäudewärmebedarf deutlich niedriger als die Summe des Normwärmebedarfs der Einzelräume. Dies war in der Ausgabe von 1959 nicht in diesem Ausmaß der Fall. Es wird deshalb ein geringerer Normgebäudewärmebedarf ausgerechnet, woraus sich wesentlich höhere Vollbenutzungsstunden der Raumheizung ergeben, als nach der alten DIN 4701 und leider noch landläufig angenommen werden. Sie betragen nicht mehr 1300 bis 1700 h/a, sondern etwa 1800 bis 2300 h/a /36/. Werden kleinere Werte genannt, sind oft nicht die Vollbenutzungsstunden der Raumheizung gemeint, sondern die der Wärmeerzeugeranlage. Die Diskrepanz ergibt sich aus der weitverbreiteten Überdimensionierung.

Ein weiterer Aspekt der Norm ist zu beachten. Die Abschläge für Sonnenstrahlung, die Normtemperaturkorrektur und der Gleichzeitigkeitsfaktor für die Lüftung liegen tabelliert vor und führen deshalb zu Unstetigkeiten bei der Berechnung. Ein Beispiel ist der Normgebäudewärmebedarf als Funktion der Dämmung. Ergebnis ist eine Funktion mit Sprungstellen.

## 2.4.2 Berechnungsverfahren des Jahresheizwärmebedarfs

Das wohl wichtigste Verfahren ist die Berechnung nach der VDI 2067 Blatt 2 "Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen - Raumheizung". Der Jahresheizwärmeverbrauch basiert auf einem Rechenwert ohne Berücksichtigung von Fremdwärmegewinnen, von dem anschließend die Fremdwärmegewinne abgezogen werden.

Der Jahresheizwärmeverbrauch wird zunächst grob aus dem Normgebäudewärmebedarf, der Anzahl der Heiztage einschließlich Sommerheiztage und der mittleren Temperatur an diesen Tagen bestimmt. Anschließend werden Korrekturfaktoren für den nutzerspezifischen Lüftungswärmeverbrauch, zeitlich und räumlich eingeschränkten Heizbetrieb, die regelungstechnische Ausstattung und variable Raumtemperaturen eingearbeitet.

Die Fremdwärmegewinne bestehen aus solaren und inneren Gewinnen, die mit einem Fremdwärmenutzungsgrad gewichtet werden.

Für eine Reihe von Gebäudetypen sind Erfahrungswerte der Vollbenutzungsstundenzahl tabelliert worden. Diese liegen für die Wetterdaten von Düsseldorf vor. Das sogenannte Kurzverfahren bietet nun eine Formel für die Umrechnung auf beliebige Wetterdaten.

Beim Nachweis des Wärmeschutzes (WSVO) /48/ wird ein Wert errechnet, der zumindest die gleiche Maßeinheit wie der Jahresheizwärmebedarf aufweist. Es bleibt zu untersuchen, inwiefern dieser Wert für die Berechnung herangezogen werden kann. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Der Wert gilt für die sehr geringe Gradtagszahl von 3500 Kd/a, was ungefähr dem milden Klima von Freiburg entspricht.
- Es wird von einem Luftwechsel von  $0,8 \text{ h}^{-1}$  ausgegangen, der jedoch nur auf 80 % des gesamten Gebäudevolumens bezogen ist. Der Wert ist dennoch relativ hoch.

Die Berechnung erfolgt direkt aus den Gebäudegrößen, also ohne daß vorher der Normgebäudewärmebedarf bestimmt werden muß. Es werden ebenso solare und innere Gewinne berücksichtigt, allerdings mit pauschaler Korrektur. Da keine weiteren Korrekturfaktoren eingearbeitet werden, sind nutzungsspezifische Einflüsse nicht erfaßt. Mit der Rückgewinnung von Lüftungswärmeverlusten wird allerdings ein Einfluß berücksichtigt, der in der VDI 2067/2 nicht erfaßt wird. Die Berechnung läßt nur eine relativ geringe Gutschrift zu, was mit dem beträchtlichen Stromverbrauch einer Lüftungsanlage begründet wird.

Zum Verständnis muß hinzugefügt werden, daß die WSVO keinen Bauherrn benachteiligen darf, was die Einheitlichkeit der Klimadaten erklärt. Des weiteren soll die Wärmeschutzverordnung einen Bau- und Anlagenstandard definieren, der frei von Nutzungseinflüssen ist.

