

Vergleich verschiedener Berechnungsmethoden zur Heizlastberechnung und deren Einfluss auf den hydraulischen Abgleich

Bachelor-Arbeit

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Science

Studiengang Umwelttechnik

Erstellt von Joscha Horsthemke

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Hamburg, den 13. Oktober 2017

1. Gutachter: Prof. Dr. Armin Gregorzewski (HAW Hamburg)
2. Gutachter: Dipl. Ing. Holger Krämer (sumbi INGENIEURE)

Diese Bachelor-Arbeit wurde erstellt und betreut in der Firma sumbi INGENIEURE Energieberatungs- und Planungsgesellschaft mbH.

Kurzfassung

Diese Arbeit vergleicht drei unterschiedliche Berechnungsmethoden der Heizlastermittlung. Dazu wird die Heizlast von drei Gebäuden mit unterschiedlichen Methoden bestimmt. Miteinander verglichen werden die Berechnung nach DIN EN 12831, eine einfache Abschätzung mittels Kennwerten, sowie die real gemessen und hochgerechnete Heizlast. Die gängigste und auch ausführlichste Methode ist dabei die Berechnung nach DIN EN 12831, welche mit Hilfe einer Berechnungssoftware durchgeführt wird. Bei einer weiteren Methode zur Berechnung der Heizlast handelt es sich um ein vereinfachtes Verfahren, bei welchem die Heizlast mit Kennwerten in W/m^2 unterschiedlicher Gebäudetypen und Baujahre bestimmt wird. Bei der Berechnung nach dem vereinfachten Verfahren handelt es sich lediglich um eine grobe Abschätzung der Heizlast. Diese beiden Methoden – die Berechnung nach DIN EN 12831 und die vereinfachte Kennwertmethode - werden mit der real gemessenen Heizlast verglichen. Um die diese zu bestimmen, werden der Volumenstrom sowie die Temperaturen von Vor- und Rücklauf der Heizungsanlage des gesamten Gebäudes gemessen. Die so bestimmte Leistung des Heizungssystems wird mit aktuellen Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes auf die auszulegende Außentemperatur hochgerechnet. Ziel dieser Arbeit ist es, die Unterschiede und Abweichungen der verschiedenen Berechnungsmethoden aufzuzeigen. Des Weiteren soll betrachtet werden, ob sich der Planungsaufwand der komplexen Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 reduzieren lässt, um so die Kosten für die Berechnung zu senken. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungsmethoden hinsichtlich unterschiedlicher Einstellungen der Heizungsanlage für einen hydraulischen Abgleich untersucht werden. Dabei werden die erforderlichen Volumenströme und die Einstellwerte an den Heizkörpern ausgewählter Wohneinheiten miteinander verglichen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen	2
2.1	Bedeutung der Heizlast	2
2.2	Förderprogramme für den hydraulischen Abgleich	3
3	Berechnungsverfahren	4
3.1	Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwert- Verfahren	4
3.2	Heizlastberechnung nach DIN EN 12831	5
3.2.1	Überblick über die DIN EN 12831	6
3.2.2	Randbedingungen und Parameter	6
3.2.2.1	Meteorologische Daten	6
3.2.2.2	Norm-Innentemperaturen	7
3.2.2.3	Gebäudedaten	8
3.2.2.4	Norm-Transmissionswärmeverluste.....	8
3.2.2.5	Norm-Lüftungswärmeverluste	10
3.2.2.6	Zusatz-Aufheizleistung	10
3.2.2.7	Berechnung der Norm-Heizlast eines Raums	11
3.3	Messung des Wärmestroms	11
4	Objektbeschreibung.....	14
4.1	Liegenschaft A	14
4.2	Liegenschaft B	15
5	Berechnungen	15
5.1	Berechnung nach dem vereinfachten Kennwert-Verfahren.....	15
5.1.1	Auswahl des Kennwerts.....	15
5.1.1.1	Kennwert Liegenschaft A.....	15
5.1.1.2	Kennwert Liegenschaft B.....	16
5.1.2	Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach Kennwert	17
5.2	Berechnung nach DIN EN 12831.....	20
5.2.1	Software	20
5.2.2	Festlegung der Randbedingungen und Parameter	20
5.2.2.1	Gebäudemerkmale.....	20
5.2.2.2	Meteorologische Daten	20
5.2.2.3	Norm-Innentemperaturen	21
5.2.2.4	Temperaturen angrenzender beheizter Räume innerhalb der Nutzungseinheit	21
5.2.2.5	Temperaturen angrenzender beheizter Räume außerhalb der Nutzungseinheit	21
5.2.2.6	Temperaturen angrenzender unbeheizter Räume	22
5.2.3	Bauteilaufbauten	22
5.2.3.1	Bauteilaufbauten Liegenschaft A	23
5.2.3.2	Bauteilaufbauten Liegenschaft B	23

5.2.4	Softwareauszug Norm-Heizlast nach DIN EN 12831	24
5.2.5	Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach DIN EN 12831	26
5.3	Berechnung nach gemessenem Wärmestrom.....	29
5.3.1	Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach Messung	36
6	Vergleich der Heizlastberechnungen	40
6.1	Vergleich der Raumheizlast	43
6.1.1	Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	43
6.1.2	Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 2.....	45
6.1.3	Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft B.....	47
6.2	Vergleich der Wohnungsheizlast	49
6.2.1	Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	49
6.2.2	Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 2	51
6.2.3	Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft B.....	52
6.3	Vergleich der Gesamtheizlast	53
6.3.1	Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	54
6.3.2	Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 2	55
6.3.3	Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft B	56
7	Berechnung der erforderlichen Ventileinstellungen	57
7.1	Vergleich der Ventileinstellwerte	60
7.1.1	Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft A, Einheit 1	60
7.1.2	Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft A, Einheit 2	61
7.1.3	Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft B	62
7.2	Vergleich von berechneter Heizlast und eingestellter Heizlast.....	64
7.2.1	Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft A, Einheit 1	64
7.2.2	Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft A, Einheit 2	65
7.2.3	Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft B	66
8	Zusammenfassung und Diskussion	68
9	Fazit	73
10	Literaturverzeichnis	74
Anhang	76

Abkürzungsverzeichnis

\dot{Q} :	Leistung, kW
\dot{V} :	Volumenstrom, m ³ /h
c_p :	Wärmespeicherkapazität, kWh/(kgK)
\dot{m} :	Massenstrom, kg/h
$\theta_{\text{Rücklauf}}$:	Temperatur Rücklauf, K, °C
θ_{Vorlauf} :	Temperatur Vorlauf, K, °C
Δp :	Differenzdruck, Pa
BAFA:	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
b_u :	Temperaturkorrekturfaktor
C_{wirk} :	Speicherfähigkeit, Wh/K
dena:	Deutsche Energie-Agentur
EG:	Erdgeschoss
EnEV:	Energieeinsparverordnung
H_{Abs} :	Wärmeverlustkoeffizient, W/K
KfW:	Kreditanstalt für Wiederaufbau
K_v -Wert:	Durchflussfaktor, m ³ /h
n_{50} -Wert:	Luftwechselrate bei einem Differenzdruck von 50 Pa, 1/h
OG:	Obergeschoss
p :	Druck, Pa
U-Wert:	Wärmedurchgangskoeffizient, W/(m ² K)
WE:	Wohneinheiten
Whg.:	Wohnung
ΔU_{WB} :	Wärmebrückenzuschlag, W/(m ² K)
$\Delta \theta_e$:	Außentemperaturkorrektur, K, °C
Φ :	Leistung, W, kW

$\Phi_{HL,i}$:..... Normheizlast, W, kW

$\Phi_{HL,m}$:..... Heizlast nach Messung, W, kW

Φ_m :..... Heizleistung Messwert, W, kW

$\Phi_{T,i}$:..... Transmissionswärmeverluste, W, kW

$\Phi_{V,i}$:..... Lüftungswärmeverluste, W, kW

θ :..... Temperatur, K, °C

θ'_e :..... Außentemperatur, K, °C

θ_e :..... Norm-Außentemperatur (Berechnungswert), K, °C

$\theta_{int,i}$:..... Norm-Innentemperatur (zur Berechnung angrenzender Räume), K,
°C

θ_{int} :..... Norm-Innentemperatur, K, °C

$\theta_{m,e}$:..... mittlere Außentemperatur, K, °C

θ_m :..... Außentemperatur zum Messzeitpunkt, K, °C

θ_u :..... Temperatur unbeheizter Raum, K, °C

ρ :..... Dichte, kg/m³

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abmessung der Bauteile nach DIN EN 12831.....	8
Abbildung 2: Messaufbau Wärmestrommessung.....	12
Abbildung 3: Liegenschaft A, Einheit 1, Küche: Auszug Heizlastberechnung nach DIN EN 12831	25
Abbildung 4: Liegenschaft A, Einheit 1: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf -12 °C	30
Abbildung 5: Liegenschaft A, Einheit 2: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf -12 °C	31
Abbildung 6: Liegenschaft B: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf -12 °C.....	31
Abbildung 7: Leistungsverlauf zur Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur	32
Abbildung 8: Liegenschaft A, Einheit 1: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6– 24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C	33
Abbildung 9: Liegenschaft A, Einheit 2: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6– 24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C	33
Abbildung 10: Liegenschaft B: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6–24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C	34
Abbildung 11: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	45
Abbildung 12: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 2	47
Abbildung 13: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft B	49
Abbildung 14: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	51
Abbildung 15: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 2.....	52
Abbildung 16: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft B.....	53
Abbildung 17: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 1	54
Abbildung 18: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 2	55
Abbildung 19: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft B.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vereinfachtes Kennwertverfahren, Kennwerte nach Burger & Rogatty	5
Tabelle 2: Vereinfachtes Kennwertverfahren, Kennwerte nach Recknagel, Sprenger, Schramek	5
Tabelle 3: Norm-Innentemperaturen nach DIN EN 12831	7
Tabelle 4: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft A, Einheit 1	17
Tabelle 5: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft A, Einheit 2	18
Tabelle 6: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft B	19
Tabelle 7: Bauteileigenschaften, Liegenschaft A	23
Tabelle 8: Bauteileigenschaften, Liegenschaft B	23
Tabelle 9: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft A, Einheit 1	27
Tabelle 10: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft A, Einheit 2	28
Tabelle 11: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft B	29
Tabelle 12: Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft A, Einheit 1	34
Tabelle 13: Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft A, Einheit 2	35
Tabelle 14: Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft B	35
Tabelle 15: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft A, Einheit 1	35
Tabelle 16: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft A, Einheit 2	35
Tabelle 17: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft B	35
Tabelle 18: spezifischer Leistungsbedarf nach Messung des Wärmestroms	36
Tabelle 19: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft A, Einheit 1 ...	37
Tabelle 20: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft A, Einheit 2 ...	38
Tabelle 21: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft B	39
Tabelle 22: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft A, Einheit 1	41
Tabelle 23: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft A, Einheit 2	42
Tabelle 24: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft B	43
Tabelle 25: Ventileinstellwerte, V-exact II	59
Tabelle 26: Abdeckbereich Ventileinstellwerte	59
Tabelle 27: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft A, Einheit 1	61
Tabelle 28: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft A, Einheit 2	62
Tabelle 29: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft B	63

Tabelle 30: Liegenschaft A, Einheit 1, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast	65
Tabelle 31: Liegenschaft A, Einheit 2, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast	66
Tabelle 32: Liegenschaft B, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast.....	67

1 Einleitung

Der ehrgeizige Plan der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2050 den Primärenergieverbrauch von Gebäuden um 80 % zu reduzieren. Der Gebäudebestand soll dann nahezu klimaneutral sein. In Deutschland gibt es circa 21 Millionen Gebäude, die mit 35 % einen bedeutenden Anteil des Endenergieverbrauchs innehaben. Für die Beheizung, Warmwasser, Beleuchtung und Kühlung von Wohn- und Nichtwohngebäuden werden in Deutschland jährlich rund 73 Milliarden Euro ausgegeben (Deutsche-Energieagentur (dena)).

Von den rund 21 Millionen Gebäuden in Deutschland wurden 92 % vor der Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 errichtet. Diese Bestandsgebäude verbrauchen 97 % der Energiemenge, die für die gesamte Gebäudeheizung aufgewendet wird. Somit ergibt sich im Bereich der Beheizung von Bestandsgebäuden ein großes Einsparpotenzial (Jagnow, Halper, Timm, & Sobirey).

Eine vergleichsweise einfache und kostengünstige Sanierungsvariante ist dabei die energieeffiziente Einstellung der Heizungsanlage. Für die optimale Dimensionierung und Einstellung der Heizungsanlage ist die Bestimmung der Heizlast unerlässlich. Die korrekte Dimensionierung beinhaltet nicht nur die passende Leistung der Feuerungsstelle, sondern auch die Versorgung der einzelnen Räume mit den richtigen Volumenströmen. In Deutschland sind nur etwa 10 % der Heizungsanlagen optimal dimensioniert (Intelligend heizen, 2015). Das bedeutet im Umkehrschluss, dass in 90 % der Heizungsanlagen des Gebäudebestands ein großes Einsparpotenzial steckt. Allein durch den hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage lassen sich in Deutschland pro Jahr schätzungsweise 6,4 Mrd. kWh an Heizenergie einsparen (VdZ- Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V., 2013). Um die Ziele der Bundesregierung zu erreichen, ist es unabdingbar, die Beheizung, insbesondere die der Bestandsgebäude, zu optimieren, um mehr Energie einzusparen.

2 Grundlagen

2.1 Bedeutung der Heizlast

Zweck der Heizlastberechnung ist die Schaffung einer Grundlage für die Auslegung des Heizungssystems. Die Heizlast gibt Aufschluss über die Dimensionierung des Wärmeerzeugers sowie über die Größe der Heizflächen in den einzelnen Räumen. Mit der Auslegung des Heizungssystems auf Grundlage der Heizlast wird sichergestellt, dass die Leistung der Anlage für das Gebäude ausreichend, aber nicht überdimensioniert ist (Rudolf, Wagner, 2008). Die Heizlast gibt an, welche Wärmemenge pro Zeiteinheit (W , kW) zugeführt werden muss, um bei festgelegten Witterungsbedingungen in den Räumen die gewünschte Innentemperatur zu gewährleisten (Pistohl, 2013). Auf der Grundlage der Heizlast lässt sich ein hydraulischer Abgleich durchführen. Dieser stellt sicher, dass jeder Raum stets mit der richtigen Wärmemenge versorgt wird. Um dies zu erreichen, werden die Wasservolumenströme im Wärmeverteilungsnetz begrenzt. In Deutschland ist nur etwa jede zehnte Heizungsanlage hydraulisch abgeglichen. Dies hat zur Folge, dass Heizkörper, die vom Kessel weiter entfernt liegen, oft nicht ausreichend- oder nur zeitverzögert warm werden. Räume in Kesselnähe dagegen sind oft überhitzt. Besonders im Zuge einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle ist der hydraulische Abgleich sehr wichtig, da Einstellung und Dimensionierung der Heizungsanlage bei sinkendem Energiebedarf zu einer Überdimensionierung des Heizungssystems führen. Je nach Heizungsanlage sind so mit vergleichsweise wenig Aufwand und geringen Kosten Einsparungen von bis zu 10 % im Vergleich zum Ausgangsverbrauch möglich. Zusätzlich zu der Energieeinsparung erhöht sich dabei der Wohnkomfort, da in allen Räumen eine optimale Temperaturregulation gewährleistet ist. Die Kosten für einen hydraulischen Abgleich in einem Einfamilienhaus liegen bei circa 500 Euro (Intelligent heizen, 2015).

2.2 Förderprogramme für den hydraulischen Abgleich

Für die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs bieten die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) unterschiedliche Förderprogramme an. Bei diesen sind unterschiedliche Berechnungsmethoden der Heizlastberechnung vorgeschrieben. Bei dem KfW-Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren-Investitionszuschuss (430)“ gibt es mehrere Optionen der Förderung des hydraulischen Abgleichs. Bei dem Heizungs-/Lüftungspaket erhält der Antragsteller einen Zuschuss von 15 % der förderfähigen Kosten, maximal jedoch 7.500 Euro pro Wohneinheit. Für dieses Förderprogramm ist eine Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 erforderlich. Eine weitere Option des KfW-Förderprogramms „Energieeffizient Sanieren-Investitionszuschuss (430)“ ist die Förderung von Einzelmaßnahmen. Hier erhält der Antragsteller einen Zuschuss von 10 % der förderfähigen Kosten, maximal jedoch 5.000 Euro pro Wohneinheit. Bei diesem Förderprogramm sind unterschiedliche Berechnungsmethoden vorgeschrieben. Findet ein Austausch des Wärmeerzeugers oder eine Optimierung der Heizungsanlage statt, ist eine Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren ausreichend. Bei nachträglichen Maßnahmen zur Wärmedämmung, wenn mehr als 50 % der wärmeübertragenden Umfassungsfläche wärmetechnisch saniert werden, ist eine Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 notwendig. Auch das BAFA bietet unterschiedliche Optionen für eine Förderung des hydraulischen Abgleichs. Eine Heizungsoptimierung durch den hydraulischen Abgleich bei bestehenden Heizungssystemen wird mit 30 % der Nettoinvestitionskosten gefördert. Bei dieser Förderung ist eine Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren ausreichend. Des Weiteren bietet das BAFA das „Anreizprogramm Energieeffizienz“ in seinem Marktanreizprogramm an. Hier erhält der Antragsteller zusätzlich einen 600-Euro-Bonus für Optimierungsmaßnahmen des gesamten Heizungssystems. Auch bei diesem Förderprogramm des BAFA ist die Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren ausreichend (VdZ- Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V., 2016).

3 Berechnungsverfahren

In den folgenden Kapiteln werden die drei unterschiedlichen Verfahren der Heizlastberechnung erläutert und das Vorgehen bei der Berechnung beschrieben. Betrachtet wird die Berechnung nach dem vereinfachten Kennwert- Verfahren, die Berechnung nach DIN EN 12831 und die Berechnung nach Messung des Wärmestroms.

3.1 Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwert- Verfahren

Eine einfache Abschätzung der Heizlast erfolgt über Kennwerte und die Quadratmeterzahl der zu beheizenden Fläche. Um die Heizlast eines Raums zu berechnen, wird der Kennwert mit der Grundfläche multipliziert. Ausschlaggebend für den Kennwert in Watt pro m² sind das Baujahr und - je nach Quelle - gegebenenfalls die Art des Gebäudes (z. B. Einfamilienhaus, freistehend/nicht freistehend, Mehrfamilienhaus). Die Heizlast des Raums ist bei dem vereinfachten Verfahren nur abhängig von der Größe der beheizten Fläche. Andere Faktoren wie die Nutzung des Raums und die daraus resultierende Innentemperatur werden bei dieser Berechnung vernachlässigt. Auch innenliegende Räume werden nicht anders berechnet als Räume mit einer großen Außenwandfläche und großer Fensterfläche. Problematisch zu sehen sind auch die in der Literatur, je nach Quelle, unterschiedlichen Kennwerte, die sich zum Teil signifikant unterscheiden. Auch wird nicht bei jeder Quelle unterschieden, um welche Art Gebäude es sich handelt. Eine weitere Schwierigkeit bei der Wahl des richtigen Kennwerts ergibt sich bei teilsanierten Gebäuden. Ein Bestandsgebäude, dem im Laufe der Jahre beispielsweise neue Fenster eingesetzt wurden, hat einen geringeren Kennwert als in der Literatur nach Baujahr angegeben ist. Bei teilsanierten Gebäuden muss gegebenenfalls der Kennwert einer neueren Baualtersklasse gewählt werden. Die unterschiedlichen Kennwerte in der Literatur zeigen auch, wie schwierig die Wahl des richtigen Kennwerts ist. Eine Begutachtung des Gebäudes und der energetisch relevanten Bauteile kann bei der Wahl des richtigen Kennwertes hilfreich sein. Beispielhaft sind im Folgenden die Kennwerte aus zwei unterschiedlichen Quellen aufgelistet. In Tabelle 1 sind die Kennwerte der ersten Quelle nach Baujahr und Gebäudeart angegeben, in Tabelle 2 werden die Kennwerte der zweiten Quelle nur nach Baualtersklasse unterschieden.

Baujahr	bis 1958	1965-1968	1969-1973	1974-1977	1978-1983	1984-1994	ab 1995
Gebäude							
Einfamilienhaus freistehend							
	180 W/m ²	170 W/m ²	150 W/m ²	115 W/m ²	95 W/m ²	75 W/m ²	60 W/m ²
Reihenhaus							
Endhaus	160 W/m ²	150 W/m ²	130 W/m ²	110 W/m ²	90 W/m ²	70 W/m ²	55 W/m ²
Mittelhaus	140 W/m ²	130 W/m ²	120 W/m ²	100 W/m ²	85 W/m ²	65 W/m ²	50 W/m ²
Mehrfamilienhaus							
bis 8 WE	130 W/m ²	120 W/m ²	110 W/m ²	75 W/m ²	65 W/m ²	60 W/m ²	45 W/m ²
über 8 WE	120 W/m ²	110 W/m ²	100 W/m ²	70 W/m ²	60 W/m ²	55 W/m ²	40 W/m ²

Tabelle 1: Vereinfachtes Kennwertverfahren, Kennwerte nach Burger & Rogatty

(Burger & Rogatty, 2004)

Baujahr	bis 1970	1977-1984	1985-1995	Neubau	Passivhaus
Heizlast	120-180 W/m ²	70-100 W/m ²	50-70 W/m ²	25-40 W/m ²	10 W/m ²

Tabelle 2: Vereinfachtes Kennwertverfahren, Kennwerte nach Recknagel, Sprenger, Schramek

(Recknagel, 2009)

3.2 Heizlastberechnung nach DIN EN 12831

Das folgende Kapitel soll einen Überblick über die Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 geben. Auf eine detaillierte Beschreibung aller einzelnen Berechnungsschritte wurde verzichtet, da sie den Umfang dieser Arbeit überschreiten würde.

Besagte Norm gibt das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der erforderlichen Wärmezufuhr vor, um ein Gebäude bei Norm-Außenbedingungen auf die erforderlichen Norm-Innentemperaturen zu bringen. Die Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 für einen Raum setzt sich aus der Norm-Transmissionsheizlast (Wärmestrom durch Wärmeleitung über die Umschließungsfläche des beheizten Raumes) und der Norm-Lüftungsheizlast (Wärmestrom für die Aufheizung eindringender Außenluft) zusammen.

Die Heizlast ist abhängig von:

- dem Standort des Gebäudes (Außentemperatur, Windanfall, freie oder geschützte Lage),

- der Nutzung der einzelnen Räume- und der daraus resultierenden Norm-Innentemperatur
und
- der Art der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des beheizten Raums (Wärmeschutz und Luftdichtheit).

(Pistohl, 2013)

3.2.1 Überblick über die DIN EN 12831

Die Berechnung der Heizlast ist in der DIN EN 12831 „Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“ festgelegt. Die europäische Norm trat im August 2003 in Kraft und enthält für alle EU-Länder verbindliche Regeln und Formeln für die Berechnung der Heizlast (DIN EN 12831, 2003). Im April 2004 erschien für Deutschland der nationale Anhang, „DIN EN 12831, Beiblatt 1“, in dem die Regelungen und Kenngrößen der Berechnung für Deutschland spezifiziert wurden (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008). Mit Einführung der DIN EN 12831 wurde die von 1929 bis 2004 gültige DIN 4701, Teil 1 bis 3, die die Berechnung des Wärmebedarfs regelte, abgelöst (Wolff & Jagnow).

3.2.2 Randbedingungen und Parameter

3.2.2.1 Meteorologische Daten

Die Außentemperaturen θ'_e für Städte über 20.000 Einwohner sind in Tabelle 1, DIN EN 12831, Beiblatt 1, festgelegt. Die Temperatur bezieht sich dabei auf das tiefste Zweitagesmittel der Lufttemperatur, das zehnmals in 20 Jahren erreicht wurde. Bei nicht aufgeführten Orten wird die Außentemperatur des nächstgelegenen Orts angenommen. Bei den in Tabelle 1, DIN EN 12831, aufgeführten Temperaturen handelt es sich um Anhaltswerte, die aufgrund witterungsbedingter Gegebenheiten über- oder unterschritten werden können. In Tabelle 2, DIN EN 12831, Beiblatt 1, sind Werte für die Außentemperaturkorrektur aufgelistet. Die Norm-Außentemperatur berechnet sich nach:

$$\theta_e = \theta'_e + \Delta\theta_e$$

Die Außentemperaturkorrektur $\Delta\theta_e$ reicht von 0 bis +4 Kelvin und wird mit Hilfe der thermischen Zeitkonstante τ bestimmt. Die Zeitkonstante τ ist abhängig von der wirksa-

men Speicherfähigkeit C_{wirk} [Wh/(K)] und dem Wärmeverlustkoeffizienten H_{Abs} [W/K]. Dabei gilt, je höher die wirksame Speicherfähigkeit und je kleiner der Wärmeverlustkoeffizient, desto größer ist die Außentemperaturkorrektur. Bei einem gut gedämmten Gebäude mit einer hohen Masse kann folglich eine Außentemperaturkorrektur von bis zu +4K angenommen werden. Die Außentemperatur mit Außentemperaturkorrektur beträgt in Hamburg je nach Gebäudeart -12 bis -8 °C. Bei der wirksamen Speicherfähigkeit des Gebäudes wird nach DIN EN 12831, Beiblatt 1, zwischen Gebäuden mit leichter Gebäudemasse und Gebäuden mit mittelschwerer bzw. schwerer Gebäudemasse unterschieden. Eine leichte Gebäudemasse wird bei Gebäuden mit abgehängten Decken sowie aufgeständerten Böden und Wänden in Leichtbauweise angenommen. Eine mittelschwere bzw. schwere Gebäudemasse wird bei Gebäuden mit Betondecken und -böden sowie Wänden in Leichtbauweise bzw. Mauerwerk/Beton angenommen. Außerdem sind in Tabelle 1, DIN EN 12831, die mittleren Außentemperaturen (Jahresmittelwerte) aufgeführt. Diese Werte dienen der Berechnung von Wärmeverlusten an das Erdreich, sowie aufgerundet und ohne Nachkommastelle zur Bestimmung der Temperaturen von Nachbarräumen. (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008) Die einzelnen Berechnungen werden in den folgenden Kapiteln genauer erläutert.

3.2.2.2 Norm-Innentemperaturen

Die empfohlenen Norm-Innentemperaturen θ_{int} für beheizte Räume richten sich nach der Nutzung des jeweiligen Raums und sind in Tabelle 4, DIN EN 12831, Beiblatt 1, aufgeführt. Diese Werte sind lediglich Empfehlungen und können in Absprache des Auftraggebers angepasst werden (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

Raumart	Norm-Innentemperatur θ_{int}
Wohn- und Schlafräume	20 °C
Bade- und Duschräume, Bäder	24 °C
WC-Räume	20 °C
beheizte Nebenräume (Flure, Treppenhäuser)	15 °C

Tabelle 3: Norm-Innentemperaturen nach DIN EN 12831

(DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008)

3.2.2.3 Gebäudedaten

Für die Berechnung der wärmeübertragenden Bauteile sind als Länge und Breite die Außenmaße, ggf. mit halber Innenwanddicke bei Zwischenmaßen anzusetzen. Beispielhaft ist in Abbildung 1 die Berechnung der Außenwände aufgeführt. Bei der Höhe der Wände ist die Geschosshöhe und für die Maße der Fenster und Türen die Maueröffnung anzunehmen. Bei der Berechnung von Raumfläche und Raumvolumen sind die lichten Innenmaße anzusetzen (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

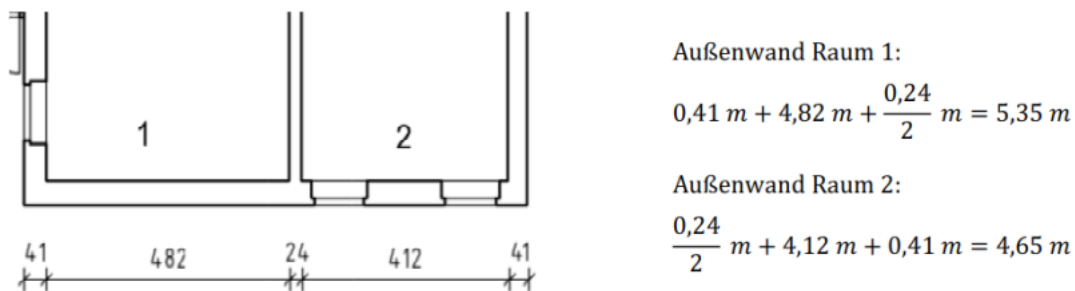


Abbildung 1: Abmessung der Bauteile nach DIN EN 12831

3.2.2.4 Norm-Transmissionswärmeverluste

Der direkte Wärmefluss an die äußere Umgebung setzt sich aus allen Bauteilen und thermischen Wärmebrücken zusammen, die den beheizten Raum von der äußeren Umgebung trennen. Eine Auflistung von Korrekturfaktoren für den Wärmebrückenzuschlag ist in Tabelle 5, DIN EN 12831, Beiblatt 1, festgelegt. Ein Wärmefluss besteht nicht nur über die äußere Gebäudehülle, sondern auch zwischen einzelnen Räumen. Innerhalb der Nutzungseinheit findet ein Wärmefluss nur zwischen Räumen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus statt. Die Bestimmung der Temperatur des Nachbarraumes einer anderen Nutzungseinheit (z. B. der Nachbarwohnung) ist in Tabelle 7, DIN EN 12831, Beiblatt 1 festgelegt. Die Temperatur eines angrenzenden Raumes einer anderen Nutzungseinheit berechnet sich mit folgender Formel:

$$\theta_{\text{Nachbarraum}} = \frac{\theta_{\text{int},i} + \theta_{m,e}}{2}$$

Die mittlere Außentemperatur $\theta_{m,e}$ wird dabei aufgerundet und ohne Nachkommastelle eingesetzt. Für angrenzende Wohnräume, mit einer Innentemperatur $\theta_{\text{int},i}$ von 20 °C und einer mittleren Außentemperatur von 9 °C ergibt sich beispielsweise eine errechnete Raumtemperatur des Nachbarraums von 14,5 °C. Bei angrenzenden Räumen eines separa-

ten Gebäudes (z. B. Nachbarhaus) wird nach DIN EN 12831 die mittlere Außentemperatur $\theta_{m,e}$ als Raumtemperatur angenommen (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

Für die Berechnung des Wärmeverlusts an unbeheizte Räume muss die Temperatur des unbeheizten Raums festgelegt werden. Sie kann mit der Formel 2, DIN EN 12831, Beiblatt 1, über eine Bilanzierung der zu- und abgeführten Wärmeströme ermittelt werden. Wenn die Bilanzierung der Wärmeströme nicht erfolgt und die Temperatur des Raums unbekannt ist, kann die Temperatur mit Hilfe des Temperaturkorrekturfaktors b_u bestimmt werden. Eine Auflistung von Temperaturkorrekturfaktoren für Standardfälle ist in Tabelle 6, DIN EN 12831, Beiblatt 1, aufgeführt (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

Die Software berechnet mit dem Temperaturkorrekturfaktors b_u in Abhängigkeit von der Temperatur des beheizten Raumes sowie der Norm-Außentemperatur die Temperatur des unbeheizten Raums. Zwischen Temperaturkorrekturfaktor b_u und der Innentemperatur des unbeheizten Raums besteht folgender Zusammenhang:

$$b_u = \frac{\theta_{int} - \theta_u}{\theta_{int} - \theta_e}$$

Dabei ist

- θ_u : Temperatur des unbeheizten Raums, in °C;
- θ_{int} : Norm-Innentemperatur des beheizten Raums, in °C;
- θ_e : Norm-Außentemperatur, in °C.

(Dipl.Ing Stannek)

Beispielsweise ergibt sich bei einem Kellerraum ohne Fenster und äußere Türen mit einem b_u von 0,4, einer Innentemperatur des beheizten Raums von 20 °C und einer Norm-Außentemperatur von -12 °C eine Temperatur des unbeheizten Raums von 7,2 °C. Bei einem Kellerraum mit Fenstern und äußeren Türen mit einem b_u von 0,5 errechnet sich bei gleichen Randbedingungen eine Temperatur des unbeheizten Kellerraums von 4 °C.

Die Berechnung von Wärmeverlusten an das Erdreich, zum Beispiel über die Bodenplatte, beinhalten Temperaturkorrekturfaktoren der Außentemperatur, den Korrekturfaktor für Grundwasser und den äquivalenten Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils. Der äquivalente Wärmedurchgangskoeffizient ist abhängig vom Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Bauteils sowie dem Umfang und der Fläche der Bodenplatte.

3.2.2.5 Norm-Lüftungswärmeverluste

Die Lüftungswärmeverluste eines Raums richten sich nach dem Luftvolumenstrom. Dabei wird unterschieden, ob der Raum mechanisch belüftet wird oder nicht. Bei Räumen ohne ventilatorgestützte Lüftungsanlage setzt sich der Luftvolumenstrom aus der natürlichen Infiltration und dem hygienischen Mindestluftwechsel zusammen. Der Mindestluftwechsel ist dabei abhängig von der Nutzung des Raums. Bei Räumen ohne Lüftungstechnischem System wird angenommen, dass die Zuluft die thermischen Eigenschaften der Außenluft hat. Der Wärmeverlust durch Belüftung ist somit proportional zur Differenz von Innen- und Außentemperatur. Die Berechnung für den Luftvolumenstrom bei Räumen mit ventilatorgestützter Lüftungsanlage erfolgt mit Gleichung 6, DIN EN 12831, Beiblatt 1. Bei Räumen mit ventilatorgestützter Lüftungsanlage setzt sich der Luftvolumenstrom aus der natürlichen Infiltration, dem Zuluftvolumenstrom, dem Außenvolumenstrom des Raums aufgrund mechanischer Lüftung und überströmender Luft aus Nachbarräumen zusammen. Die natürliche Infiltration ist abhängig von der Luftdichtheit des Gebäudes. Die Luftdichtheit wird durch den n_{50} -Wert beschrieben und gibt die Luftwechselrate bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal an. Sollte der n_{50} -Wert für das Gebäude nicht bekannt sein, sind in Tabelle 9, DIN EN 12831, Beiblatt 1, Richtwerte aufgeführt. Weitere Einflussfaktoren für den Luftvolumenstrom durch Undichtigkeiten sind der Abschirmungskoeffizient, der in Tabelle 10, DIN EN 12831, Beiblatt 1, aufgelistet ist, und der Höhenkorrekturfaktor, der in Tabelle 11, DIN EN 12831, Beiblatt 1, steht (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

3.2.2.6 Zusatz-Aufheizleistung

Räume mit unterbrochenem Heizbetrieb, zum Beispiel bei Nachtabsenkung oder temporärer Nutzung, benötigen eine zusätzliche Aufheizleistung, um nach einer Temperaturabsenkung in einer bestimmten Zeit wieder die Norm-Innentemperatur zu erreichen. Diese Zusatz-Aufheizleistung muss bei Berechnungen der Auslegungs-Heizleistung zur Normheizlast addiert werden. Der Wiederaufheizfaktor des Raums ist abhängig von seiner Innentemperatur vor und nach der Absenkung, der Außentemperatur und der in Kapitel 3.2.2.1 beschriebenen Zeitkonstante τ (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

Die Berechnungsmethoden nach dem vereinfachten Kennwertverfahren und nach Messung des Wärmestroms beinhalten keine Zusatz-Aufheizleistung. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Berechnungsmethoden herstellen zu können, wurde bei der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 keine Zusatz-Aufheizleistung einberechnet.

3.2.2.7 Berechnung der Norm-Heizlast eines Raums

Die Norm-Heizlast eines Raums setzt sich zusammen aus den Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten:

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

Dabei ist:

$\Phi_{HL,i}$: die Normheizlast, in Watt;

$\Phi_{T,i}$: der Transmissionswärmeverlust, in Watt;

$\Phi_{V,i}$: der Lüftungswärmeverlust; in Watt.

(DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008)

3.3 Messung des Wärmestroms

Um eine Aussage über die reale Heizlast treffen zu können, wurde der Wärmestrom der Heizungsanlage über mehrere Wochen gemessen und mit aktuellen Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes auf die auszulegende Außentemperatur hochgerechnet. Bei dem verwendeten Gerät handelt es sich um einen Ultraschall-Durchflussmesser „Fluxus F601“ der Firma Flexim. Das Messgerät verwendet Ultraschallsignale und misst mit Hilfe des Laufzeitdifferenzverfahrens den Durchfluss eines Fluids in einem Rohr. Zusätzlich verfügt das Gerät über zwei Temperatursensoren. Die Ultraschallsignale werden von zwei am Rohr installierten Sensoren gesendet bzw. empfangen – abwechselnd in Flussrichtung und entgegen der Flussrichtung. Die Laufzeitdifferenz der beiden Signale entsteht, weil das Fluid im Rohr fließt und das Signal in Flussrichtung somit schneller ist als das Signal entgegen der Flussrichtung. Durch die Laufzeitdifferenz lässt sich somit ein direkter Zusammenhang zur Strömungsgeschwindigkeit herstellen (Flexim, 2016).

Um den verbrauchten Wärmestrom zu erfassen, wurden der Volumenstrom des Wärmeträgers sowie die Temperatur von Vor- und Rücklauf der Heizungsanlage gemessen. Dadurch ermittelt das Messgerät automatisch den abgegebenen Wärmestrom der Heizungsanlage. In Abbildung 2 ist der Messaufbau der Wärmestrommessung schematisch dargestellt.

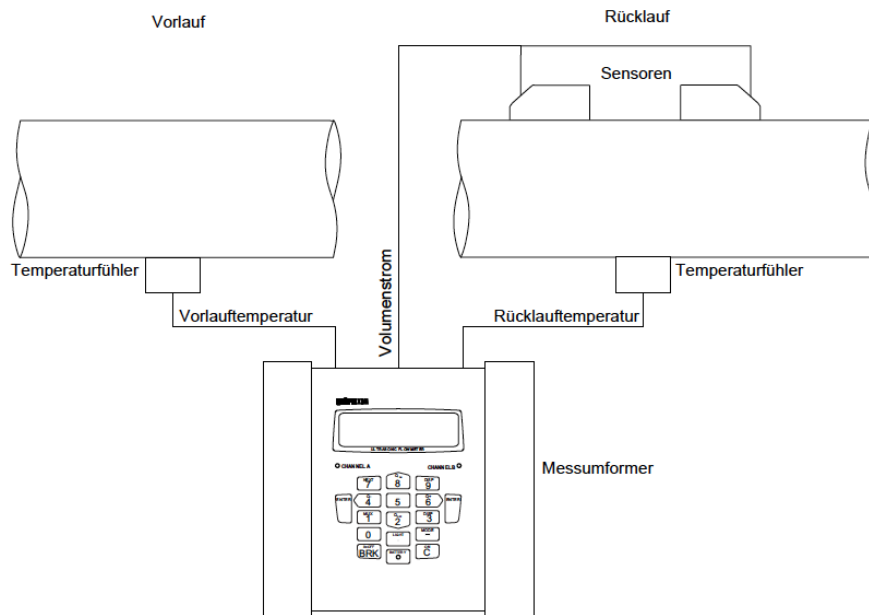


Abbildung 2: Messaufbau Wärmestrommessung

(Flexim, 2016)

Gemessen wurde die Heizleistung als Stunden-Mittelwert in Kilowatt sowie der Energieverbrauch in Kilowattstunden. Mit Hilfe des gemessenen Energieverbrauchs und des Erdgas- bzw. Fernwärmeverbrauchs wurde die Richtigkeit der Messung kontrolliert. Die Abweichung des Energieverbrauchs vom Zähler des Energieversorgers und vom gemessenen Energieverbrauch lag bei beiden Messungen unter 5 %, wobei der Wirkungsgrad der Heizungsanlage noch nicht mit einberechnet wurde. Die Abweichung der Wärmestrommessung kann somit als gering angenommen werden. Um eine Vergleichbarkeit zu der Berechnung nach DIN EN 12831 herstellen zu können, bei der sich die Heizlast auf die Norm-Außentemperatur (in Hamburg -12 °C) bezieht, musste die Heizleistung auf die Norm-Außentemperatur hochgerechnet werden. Die gemessene Heizleistung wurde dafür mit Temperaturen vom Deutschen Wetterdienst auf die Norm-Außentemperatur von Hamburg hochgerechnet. Verwendet wurden dabei die Temperaturen der Messstation Hamburg-Fuhlsbüttel. Anders als bei der Berechnung nach DIN EN 12831 wird bei dieser Berechnungsmethode davon ausgegangen, dass alle Räume inklusive Bädern auf 20 °C beheizt werden. Die gemessene Heizleistung bei einer bestimmten Außentemperatur wurde wie folgt auf die Norm-Außentemperatur von -12 °C für Hamburg hochgerechnet:

$$\phi_{HL} = \frac{\phi_m * (\theta_{int} - \theta_e)}{\theta_{int} - \theta_m}$$

Dabei ist:

- ϕ_{HL} : Heizlast bei Norm-Außentemperatur, in Watt;
- ϕ_m : Heizleistung Messwert, in Watt ;
- θ_{int} : Raum-Innentemperatur, in °C;
- θ_e : Norm-Außentemperatur in °C;
- θ_m : Außentemperatur in °C zum Messzeitpunkt;

Beispiel:

- ϕ_{HL} : gesucht
- ϕ_m : 1.000 W
- θ_{int} : 20 °C
- θ_e : -12 °C
- θ_m : -5 °C

$$\phi_{HL} = \frac{1000 \text{ W} * (20 \text{ °C} - (-12 \text{ °C}))}{20 \text{ °C} - (-5 \text{ °C})} = 1.280 \text{ W}$$

Ziel bei der Berechnung der Heizlast nach gemessenem Wärmestrom ist die Ermittlung eines für das gemessene Gebäude geltenden spezifischen Leistungsbedarfs in W/m². Für die weiteren Berechnungen wird dieser Wert wie der Kennwert in Kapitel 3.1 beschrieben behandelt. Für die Berechnung des spezifischen Leistungsbedarfs des Gebäudes wird die gemessene Heizlast durch die beheizte Fläche des Gebäudes dividiert und auf einen Wert mit der Einheit W/m² herunter gerechnet. Die weiterführenden Berechnungen zur Ermittlung der Raumheizlast werden mit diesem Wert wie in Kapitel 3.1 durchgeführt. Lage des Raums sowie die Nutzung und damit die Auslegungsinntemperatur werden bei dieser Berechnungsmethode wie auch bei der vereinfachten Kennwertmethode nicht berücksichtigt.

4 Objektbeschreibung

Beispielhaft werden in dieser Arbeit einzelne Wohnungen drei separater Objekte ausgewählt. Dann wird deren Heizlast mit den unterschiedlichen Berechnungsmethoden bestimmt. Liegenschaft A umfasst zwei eigenständige Gebäudekomplexe, Einheit 1 und Einheit 2. Aus den beiden Einheiten wurden jeweils drei Wohnungen ausgewählt und näher beschrieben: eine im Erdgeschoss mit angrenzendem unbeheizten Keller, eine im mittleren Geschoss mit angrenzenden beheizten Wohnungen und eine Wohnung im oberen Geschoss, angrenzend an einen unbeheizten Dachboden. Bei Liegenschaft B wurde bei vier ausgewählten Wohnungen die Heizlast mit den unterschiedlichen Berechnungsmethoden bestimmt: eine Wohnung im Erdgeschoss mit angrenzendem unbeheizten Keller, eine Wohnung im mittleren Geschoss mit angrenzenden beheizten Wohnungen, eine Wohnung im oberen Geschoss mit angrenzendem unbeheizten Dachboden und eine Wohnung im oberen Geschoss, die direkt an das Dach angrenzt.

Insgesamt wurde also für zehn Wohnungen die Heizlast mit den unterschiedlichen Berechnungsmethoden bestimmt. Die Bezeichnung der Wohnungen und der Räume basieren auf den Planungsunterlagen der jeweiligen Projekte.

4.1 Liegenschaft A

Bei dem Gebäude der Liegenschaft A handelt es sich um einen denkmalgeschützten Gebäudekomplex aus dem Jahr 1928 in Hamburg Barmbek. Das Gebäude wurde im Krieg teilweise zerstört und im Jahr 1949 neu aufgebaut. Die Liegenschaft umfasst 246 Wohneinheiten mit zusammen 14.895 m² Wohnfläche. Im Laufe der Jahre wurden Sanierungsarbeiten, wie zum Beispiel der Einbau neuer Fenster, durchgeführt. Geplant ist eine Sanierung, bei der die Heizungsanlage hydraulisch abgeglichen wird. Zudem werden teilweise neue Fenster eingesetzt und innenliegende Bäder mit einer Lüftungsanlage ausgestattet. Die Wärmeversorgung erfolgt über zwei Heizzentralen mit einem Fernwärmeanschluss der Firma Vattenfall. Die Warmwasserversorgung erfolgt elektrisch über dezentrale Stationen in den Wohnungen. Die Heizzentrale der Einheit 1 versorgt 130 Wohnungen mit 8.514 m² beheizter Grundfläche. Die Heizzentrale der Einheit 2 versorgt 116 Wohnungen mit 6.381 m² beheizter Grundfläche.

4.2 Liegenschaft B

Das Gebäude wurde im Jahr 1979 in Hamburg Bergedorf errichtet. Es handelt sich um ein Mehrfamilienhaus mit 49 Wohneinheiten sowie Wasch- und Gemeinschaftsräumen im Kellergeschoss. Die Gebäudeteile sind voll unterkellert und verfügen über vier bis sechs Stockwerke. Bei dem oberen Gebäudeabschluss handelt es sich teilweise um ein Flachdach und teilweise um ein Satteldach mit darunter liegenden unbeheizten Dachböden. Das Gebäude ist bislang nicht energetisch saniert worden. Die Wärmeversorgung sowie die Versorgung mit Warmwasser erfolgt über eine Gasheizung mit drei Kesseln und insgesamt 230 kW. Im Rahmen einer Sanierung soll die bestehende Gasheizung aus dem Jahr 1979 ausgetauscht werden durch eine Heizungsanlage mit Gas-Brennwerttechnik. Leitungen und Heizkörper sollen weitestgehend bestehen bleiben und hydraulisch abgeglichen werden.

5 Berechnungen

In den folgenden Kapiteln werden die Berechnungsgrundlagen der verschiedenen Berechnungsmethoden festgelegt und die Ergebnisse der Heizlast aufgelistet.

5.1 Berechnung nach dem vereinfachten Kennwert-Verfahren

5.1.1 Auswahl des Kennwerts

Die Grundlage für die Berechnung der Heizlast nach dem vereinfachten Verfahren sind die Kennwerte, die in Kapitel 3.1, Tabelle 1 und Tabelle 2, beschrieben sind. Die Auswahl der Kennwerte erfolgte in Abstimmung mit der Firma sumbi Ingenieure.

5.1.1.1 Kennwert Liegenschaft A

Die Gebäude der Liegenschaft A wurden teilweise im Krieg zerstört und später neu aufgebaut. Zudem wurden die Gebäude im Laufe der Jahre teilweise saniert. Beispielsweise wurden die Fenster erneuert und die oberste Geschossdecke wurde zusätzlich gedämmt. Dies erschwerte die Wahl des passenden Kennwertes. Nach einer Begutachtung des Gebäudes und einer Betrachtung der energetischen Qualität der Bauteile wurde ein Kennwert

einer neueren Baualtersklasse ausgewählt: 110 W/m^2 . Dies entspricht der Quelle von Burger & Rogatty in Tabelle 1, Baujahr 1965 bis 1968. Betrachtet man nur das Baujahr des Gebäudes, würde sich je nach Quelle ein Kennwert von $120\text{--}180 \text{ W/m}^2$ ergeben. Bei der Quelle nach Recknagel, Sprenger, Schramek in Tabelle 2 würde sich bei einem Gebäude mit einem Baujahr bis 1970 ein Kennwert von ebenfalls $120\text{--}180 \text{ W/m}^2$ ergeben.