Ein weiteres Verfahren stellt die Nutzung von Simulationsprogrammen dar. Zumeist wird das Gebäudeverhalten in Zeitschritten von einer Stunde detailliert berechnet und am Jahresende der Heizwärmebedarf summiert. In der Regel sind sehr umfassende Eingaben zum Gebäude und zum Heizungssystem vorzunehmen und eine Wetterdatei vorzugeben. Da üblicherweise das dynamische Speicherverhalten und zeitvariable Nutzungseffekte berücksichtigt werden, sind die Ergebnisse als relativ exakt anzusehen.

Die am weitesten verbreiteten Programme sind TRNSYS, BLAST, DOE und TAS.

### 2.4.3. Untersuchung eines Einfamilienhauses

Im folgenden soll ein Eigenheim mit Einliegerwohnung betrachtet werden. Es wurde nach den Maßgaben der Wärmeschutzverordnung von 1982 errichtet. Es wird der Einfluß von Wärmedämmung, Verglasung und Lüftung des Gebäudes auf die Resultate der Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach VDI 2067/2, WSV0 95 und TRNSYS untersucht.

Die Gebäudehülle besteht im Istzustand aus 36,5 cm dicken Gasbetonsteinen ( $\lambda=0,19$  W/mK) ohne Dämmung und Isolierverglasung ( $k=1,9$  W/m<sup>2</sup>K). Alternativ werden eine verschlechterte Variante mit einer Außenwand aus ungeschäumten Hochlochziegeln ( $\lambda=0,27$  W/mK) berechnet sowie eine verbesserte Variante, bei der die Gasbetonsteine um 4 cm Wärmedämmung ergänzt wurden.

Die Berechnungen erfolgten mit dem Langverfahren der VDI 2067/2, dem ausführlichen Verfahren der Wärmeschutzverordnung und einer Gebäudesimulation mit TRNSYS, wobei mit einem detaillierten Sieben-Zonenmodell gearbeitet wurde /49/.

In Bild 31 ist der Verlauf des Jahresheizwärmebedarfs als Funktion von Luftwechselzahl, Dämmstandard und Berechnungsverfahren dargestellt. Die Berechnung erfolgte zunächst mit den originalen Wetterdaten, so daß eine vergleichende Berechnung nach der Wärmeschutzverordnung nicht sinnvoll ist.

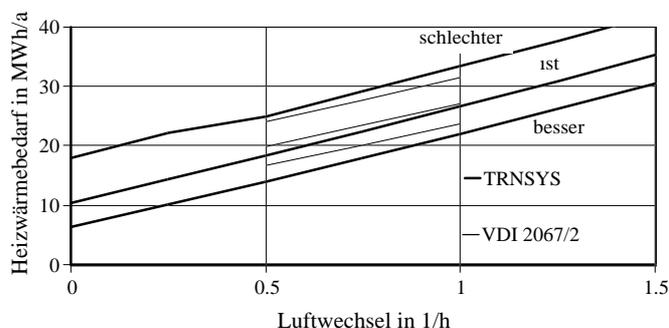


Bild 31: Jahresheizwärmebed. bei Originalwetterdaten

Der Heizwärmeverbrauch steigt mit der Luftwechselzahl fast linear an. Setzt man den Heizwärmeverbrauch bei fehlendem Luftwechsel als Transmissionswärmeverbrauch an, beträgt der Lüftungswärmeverbrauch bei einer Luftwechselzahl von 0,5 abhängig vom Dämmstandard 28; 43 bzw. 54 %. Er liegt zwischen 6,9 und 7,5 MWh/a, ist also vom Dämmstandard fast unabhängig. Die VDI 2067/2 rechnet beim Istzustand ungefähr den gleichen Wert, bei schlechterer Dämmung weniger und besserer Dämmung mehr als die Simulation aus. Der Bedarf steigt ebenfalls linear mit dem Luftwechsel an, allerdings in geringerem Maße.

Zwecks Bewertung der Wärmeschutzverordnung wurde die Berechnung mit den Wetterdaten von Freiburg wiederholt, allerdings nur für einen Luftwechsel von 0,75 h<sup>-1</sup>. Erneut fällt auf, daß die VDI nur für den Istbestand ein gutes Ergebnis liefert. Die Wärmeschutzverordnung liefert unabhängig vom Dämmstandard einen 9 % niedrigeren Bedarf als die Simulation.