5.1.1.2 Kennwert Liegenschaft B

Für die Liegenschaft B wurde nach einer Betrachtung des Gebäudes, speziell der energetisch relevanten Bauteile, ein Kennwert von 85 W/m^2 ausgewählt. Dieser Wert entspricht dem Mittelwert von $70\text{--}100 \text{ W/m}^2$ der Quelle nach Recknagel, Sprenger, Schramek, Baujahr 1977–1984 in Tabelle 2. Da das Gebäude nicht energetisch saniert wurde, ist ein Kennwert entsprechend des Baujahres gewählt worden. Nach der Quelle von Burger & Rogatty in Tabelle 1 würde sich bei einem Mehrfamilienhaus mit einem Baujahr von 1978 bis 1983 mit über acht Wohneinheiten eigentlich ein Kennwert von 60 W/m^2 ergeben. Dieser wurde nach der Begutachtung des Gebäudes allerdings als zu niedrig eingeschätzt.

5.1.2 Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach Kennwert

Die ausgewählten Kennwerte von 110 W/m² bei Liegenschaft A und von 85 W/m² bei Liegenschaft B sind mit der Nettofläche der beheizten Räume multipliziert worden. Die so ermittelte Heizlast der einzelnen Räume ist in den nachfolgenden Tabellen 4–6 aufgelistet.

Liegenschaft A, Einheit 1

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
19	links	EG	Küche	13,57 m ²	1.493 W
			Zimmer 1	14,00 m ²	1.540 W
			Zimmer 2	16,61 m ²	1.827 W
			Zimmer 3	15,36 m ²	1.690 W
			Bad	4,64 m ²	510 W
			Kammer	5,93 m ²	652 W
			Summe	70,11 m²	7.712 W
19	links	4. OG	Küche	16,30 m ²	1.793 W
			Zimmer 1	15,47 m ²	1.702 W
			Zimmer 2	15,66 m ²	1.723 W
			Bad	2,79 m ²	307 W
			Summe	50,22 m²	5.524 W
21	links	1. OG	Küche	14,53 m ²	1.598 W
			Zimmer 1	15,20 m ²	1.672 W
			Zimmer 2	18,48 m ²	2.033 W
			Bad	2,73 m ²	300 W
			Summe	50,94 m²	5.603 W
Summe				171,27 m²	18.840 W

Tabelle 4: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
1	rechts	EG	Küche	8,97 m ²	987 W
			Zimmer 1	19,32 m ²	2.125 W
			Zimmer 2	15,35 m ²	1.689 W
			Kammer	5,08 m ²	559 W
			Bad	1,95 m ²	215 W
			Summe	50,67 m²	5.574 W
1	links	4. OG	Küche	9,75 m ²	1.073 W
			Zimmer 1	17,27 m ²	1.900 W
			Zimmer 2	15,91 m ²	1.750 W
			Kammer	5,53 m ²	608 W
			Bad	2,38 m ²	262 W
			Summe	50,84 m²	5.592 W
1	rechts	1. OG	Küche	10,75 m ²	1.183 W
			Zimmer 1	16,00 m ²	1.760 W
			Zimmer 2	17,17 m ²	1.889 W
			Bad	3,38 m ²	372 W
			Summe	47,30 m²	5.203 W
Summe				148,81 m²	16.369 W

Tabelle 5: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
26	01	EG	Küche	7,90 m ²	672 W
			Wohnen/Essen	31,34 m ²	2.664 W
			Schlafen	13,97 m ²	1.187 W
			Kind	12,06 m ²	1.025 W
			Bad	4,93 m ²	419 W
			Duschbad	3,87 m ²	329 W
			Summe	74,07 m²	6.296 W
26	04	1.OG	Küche/Essen	16,43 m ²	1.397 W
			Wohnen	23,52 m ²	1.999 W
			Schlafen	14,01 m ²	1.191 W
			Bad	6,94 m ²	590 W
			Summe	60,90 m²	5.177 W
24	20	4. OG	Küche	9,33 m ²	793 W
			Wohne/Essen	40,45 m ²	3.438 W
			Schlafen	14,06 m ²	1.195 W
			Bad	7,00 m ²	595 W
				70,84 m²	6.021 W
20	48	5. OG / DG	Küche	6,05 m ²	514 W
			Wohnen/Essen	27,14 m ²	2.307 W
			Schlafen	13,81 m ²	1.174 W
			Bad	4,75 m ²	404 W
			Summe	51,75 m²	4.399 W
Summe				257,56 m²	21.893 W

Tabelle 6: Heizlastberechnung nach dem vereinfachten Kennwertverfahren, Liegenschaft B

5.2 Berechnung nach DIN EN 12831

5.2.1 Software

Die Berechnung der Heizlast nach DIN EN 12831 wurde mit der Software „Heizlastberechnung nach DIN EN 12831“ der Firma Solar-Computer GmbH durchgeführt. Diese Software basiert auf den Grundlagen der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 (2003) und dem deutschen nationalen Anhang DIN EN 12831, Beiblatt 1. Zusätzlich basieren die Erdreichsberechnung auf DIN EN ISO 13370 (2015), die Berechnung von Wärmebrücken auf DIN 4108-6 (2003) inklusive Berichtigung (2004). Auch alle meteorologischen Daten wie die Norm-Außentemperatur und das Jahresmittel der Außentemperatur sind in der Software hinterlegt. Alle Berechnungen erfolgen nach Eingabe der Randbedingungen und Parameter automatisch (Solar-Computer GmbH, 2017).

5.2.2 Festlegung der Randbedingungen und Parameter

Sofern nicht anders beschrieben, gelten die folgenden festgelegten Parameter für die Berechnung nach DIN EN 12831 für beide Liegenschaften, A und B.

5.2.2.1 Gebäudemerkmale

Bei den Gebäuden handelt es sich um mittelschwere bis schwere Gebäude mit einer mittleren Abschirmklasse. Die Luftdichtheit bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal (n_{50} -Wert) der Liegenschaften ist nicht bekannt und wurde nach Tabelle 9, DIN EN 12831, Beiblatt 1, festgelegt. Gewählt wurde jeweils die Kategorie III, für ein „nicht nach EnEV errichtetes Gebäude mit mittlerer Dichtheit“. Dies entspricht einem n_{50} -Wert von 4,0 l/h. Der Wärmebrückenzuschlag der wärmeübertragenden Bauteile wurde für die Berechnung nach Tabelle 5, DIN EN 12831, Beiblatt 1, festgelegt. Gewählt wurden Wärmebrücken „mit bauseitiger Ausführung der Bauteilanschlüsse nach DIN 4108, Beiblatt 1“ mit einem Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB}=0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

5.2.2.2 Meteorologische Daten

Für beide Gebäude wurde eine Norm-Außentemperatur von $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ gewählt. Als Jahresmittel der Außentemperatur wurde für die Berechnung eine Temperatur von $8,5 \text{ }^\circ\text{C}$ festgelegt. Diese Werte wurden nach Tabelle 1, DIN EN 12831, Beiblatt 1, für den Standort Hamburg

festgelegt. Eine Außentemperaturkorrektur wurde bei der Berechnung nach DIN EN 12831 nicht einberechnet, da die Berechnung nach Messung des Wärmestroms ebenfalls keine Korrektur beinhaltet. Somit ist die Vergleichbarkeit zwischen den unterschiedlichen Berechnungsmethoden sichergestellt.

5.2.2.3 Norm-Innentemperaturen

Die Norm-Innentemperaturen θ_{int} sind für die Berechnung nach Tabelle 4, DIN EN 12831, Beiblatt 1, (Tabelle 3) festgelegt. WC-, Wohn- und Schlafräume sind demnach auf 20 °C, Bäder auf 24 °C und Nebenräume auf 15 °C beheizt.

5.2.2.4 Temperaturen angrenzender beheizter Räume innerhalb der Nutzungseinheit

Innerhalb einer Nutzungseinheit entsteht ein Wärmefluss zwischen Räumen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. Dementsprechend entsteht ein Wärmefluss zwischen den Bädern mit ihrer Innentemperatur von 24 °C und deren angrenzenden Räumen mit einem niedrigeren Temperaturniveau. Da sich bei einer Begehung der Wohnungen gezeigt hat, dass die Bäder nicht dauerhaft auf 24 °C beheizt werden, wurden die Temperaturen der Bäder als Nachbarraum ebenfalls auf 20 °C festgelegt. Somit entsteht ein Energiefluss vom Bad zu den angrenzenden Räumen, jedoch wird dieser positive Energiefluss für die Berechnung des Nachbarraums nicht berücksichtigt. Dadurch ist die Heizlast der Räume, die an die Bäder angrenzen, auch dann ausreichend, wenn die Bäder nicht auf 24 °C beheizt sind. Ein weiterer Wärmefluss innerhalb der Nutzungseinheit entsteht zwischen den auf 20 °C beheizten Wohn- und Schlafräumen und den unbeheizten Fluren innerhalb der Wohnung. Die Flurtemperatur innerhalb der Nutzungseinheit wurde nach einer Begutachtung und Messung der Wohnungen auf 15 °C festgelegt.

5.2.2.5 Temperaturen angrenzender beheizter Räume außerhalb der Nutzungseinheit

Die Temperatur von angrenzenden Räumen außerhalb der Nutzungseinheit berechnet sich mit der folgenden Formel, die in Tabelle 7, DIN EN 12831, Beiblatt 1, beschrieben ist:

$$\theta_{Nachbarraum} = \frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2}$$

Das Jahresmittel der Außentemperatur $\theta_{m,e}$ wird dabei aufgerundet und ohne Nachkommastelle (für Hamburg 9 °C) angesetzt. Wie bei den Bädern innerhalb der Nutzungseinheit

wird davon ausgegangen, dass die angrenzenden Räume außerhalb der Nutzungseinheit nicht dauerhaft auf 24 °C beheizt werden. Somit wird für alle beheizten Nachbarräume außerhalb der Nutzungseinheit ein θ_{int} von 20 °C angenommen. Für angrenzende beheizte Räume außerhalb der Nutzungseinheit ergibt sich somit eine Temperatur von 14,5 °C. Nach DIN EN 12831 werden angrenzende Räume eines separaten Gebäudes mit einer Temperatur angenommen, die der mittleren Außentemperatur $\theta_{m,e}$ entspricht. Dadurch wird sichergestellt, dass im Falle eines Rückbaus des Nachbargebäudes die Beheizung der Räume so lange ausreichend ist, bis die neue Außenwand zusätzlich gedämmt werden kann oder das Nachbargebäude neu aufgebaut wird. Bei den zu berechnenden Liegenschaften handelt es sich um Teile eines großen Gebäudekomplexes. Dabei wird davon ausgegangen, dass angrenzende Nachbarhäuser nicht separat zurückgebaut werden. Somit wird bei Räumen im Nachbargebäude nicht die mittlere Außentemperatur angenommen, sondern ebenfalls eine Temperatur von 14,5 °C (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

5.2.2.6 Temperaturen angrenzender unbeheizter Räume

Da die Temperaturen der unbeheizten Nachbarräume im Gebäude nicht bekannt sind, werden die Berechnungen mit Hilfe des Temperaturkorrekturfaktors b_u durchgeführt. Die Temperaturkorrekturfaktoren der unbeheizten Nachbarräume wurden nach Tabelle 6, DIN EN 12831, Beiblatt 1, wie folgt angenommen: Das gesamte unbeheizte Kellergeschoss wurde für die Berechnung als Kellerraum mit Fenster/äußeren Türen mit einem Wert von $b_u = 0,5$ angenommen. Für die unbeheizten Dachböden werden eine undichte Dachaußenfläche ($n = 2,5 \text{ h}^{-1}$), ein U-Wert der Dachfläche von $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und ein U-Wert der oberen Geschossdecke von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gewählt. Somit ergibt sich nach Tabelle 6, DIN EN 12831, Beiblatt 1, bei einem unbeheizten Dachboden ein b_u von 0,9. Für angrenzende Treppenhäuser als Nachbarraum wurde nach Begutachtung und Messung vor Ort eine Temperatur von 15 °C festgelegt (DIN EN 12831, Beiblatt 1, 2008).

5.2.3 Bauteilaufbauten

Die folgenden Bauteileigenschaften wurden bei der Berechnung nach DIN EN 12831 angesetzt. Die Bauteilaufbauten basieren auf Planunterlagen und Informationen des Auftraggebers.

5.2.3.1 Bauteilaufbauten Liegenschaft A

Bauteil	Schichtdicke	U-Wert
Außenwand	34,0 cm	1,30 W/(m ² *K)
Innenwand	34,0 cm	1,30 W/(m ² *K)
Innenwand	22,0 cm	1,88 W/(m ² *K)
Innenwand	11,0 cm	2,53 W/(m ² *K)
Oberste Geschossdecke	29,8 cm	0,34 W/(m ² *K)
Geschossdecke Normalgeschoss	18,0 cm	2,39 W/(m ² *K)
Fenster Straße	-	1,30 W/(m ² *K)
Fenster Hof	-	1,50 W/(m ² *K)
Innentür	-	3,50 W/(m ² *K)

Tabelle 7: Bauteileigenschaften, Liegenschaft A

5.2.3.2 Bauteilaufbauten Liegenschaft B

Bauteil	Schichtdicke	U-Wert
Flachdach	24,0 cm	0,57 W/(m ² *K)
Oberste Geschossdecke (zu unbeheiztem Dach)	25,5 cm	0,44 W/(m ² *K)
Außenwand Verblend	39,5 cm	1,36 W/(m ² *K)
Außenwand Schindeln	35,5 cm	0,82 W/(m ² *K)
Innenwand	65,5 cm	1,00 W/(m ² *K)
Innenwand	36,5 cm	1,48 W/(m ² *K)
Innenwand	24,0 cm	1,94 W/(m ² *K)
Innenwand	17,5 cm	2,30 W/(m ² *K)
Innenwand	11,5 cm	2,79 W/(m ² *K)
Innenwand	10,0 cm	2,95 W/(m ² *K)
Innenwand	8,0 cm	3,18 W/(m ² *K)
Kellerdecke	23,5 cm	1,12 W/(m ² *K)
Geschossdecke Normalgeschoss	21,5 cm	2,25 W/(m ² *K)
Fenster	-	2,70 W/(m ² *K)
Innentür	-	3,50 W/(m ² *K)

Tabelle 8: Bauteileigenschaften, Liegenschaft B

5.2.4 Softwareauszug Norm-Heizlast nach DIN EN 12831

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die Heizlastberechnung mit der Raumheizlast eines Raums nach DIN EN 12831. Ausgewählt wurde die Küche der Wohnung im 1. OG links der Liegenschaft A, Einheit 1. Der Auszug zeigt im oberen Bereich die eingegebenen Randbedingungen der Berechnung, wie zum Beispiel die Innentemperatur oder die Luftdichtheit des Raums. Nach den Randbedingungen der Berechnung sind die wärmeübertragenden Bauteile aufgelistet. Am Schluss ist die Normheizlast aufgeführt sowie die Zusammensetzung aus Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und gegebenenfalls eine Zusatz-Aufheizleistung.

Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren)
Nationaler Anhang: DIN EN 12831 / Bbl.1 / 2008-07

Datum:
Seite: 11

Projekt/Variante: / ausgewählte WE

Raum: 01.004.001 Küche **Formblatt R**

Innentemperatur	ϑ_{int}	=	20 °C	Infiltration			
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	=	0.50 1/h	Luftdichtheit	n_{50}	=	4.0 1/h
Abmessungen				Koeffizient Abschirmklasse	e	=	0.02 -
Raumlänge	l_R	=	3.50 m	Höhe über Erdreich	h	=	0.00 m
Raubbreite	b_R	=	4.15 m	Höhenkorrekturfaktor	ε	=	1.00 -
Raumfläche	A_R	=	14.53 m ²	Mechanische Belüftung			
Deckendicke	d	=	0.18 m	Zuluftvolumenstrom	\dot{V}_{su}	=	m ³ /h
Raumhöhe	h_R	=	2.50 m	-Temperatur	ϑ_{su}	=	°C
Raumvolumen	V_R	=	36.32 m ³	-Korrekturfaktor	$f_{v,su}$	=	-
Erdreich				Abluftvolumenstrom	\dot{V}_{ex}	=	m ³ /h
Tiefe unter Erdreich	z	=	m	Überströmung Nachbarräume	$\dot{V}_{mech,inf,ij}$	=	m ³ /h
exponierter Umfang	P	=	m	-Temperatur	$\vartheta_{mech,inf,ij}$	=	°C
B'-Wert - raumweise	B'	=	m	-Korrekturfaktor	$f_{v,mech,inf,ij}$	=	-
				mech. Infiltration von außen	$\dot{V}_{mech,inf,e}$	=	m ³ /h

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Höhe / Länge	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettfläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktor	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust
		n	b m	h/l m	A m ²	A- m ²	A' m ²	e/g b/u	ϑ °C	e/b/ f/fg2	U W/m ² K	ΔU_{WB} W/m ² K	U_c/U_{equiv} W/m ² K	H _T W/K	Φ_T W
H	FB01	1	4.55	3.67	16.70		16.70	b	14.5	0.17	2.390		2.390	6.86	220
H	DE01	1	4.55	3.67	16.70		16.70	b	14.5	0.17	2.390		2.390	6.86	220
N	AF02	1	1.35	1.51	2.04	-	2.04	e		1.00	1.500	0.050	1.550	3.16	101
N	AW01	1	3.95	2.68	10.59	2.04	8.55	e		1.00	1.300	0.050	1.350	11.54	369
O	AW01	1	1.50	2.68	4.02		4.02	e		1.00	1.300	0.050	1.350	5.43	174
W	IW01	1	3.67	2.68	9.84		9.84	b	15.0	0.16	1.880		1.880	2.89	92
S	IT01	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	b	15.0	0.16	3.500		3.500	0.86	28
S	IW02	1	3.95	2.68	10.59	1.58	9.01	b	15.0	0.16	2.530		2.530	3.56	114
Transmissionswärmeverlust H_T und Φ_T														41.17	1317

Mindest-Luftvolumenstrom aus natürlicher Infiltration	\dot{V}_{min}	=	18.16 m ³ /h	198
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	\dot{V}_{inf}	=	5.81 m ³ /h	
aus mechanisch infiltriertem Volumenstrom	$\dot{V}_{su} * f_{v,su}$	=	m ³ /h	
	$\dot{V}_{mech,inf,e} + \dot{V}_{mech,inf,ij} * f_{v,mech,inf,ij}$	=	m ³ /h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	\dot{V}_{therm}	=	18.16 m ³ /h	
Lüftungswärmeverlust H_V und Φ_V			6.17	198

Norm-Heizlast	Φ_{HL} / m^2	=	104 W/m ²	Φ_{HL} / m^3	=	42 W/m ³	Φ_{HL}	=	1515 W
Zusatz-Aufheizleistung				f_{RH}	=	W/m ²	Φ_{RH}	=	W
Auslegungs-Heizleistung							$\Phi_{HL,Ausl}$	=	1515 W

Abbildung 3: Liegenschaft A, Einheit 1, Küche: Auszug Heizlastberechnung nach DIN EN 12831

5.2.5 Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach DIN EN 12831

In den folgenden Tabellen 9–11 sind die Ergebnisse der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 der Beispielwohnungen aufgeführt. Die Berechnungen wurden mit der Berechnungssoftware „Heizlastberechnung nach DIN EN 12831“ der Firma Solar-Computer GmbH durchgeführt. Die Ergebnisse der Heizlast beinhalten nur die Norm-Heizlast, die sich aus den Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten zusammensetzt. Die Berechnung der Heizlast nach dem vereinfachten Kennwertverfahren und die Berechnung nach dem gemessenen Wärmestrom beinhalten keine Zusatz-Aufheizleistung. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den unterschiedlichen Berechnungsmethoden zu gewährleisten, wurde bei der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 keine Zusatz-Aufheizleistung nach unterbrochenem Heizbetrieb einkalkuliert. Die Heizlast bezogen auf die beheizte Fläche der einzelnen Räume folgt in Kapitel 6, in dem die unterschiedlichen Berechnungsmethoden miteinander verglichen werden. Ein Softwareauszug mit einer Zusammenstellung der berechneten Räume befindet sich im Anhang.