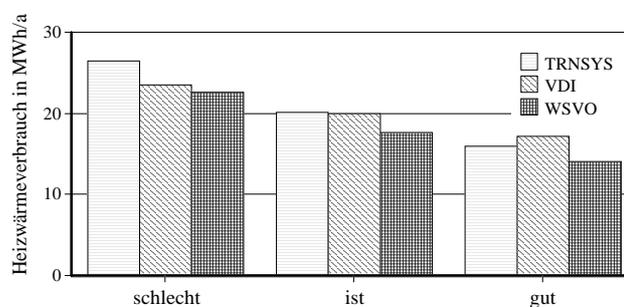


Bild 32: Verbrauch bei Freiburger Wetterdaten

Eine weitere Betrachtung behandelte den Fensterflächenanteil. Hierbei wurde der Fensterflächenanteil um 33 % verringert. Im Istzustand sank der Heizwärmeverbrauch um 2 % (TRNSYS) bzw. 4,5 % (VDI).

Je weiter der Dämmstandard verbessert wird, desto geringer ist die weitere Einsparung an Heizwärme. Die Wärmeschutzverordnung ergab hingegen eine Erhöhung des Bedarfs. Die Änderungen sind allgemein so gering, daß sich eine Verringerung der Fensterfläche nicht lohnt. Diese ist ja doch mit einem großen Komfortverlust verbunden.

Weiterhin wurde die Abhängigkeit von der Raumtemperatur untersucht. Dies konnte nur für TRNSYS und VDI erfolgen. Die WSVO ermöglicht nicht, diese Größe einfließen zu lassen. Die Änderung liegt bei 9,5 %/K (VDI) bzw. 12,2 %/K (TRNSYS) und ist nicht vom Dämmstandard abhängig. Er liegt damit deutlich höher als die allgemein bekannten 6 %/K.

Ebenfalls betrachtet wurde die Variation der Verglasungsart. Die bisher üblichen Fenster mit  $k = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  wurden durch ein Fenster mit Schwergasfüllung mit  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt. Beim schlecht gedämmten Gebäude kann eine Ersparnis von 7,8 % (WSVO) bis 13,7 % (VDI) verzeichnet werden, während der Jahresheizwärmebedarf am Gebäude mit höherem Dämmstandard um 5,4 % (WSVO) bis 15,7 % (VDI) sinkt. Bei Anwendung der Simulation erhöht sich also die Einsparung mit Verbesserung des Dämmstandards, während sie bei der Wärmeschutzverordnung absinkt.

Des weiteren sollte der Einfluß der Bauartschwere abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck wurde die Dichte aller Baustoffe um 50 % verringert. Betrachtet wurde nur der Istzustand und auch nur mittels der Simulation. Es ergab sich eine Erhöhung des Jahresheizwärmeverbrauchs um 0,9 % - damit ein Effekt, der vernachlässigt werden kann. Es sollte jedoch nicht vergessen werden, daß schwere Bauweisen ihren Hauptvorteil nicht im Winter, sondern im Sommer haben.

Abschließend wurde noch der Einfluß der Gebäudeausrichtung untersucht. Es erfolgte eine derartige Drehung, daß die Hauptfensterfläche nicht mehr nach Südwesten, sondern nach Süden ausgerichtet ist. Durch die erhöhte Sonneneinstrahlung sank der Jahresheizwärmebedarf. Die einzelnen Berechnungsverfahren lieferten 2,5 % (Simulation), 0,6 % (VDI) bzw. 3,5 %. Der Einfluß ist also relativ gering. Allerdings unterscheidet sich bei diesem Gebäude der Fensterflächenanteil der Einzelfassaden nicht wesentlich. Bei Objekten mit ausgeprägter Hauptfassade ist die Abweichung sicher sehr viel größer.

#### **2.4.4 Untersuchung eines Mehrfamilienhauses**

Hier werden die Mehrfamilienhäuser in Oederan betrachtet, da sie im Rahmen der solaren Warmwasserbereitung (siehe Kap. 4) Untersuchungsgegenstand sind. Es handelt sich dort um Objekte des industriellen Wohnungsbaus der DDR in Blockbauweise 1,1 t. Sie wurden 1984 als Typ IW 79 des Wohnungsbaukombinates Chemnitz errichtet. Dieser Typ ist zwar sehr selten, unterscheidet sich aber nicht wesentlich von anderen Blockbauarten.