Liegenschaft A, Einheit 1 (Abweichungen in den Heizlasten ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten)

Haus	Whg.	Geschoss	Raum	Nettofläche	Transmissionswärmeverluste	Lüftungswärmeverluste	Heizlast
19	links	EG	Küche	13,57 m ²	1.316 W	185 W	1.501 W
			Zimmer 1	14,00 m ²	1.496 W	190 W	1.687 W
			Zimmer 2	16,61 m ²	1.630 W	226 W	1.856 W
			Zimmer 3	15,36 m ²	2.047 W	209 W	2.256 W
			Bad	4,64 m ²	839 W	71 W	910 W
			Kammer	5,93 m ²	771 W	81 W	852 W
			Summe	70,11 m²	8.099 W	962 W	9.062 W
19	links	4. OG	Küche	16,30 m ²	1.259 W	222 W	1.480 W
			Zimmer 1	15,47 m ²	1.110 W	210 W	1.320 W
			Zimmer 2	15,66 m ²	1.243 W	213 W	1.456 W
			Bad	2,79 m ²	505 W	43 W	548 W
			Summe	50,22 m²	4.117 W	688 W	4.804 W
21	links	1. OG	Küche	14,53 m ²	1.317 W	198 W	1.515 W
			Zimmer 1	15,20 m ²	1.125 W	207 W	1.332 W
			Zimmer 2	18,48 m ²	1.284 W	251 W	1.535 W
			Bad	2,73 m ²	634 W	42 W	676 W
			Summe	50,94 m²	4.360 W	698 W	5.058 W
			Summe	171,27 m²	16.576 W	2.348 W	18.924 W

Tabelle 9: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2 (Abweichungen in den Heizlasten ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten)

Haus	Whg.	Geschoss	Raum	Nettofläche	Transmissionswärmeverluste	Lüftungswärmeverluste	Heizlast
1	rechts	EG	Küche	8,97 m ²	1.083 W	122 W	1.205 W
			Zimmer 1	19,32 m ²	1.913 W	263 W	2.175 W
			Zimmer 2	15,35 m ²	1.561 W	209 W	1.769 W
			Kammer	5,08 m ²	995 W	69 W	1.064 W
			Bad	1,95 m ²	519 W	30 W	549 W
			Summe	50,67 m²	6.071 W	693 W	6.762 W
1	links	4. OG	Küche	9,75 m ²	796 W	133 W	929 W
			Zimmer 1	17,27 m ²	1.219 W	235 W	1.454 W
			Zimmer 2	15,91 m ²	1.067 W	216 W	1.283 W
			Kammer	5,53 m ²	822 W	75 W	898 W
			Bad	2,38 m ²	472 W	36 W	508 W
			Summe	50,84 m²	4.376 W	695 W	5.072 W
1	rechts	1. OG	Küche	10,75 m ²	979 W	146 W	1.125 W
			Zimmer 1	16,00 m ²	1.145 W	218 W	1.362 W
			Zimmer 2	17,17 m ²	1.244 W	234 W	1.478 W
			Bad	3,38 m ²	604 W	52 W	655 W
			Summe	47,30 m²	3.972 W	650 W	4.620 W
Summe				148,81 m²	14.419 W	2.038 W	16.454 W

Tabelle 10: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B (Abweichungen in den Heizlasten ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten)

Haus	Whg.	Geschoss	Raum	Nettofläche	Transmissionswärmeverluste	Lüftungswärmeverluste	Heizlast
26	01	EG	Küche	7,90 m ²	998 W	105 W	1.103 W
			Wohnen/Essen	31,34 m ²	3.580 W	418 W	3.997 W
			Schlafen	13,97 m ²	1.563 W	186 W	1.750 W
			Kind	12,06 m ²	2.118 W	161 W	2.279 W
			Bad	4,93 m ²	1.382 W	74 W	1.456 W
			Duschbad	3,87 m ²	712 W	58 W	770 W
			Summe	74,07 m²	10.353 W	1.002 W	11.355 W
26	04	1.OG	Küche/Essen	16,43 m ²	1.489 W	219 W	1.708 W
			Wohnen	23,52 m ²	2.350 W	314 W	2.663 W
			Schlafen	14,01 m ²	927 W	187 W	1.114 W
			Bad	6,94 m ²	901 W	104 W	1.005 W
			Summe	60,90 m²	5.667 W	824 W	6.490 W
24	20	4. OG	Küche	9,33 m ²	960 W	124 W	1.084 W
			Wohnen/Essen	40,45 m ²	3.338 W	538 W	3.876 W
			Schlafen	14,06 m ²	1.283 W	188 W	1.471 W
			Bad	7,00 m ²	866 W	105 W	971 W
			Summe	70,84 m²	6.447 W	955 W	7.402 W
20	48	5. OG	Küche	6,05 m ²	668 W	162 W	829 W
			Wohnen/Essen	27,14 m ²	2.361 W	361 W	2.722 W
			Schlafen	13,81 m ²	987 W	184 W	1.171 W
			Bad	4,75 m ²	631 W	71 W	702 W
			Summe	51,75 m²	4.647 W	778 W	5.424 W
Summe				257,56 m²	27.114 W	3.559 W	30.671 W

Tabelle 11: Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, Liegenschaft B

5.3 Berechnung nach gemessenem Wärmestrom

Um einen Vergleich zwischen der Heizlastberechnung nach gemessenem Wärmestrom und der Berechnung nach DIN EN 12831 herstellen zu können, wurden die gemessenen Wärmeströme der Heizungsanlage wie in Kapitel 3.3 beschrieben auf eine Norm-Außentemperatur für Hamburg von -12 °C hochgerechnet. Diese Stundenwerte sind in den folgenden Diagrammen (Abbildung 4–6) dargestellt. Da für die Beheizung des Gebäudes

bei einer konstanten Außentemperatur von $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ auch eine konstante Energiemenge benötigt wird, wäre im Diagramm eigentlich eine waagerechte Gerade zu erwarten gewesen. Bei der Liegenschaft A, Einheit 1, schwanken die Werte zwischen 244 und 713 kW. Die hochgerechneten Messwerte der Liegenschaft A, Einheit 2, liegen zwischen 160 und 750 kW. Die Messergebnisse der Liegenschaft B schwanken zwischen 87 und 349 kW. Dieser stark schwankende Verlauf in den Diagrammen hat zwei Gründe: Der Hauptgrund ist der schwankende zeitliche Wärmebedarf der Bewohner – in der Nacht regeln diese die Heizkörper herunter. Dies erklärt den wiederkehrenden Tagesverlauf in den Diagrammen. Ein weiterer Grund für den nicht konstanten Verlauf der hochgerechneten Heizlast ist die zeitlich verzögerte thermische Auswirkung auf das Gebäude. Die schwankende Außentemperatur hat einen zeitlich verzögerten Einfluss auf die Temperatur im Innenraum und somit auf den Wärmebedarf zur Beheizung der Räume. Die zeitliche Verzögerung hängt von der Qualität des Wärmeschutzes und der Speicherfähigkeit des Gebäudes ab. Bei einem gut gedämmten Gebäude mit einer hohen Wärmespeicherkapazität wirkt sich die Außentemperatur langsamer auf den Wärmebedarf zur Erwärmung der Räume aus als bei einem schlecht gedämmten Gebäude mit einer geringen Wärmespeicherkapazität.

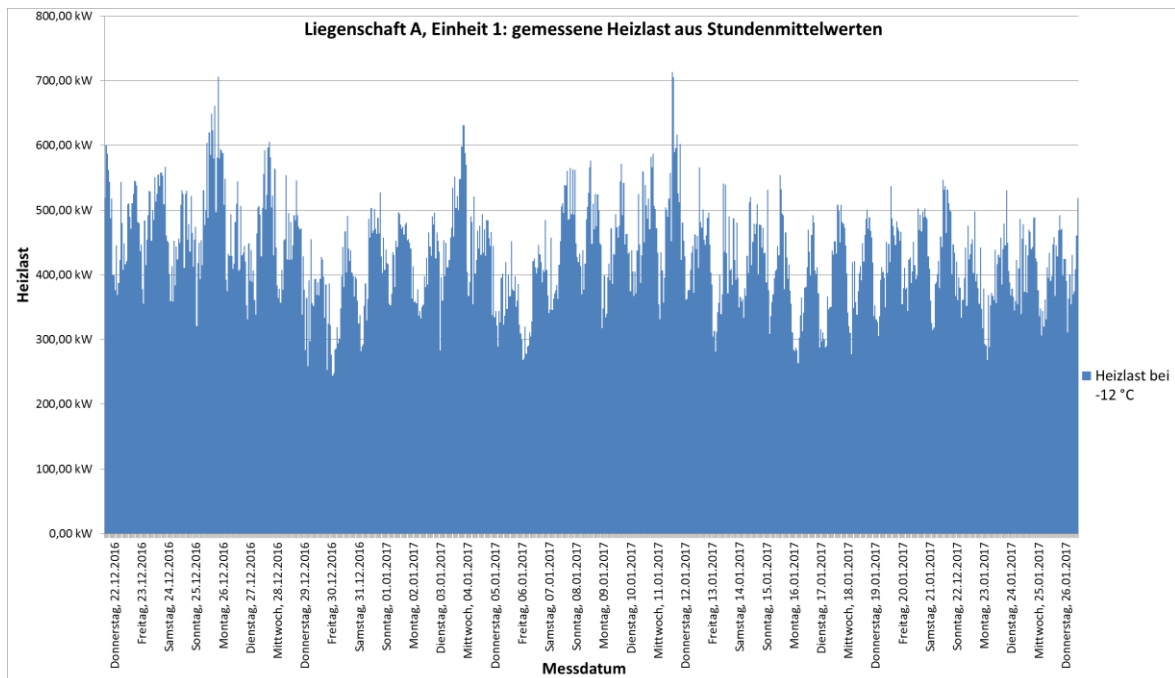


Abbildung 4: Liegenschaft A, Einheit 1: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$

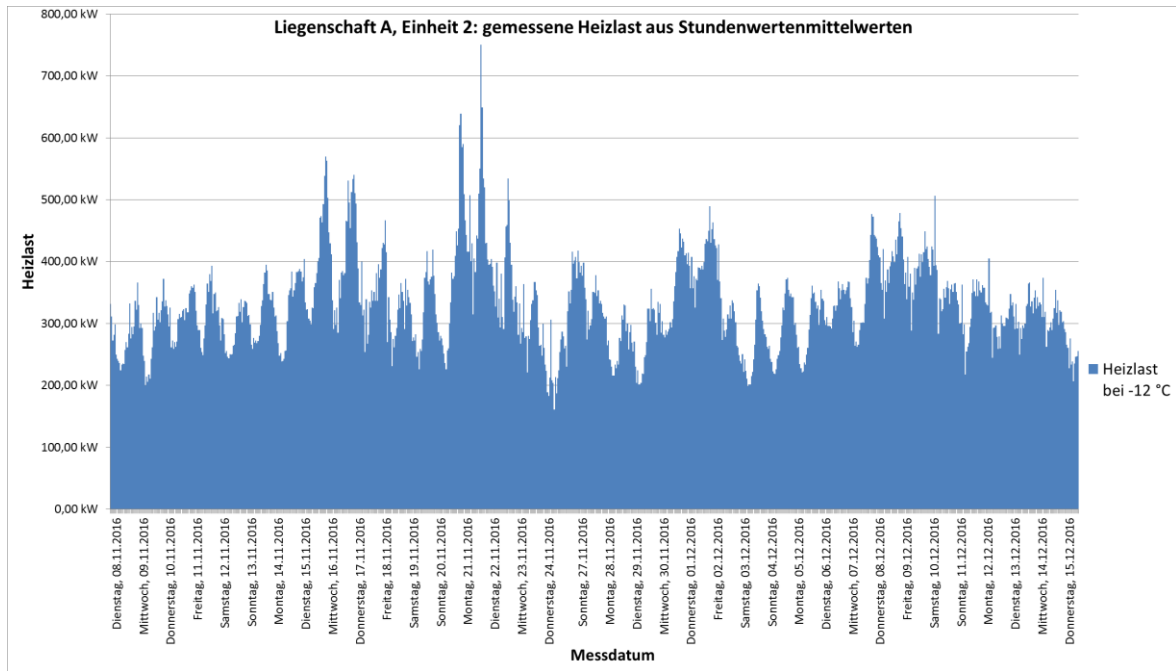


Abbildung 5: Liegenschaft A, Einheit 2: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf -12 °C

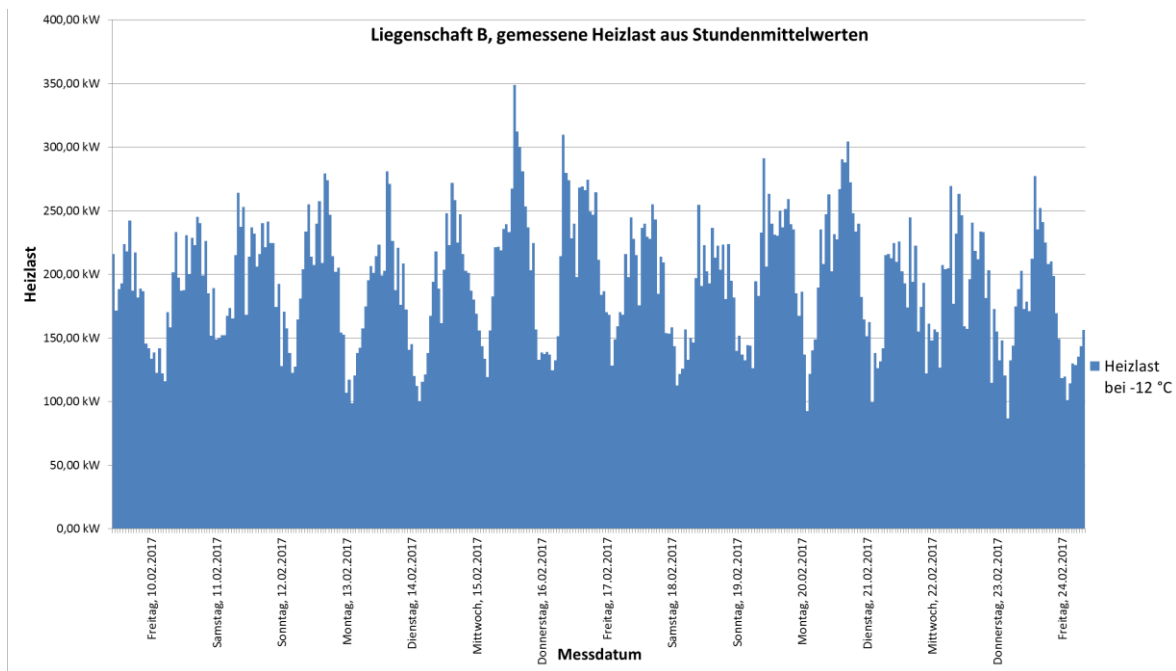


Abbildung 6: Liegenschaft B: gemessene Heizlast aus Stundenmittelwerten, hochgerechnet auf -12 °C

Das folgende Diagramm (Abbildung 7) zeigt den nicht hochgerechneten Leistungsverlauf im Vergleich zu der Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen der Innentemperatur von 20 °C und der Außentemperatur. Beispielhaft wird hier der Verlauf von zwei Tagen der Liegenschaft A, Einheit 1, dargestellt. Bei einem direkten zeitlichen Zusammenhang der Diffe-

renz zwischen Innen- und Außentemperatur und der Heizleistung wäre bei beiden Kurven ein ähnlicher Verlauf zu erwarten gewesen. Sinkt die Außentemperatur, steigt das ΔT und die Heizleistung sollte sich ebenfalls erhöhen. Dieser Verlauf ist durch die teilweise schwankenden Messwerte und den zeitlich verzögerten Einfluss der Außentemperatur auf die Heizleistung nicht zu erkennen.

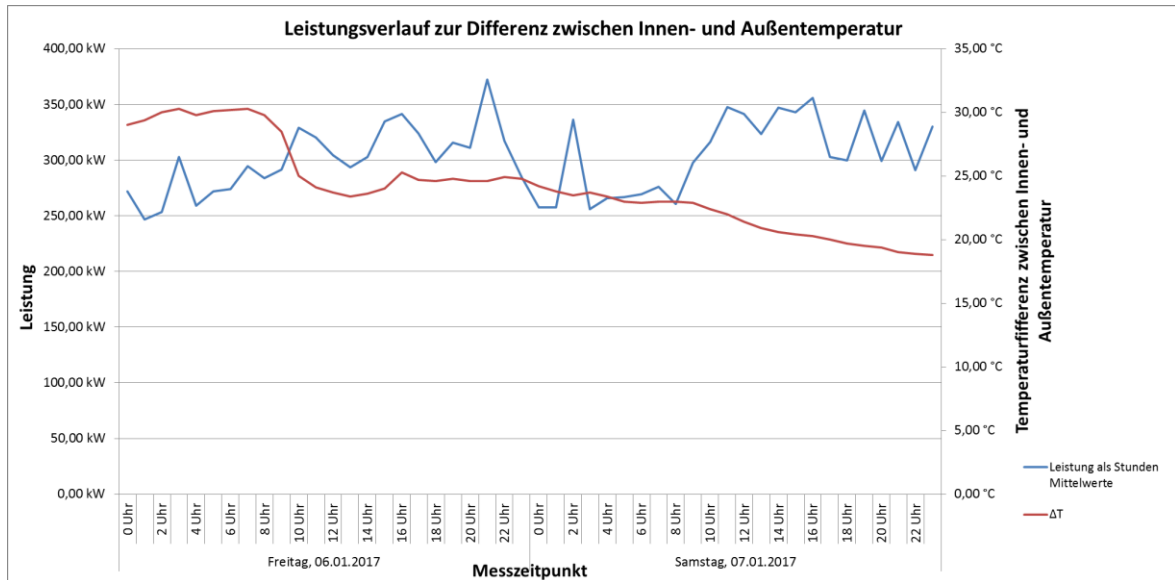


Abbildung 7: Leistungsverlauf zur Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur

Um den schwankenden Tagesverlauf und den zeitlich verzögerten Einfluss der Außentemperatur zu berücksichtigen, wurden die gemessenen Stundenwerte von 6 bis 24 Uhr zu Tagesmittelwerten zusammengefasst. Die Zeit zwischen 6 und 24 Uhr wurde gewählt, um eine Reduzierung der Heizleistung während der Nacht (durch Nachtabsenkung oder aufgrund des reduzierten Wärmebedarfs der Bewohner nachts) nicht mit zu berücksichtigen. Dabei wurden die Stundenwerte der gemessenen Wärmemenge sowie die Stundenwerte der Außentemperatur von 6 bis 24 Uhr auf Tageswerte gemittelt. Die folgenden Diagramme (Abbildung 8–10) zeigen, dass die schwankenden Verläufe deutlich geringer sind als bei der Betrachtung der Stundenwerte in den Abbildungen 4–6 zuvor.

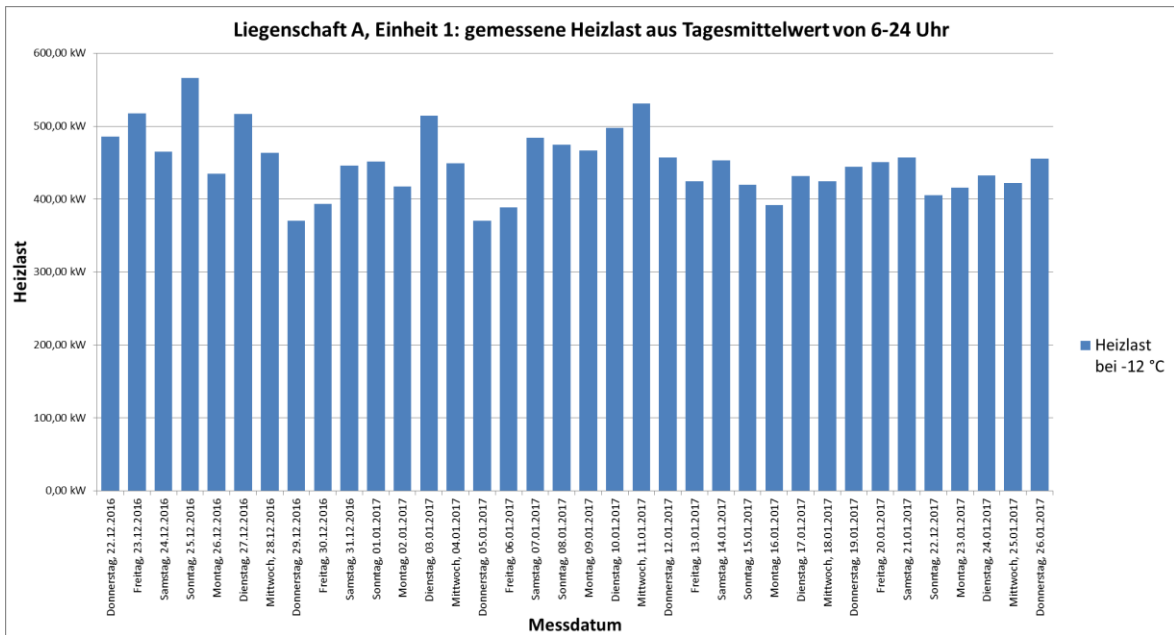


Abbildung 8: Liegenschaft A, Einheit 1: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6–24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C

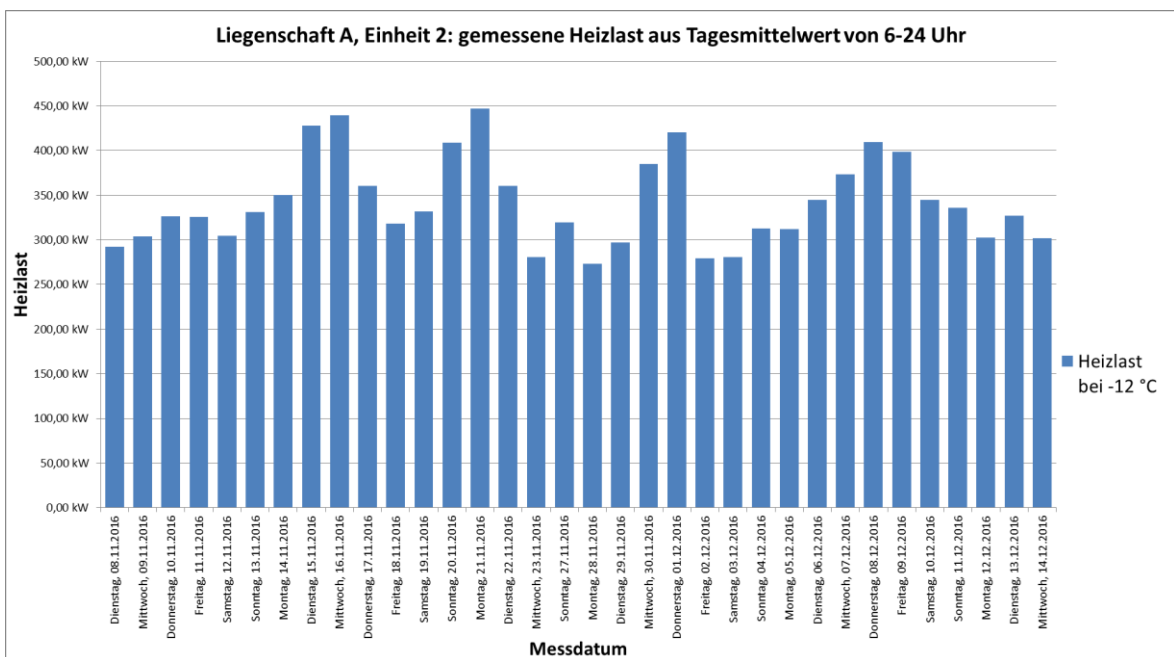


Abbildung 9: Liegenschaft A, Einheit 2: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6–24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C

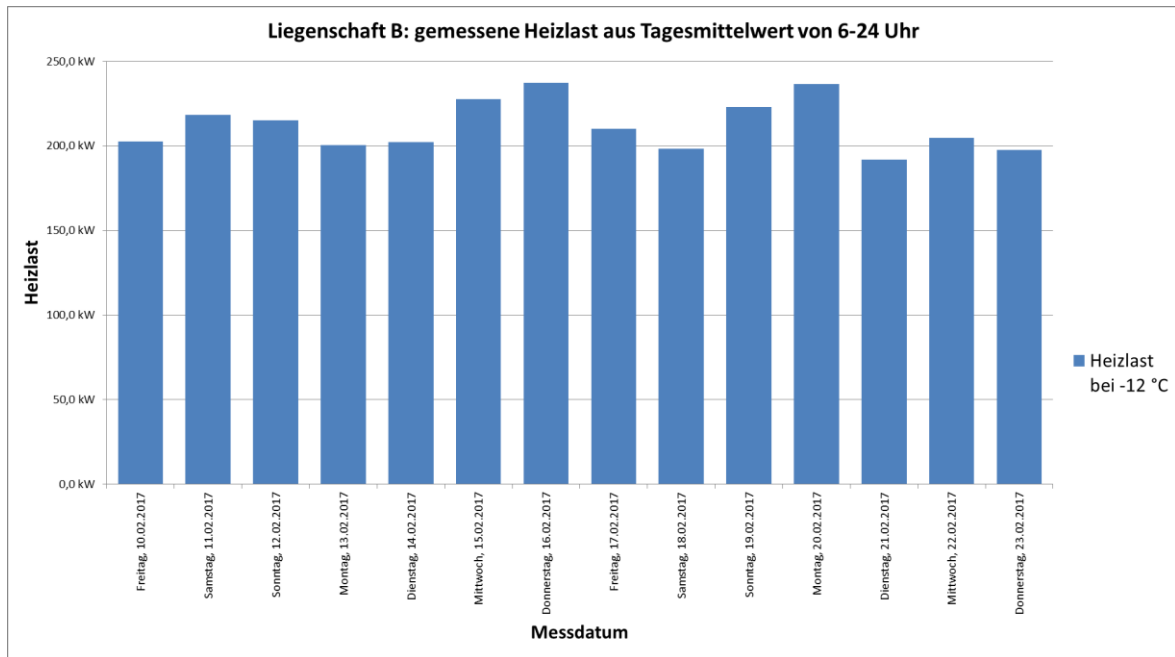


Abbildung 10: Liegenschaft B: gemessene Heizlast als Tagesmittelwert von 6–24 Uhr, hochgerechnet auf -12 °C

Die ausgewerteten Tagesmittelwerte von 6 bis 24 Uhr der einzelnen Messungen sind in den folgenden Tabellen 12–14 dargestellt. Um die Heizlast der einzelnen Räume berechnen zu können, wurden die hochgerechneten gemessenen Leistungen durch die gesamte beheizte Fläche des Gebäudes dividiert. Somit ist der spezifische Leistungsbedarf des Gebäudes in W/m² ermittelt. Entscheidend für die weiteren Berechnungen sind dabei die Maximalwerte in den Tabellen 12–14. Diese bilden in dem folgenden Kapitel die Berechnungsgrundlage für die Heizlastberechnung nach gemessenem Wärmestrom. Für die Liegenschaft A, Einheit 1, liegt der errechnete spezifische Leistungsbedarf nach Messung bei 66,31 W/m², für Liegenschaft A, Einheit 2, bei 70,03 W/m² und für die Liegenschaft B bei 65 W/m².