Die Blöcke sind aus Leichtzuschlagsbeton errichtet und damit von Anfang an wärmetechnisch in gutem Zustand. Da sie seinerzeit mit Ofenheizungen ausgestattet waren, erfolgte 1993 eine komplette Rekonstruktion mit Installation fernwärmeversorgter Zentralheizungen, bei der auch eine zusätzliche Wärmedämmung angebracht wurde. Sie sind daher als wärmetechnisch exzellent anzusehen.

Untersuchungsgrundlage bilden tägliche Ablesungen der Wärmemengenzähler und Beobachtungen der Windstärke, die dort vom 8. Februar bis 10. März 1995 und vom 8. Januar bis 1. Februar 1996 durchgeführt wurden. Strahlung und Außentemperatur sind aus der Solarmesstechnik bekannt.

In dieser Zeit reichte das Spektrum der mittleren Außentemperaturen von  $-8,9$  bis  $+8,6$  °C, wobei die wärmeren Tage 1995 und die kälteren Tage 1996 auftraten. Wünschenswert wäre ein Bereich von der Normauslegungstemperatur von  $-16$  °C bis zur Heizgrenztemperatur um  $+15$  °C gewesen. Der beobachtete Temperaturbereich ist jedoch breit genug, um auf diese Grenzwerte extrapolieren zu können.

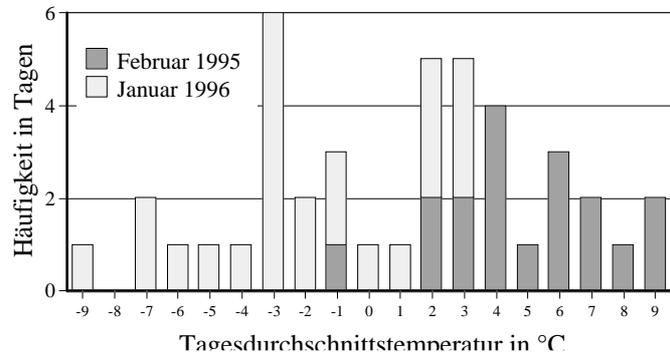


Bild 33: Häufigkeit der Temperaturen

In Bild 33 sind die entsprechenden Häufigkeiten dargestellt. Das mathematische Maximum der Verteilung liegt bei  $+3$  °C, wobei allerdings singulär die Temperatur  $-3$  °C noch etwas häufiger auftrat.

Bild 34 zeigt den Heizwärmeverbrauch als Funktion der Außentemperatur. Mit steigender Außentemperatur sinkt der Heizwärmeverbrauch. Er konnte durch eine Gerade angenähert werden. Die Streuung ist recht hoch. Zu untersuchen ist, ob weitere Abhängigkeiten existieren.

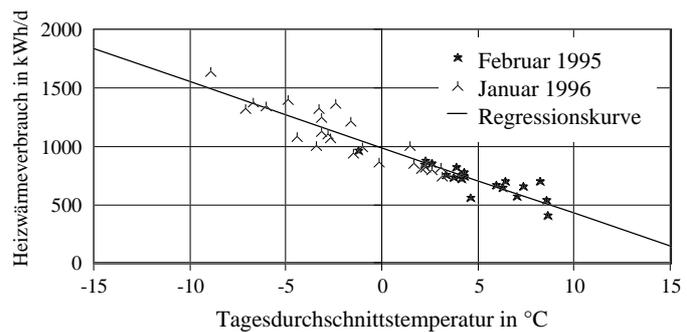


Bild 34: Heizwärmeverbrauch als Temperaturfunktion

In Bild 35 ist die Abweichung von der Regressionsgerade als Funktion der Windstärke dargestellt. Es besteht nur ein sehr schwacher Zusammenhang von  $1,2$  %/Windstärke, der angesichts der großen Streuung auch zufällig sein kann. Der Lüftungswärmeverbrauch scheint also keine Funktion der Windgeschwindigkeit zu sein.