Liegenschaft A, Einheit 1	Heizlast Tagesmittelwert 6 bis 24 Uhr	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	370,19 kW	43,34 W/m ²
Mittelwert	449,76 kW	52,66 W/m ²
Maximum	566,31 kW	66,31 W/m ²

Tabelle 12 Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2	Heizlast Tagesmittelwert 6 bis 24 Uhr	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	273,20 kW	42,81 W/m ²
Mittelwert	341,98 kW	53,59 W/m ²
Maximum	446,87 kW	70,03 W/m ²

Tabelle 13: Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B	Heizlast Tagesmittelwert 6 bis 24 Uhr	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	191,96 kW	52,57 W/m ²
Mittelwert	211,85 kW	58,02 W/m ²
Maximum	237,32 kW	65,00 W/m ²

Tabelle 14: Auswertung Tagesmittelwerte 6 bis 24 Uhr, Liegenschaft B

Zum Vergleich sind in den folgenden Tabellen 15–17 die Auswertungen der Tagesmittelwerte inklusive der Nächte abgebildet. Die Ergebnisse der Tagesmittelwerte sind im Vergleich zu den Tagesmittelwerten von 6 bis 24 Uhr durch den reduzierten Heizwärmebedarf in der Nacht geringer. Für die weiteren Heizlastberechnungen der untersuchten Wohnungen wurden diese Werte nicht herangezogen.

Liegenschaft A, Einheit 1	Heizlast Tagesmittelwert	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	360,08 kW	42,16 W/m ²
Mittelwert	427,06 kW	50,00 W/m ²
Maximum	521,04 kW	61,01 W/m ²

Tabelle 15: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2	Heizlast Tagesmittelwert	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	261,88 kW	41,04 W/m ²
Mittelwert	327,34 kW	51,30 W/m ²
Maximum	437,60 kW	68,58 W/m ²

Tabelle 16: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B	Heizlast Tagesmittelwert	Heizlast pro Quadratmeter
Minimum	177,29 kW	48,56 W/m ²
Mittelwert	191,89 kW	52,55 W/m ²
Maximum	208,38 kW	57,07 W/m ²

Tabelle 17: Auswertung Tagesmittelwerte, Liegenschaft B

Der jeweils errechnete spezifische Leistungsbedarf auf Grundlage der Wärmestrommessungen und Mittelung auf Tageswerte von 6 bis 24 Uhr sind für die Heizlastberechnungen in der folgenden Tabelle noch einmal zusammengefasst.

	spezifischer Leistungsbedarf
Liegenschaft A, Einheit 1	66,31 W/m ²
Liegenschaft A, Einheit 2	70,03 W/m ²
Liegenschaft B	65,00 W/m ²

Tabelle 18: spezifischer Leistungsbedarf nach Messung des Wärmestroms

5.3.1 Ergebnisse ausgewählter Wohneinheiten nach Messung

Zur Ermittlung der Heizlast der einzelnen Räume nach Messung des Wärmestroms wird der spezifische Leistungsbedarf des Gebäudes (Tabelle 18) mit der Nettofläche des beheizten Raums multipliziert. Wie beim vereinfachten Kennwertverfahren der Heizlastberechnung ist auch bei dieser Berechnungsmethode nur die Nettofläche des beheizten Raums ausschlaggebend für die Höhe der Heizlast. Andere Faktoren, die bei der Berechnung nach DIN EN 12831 Einfluss haben, wie zum Beispiel die Innentemperatur des Raums oder die Größe der Außenwandfläche, nehmen bei dieser Berechnungsmethode keinen Einfluss. Die Ergebnisse der Heizlast nach der Berechnungsmethode des gemessenen Wärmestroms sind in den folgenden Tabellen 19–21 aufgelistet.

Liegenschaft A, Einheit 1

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
19	links	EG	Küche	13,57 m ²	900 W
			Zimmer 1	14,00 m ²	928 W
			Zimmer 2	16,61 m ²	1.101 W
			Zimmer 3	15,36 m ²	1.019 W
			Bad	4,64 m ²	308 W
			Kammer	5,93 m ²	393 W
			Summe	70,11 m²	4.649 W
19	links	4. OG	Küche	16,30 m ²	1.081 W
			Zimmer 1	15,47 m ²	1.026 W
			Zimmer 2	15,66 m ²	1.038 W
			Bad	2,79 m ²	185 W
			Summe	50,22 m²	3.330 W
21	links	1. OG	Küche	14,53 m ²	963 W
			Zimmer 1	15,20 m ²	1.008 W
			Zimmer 2	18,48 m ²	1.225 W
			Bad	2,73 m ²	181 W
			Summe	50,94 m²	3.378 W
Summe				11.357 W	

Tabelle 19: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
1	rechts	EG	Küche	8,97 m ²	628 W
			Zimmer 1	19,32 m ²	1.353 W
			Zimmer 2	15,35 m ²	1.075 W
			Kammer	5,08 m ²	356 W
			Bad	1,95 m ²	137 W
			Summe	50,67 m²	3.548 W
1	links	4. OG	Küche	9,75 m ²	683 W
			Zimmer 1	17,27 m ²	1.209 W
			Zimmer 2	15,91 m ²	1.114 W
			Kammer	5,53 m ²	387 W
			Bad	2,38 m ²	167 W
			Summe	50,84 m²	3.560 W
1	rechts	1. OG	Küche	10,75 m ²	753 W
			Zimmer 1	16,00 m ²	1.120 W
			Zimmer 2	17,17 m ²	1.202 W
			Bad	3,38 m ²	237 W
			Summe	47,30 m²	3.312 W
Summe				148,81 m²	10.421 W

Tabelle 20: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B

Haus	Wohnung	Geschoss	Raum	Nettofläche	Heizlast
26	01	EG	Küche	7,90 m ²	514 W
			Wohnen/Essen	31,34 m ²	2.037 W
			Schlafen	13,97 m ²	908 W
			Kind	12,06 m ²	784 W
			Bad	4,93 m ²	320 W
			Duschbad	3,87 m ²	252 W
			Summe	74,07 m²	4.815 W
26	04	1.OG	Küche/Essen	16,43 m ²	1.068 W
			Wohnen	23,52 m ²	1.529 W
			Schlafen	14,01 m ²	911 W
			Bad	6,94 m ²	451 W
			Summe	60,90 m²	3.959 W
24	20	4. OG	Küche	9,33 m ²	606 W
			Wohnen/Essen	40,45 m ²	2.629 W
			Schlafen	14,06 m ²	914 W
			Bad	7,00 m ²	455 W
			Summe	70,84 m²	4.605 W
20	48	5. OG / DG	Küche	6,05 m ²	393 W
			Wohnen/Essen	27,14 m ²	1.764 W
			Schlafen	13,81 m ²	898 W
			Bad	4,75 m ²	309 W
			Summe	51,75 m²	3.364 W
Summe				257,56 m²	16.741 W

Tabelle 21: Heizlastberechnung nach Wärmestrommessung, Liegenschaft B

6 Vergleich der Heizlastberechnungen

Die Ergebnisse der drei unterschiedlichen Berechnungsmethoden sind in den folgenden Tabellen 22–24 gegenübergestellt. Dabei werden die Heizlastergebnisse der Kennwertmethode und der Messmethode jeweils mit den Ergebnissen der Heizlast nach DIN EN 12831 verglichen. In den Tabellen sind die prozentualen Abweichungen der Heizlastergebnisse nach Kenn- sowie nach Messwert zu den Heizlastergebnissen nach DIN EN 12831 angegeben. Zusätzlich ist die Heizlast pro Fläche nach DIN EN 12831 aufgeführt. In den folgenden Kapiteln werden die unterschiedlichen Berechnungsmethoden auf drei Ebenen miteinander verglichen. Zunächst werden die Ergebnisse der drei Berechnungsmethoden zur Heizlastberechnung der einzelnen Räume miteinander verglichen. Als nächstes werden die Heizlastergebnisse der unterschiedlichen Berechnungsmethoden wohnungsweise verglichen. Hierzu werden die Heizlastergebnisse der Räume wohnungsweise aufsummiert und verglichen. Des Weiteren wird die Summe der berechneten Beispielwohnungen der einzelnen Gebäude betrachtet, diese soll die Gesamtheizlast des gesamten Gebäudes widerspiegeln.

Liegenschaft A, Einheit 1			Kennwert		Messwert		DIN EN 12831	
Whg.	Raum	Nettofläche	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Heizlast pro Fläche
Haus 19, EG links	Küche	13,57 m ²	1.493 W	-1 %	900 W	-40 %	1.501 W	110,61 W/m ²
	Zimmer 1	14,00 m ²	1.540 W	-9 %	928 W	-45 %	1.687 W	120,50 W/m ²
	Zimmer 2	16,61 m ²	1.827 W	-2 %	1.101 W	-41 %	1.856 W	111,74 W/m ²
	Zimmer 3	15,36 m ²	1.690 W	-25 %	1.019 W	-55 %	2.256 W	146,88 W/m ²
	Bad	4,64 m ²	510 W	-44 %	308 W	-66 %	910 W	196,12 W/m ²
	Kammer	5,93 m ²	652 W	-23 %	393 W	-54 %	852 W	143,68 W/m ²
	Summe Räume	70,11 m²	7.712 W	-15 %	4.649 W	-49 %	9.062 W	129,25 W/m²
Haus 19, 4. OG links	Küche	16,30 m ²	1.793 W	+21 %	1.081 W	-27 %	1.480 W	90,80 W/m ²
	Zimmer 1	15,47 m ²	1.702 W	+29 %	1.026 W	-22 %	1.320 W	85,33 W/m ²
	Zimmer 2	15,66 m ²	1.723 W	+18 %	1.038 W	-29 %	1.456 W	92,98 W/m ²
	Bad	2,79 m ²	307 W	-44 %	185 W	-66 %	548 W	196,42 W/m ²
	Summe Räume	50,22 m²	5.524 W	+15 %	3.330 W	-31 %	4.804 W	95,66 W/m²
Haus 19, 1. OG links	Küche	14,53 m ²	1.598 W	+5 %	963 W	-36 %	1.515 W	104,27 W/m ²
	Zimmer 1	15,20 m ²	1.672 W	+26 %	1.008 W	-24 %	1.332 W	87,63 W/m ²
	Zimmer 2	18,48 m ²	2.033 W	+32 %	1.225 W	-20 %	1.535 W	83,06 W/m ²
	Bad	2,73 m ²	300 W	-56 %	181 W	-73 %	676 W	247,62 W/m ²
	Summe Räume	50,94 m²	5.603 W	+11 %	3.378 W	-33 %	5.058 W	99,29 W/m²
Summe Wohnungen		171,27 m²	18.840 W	0 %	11.357 W	-40 %	18.924 W	110,49 W/m²

Tabelle 22: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft A, Einheit 1

Liegenschaft A, Einheit 2			Kennwert		Messwert		DIN EN 12831	
Whg.	Raum	Nettofläche	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Heizlast pro Fläche
Haus 1, EG rechts	Küche	8,97 m ²	987 W	-18 %	628 W	-48 %	1.205 W	134,34 W/m ²
	Zimmer 1	19,32 m ²	2.125 W	-2 %	1.353 W	-38 %	2.175 W	112,58 W/m ²
	Zimmer 2	15,35 m ²	1.689 W	-5 %	1.075 W	-39 %	1.769 W	115,24 W/m ²
	Kammer	5,08 m ²	559 W	-47 %	356 W	-67 %	1.064 W	209,45 W/m ²
	Bad	1,95 m ²	215 W	-61 %	137 W	-75 %	549 W	281,54 W/m ²
	Summe Räume	50,67 m²	5.574 W	-18 %	3.548 W	-48 %	6.762 W	133,45 W/m²
Haus 1, 4. OG links	Küche	9,75 m ²	1.073 W	15 %	683 W	-27 %	929 W	95,28 W/m ²
	Zimmer 1	17,27 m ²	1.900 W	31 %	1.209 W	-17 %	1.454 W	84,19 W/m ²
	Zimmer 2	15,91 m ²	1.750 W	36 %	1.114 W	-13 %	1.283 W	80,64 W/m ²
	Kammer	5,53 m ²	608 W	-32 %	387 W	-57 %	898 W	162,39 W/m ²
	Bad	2,38 m ²	262 W	-48 %	167 W	-67 %	508 W	213,45 W/m ²
	Summe Räume	50,84 m²	5.592 W	10 %	3.560 W	-30 %	5.072 W	99,76 W/m²
Haus 1, 1. OG rechts	Küche	10,75 m ²	1.183 W	5 %	753 W	-33 %	1.125 W	104,65 W/m ²
	Zimmer 1	16,00 m ²	1.760 W	29 %	1.120 W	-18 %	1.362 W	85,13 W/m ²
	Zimmer 2	17,17 m ²	1.889 W	28 %	1.202 W	-19 %	1.478 W	86,08 W/m ²
	Bad	3,38 m ²	372 W	-43 %	237 W	-64 %	655 W	193,79 W/m ²
	Summe Räume	47,30 m²	5.203 W	13 %	3.312 W	-28 %	4.620 W	97,67 W/m²
Summe Wohnungen		148,81 m²	16.369 W	-1 %	10.421 W	-37 %	16.454 W	110,57 W/m²

Tabelle 23: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft A, Einheit 2

Liegenschaft B			Kennwert		Messwert		DIN EN 12831	
Whg.	Raum	Nettofläche	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Abweichung zur DIN EN 12831	Heizlast	Heizlast pro Fläche
Wohnung EG, W01	Küche	7,90 m ²	672 W	-39 %	514 W	-53 %	1.103 W	139,62 W/m ²
	Wohnen/Essen	31,34 m ²	2.664 W	-33 %	2.037 W	-49 %	3.997 W	127,54 W/m ²
	Schlafen	13,97 m ²	1.187 W	-32 %	908 W	-48 %	1.750 W	125,27 W/m ²
	Kind	12,06 m ²	1.025 W	-55 %	784 W	-66 %	2.279 W	188,97 W/m ²
	Bad	4,93 m ²	419 W	-71 %	320 W	-78 %	1.456 W	295,33 W/m ²
	Du Bad	3,87 m ²	329 W	-57 %	252 W	-67 %	770 W	198,97 W/m ²
	Summe Räume	74,07 m²	6.296 W	-45 %	4.815 W	-58 %	11.355 W	153,30 W/m²
Wohnung 1. OG, W04	Küche/Essen	16,43 m ²	1.397 W	-18 %	1.068 W	-37 %	1.708 W	103,96 W/m ²
	Wohnen	23,52 m ²	1.999 W	-25 %	1.529 W	-43 %	2.663 W	113,22 W/m ²
	Schlafen	14,01 m ²	1.191 W	7 %	911 W	-18 %	1.114 W	79,51 W/m ²
	Bad	6,94 m ²	590 W	-41 %	451 W	-55 %	1.005 W	144,81 W/m ²
	Summe Räume	60,90 m²	5.177 W	-20 %	3.959 W	-39 %	6.490 W	106,57 W/m²
Wohnung 4. OG, W20	Küche	9,33 m ²	793 W	-27 %	606 W	-44 %	1.084 W	116,18 W/m ²
	Wohnen/Essen	40,45 m ²	3.438 W	-11 %	2.629 W	-32 %	3.876 W	95,82 W/m ²
	Schlafen	14,06 m ²	1.195 W	-19 %	914 W	-38 %	1.471 W	104,62 W/m ²
	Bad	7,00 m ²	595 W	-39 %	455 W	-53 %	971 W	138,71 W/m ²
	Summe Räume	70,84 m²	6.021 W	-19 %	4.605 W	-38 %	7.402 W	104,49 W/m²
Wohnung 5. OG, W48	Küche	6,05 m ²	514 W	-38 %	393 W	-53 %	829 W	137,02 W/m ²
	Wohnen/Essen	27,14 m ²	2.307 W	-15 %	1.764 W	-35 %	2.722 W	100,29 W/m ²
	Schlafen	13,81 m ²	1.174 W	0 %	898 W	-23 %	1.171 W	84,79 W/m ²
	Bad	4,75 m ²	404 W	-42 %	309 W	-56 %	702 W	147,79 W/m ²
	Summe Räume	51,75 m²	4.399 W	-19 %	3.364 W	-38 %	5.424 W	104,81 W/m²
Summe Wohnungen	257,56 m²	21.893 W	-29 %	16.741 W	-45 %	30.671 W	119,08 W/m²	

Tabelle 24: Vergleich Heizlastergebnisse, Liegenschaft B

6.1 Vergleich der Raumheizlast

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der drei unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Heizlastberechnung raumweise gegenübergestellt und verglichen.

6.1.1 Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

Der Vergleich der Raumheizlast der unterschiedlichen Berechnungsmethoden ist in Abbildung 11 dargestellt. Beim raumweisen Vergleich der Heizlasten der Wohnung im EG links

zeigt sich, dass die Berechnung nach DIN EN 12831 bei allen Räumen die höchsten Heizlasten aufweisen. Die zweithöchsten Ergebnisse sind die der Kennwertmethode. In Küche, Zimmer 1 und Zimmer 2 sind die Ergebnisse der Kennwertmethode etwa 1–9 % geringer als die Ergebnisse nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Heizlasten nach der Kennwertmethode zu der Berechnung nach DIN EN 12831 ergibt sich im Bad. Die Heizlast nach der Kennwertmethode ist dort mit 510 Watt 44 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die Ergebnisse nach gemessenem Wärmestrom haben bei allen Räumen dieser Wohnung die geringste Heizlast. Die Ergebnisse der Heizlast nach Messwert sind 40 bis 66 % geringer als die Ergebnisse nach DIN EN 12831. Bei der Heizlast nach DIN EN 12831 ergeben sich Heizlasten, bezogen auf die beheizte Grundfläche der Raums, von 110,6 W/m² in der Küche bis 196,1 W/m² im Bad. Nach der vereinfachten Kennwertmethode lautet der Berechnungswert 110 W/m², nach der Messwertmethode 66,31 W/m².

Bei der Wohnung im 4. OG links ergeben sich unterschiedliche Abweichungen zwischen den verschiedenen Berechnungsmethoden. In den Räumen Küche, Zimmer 1 und Zimmer 2 sind die Ergebnisse der Heizlastberechnung nach Kennwert am höchsten. Die Heizlast nach Messwert ist in diesen Räumen 18 bis 29 % größer als die Berechnung nach DIN EN 12831. Im Bad ergibt sich nach der Kennwertmethode eine Heizlast, die mit 307 Watt 44 % geringer ist als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die geringste Heizlast der Räume ergibt sich aus den gemessenen Werten. Die Heizlast nach Messwert der einzelnen Räume dieser Wohnung ist 22 bis 66 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Bei der Berechnung der Heizlast auf Grundlage der DIN EN 12831 ergaben sich, bezogen auf die beheizte Grundfläche der Räume, Werte zwischen 85,3 W/m² in Zimmer 1 und 196,4 W/m² im Bad. Im Vergleich dazu beziehen sich die Ergebnisse nach der Kennwertmethode auf einen Kennwert von 110 W/m² und die Ergebnisse nach gemessenem Wärmestrom auf einen spezifischen Leistungsbedarf von 66,31 W/m².

Ähnliche Abweichungen der unterschiedlichen Berechnungsmethoden wie bei der Wohnung im 4. OG links zeigen sich bei der Wohnung im 1. OG links. In den Räumen Küche, Zimmer 1 und Zimmer 2 ergeben sich auch in dieser Wohnung bei der Berechnung nach Kennwert die höchsten Zahlen. Die Heizlast dieser Räume ist 5 bis 32 % größer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Wie in der zuvor betrachteten Wohnung ist im Bad die Heizlast nach der Kennwertmethode um 56 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die Heizlast nach Messung des Wärmestroms ist zwischen 24 % im Zimmer 1 und 73 % im Bad geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei der

Heizlast bezogen auf die beheizte Grundfläche der Räume ergaben sich bei der Heizlastberechnung auf Grundlage der DIN EN 12831 Werte zwischen 83,1 W/m² im Zimmer 2 und 247,6 W/m² im Bad. Zum Vergleich basieren die Berechnungen nach der vereinfachten Kennwertmethode auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und bei der Heizlast nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 66,31 W/m².

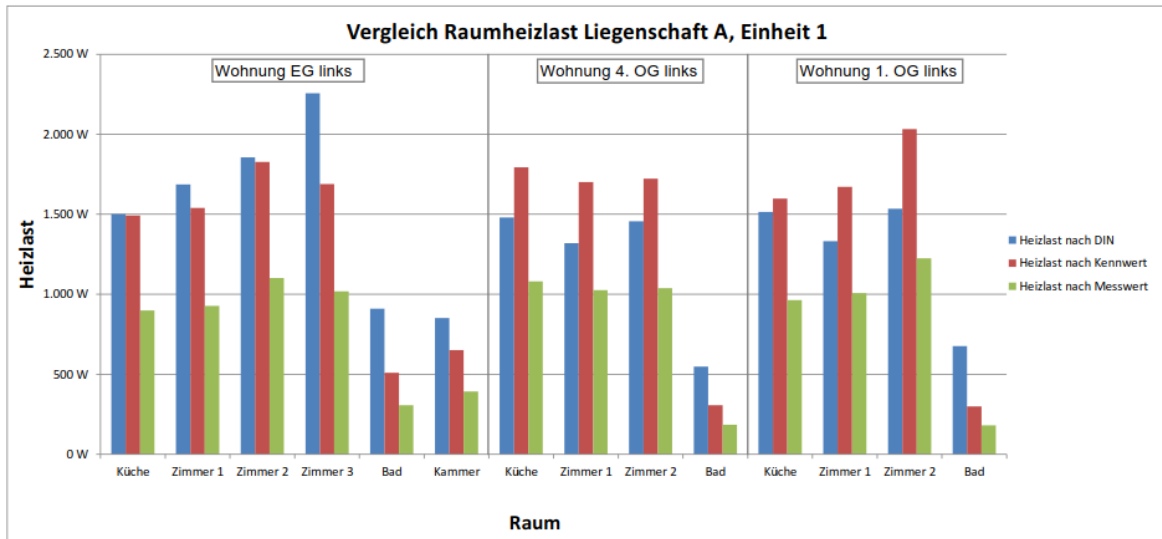


Abbildung 11: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

6.1.2 Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

Der Vergleich der Raumheizlast der drei Berechnungsmethoden ist in Abbildung 12 dargestellt. In der Wohnung im EG rechts sind in allen Räumen die Ergebnisse der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 am höchsten. Die Unterschiede der Heizlastberechnung nach der Kennwertmethode sind im Vergleich zu der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 im Zimmer 1 mit einer Abweichung von etwa 2 % und im Zimmer 2 mit 5 % eher gering. Die Ergebnisse der Heizlastberechnung in der Küche betragen nach der Kennwertmethode 987 Watt und nach der Berechnung nach DIN EN 12831 1.205 Watt. Die Heizlast nach der Kennwertmethode ist damit 18 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Größere Abweichungen zwischen den Ergebnissen nach DIN EN 12831 und der vereinfachten Berechnung nach Kennwert ergeben sich bei den Räumen Kammer und Bad. In der Kammer ist die Heizlast nach der Kennwertmethode um 47 % geringer und im Bad 61 % geringer als die Heizlast auf Grundlage der DIN EN 12831. Die Berechnungsmethode mit der geringsten Heizlast ist allen Räumen dieser Wohnung die Berechnung nach gemessenem Wärmestrom. Die Heizlast nach Messwert ist zwischen 38 % im

Zimmer 1 und 75 % im Bad geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Bei der Heizlast nach DIN EN 12831, bezogen auf die beheizte Grundfläche der Räume, ergaben sich bei den Räumen der Wohnung im EG rechts Werte zwischen 112,6 W/m² im Zimmer 1 und 281,5 W/m² im Bad. Nach der Kennwertmethode sind es 110 W/m² und nach der Messwertmethode 70,03 W/m².