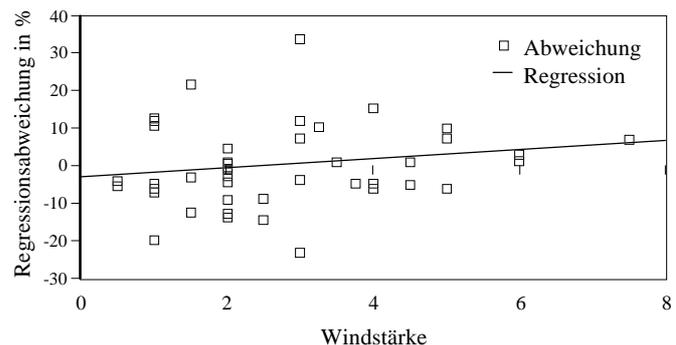


Bild 35: Regressionsabweichung als Windfunktion

Die Lüftung ist ausschließlich durch die hygienischen Bedürfnisse der Bewohner, die von der Windgeschwindigkeit unabhängig sind, determiniert. Zu beachten ist ferner, daß das Gebäude längs der Hauptwindrichtung steht und damit nur wenig Angriffsfläche bietet.

Bild 36 zeigt die Abweichungen von der Regressionskurve als Funktion der Einstrahlung. Hier ist mit  $4,9$  %/kWh/m<sup>2</sup>d eine bessere Abhängigkeit von der Strahlung erkennbar, jedoch ebenso mit einer großen Streubreite.

Der Jahresheizwärmeverbrauch läßt sich nun aus der Regressionskurve, der Zahl der Heiztage und der mittleren Außentemperatur an Heiztagen abschätzen. Dies erfolgte zum einen für die Klimabedingungen von Chemnitz, da für Oederan keine Normwerte existieren und zum anderen für Freiburg im Breisgau, da diese der Wärmeschutzverordnung 95 zugrundeliegen.

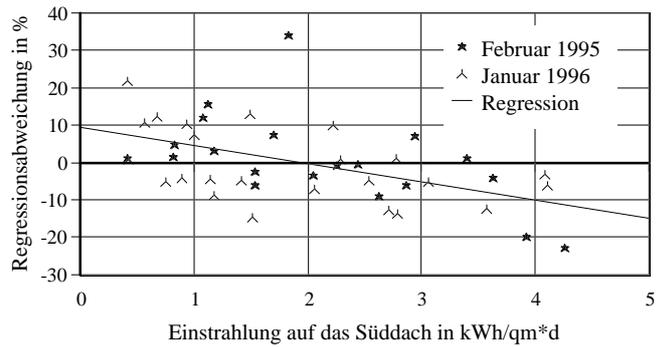


Bild 36: Regressionsabweichung als Einstrahlungsfunktion

Tabelle 6: Überschlägige Bestimmung des normierten Jahresheizwärmebedarfs

Ort	Anzahl Heiztage	t <sub>mittel</sub> an Heiztagen	Q <sub>mittel</sub> an Heiztagen	Jahresheizwärmebedarf	
		°C	kWh/d	MWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a
Chemnitz	291,4	5,3	687,3	200	92,3
Freiburg i. B.	250,9	6,4	625,3	157	72,3

Die beheizte Gebäudekubatur umfaßt 52,8 m \* 11,45 m \* 11,2 m. Es ergibt sich ein umbautes Volumen von 6770 m<sup>3</sup> und eine Nutzfläche gemäß WSVO mit 2170 m<sup>2</sup>. Die wärmeübertragende Fläche beträgt 2650 m<sup>2</sup>. Bei dem sich dann einstellenden Verhältnis A/V von 0,39 m<sup>-1</sup> ist ein Jahresheizwärmeverbrauch für die Wetterdaten von Freiburg von 64,3 kWh/m<sup>2</sup>a maximal zulässig. Dieser Wert wird in Oederan nur um 12 % überschritten. Gemäß Bild 32 errechnet die Wärmeschutzverordnung immer 9 % zu wenig, womit sich die Abweichung auf 3 % reduziert. Andererseits kann auch die Raumtemperatur höher sein, als die WSVO es vorsieht, so daß die Blöcke wahrscheinlich gleich gut oder besser sind, als die Norm es fordert.

Weiterhin wurde der Wohnblock mit der Computersimulation untersucht /50/. Zunächst wurden die Parameter soweit angepaßt, daß eine gute Annäherung von Meß- und Rechenresultat erzielt wurde. Dabei sollten die Summenwerte für die gesamte Meßperiode exakt übereinstimmen und die Tageswerte möglichst gut einander angenähert werden. Dies wurde bei folgenden Eigenschaften realisiert:

- Wand- und Fenstereigenschaften gemäß Katalog /51/
- durchschnittliche Raumtemperatur 20,6 °C
- Luftwechselzahl als Funktion der Außentemperatur:  $\lambda[h^{-1}] = 0,52 + t_a[°C]/150$

Durch eine Luftdichtigkeitsmessung mittels einer "blower door" /52/ wurde festgestellt, daß das Gebäude auch bei den derzeitigen, noch aus der DDR stammenden Fenstern relativ dicht ist. Bei durchschnittlichen meteorologischen Bedingungen wird der Luftwechsel im Winter nicht höher als 0,1 h<sup>-1</sup> sein.

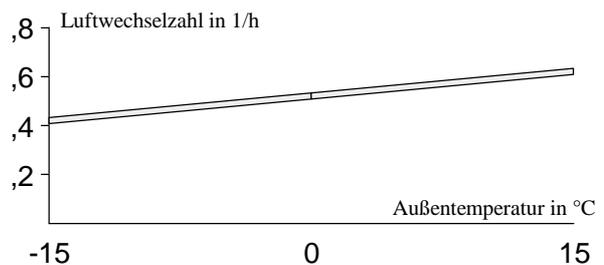


Bild 37: Abhängigkeit des Luftwechsels von der Temperatur

Da die tatsächlich beobachtete Luftwechselzahl deutlich höher ist, wird sie vorrangig von den Fensteröffnungsgewohnheiten der Mieter beeinflusst. Aufgrund subjektiven Empfindens, dem Bestreben Heizenergie einzusparen und eventuell auch fehlender Leistungsreserven der Heizung werden die Fenster bei niedrigen Außentemperaturen seltener geöffnet. Somit wird auch verständlich, warum in Bild 35 kein Zusammenhang zwischen Heizwärmebedarf und Windstärke erkennbar wurde.

In Bild 38 sind die Tageswerte des Heizwärmebedarfs für Messung und Simulation abgebildet. Es ist eine Anpassung beider Wertegruppen gelungen, wobei einige Tage Abweichungen von bis zu 20 % aufweisen. Die Ursache kann hierbei im Mieterverhalten hinsichtlich Schwankungen des Luftwechsels und der Raumtemperatur gesucht werden.

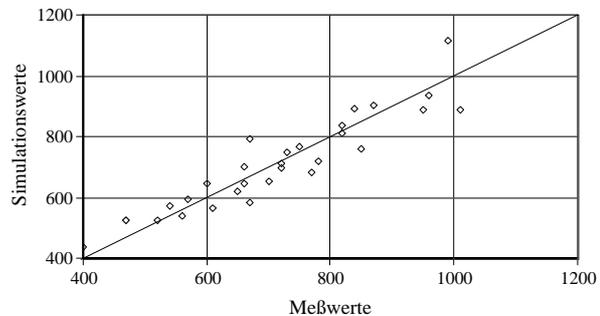


Bild 38 : Heizwärmebedarf in kWh/d

Nach der Validierung des Computermodells wird nun die Parametervariation vorgenommen. Diese dient vorrangig der Definition der Gebäudevarianten für die Untersuchung der solaren Heizung in Kapitel 3.2 und ist daher nur von geringem Umfang.

Es wird zunächst eine Referenzvariante definiert, die sich vom Originalgebäude nur dadurch unterscheidet, daß die Kellerdecke gedämmt wurde. Mit dieser sehr preiswerten Maßnahme kann der Wärmebedarf um etwa 8 % gesenkt werden. Es ist anzunehmen, daß diese bei der umfangreichen Modernisierung des Wohngebietes einfach vergessen wurde. Ausgehend von dieser Referenzvariante werden mehrere Variationen vorgenommen.

Als erstes ist der Einfluß des Luftwechsels zu untersuchen. In Bild 39 ist der Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von Änderungen der Luftwechselzahl dargestellt. Es erfolgt keine direkte Darstellung der Luftwechselzahl, da diese nach Bild 37 eine Funktion der Außentemperatur ist. Es wird erkennbar, daß der Heizwärmebedarf mit dem Luftwechsel nahezu linear ansteigt. Weiterhin kann der Lüftungswärmebedarf der Referenzvariante als Differenz des Heizwärmebedarfs bei 100 % und 0% Luftwechsel bestimmt werden. Er beträgt 76 MWh/a und ist damit zu 45 % am Gesamtwärmebedarf beteiligt.