In der Wohnung im 4. OG links ist die Heizlast nach Kennwert in den Räumen Küche mit 1.073 Watt, Zimmer 1 mit 1.900 Watt und Zimmer 2 mit 1.750 Watt am höchsten. Die höchste Heizlast nach DIN EN 12831 ergibt in den Räumen Kammer mit 898 Watt und Bad mit 508 Watt. Die Heizlast nach Kennwert ist in der Kammer um 32 % und im Bad um etwa 48 % geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. In den Räumen Küche, Zimmer 1 und Zimmer 2 ist die Heizlast nach Kennwert zwischen 15 % in der Küche und 36 % in Zimmer 2 größer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die geringsten Ergebnisse der Heizlast ergeben die Berechnungen nach der Messwertmethode. Die größte Abweichung von der gemessenen Heizlast im Vergleich zu der Berechnung nach DIN EN 12831 liegt im Bad, wo die Heizlast nach Messwert 67 % geringer ist als die nach DIN EN 12831. Die kleinste Abweichung zwischen der Heizlast nach der Messmethode und der Heizlast nach DIN EN 12831 ergibt sich in Zimmer 2, wo die Heizlast nach Messwert 13 % geringer ist als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die flächenbezogene Heizlast nach DIN EN 12831 liegt in den Räumen dieser Wohneinheit zwischen 80,6 W/m² im Zimmer 2 und 213,4 W/m² im Bad. Die Ergebnisse der Heizlast nach Kennwert basieren auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und nach der Messmethode auf einem Berechnungswert von 70,03 W/m².

Bei den Räumen der Wohnung im 1. OG rechts ist, abgesehen vom Bad, die Heizlast nach der Kennwertberechnung am größten. Im Bad ist die Heizlast auf Grundlage der Berechnung nach DIN EN 12831 am höchsten. Hier ist die Heizlast nach der Kennwertmethode um 43 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die geringste Abweichung der Heizlast nach Kennwert im Vergleich zur DIN EN 12831 ergibt sich in der Küche. Die Heizlast der Küche nach der Kennwertmethode ist mit 1.183 Watt nur um etwa 5 % größer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. In Zimmer 1 ist die Heizlast nach der Kennwertmethode um 29 % größer und in Zimmer 2 um 28 % größer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Wie schon beim Vergleich der anderen Wohnungen ist auch in dieser Wohnung bei allen Räumen die Heizlast nach gemessenem Wärmestrom am geringsten. Die errechnete Heizlast nach gemessenem Wärmestrom ist zwischen 18 % in Zimmer 1

und 64 % im Bad geringer als die Heizlast auf Grundlage der DIN EN 12831. In den berechneten Räumen dieser Wohnung liegt die Heizlast bezogen auf die beheizte Grundfläche zwischen 85,1 W/m² im Zimmer 1 und 193,8 W/m² im Bad. Die Heizlastberechnung nach der Kennwertmethode basiert auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und die Heizlastberechnung nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 70,03 W/m².

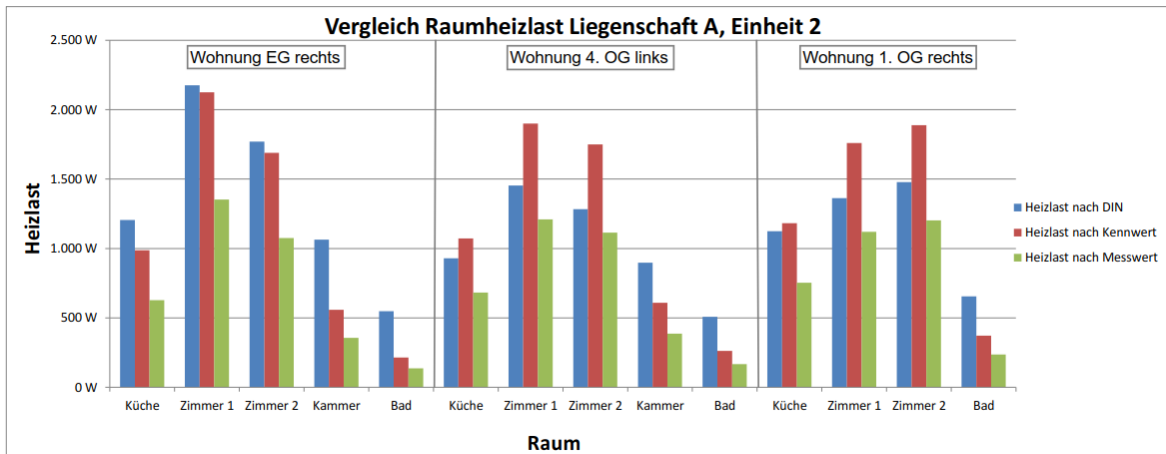


Abbildung 12: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

6.1.3 Vergleich der Raumheizlast Liegenschaft B

Die Ergebnisse der Raumheizlasten nach den unterschiedlichen Berechnungsmethoden sind in Abbildung 13 dargestellt. Bei der Wohnung im EG, W01, ergeben sich für alle Räume die Berechnungen nach DIN EN 12831 als höchste Heizlast. Die zweithöchste Heizlast ergibt sich in den Räumen dieser Wohnung aus der Berechnung nach der Kennwertmethode. Die Abweichungen der Berechnung nach Kennwert im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 unterscheiden sich in den einzelnen Räumen stark. Die Heizlast der Räume nach Kennwert ist zwischen 32 % im Raum Schlafen und 71 % im Bad geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die Berechnungsmethode mit der geringsten Heizlast ergibt sich aus der Berechnung nach gemessenem Wärmestrom. Die Heizlast nach der Messwertmethode ist zwischen 48 % im Raum Schlafen und 78 % im Bad geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei der berechneten Heizlast nach DIN EN 12831 bezogen auf die beheizte Fläche der Räume liegen die Werte zwischen 125,3 W/m² im Raum Schlafen und 295,3 W/m² im Bad. Zum Vergleich: Der Berechnungswert nach der Kennwertmethode liegt bei 85 W/m² und der Berechnungswert auf Grundlage der Messung bei 65 W/m².

Auch in der Wohnung im 1. OG, W04, ist in den Räumen Küche/Essen, Wohnen und Bad die Heizlast nach DIN EN 12831 am höchsten. Nur im Raum Schlafen ist die Berechnung nach der Kennwertmethode um etwa 7 % geringfügig höher als die Berechnung nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Heizlast nach der Kennwertmethode im Vergleich zu der Berechnung nach DIN EN 12831 wird für das Bad ermittelt. Die Heizlast nach der Kennwertmethode ist hier um 41 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Im Raum Küche/Essen ist die Heizlast nach Kennwert um 18 % und im Raum Wohnen etwa 25 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die errechnete Heizlast nach gemessenem Wärmestrom ist zwischen 18 % im Raum Schlafen und 55 % im Bad geringer als die errechnete Heizlast nach DIN EN 12831. Die flächenbezogene Heizlast nach DIN EN 12831 liegt in dieser Wohnung zwischen 79,5 W/m² im Raum Schlafen und 144,8 W/m² im Bad. Nach der Kennwertmethode liegt die flächenbezogene Heizlast bei 120 W/m² und nach der Messwertmethode bei 65 W/m².

Beim Vergleich der Heizlasten nach den drei Berechnungsmethoden ist bei der Wohnung im 4. OG, W20, abermals bei allen Räumen die Heizlast nach DIN EN 12831 am größten. Die errechnete Heizlast nach der Kennwertmethode ist um 11 bis 39 % geringer als die Berechnung nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung ist mit 39 % im Bad zu finden. Die Ergebnisse der Heizlastberechnung nach gemessenem Wärmestrom sind am geringsten und weichen um 32 bis 53 % von der Berechnung nach DIN EN 12831 ab. Die größte Abweichung zwischen der Berechnung nach Messung und der Berechnung nach DIN EN 12831 zeigt sich abermals im Bad. Die Heizlast nach DIN EN 12831 bezogen auf die beheizte Grundfläche der Räume liegt in dieser Wohnung zwischen 95,8 W/m² im Raum Wohnen/Essen und 138,7 W/m² im Bad. Bei der Heizlastberechnung nach der vereinfachten Kennwertmethode liegt der Berechnungswert bei 85 W/m² und nach der Messung des verbrauchten Wärmestroms bei 65 W/m².

Letztendlich ist auch bei der Wohnung im 5. OG, W48, die Heizlast nach DIN EN 12831 in den Räumen Küche, Wohnen/Essen und Bad am größten. Nur im Raum Schlafen ist die Heizlast nach der Kennwertmethode um 3 Watt geringfügig höher als die Heizlast nach DIN EN 12831, was als nicht relevante Abweichung zu bewerten ist. In den anderen Räumen ist die Heizlast nach Kennwert um 15 bis 42 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Heizlast nach Kennwert im Vergleich zu der Heizlast nach DIN EN 12831 ist im Bad zu finden. Die Heizlast nach der Messwertmethode ist in allen Räumen dieser Wohnung am geringsten: Sie weicht in den Räumen um

23 bis 56 % von der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 ab. Die größte Abweichung der Messwertmethode im Vergleich zur Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 wurde auch in dieser Wohnung im Bad ermittelt. Bei der flächenbezogenen Heizlast auf Berechnungsgrundlage der DIN EN 12831 liegen die Ergebnisse dieser Wohnung zwischen 84,8 W/m² im Raum Schlafen und 147,8 W/m² im Bad. Im Vergleich dazu liegen die Berechnungswerte nach der vereinfachten Kennwertmethode bei 85 W/m² und nach der Messung des Wärmestroms bei 65 W/m².

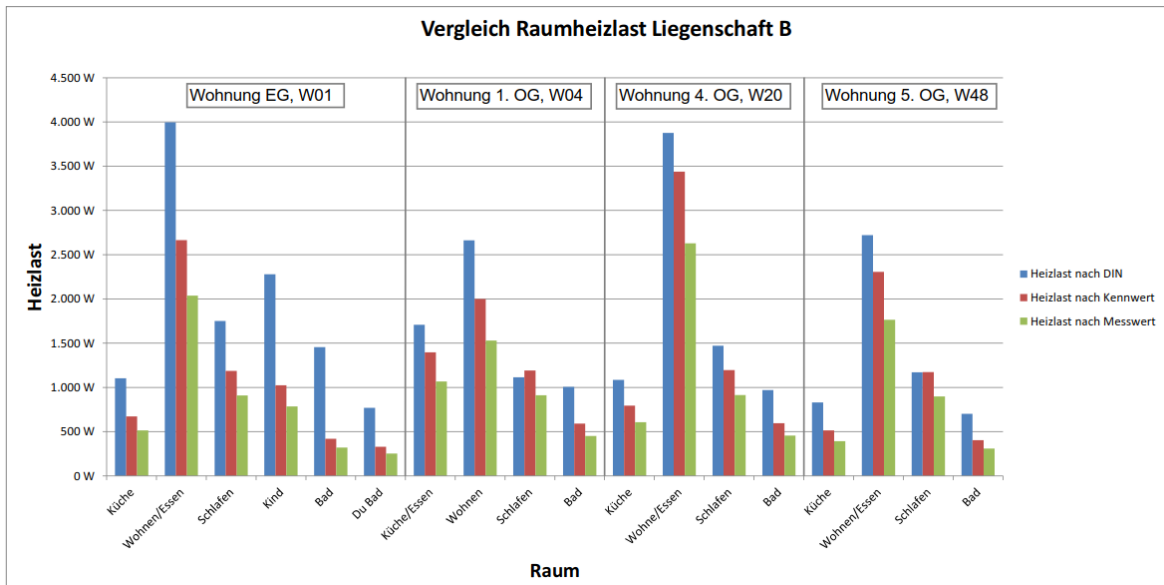


Abbildung 13: Vergleich Berechnungsmethoden Raumheizlast Liegenschaft B

6.2 Vergleich der Wohnungsheizlast

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Berechnungsmethoden wohnungsweise miteinander verglichen. Dies geschieht, um Heizlasten, die in einzelnen Räumen eventuell zu gering sein könnten, durch höhere Heizlasten in Nachbarräumen zu kompensieren. Die Heizlast der Wohnungen setzt sich jeweils aus der Summe der Heizlasten der beheizten Räume zusammen.

6.2.1 Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

Bei der wohnungsweisen Betrachtung der Heizlast von der Wohnung im EG links (Abbildung 14) weichen die Ergebnisse der Kennwertmethode mit 7.712 Watt um 15 % von der Berechnung nach DIN EN 12831 mit 9.062 Watt ab. Ähnlich wie bei dem Vergleich der

Raumheizlast ist die Heizlast nach Messwert auch bei wohnungsweiser Betrachtung in dieser Wohnung mit 4.649 Watt am geringsten. Die Heizlast nach gemessenem Wärmestrom ist damit um 49 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Bei den Wohnungen im 4. OG links und im 1. OG links zeigen sich ähnliche Abweichungen in den unterschiedlichen Berechnungsmethoden. Anders als bei der Wohnung im EG links sind hier die berechneten Heizlasten nach der Kennwertmethode am höchsten. So beträgt bei der Wohnung im 4. OG links die Heizlast nach der Kennwertmethode 5.524 Watt im Vergleich zu 4.804 Watt bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Damit ist die Heizlast nach der Kennwertmethode um 15 % größer als die Heizlast nach DIN EN 12831. Eine ähnliche Abweichung zeigt sich bei der Wohnung im 1. OG links mit einer Heizlast von 5.603 Watt nach der Kennwertmethode und 5.058 Watt bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Hier ist die Heizlast nach der Kennwertmethode also um 11 % höher als bei der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831. Die Ergebnisse der Heizlast nach gemessenem Wärmestrom sind mit jeweils 3.330 Watt bei der Wohnung im 4. OG links um 31 % geringer und bei der Wohnung im 1. OG links mit 3.378 Watt um 33 % geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 ergaben sich, bezogen auf die beheizte Grundfläche, folgende Wohnungsheizlasten: 129,3 W/m² in der Wohnung im EG links, 95,7 W/m² in der Wohnung im 4. OG links und 99,3 W/m² in der Wohnung im 1. OG links. Im Vergleich dazu basiert die Wohnungsheizlast nach der vereinfachten Kennwertmethode auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und die Wohnungsheizlast nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 66,31 W/m².

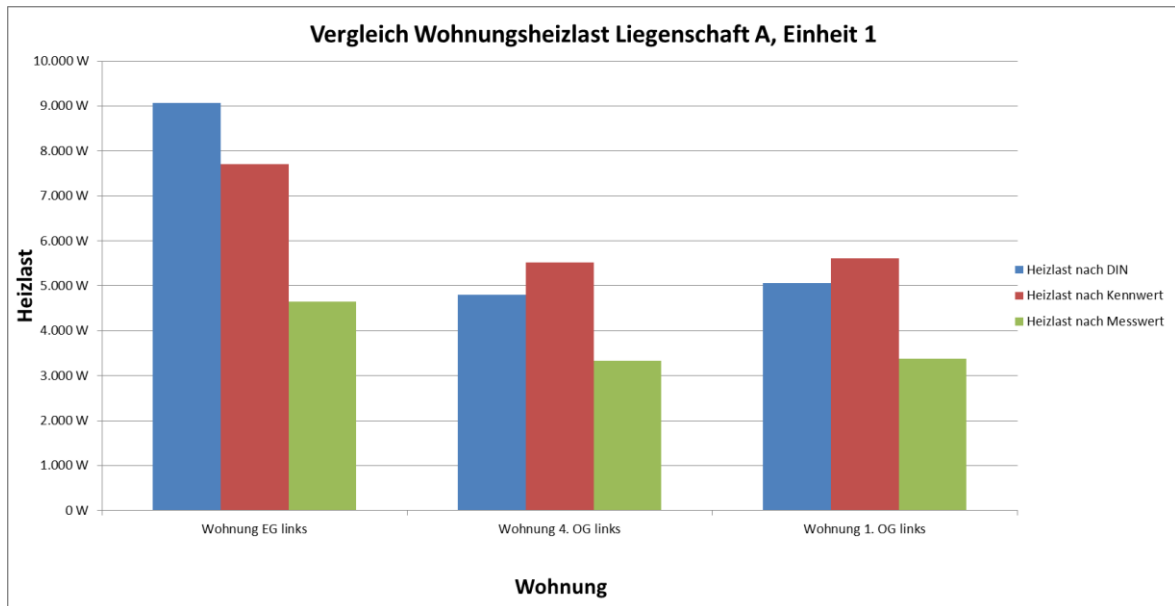


Abbildung 14: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

6.2.2 Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

Bei der Liegenschaft A, Einheit 2 (Abbildung 15), zeigen sich beim Vergleich der unterschiedlichen Berechnungsmethoden ähnliche Ergebnisse wie bei Liegenschaft A, Einheit 1. Bei den Ergebnissen der Wohnung im EG rechts ist die Heizlast nach DIN EN 12831 mit 6.762 Watt am höchsten. Die Heizlast nach Kennwert ist in dieser Wohnung mit 5.574 Watt um etwa 18 % geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Die Heizlast nach Messwert liegt in dieser Wohnung bei 3.548 Watt und ist damit nur etwa halb so hoch wie die Heizlast nach DIN EN 12831. Beim Vergleich der unterschiedlichen Berechnungsmethoden der Wohnungen im 4. OG links und im 1. OG rechts zeigen sich ähnliche Abweichungen. Die Berechnungsmethode mit der höchsten Wohnungsheizlast ist bei beiden Wohnungen die Berechnung nach Kennwert. Die Wohnung im 4. OG links hat nach der Kennwertmethode eine Heizlast von 5.592 Watt, die Wohnung im 1. OG rechts von 5.203 Watt. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 liegt die Heizlast bei der Wohnung im 4. OG links bei 5.072 Watt und bei der Wohnung im 1. OG rechts bei 4.620 Watt. Die Wohnungsheizlast nach der Kennwertmethode ist damit bei der Wohnung im 4. OG links um 10 % größer und bei der Wohnung im 4. OG links um 13 % größer als die Wohnungsheizlast nach DIN EN 12831. Die Wohnungsheizlast nach Auswertung der Messergebnisse des Wärmestroms bei der Wohnung im 4. OG links ist mit 3.560 Watt um 30 % kleiner als die Wohnungsheizlast nach DIN EN 12831. Bei der Woh-

nung im 1. OG rechts ist die Wohnungsheizlast nach gemessenem Wärmestrom mit 3.312 Watt um 28 % kleiner als die Wohnungsheizlast nach DIN EN 12831. Die flächenbezogene Heizlast nach DIN EN 12831 liegt in der Wohnung im EG rechts bei 133,45 W/m², in der Wohnung im 4. OG links bei 99,76 W/m² und in der Wohnung im 4. OG rechts bei 97,67 W/m². Die Heizlast nach Kennwert basiert auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und die Heizlast nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 70,03 W/m².

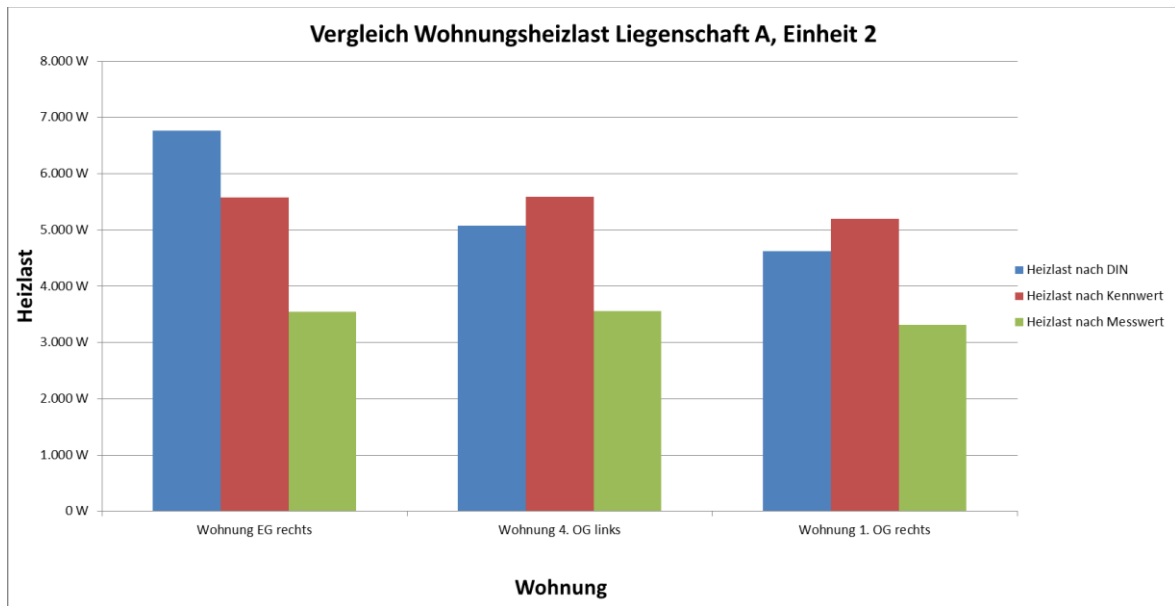


Abbildung 15: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

6.2.3 Vergleich der Wohnungsheizlast Liegenschaft B

Beim wohnungsweisen Vergleich der drei unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Heizlastberechnung zeigen sich bei der Liegenschaft B (Abbildung 16) bei allen vier Beispielwohnungen ähnliche Abweichungen. Die Berechnungsmethode mit der höchsten Heizlast ist immer die nach DIN EN 12831. So ergeben sich für Wohnung W01 11.355 Watt, für Wohnung W04 6.490 Watt, für Wohnung W20 7.402 Watt und für Wohnung W48 5.424 Watt. Die Berechnungsmethode mit der zweithöchsten Heizlast ist bei allen vier Wohnungen die Heizlastberechnung nach der Kennwertmethode. In der Wohnung W01 ist die Abweichung der Heizlast nach Kennwert im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 am größten. Die Wohnungsheizlast nach Kennwert ist in dieser Wohnung mit 6.296 Watt um etwa 45 % geringer als die Wohnungsheizlast nach DIN EN 12831. Bei der Wohnung W04 ist die Wohnungsheizlast nach der Kennwertme-

thode mit 5.177 Watt um 20 % geringer, bei der Wohnung W20 mit 6.021 Watt um 19 % geringer und bei der Wohnung W48 mit 4.399 Watt um 19 % geringer als die Wohnungsheizlast nach DIN EN 12831. Die Wohnungsheizlast nach gemessenem Wärmestrom ist in allen Wohnungen geringer als nach DIN EN 12831 berechnet: in Wohnung W01 mit 4.815 Watt um 58 %, in Wohnung W04 mit 3.959 Watt um 39 %, in Wohnung W20 mit 4.605 Watt um 38 % und in Wohnung W48 mit 3.364 Watt um 38 %. Die Berechnung nach DIN EN 12831 ergab bei der Wohnungsheizlast, bezogen auf die beheizte Grundfläche der berechneten Beispielwohnungen, bei Wohnung W01 153,3 W/m², bei Wohnung W04 106,6 W/m², bei Wohnung W20 104,5 W/m² und bei Wohnung W48 104,8 W/m². Nach der Kennwertmethode ergibt sich im Vergleich dazu ein Berechnungswert von 110 W/m² und nach Messwert ein Berechnungswert von 65 W/m².