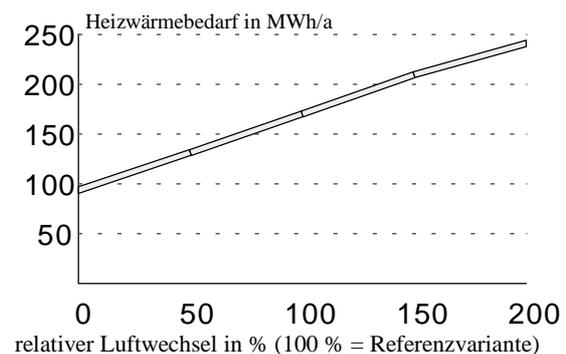


Bild 39: Einfluß des Luftwechsels

In Tabelle 7 sind die Einflüsse kombinierter Maßnahmen aufgeführt. Der Referenzvariante wird eine Variante "schlechter Wärmeschutz" und eine Variante "exzellenter Wärmeschutz" gegenübergestellt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich Wärmedämmung, Fenster und Lüftungssituation voneinander.

Die Wärmedämmung betrifft Außenwände und Kellerdecke und beträgt 0 mm (schlecht), 60 mm (Referenz) und 100 mm (exzellent).

Bei den Fenstern wird von Isolierverglasung unterschiedlicher Qualität ausgegangen. Der Wärmeverlustkoeffizient reicht von 1,4 bis 2,8 W/m<sup>2</sup>K. Zu beachten ist, daß bei verbesserter Isolierverglasung die optischen Eigenschaften, ausgedrückt durch den Gesamtenergiedurchlaßgrad, etwas schlechter sind.

Der Luftwechsel bei der Variante "schlechter Wärmeschutz" wird aufgrund undichter Fenster und Gebäudebauteilfugen 20 % höher als bei der Referenzvariante angesetzt. Beim exzellenten Wärmeschutz bleibt die Luftwechselzahl konstant, es wird jedoch eine Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Diese weist eine Rückwärmzahl von 60 % auf, wobei das Gebäude einen Leckstromanteil von 1/3 besitzt, der das Wärmerückgewinnungsgerät nicht passiert.

Tabelle 7: Zusammenfassende Variation

		schlecht	Referenz	exzellent
Dämmdicke	mm	0	60	100
$k_F$	W/m <sup>2</sup> K	2,6	1,8	1,4
$g_F$		0,75 (KL=0,12)	0,7 (KL=0,14)	0,65 (KL=0,16)
Luftwechsel		+ 20 %		WRG
Leistung in kW	vorn	66	44	33
	hinten	56	38	32
	Summe	132	82	65
Heizwärme	MWh/a	285	169	119
	%	168	100	70
	$\tau_{\text{voll}}$ [h/a]	2.160	2.060	1.830

Bei der Variante "schlechter Wärmeschutz" ist der Wärmebedarf 68 % höher und beim exzellenten Wärmeschutz 30 % niedriger als bei der Referenzvariante. Die Vollbenutzungsstundenzahl des Heizwärmebedarfs sinkt mit verbesserter Dämmung ebenfalls ab.

## 2.4.5 Kapitelzusammenfassung

In diesem Kapitel wurden mehrere Verfahren zur Berechnung von Normgebäudewärmebedarf und Jahresheizwärmebedarf vorgestellt und eingeordnet. Dabei wurde besonders auf Unklarheiten der Berechnung der Vollbenutzungsstundenzahl von Heizwärmebedarf und Heizungsanlage nach Normen unterschiedlicher Erscheinungsjahre hingewiesen.

Anhand eines Einfamilienhauses erfolgte eine Untersuchung verschiedener Dämmmaßnahmen und Berechnungsalgorithmen. Insbesondere wurde die Eignung der neuen Wärmeschutzverordnung zur Berechnung des Heizwärmebedarfs geprüft.

Anschließend wurden Meßwerte eines Mehrfamilienhauses vorgestellt und ein passendes Simulationsmodell entwickelt und validiert. Mit diesem Modell wurden letztlich einige Gebäudevarianten betrachtet, die der Untersuchung solarer Heizungssysteme in Kapitel 3.2 zugrundeliegen.