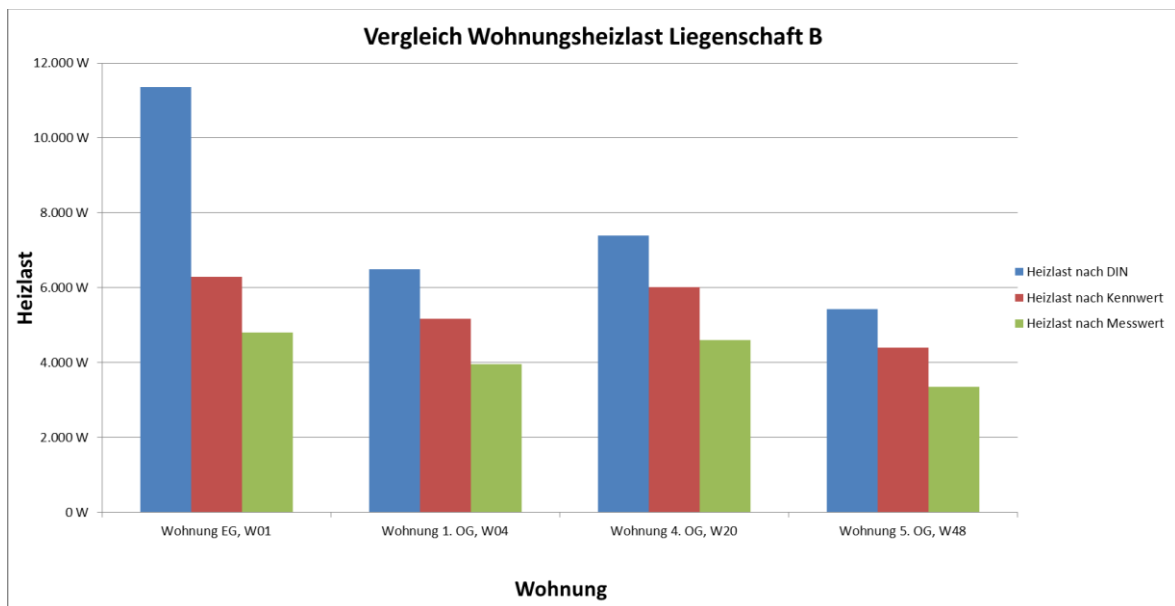


Abbildung 16: Vergleich Berechnungsmethoden Wohnungsheizlast Liegenschaft B

6.3 Vergleich der Gesamtheizlast

Beim Vergleich der Gesamtheizlast wurde die Summe der Heizlasten der Beispielwohnungen gebildet. Die Gesamtheizlast spiegelt also nicht die Heizlast aller Wohnungen der Gebäude wider, sondern soll einen prozentualen Durchschnitt der Gesamtheizlast des Gebäudes abbilden.

6.3.1 Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

Beim Vergleich der Ergebnisse der Gesamtheizlast von Liegenschaft A, Einheit 1 (Abbildung 17), fällt auf, dass sich die Abweichungen der unterschiedlichen Berechnungsmethoden bei einer Betrachtung der Ergebnisse der einzelnen Wohnungen von den Abweichungen der Wohnungsheizlast (Kapitel 6.2.1) unterscheiden. Die Ergebnisse der Gesamtheizlast der Liegenschaft A, Einheit 1, nach der Kennwertmethode und nach DIN EN 12831 weichen nur gering voneinander ab. Die Gesamtheizlast nach der Kennwertmethode ist mit 18.840 Watt um weniger als 0,5 % geringer als die Heizlast nach DIN EN 12831 mit 18.924 Watt. Diese geringe Abweichung wird als vernachlässigbar bewertet. Die Gesamtheizlast auf Grundlage der Messung des Wärmestroms ist mit 11.357 Watt um 40 % niedriger als die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 ergab sich eine Gesamtheizlast – bezogen auf die Grundfläche der beheizten Räume – von 110,49 W/m². Im Vergleich basieren die Heizlastberechnungen nach der vereinfachten Kennwertmethode auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und die nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 66,31 W/m².

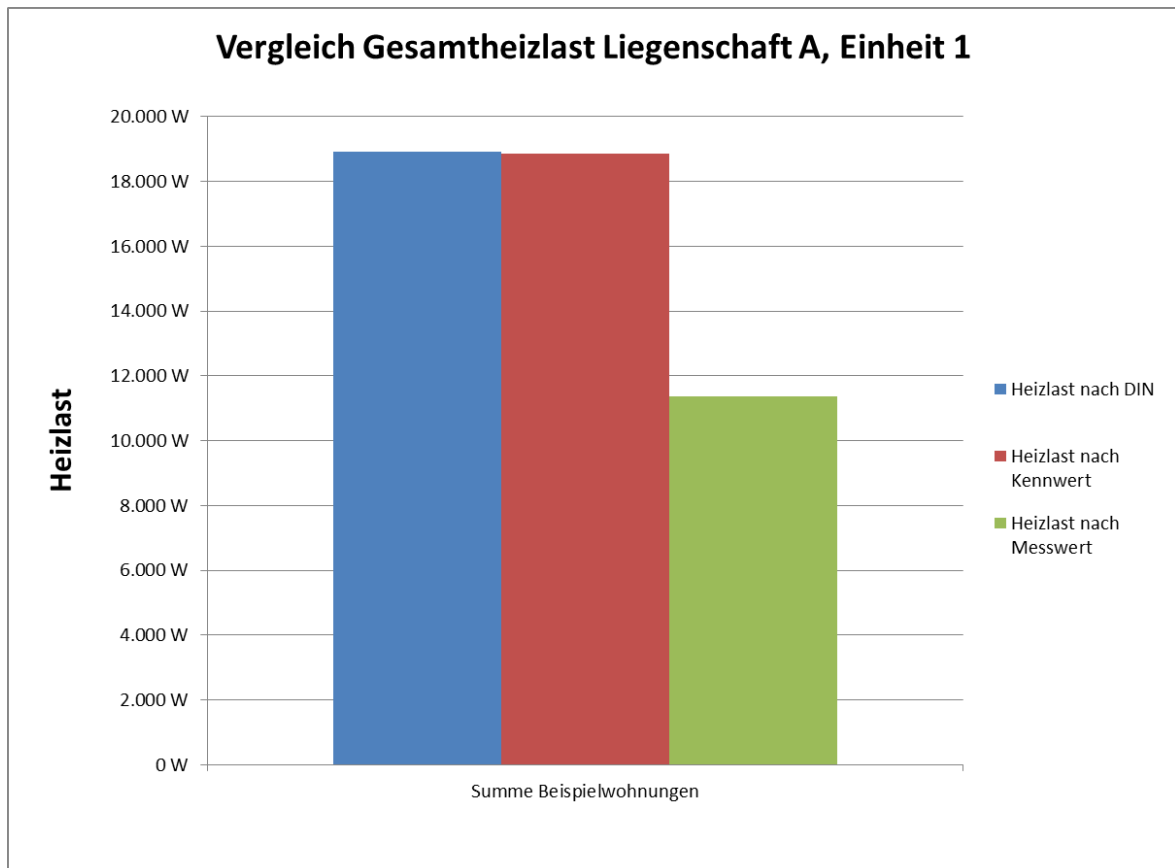


Abbildung 17: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 1

6.3.2 Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

Beim Vergleich der unterschiedlichen Berechnungsmethoden der Gesamtheizlast von Liegenschaft A, Einheit 2 (Abbildung 18), zeigt sich, ähnlich wie schon bei Liegenschaft A, Einheit 1, nur eine sehr geringe Abweichung zwischen der Berechnung nach DIN EN 12831 und der Berechnung nach Kennwert. Die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831 beträgt 16.454 Watt und nach der Kennwertmethode 16.369 Watt. Diese Abweichung von lediglich 85 Watt bzw. weniger als 1 % ist vernachlässigbar. Die geringste Gesamtheizlast weist auch hier die Berechnungsmethode nach gemessenem Wärmestrom auf. Diese ist mit 10.421 Watt um 37 % geringer als die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831. Die Summe der Heizlast nach DIN EN 12831 bezogen auf die beheizte Fläche ergab einen Wert von 110,6 W/m². Die Heizlast nach der vereinfachten Kennwertmethode basiert im Vergleich dazu auf einem Berechnungswert von 110 W/m² und die Heizlast nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 70,03 W/m².

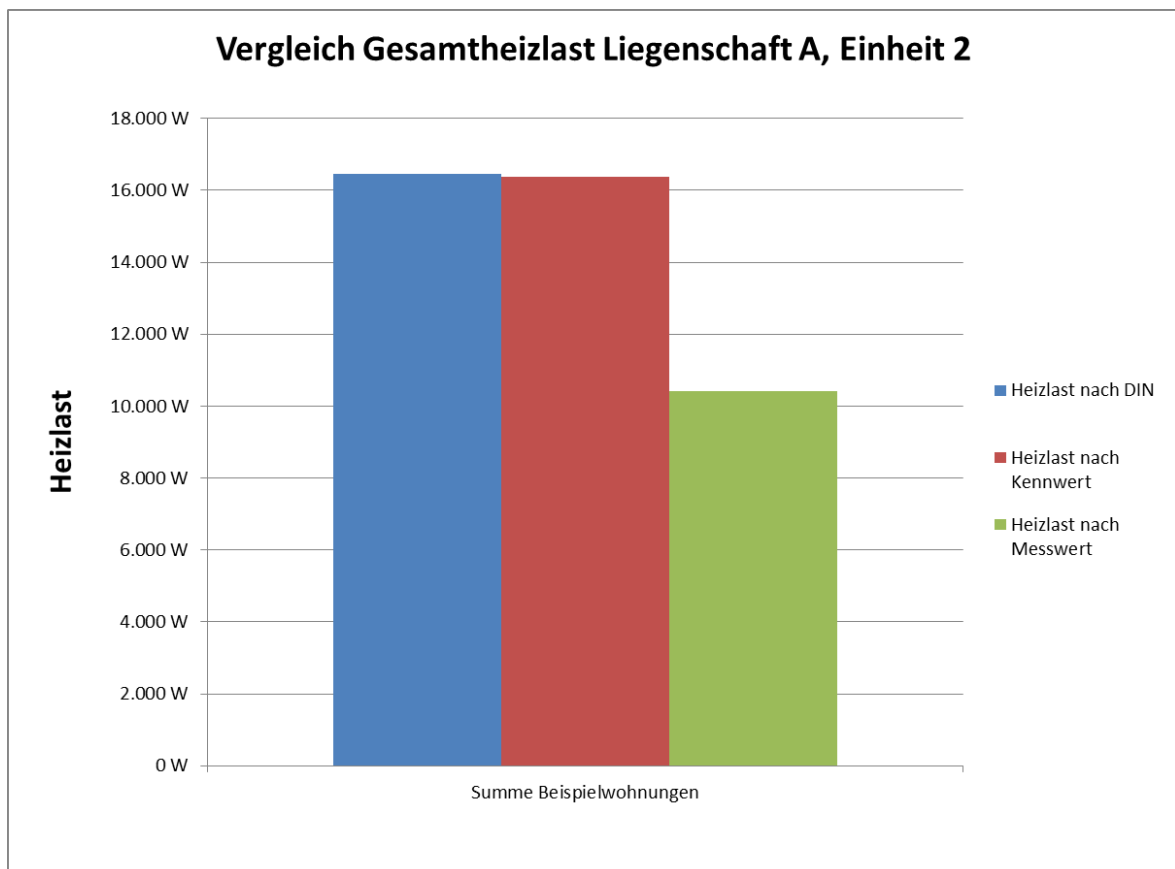


Abbildung 18: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft A, Einheit 2

6.3.3 Vergleich der Gesamtheizlast Liegenschaft B

Bei Liegenschaft B zeigen sich beim Vergleich der Ergebnisse der Gesamtheizlasten (Abbildung 19) der einzelnen Berechnungsmethoden andere Abweichungen als bei Liegenschaft A, Einheit 1 und 2. (Abbildung 17–18). Das Ergebnis der Gesamtheizlast nach DIN EN 12831 ist mit 30.671 Watt am größten. Die Gesamtheizlast nach der vereinfachten Kennwertmethode ist mit 21.893 Watt um 29 % geringer als die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831. Wie schon bei Liegenschaft A, Einheit 1 und Einheit 2, ergibt sich auch bei Liegenschaft B die geringste Heizlast auf der Berechnungsgrundlage des gemessenen Wärmestroms. Die Gesamtheizlast nach Messwert ist mit 16.741 Watt um 45 % geringer als die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 ergab sich bei der Summe der Heizlasten der berechneten Wohnungen – bezogen auf die beheizte Grundfläche der berechneten Wohnungen – ein Wert von 119,1 W/m². Im Vergleich dazu basieren die Ergebnisse der vereinfachten Kennwertmethode auf einem Berechnungswert von 85 W/m² und die Ergebnisse der Berechnungen nach gemessenem Wärmestrom auf einem Berechnungswert von 65 W/m².

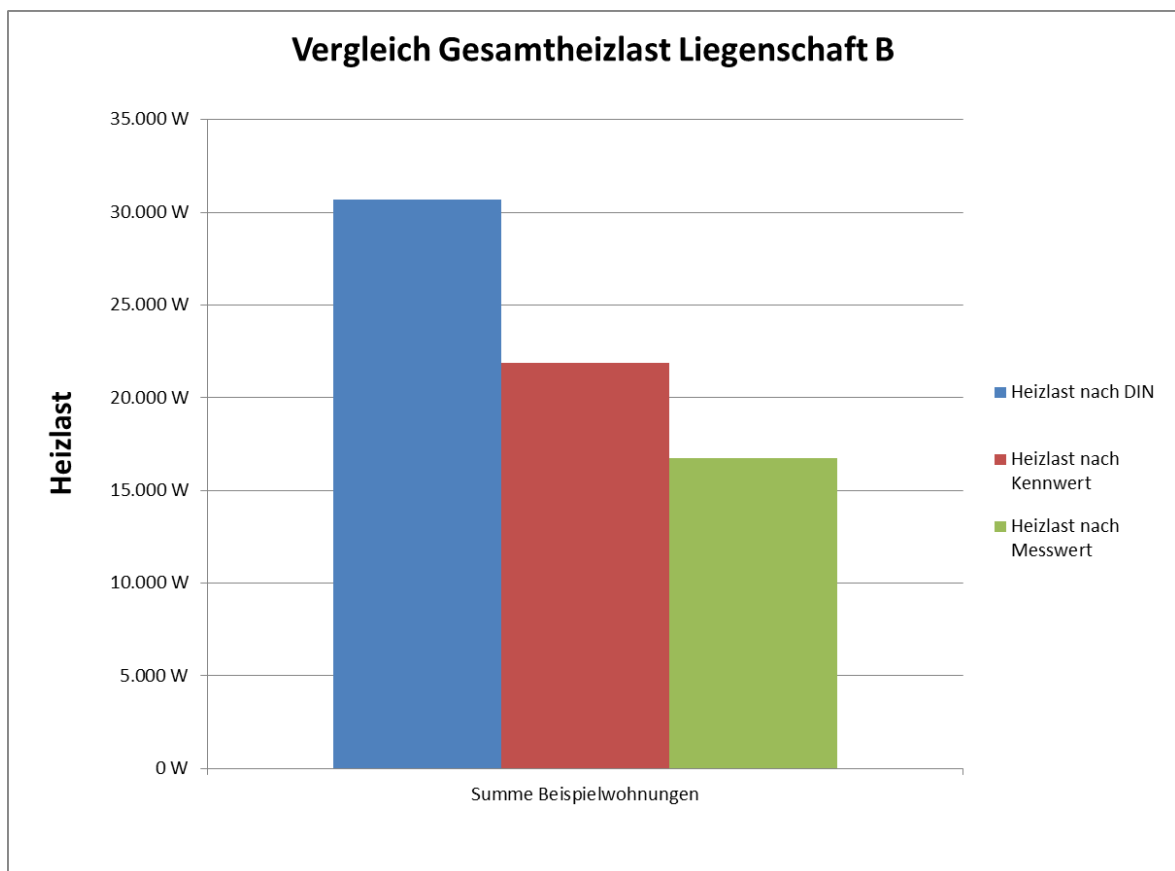


Abbildung 19: Vergleich Berechnungsmethoden Gesamtheizlast Liegenschaft B

7 Berechnung der erforderlichen Ventileinstellungen

Der hydraulische Abgleich soll sicherstellen, dass jeder Raum mit der richtigen Wärmemenge versorgt wird, die zuvor als Heizlast (Φ_{HL}) ermittelt wurde. Dazu werden die Wasservolumenströme im Wärmeverteilungsnetz reguliert. Um die errechnete Heizlast abzudecken, ist ein bestimmter Massen- bzw. Volumenstrom an Warmwasser notwendig. Dieser lässt sich mit der unten stehenden Formel berechnen, wobei die Leistung abhängig ist vom Volumen- bzw. Massenstrom an Warmwasser, der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf der Heizungsanlage und dem c_p -Wert von Wasser, der die spezifische Wärmekapazität beschreibt. Der c_p -Wert von Wasser wurde mit 4,182 kJ/(kgK) angenommen.

$$\Phi_{HL} = \dot{V} * \rho * c_p * (\theta_{Vorlauf} - \theta_{Rücklauf})$$

bzw.

$$\Phi_{HL} = \dot{m} * c_p * (\theta_{Vorlauf} - \theta_{Rücklauf})$$

Nach Umstellung der Formel lassen sich die erforderlichen Volumenströme bestimmen:

$$\dot{V} = \frac{\Phi_{HL}}{\rho * c_p * (\theta_{Vorlauf} - \theta_{Rücklauf})}$$

bzw.

$$\dot{m} = \frac{\Phi_{HL}}{c_p * (\theta_{Vorlauf} - \theta_{Rücklauf})}$$

Um die erforderlichen Volumenströme einzustellen, gibt es im Wesentlichen zwei Systeme: Thermostatventile mit automatischer Durchflussregelung, die entweder abhängig oder unabhängig vom Differenzdruck innerhalb eines Heizungssystems arbeiten. Der Differenzdruck Δp entsteht, wenn das Wasser im Leitungssystem auf Widerstände trifft. Widerstände sind zum Beispiel Rohre, Ventile oder Heizkörper.

Ein unabhängig arbeitendes Thermostatventil regelt automatisch auf den eingestellten Volumenstrom, auch bei einem Überangebot, das zum Beispiel aufgrund schließender Nachbarventile entsteht. Eine Regulierung der einzelnen Stränge im Wärmeverteilungsnetz ist bei diesem System nicht notwendig. Die Hersteller der Thermostatventile liefern Tabellen, mithilfe derer man auf Basis der errechneten Volumen- bzw. Massenströme die passenden Einstellwerte der Ventile direkt ablesen kann (IMI Hydronic Engineering, 2017).

Die im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Ventile regeln den Durchfluss nicht unabhängig vom Differenzdruck. Bei diesem System müssen die Stränge des Wärmeverteilungsnetzes gegebenenfalls reguliert werden. Bei der Berechnung der Einstellwerte der Thermostatventile muss der Differenzdruck im Wärmeverteilungssystem mit einbezogen werden. Hierzu wird der Durchflussfaktor, der sogenannte Kv-Wert, mit folgender Formel bestimmt:

$$Kv = \dot{V} * \sqrt{\frac{1 * 10^5 Pa}{\Delta p} * \frac{\rho}{1000 \frac{kg}{m^3}}}$$

bzw.

$$Kv = \frac{\dot{m}}{\rho} * \sqrt{\frac{1 * 10^5 Pa}{\Delta p} * \frac{\rho}{1000 \frac{kg}{m^3}}}$$

Da der Wärmeträger hier Wasser mit einer Dichte von 1.000 kg/m³ ist, vereinfacht sich die Formel zu:

$$Kv = \dot{V} * \sqrt{\frac{1 * 10^5 Pa}{\Delta p}}$$

bzw.

$$Kv = \frac{\dot{m}}{\rho} * \sqrt{\frac{1 * 10^5 Pa}{\Delta p}}$$

(Samson AG Mess- und Regeltechnik, 2012)

Um die Ventileinstellwerte errechnen und vergleichen zu können, wurden für die Berechnungen in Absprache mit der Firma sumbi Ingenieure die folgenden Annahmen getroffen: Als Differenzdruck Δp gilt ein Praxiswert von 5 kPa. Die Vorlauftemperatur $\vartheta_{Vorlauf}$ beträgt 70 °C, die Rücklauftemperatur $\vartheta_{Rücklauf}$ 55 °C. Zum Vergleich der Einstellwerte an den Thermostatventilen wurde die Berechnung für die Thermostatventile V-exact II mit einer Regeldifferenz von 2 K der Firma IMI Hydronic Engineering Deutschland GmbH durchgeführt. Die Ventilvoreinstellungen sind Tabelle 25 zu entnehmen:

Kv-Wert	Ventileinstellwert
0,000 m ³ /h	0
0,049 m ³ /h	1
0,090 m ³ /h	2
0,150 m ³ /h	3
0,265 m ³ /h	4
0,330 m ³ /h	5
0,470 m ³ /h	6
0,590 m ³ /h	7
0,670 m ³ /h	8

Tabelle 25: Ventileinstellwerte, V-exact II

(IMI Hydronic Engineering, 2017)

Mit der Ventileinstellung wird ein maximaler Durchfluss des Heizkörperventils eingestellt. Der Einstellwert deckt also einen bestimmten Massen-/Volumenstrom und damit einen bestimmten Heizlastbereich ab. Die Bereiche der Ventileinstellungen sind in der folgenden Tabelle 26 beschrieben. Die Berechnungen basieren wie erwähnt auf einem Differenzdruck Δp von 5 kPa, einer Vorlauftemperatur $\vartheta_{Vorlauf}$ von 70 °C und einer Rücklauftemperatur $\vartheta_{Rücklauf}$ von 55 °C. Steigt die Differenz zwischen Vorlauf- und Rücklauftemperatur, vergrößert sich auch der Abdeckbereich des Ventileinstellwerts. Sinkt die Differenzdrucke, verkleinert sich entsprechend der Abdeckbereich des Ventileinstellwerts.

Ventileinstellwert	Kv-Wert		Massenstrom		Heizlast	
	von	bis	von	bis	von	bis
1	0,001 m ³ /h	0,049 m ³ /h	0,1 kg/h	11,0 kg/h	1 W	191 W
2	0,050 m ³ /h	0,090 m ³ /h	11,1 kg/h	20,1 kg/h	192 W	351 W
3	0,091 m ³ /h	0,150 m ³ /h	20,2 kg/h	33,5 kg/h	352 W	584 W
4	0,151 m ³ /h	0,265 m ³ /h	33,6 kg/h	59,3 kg/h	585 W	1.033 W
5	0,266 m ³ /h	0,330 m ³ /h	59,4 kg/h	73,8 kg/h	1.034 W	1.286 W
6	0,331 m ³ /h	0,470 m ³ /h	73,9 kg/h	105,1 kg/h	1287 W	1831 W
7	0,471 m ³ /h	0,590 m ³ /h	105,2 kg/h	131,9 kg/h	1.832 W	2.299 W
8	0,591 m ³ /h	0,670 m ³ /h	132,0 kg/h	149,8 kg/h	2.300 W	2.611 W

Tabelle 26: Abdeckbereich Ventileinstellwerte

7.1 Vergleich der Ventileinstellwerte

Beim Vergleich der Heizlastergebnisse nach den unterschiedlichen Berechnungsmethoden in Kapitel 6 haben sich teilweise deutliche Abweichungen ergeben. In den folgenden Kapiteln werden die drei unterschiedlichen Heizlastberechnungen hinsichtlich der erforderlichen Ventileinstellwerte für einen hydraulischen Abgleich miteinander verglichen.

7.1.1 Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft A, Einheit 1

Für die Liegenschaft A, Einheit 1, sind die Ergebnisse der Ventileinstellwerte nach den unterschiedlichen Berechnungsmethoden in Tabelle 27 aufgelistet. Beim Vergleich der Ventileinstellwerte der vereinfachten Kennwertmethode und der Berechnung nach DIN EN 12831 sind bei acht von 14 berechneten Räumen die Einstellwerte der Thermostatventile identisch. In vier Räumen sind die Einstellungen nach der Berechnung der vereinfachten Kennwertmethode um eine Stufe und bei einem Raum um zwei Stufen niedriger als die Einstellungen nach Berechnung nach DIN EN 12831. Bei einem Raum ist der Einstellwert nach der Kennwertmethode eine Stufe höher als der Einstellwert auf Grundlage der Berechnung nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Ventileinstellung nach der Kennwertmethode im Vergleich zu der Berechnung nach DIN EN 12831 ergab sich im Bad von Haus 19, 1. OG links. Hier ist der Einstellwert nach der Kennwertmethode um zwei Stufen geringer als der nach DIN EN 12831. Wie schon der Vergleich der Ergebnisse der Heizlast zeigt, sind die Einstellwerte nach der Messwertmethode nochmals kleiner als die Einstellungen nach der Kennwertmethode. Erstere stimmen in keinem Raum mit den Einstellwerten nach DIN EN 12831 überein. In vier Räumen sind die Einstellwerte nach der Messwertmethode um eine Stufe und in acht Räumen um zwei Stufen geringer als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Die größten Abweichungen der Ventileinstellung nach der Messwertmethode und der Berechnung nach DIN EN 12831 ergab sich wieder im Bad von Haus 19, 1. OG links, und in Zimmer 3 von Haus 19, EG links. Der Einstellwert nach Berechnung der Messwertmethode ist dort jeweils um drei Stufen niedriger als bei der Berechnung nach DIN EN 12831.

Liegenschaft A, Einheit 1		Kennwert			Messwert			DIN EN 12831		
Whg.	Raum	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert
Haus 19, EG links	Küche	85,6 kg/h	0,383 m³/h	6	51,6 kg/h	0,231 m³/h	4	86,0 kg/h	0,385 m³/h	6
	Zimmer 1	88,3 kg/h	0,395 m³/h	6	53,2 kg/h	0,238 m³/h	4	96,7 kg/h	0,432 m³/h	6
	Zimmer 2	104,7 kg/h	0,468 m³/h	6	63,1 kg/h	0,282 m³/h	5	106,4 kg/h	0,476 m³/h	7
	Zimmer 3	96,9 kg/h	0,433 m³/h	6	58,4 kg/h	0,261 m³/h	4	129,3 kg/h	0,578 m³/h	7
	Bad	29,2 kg/h	0,131 m³/h	3	17,7 kg/h	0,079 m³/h	2	52,2 kg/h	0,233 m³/h	4
	Kammer	37,4 kg/h	0,167 m³/h	4	22,5 kg/h	0,101 m³/h	3	48,8 kg/h	0,218 m³/h	4
Haus 19, 4. OG links	Küche	102,8 kg/h	0,460 m³/h	6	62,0 kg/h	0,277 m³/h	5	84,8 kg/h	0,379 m³/h	6
	Zimmer 1	97,6 kg/h	0,436 m³/h	6	58,8 kg/h	0,263 m³/h	4	75,7 kg/h	0,338 m³/h	6
	Zimmer 2	98,8 kg/h	0,422 m³/h	6	59,5 kg/h	0,266 m³/h	5	83,5 kg/h	0,373 m³/h	6
	Bad	17,6 kg/h	0,079 m³/h	2	10,6 kg/h	0,047 m³/h	1	31,4 kg/h	0,140 m³/h	3
Haus 19, 1. OG links	Küche	91,6 kg/h	0,410 m³/h	6	55,2 kg/h	0,247 m³/h	4	86,8 kg/h	0,388 m³/h	6
	Zimmer 1	95,8 kg/h	0,429 m³/h	6	57,8 kg/h	0,258 m³/h	4	76,4 kg/h	0,341 m³/h	6
	Zimmer 2	116,5 kg/h	0,521 m³/h	7	70,2 kg/h	0,314 m³/h	5	88,0 kg/h	0,394 m³/h	6
	Bad	17,2 kg/h	0,077 m³/h	2	10,4 kg/h	0,046 m³/h	1	38,8 kg/h	0,173 m³/h	4

Tabelle 27: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft A, Einheit 1

7.1.2 Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft A, Einheit 2

Die unterschiedlichen Ventileinstellwerte der Liegenschaft A, Einheit 2, sind in der folgenden Tabelle 28 zusammengefasst. Die Ventileinstellwerte nach der Kennwertmethode stimmen in fünf von 14 betrachteten Räumen mit den Einstellwerten der Berechnung nach DIN EN 12831 überein. In vier Räumen ist der Einstellwert nach Kennwert um eine Stufe geringer und in vier Räumen um eine Stufe höher als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Ventileinstellung nach Kennwert im Vergleich zur Ventileinstellung nach DIN EN 12831 ergab sich im Raum Kammer der Wohnung im EG rechts. Hier ist der Einstellwert nach Kennwert um zwei Stufen niedriger als der Einstellwert nach DIN EN 12831. Die Einstellwerte nach der Messwertmethode stimmen in zwei Räumen mit denen nach DIN EN 12831 überein. In acht Räumen ist der Einstellwert nach Messwert um eine Stufe geringer, in vier Räumen um zwei Stufen geringer als der nach DIN EN 12831.

Liegenschaft A, Einheit 2		Kennwert			Messwert			DIN EN 12831		
Whg.	Raum	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert
Haus 1, EG rechts	Küche	56,6 kg/h	0,253 m³/h	4	36,0 kg/h	0,161 m³/h	4	69,1 kg/h	0,309 m³/h	5
	Zimmer 1	121,8 kg/h	0,545 m³/h	7	77,6 kg/h	0,347 m³/h	6	124,7 kg/h	0,558 m³/h	7
	Zimmer 2	96,8 kg/h	0,433 m³/h	6	61,6 kg/h	0,276 m³/h	5	101,4 kg/h	0,453 m³/h	6
	Kammer	32,0 kg/h	0,143 m³/h	3	20,4 kg/h	0,091 m³/h	3	61,0 kg/h	0,273 m³/h	5
	Bad	12,3 kg/h	0,055 m³/h	2	7,9 kg/h	0,035 m³/h	1	31,5 kg/h	0,141 m³/h	3
Haus 1, 4. OG links	Küche	61,5 kg/h	0,275 m³/h	5	39,2 kg/h	0,175 m³/h	4	53,3 kg/h	0,238 m³/h	4
	Zimmer 1	108,9 kg/h	0,487 m³/h	7	69,3 kg/h	0,310 m³/h	5	83,3 kg/h	0,373 m³/h	6
	Zimmer 2	100,3 kg/h	0,449 m³/h	6	63,9 kg/h	0,286 m³/h	5	73,5 kg/h	0,329 m³/h	5
	Kammer	34,9 kg/h	0,156 m³/h	4	22,2 kg/h	0,099 m³/h	3	51,5 kg/h	0,230 m³/h	4
	Bad	15,0 kg/h	0,067 m³/h	2	9,6 kg/h	0,043 m³/h	1	29,1 kg/h	0,130 m³/h	3
Haus 1, 1. OG rechts	Küche	67,8 kg/h	0,303 m³/h	5	43,2 kg/h	0,193 m³/h	4	64,5 kg/h	0,288 m³/h	5
	Zimmer 1	100,9 kg/h	0,451 m³/h	6	64,2 kg/h	0,287 m³/h	5	78,1 kg/h	0,349 m³/h	6
	Zimmer 2	108,3 kg/h	0,484 m³/h	7	68,9 kg/h	0,308 m³/h	5	84,7 kg/h	0,379 m³/h	6
	Bad	21,3 kg/h	0,095 m³/h	3	13,6 kg/h	0,061 m³/h	2	37,5 kg/h	0,168 m³/h	4

Tabelle 28: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft A, Einheit 2

7.1.3 Vergleich der Ventileinstellwerte Liegenschaft B

Für die Liegenschaft B sind die Ventileinstellwerte der drei unterschiedlichen Berechnungsmethoden in Tabelle 29 gegenübergestellt. Die Wohnzimmer dieser Liegenschaft verfügen jeweils über zwei gleich große Heizkörper. Dadurch halbieren sich die errechneten Massenströme und K_v -Werte und teilen sich gleichmäßig auf die beiden Heizkörper auf. Von den 18 Räumen der Liegenschaft B stimmen die Einstellwerte nach der Kennwertberechnung bei fünf Räumen mit jenen der Berechnung nach DIN EN 12831 überein. Bei neun Räumen sind die Ventileinstellwerte nach der Kennwertmethode um eine Stufe und in zwei Räumen um zwei Stufen niedriger als der jeweils berechnete Einstellwert nach DIN EN 12831. Die größte Abweichung der Ventileinstellwerte nach der Kennwertmethode im Vergleich zu den Einstellwerten nach DIN EN 12831 ergab sich in den Räumen Kind und Bad der Wohnung W01 im EG. In diesen Räumen sind die Ventileinstellwerte nach der Kennwertmethode um drei Stufen geringer als die Einstellwerte auf Grundlage von DIN EN 12831. Bei der Messwertmethode sind die Ventileinstellwerte bei keinem

Raum identisch mit jenen nach DIN EN 12831. Bei acht Räumen ist der Einstellwert um je eine Stufe und bei sieben Räumen um zwei Stufen geringer als bei den Einstellwerten nach DIN EN 12831. Bei den Räumen Wohnen/Essen und Kind der Wohnung W01 im EG liegt der errechnete Einstellwert auf Grundlage des gemessenen Wärmestroms drei Stufen unter der Ventileinstellung auf Grundlage der Berechnung nach DIN EN 12831. Größere Abweichungen gibt es im Raum Bad der Wohnung W01 im EG. Hier liegt der Ventileinstellwert nach der Messwertmethode vier Stufen unter dem, der auf Berechnung nach DIN EN 12831 beruht.

Liegenschaft B		Kennwert			Messwert			DIN EN 12831		
Whg.	Raum	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert	Massenstrom	Kv-Wert	Einstellwert
Wohnung EG, W01	Küche	38,5 kg/h	0,172 m³/h	4	29,5 kg/h	0,132 m³/h	3	63,2 kg/h	0,283 m³/h	5
	Wohnen/Essen	76,4 kg/h	0,341 m³/h	6	58,4 kg/h	0,261 m³/h	4	114,6 kg/h	0,512 m³/h	7
	Wohnen/Essen	76,4 kg/h	0,341 m³/h	6	58,4 kg/h	0,261 m³/h	4	114,6 kg/h	0,512 m³/h	7
	Schlafen	68,0 kg/h	0,304 m³/h	5	52,0 kg/h	0,233 m³/h	4	100,3 kg/h	0,449 m³/h	6
	Kind	58,8 kg/h	0,263 m³/h	4	44,9 kg/h	0,201 m³/h	4	130,6 kg/h	0,584 m³/h	7
	Bad	24,0 kg/h	0,107 m³/h	3	18,3 kg/h	0,082 m³/h	2	83,5 kg/h	0,373 m³/h	6
	Duschbad	18,9 kg/h	0,084 m³/h	2	14,4 kg/h	0,065 m³/h	2	44,1 kg/h	0,197 m³/h	4
Wohnung 1. OG, W04	Küche/Essen	80,1 kg/h	0,358 m³/h	6	61,2 kg/h	0,274 m³/h	5	97,9 kg/h	0,438 m³/h	6
	Wohnen	57,3 kg/h	0,256 m³/h	4	43,8 kg/h	0,196 m³/h	4	76,3 kg/h	0,341 m³/h	6
	Wohnen	57,3 kg/h	0,256 m³/h	4	43,8 kg/h	0,196 m³/h	4	76,3 kg/h	0,341 m³/h	6
	Schlafen	68,3 kg/h	0,305 m³/h	5	52,2 kg/h	0,234 m³/h	4	63,9 kg/h	0,286 m³/h	5
	Bad	33,8 kg/h	0,151 m³/h	4	25,9 kg/h	0,116 m³/h	3	57,6 kg/h	0,258 m³/h	4
Wohnung 4. OG, W20	Küche	45,5 kg/h	0,203 m³/h	4	34,7 kg/h	0,155 m³/h	4	62,1 kg/h	0,278 m³/h	5
	Wohnen/Essen	98,5 kg/h	0,441 m³/h	6	75,4 kg/h	0,337 m³/h	6	111,1 kg/h	0,497 m³/h	7
	Wohnen/Essen	98,5 kg/h	0,441 m³/h	6	75,4 kg/h	0,337 m³/h	6	111,1 kg/h	0,497 m³/h	7
	Schlafen	68,5 kg/h	0,306 m³/h	5	52,4 kg/h	0,234 m³/h	4	84,3 kg/h	0,377 m³/h	6
	Bad	34,1 kg/h	0,153 m³/h	4	26,1 kg/h	0,117 m³/h	3	55,7 kg/h	0,249 m³/h	4
Wohnung 5. OG, W48	Küche	29,5 kg/h	0,132 m³/h	3	22,5 kg/h	0,101 m³/h	3	47,5 kg/h	0,213 m³/h	4
	Wohnen/Essen	66,1 kg/h	0,296 m³/h	5	50,6 kg/h	0,226 m³/h	4	78,0 kg/h	0,349 m³/h	6
	Wohnen/Essen	66,1 kg/h	0,296 m³/h	5	50,6 kg/h	0,226 m³/h	4	78,0 kg/h	0,349 m³/h	6
	Schlafen	67,3 kg/h	0,301 m³/h	5	51,5 kg/h	0,230 m³/h	4	67,1 kg/h	0,300 m³/h	5
	Bad	23,2 kg/h	0,104 m³/h	3	17,7 kg/h	0,079 m³/h	2	40,2 kg/h	0,180 m³/h	4

Tabelle 29: Vergleich Ventileinstellwerte, Liegenschaft B

7.2 Vergleich von berechneter Heizlast und eingestellter Heizlast

Wie zuvor beschrieben, wird mit dem Einstellwert am Ventil ein maximaler Durchfluss eingestellt. Dieser deckt einen bestimmten Heizlastbereich ab. Die jeweiligen Bereiche der Ventileinstellwerte wurden in Tabelle 26 auf Seite 59 dargestellt. Weil die Ventile die Einstellung von Zwischenwerten nicht erlauben, kommt es zwischen den berechneten und den eingestellten K_v -Werten zu Differenzen. Ausgehend von dem berechneten K_v -Wert wird immer der nächstgrößere einzustellende K_v -Wert gewählt. Dadurch sind die eingestellten Durchflüsse und damit auch die eingestellten Heizlasten immer größer als die berechneten Durchflüsse bzw. die berechneten Heizlasten.

7.2.1 Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft A, Einheit 1

Der Vergleich zwischen der errechneten und der eingestellten Heizlast der verschiedenen Räume von Liegenschaft A, Einheit 1, ist in der folgenden Tabelle 30 aufgeführt. Die Abweichungen fallen unterschiedlich aus; teilweise ist die eingestellte Heizlast deutlich höher als die berechnete. Die größte Abweichung entsteht bei der Berechnung nach Kennwert in der Kammer der Wohnung im EG links. Die eingestellte Heizlast ist hier mit 1.033 Watt um 58 % größer als die errechnete Heizlast mit 652 Watt. Der errechnete K_v -Wert ist hier etwas zu hoch für den nächstkleineren Ventileinstellwert. Die geringste Abweichung ist in der Wohnung im EG links in Zimmer 2 auf der Berechnungsgrundlage nach Kennwert zu finden. Hier übersteigt die eingestellte Heizlast mit 1.831 Watt die errechnete mit 1.827 Watt nur um weniger als 0,5 %. Der errechnete K_v -Wert ist hier nur geringfügig kleiner als der K_v -Wert der Ventileinstellung.

Liegenschaft A, Einheit 1		Kennwert				Messwert				DIN EN 12831			
Whg.	Raum	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt
Haus 19, 4. OG links	Küche	1 493 W	0,087 m³/h	1 831 W	+23 %	900 W	0,034 m³/h	1 033 W	+15 %	1 501 W	0,085 m³/h	1 831 W	+22 %
	Zimmer 1	1 540 W	0,075 m³/h	1 831 W	+19 %	928 W	0,027 m³/h	1 033 W	+11 %	1 687 W	0,038 m³/h	1 831 W	+9 %
	Zimmer 2	1 827 W	0,002 m³/h	1 831 W	0 %	1 101 W	0,048 m³/h	1 286 W	+17 %	1 856 W	0,114 m³/h	2 299 W	+24 %
	Zimmer 3	1 690 W	0,037 m³/h	1 831 W	+8 %	1 019 W	0,004 m³/h	1 033 W	+1 %	2 256 W	0,012 m³/h	2 299 W	+2 %
	Bad	510 W	0,019 m³/h	584 W	+14 %	308 W	0,011 m³/h	351 W	+14 %	910 W	0,032 m³/h	1 033 W	+14 %
	Kammer	652 W	0,098 m³/h	1 033 W	+58 %	393 W	0,049 m³/h	584 W	+49 %	852 W	0,047 m³/h	1 033 W	+21 %
Haus 19, 4. OG links	Küche	1 793 W	0,010 m³/h	1 831 W	+2 %	1 081 W	0,053 m³/h	1 286 W	+19 %	1 480 W	0,091 m³/h	1 831 W	+24 %
	Zimmer 1	1 702 W	0,034 m³/h	1 831 W	+8 %	1 026 W	0,002 m³/h	1 033 W	+1 %	1 320 W	0,132 m³/h	1 831 W	+39 %
	Zimmer 2	1 723 W	0,048 m³/h	1 831 W	+6 %	1 038 W	0,064 m³/h	1 286 W	+24 %	1 456 W	0,097 m³/h	1 831 W	+26 %
	Bad	307 W	0,011 m³/h	351 W	+14 %	185 W	0,002 m³/h	191 W	+3 %	548 W	0,010 m³/h	584 W	+7 %
Haus 19, 1. OG links	Küche	1 598 W	0,060 m³/h	1 831 W	+15 %	963 W	0,018 m³/h	1 033 W	+7 %	1 515 W	0,082 m³/h	1 831 W	+21 %
	Zimmer 1	1 672 W	0,041 m³/h	1 831 W	+10 %	1 008 W	0,007 m³/h	1 033 W	+2 %	1 332 W	0,129 m³/h	1 831 W	+37 %
	Zimmer 2	2 033 W	0,069 m³/h	2 299 W	+13 %	1 225 W	0,016 m³/h	1 286 W	+5 %	1 535 W	0,076 m³/h	1 831 W	+19 %
	Bad	300 W	0,013 m³/h	351 W	+17 %	181 W	0,003 m³/h	191 W	+6 %	676 W	0,092 m³/h	1 033 W	+53 %

Tabelle 30: Liegenschaft A, Einheit 1, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast

7.2.2 Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft A, Einheit 2

Die eingestellten und berechneten Heizlasten der Liegenschaft A, Einheit 2, zeigt Tabelle 31. Die Abweichungen sind hier noch etwas höher als bei den Räumen der Liegenschaft A, Einheit 1. Die größte Abweichung ergab sich bei der Heizlastberechnung nach Kennwert im Raum Kammer der Wohnung im 4. OG links: Dort ist die eingestellte Heizlast mit 1.033 Watt um 70 % höher als die errechnete mit nur 608 Watt. Letztere ist hier um 24 Watt zu hoch, um noch von dem nächstkleineren Ventileinstellwert abgedeckt werden zu können. Die geringste Abweichung zwischen eingestellter und errechneter Heizlast besteht im Zimmer 2 der Wohnung im 4. OG links auf Berechnungsgrundlage der DIN EN 12831. Hier ist die eingestellte Heizlast mit 1.286 Watt um weniger als 0,5 % geringer als die errechnete mit 1.283 Watt. Der K_v -Wert der Ventileinstellung ist nur geringfügig kleiner als der errechnete K_v -Wert.

Liegenschaft A, Einheit 2		Kennwert				Messwert				DIN EN 12831			
Whg.	Raum	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt
Haus 1, EG rechts	Küche	987 W	0,012 m³/h	1 033 W	+5 %	628 W	0,104 m³/h	1 033 W	+64 %	1 205 W	0,021 m³/h	1 286 W	+7 %
	Zimmer 1	2 125 W	0,045 m³/h	2 299 W	+8 %	1 353 W	0,123 m³/h	1 831 W	+35 %	2 175 W	0,032 m³/h	2 299 W	+6 %
	Zimmer 2	1 689 W	0,037 m³/h	1 831 W	+8 %	1 075 W	0,054 m³/h	1 286 W	+20 %	1 769 W	0,017 m³/h	1 831 W	+4 %
	Kammer	559 W	0,007 m³/h	584 W	+5 %	356 W	0,059 m³/h	584 W	+64 %	1 064 W	0,057 m³/h	1 286 W	+21 %
	Bad	215 W	0,035 m³/h	351 W	+64 %	137 W	0,014 m³/h	191 W	+40 %	549 W	0,009 m³/h	584 W	+6 %
Haus 1, 4. OG links	Küche	1 073 W	0,055 m³/h	1 286 W	+20 %	683 W	0,090 m³/h	1 033 W	+51 %	929 W	0,027 m³/h	1 033 W	+11 %
	Zimmer 1	1 900 W	0,103 m³/h	2 299 W	+21 %	1 209 W	0,020 m³/h	1 286 W	+6 %	1 454 W	0,097 m³/h	1 831 W	+26 %
	Zimmer 2	1 750 W	0,021 m³/h	1 831 W	+5 %	1 114 W	0,044 m³/h	1 286 W	+15 %	1 283 W	0,001 m³/h	1 286 W	0 %
	Kammer	608 W	0,109 m³/h	1 033 W	+70 %	387 W	0,051 m³/h	584 W	+51 %	898 W	0,035 m³/h	1 033 W	+15 %
	Bad	262 W	0,023 m³/h	351 W	+34 %	167 W	0,006 m³/h	191 W	+15 %	508 W	0,020 m³/h	584 W	+15 %
Haus 1, 1. OG rechts	Küche	1 183 W	0,027 m³/h	1 286 W	+9 %	753 W	0,072 m³/h	1 033 W	+37 %	1 125 W	0,042 m³/h	1 286 W	+14 %
	Zimmer 1	1 760 W	0,019 m³/h	1 831 W	+4 %	1 120 W	0,043 m³/h	1 286 W	+15 %	1 362 W	0,121 m³/h	1 831 W	+34 %
	Zimmer 2	1 889 W	0,106 m³/h	2 299 W	+22 %	1 202 W	0,022 m³/h	1 286 W	+7 %	1 478 W	0,091 m³/h	1 831 W	+24 %
	Bad	372 W	0,055 m³/h	584 W	+57 %	237 W	0,029 m³/h	351 W	+48 %	655 W	0,097 m³/h	1 033 W	+58 %

Tabelle 31: Liegenschaft A, Einheit 2, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast

7.2.3 Vergleich von berechneter und eingestellter Heizlast, Liegenschaft B

Die Abweichungen der eingestellten Heizlasten im Vergleich zu den errechneten sind in Tabelle 32 aufgeführt. Da die Wohnzimmer dieser Liegenschaft jeweils über zwei Heizkörper verfügen, wurde die Raumheizlast gleichmäßig auf beide verteilt und der Raum in der Tabelle zweimal abgebildet. Wie schon bei den beiden zuvor betrachteten Objekten fallen auch hier die Abweichungen unterschiedlich aus. Die größte Abweichung tritt im Raum Bad der Wohnung W04 im 1. OG auf Grundlage der Kennwertmethode auf. In diesem Raum ist die eingestellte Heizlast mit 1.033 Watt um 75 % höher als die errechnete mit 590 Watt. Die geringsten Abweichungen weisen die Räume Kind in der Wohnung W01 nach der Kennwertmethode, der Raum Wohnen/Essen in der Wohnung W01 nach Messung des Wärmestroms und der Raum Kind der Wohnung W01 nach DIN EN 12831 auf. In diesen Räumen ist die eingestellte Heizlast um nur 1 % geringer als die errechnete. Die eingestellten Durchflüsse der Heizkörperventile liegen hier nur geringfügig über den errechneten.

Kapitel 7: Berechnung der erforderlichen Ventileinstellungen

Liegenschaft B		Kennwert				Messwert				DIN EN 12831			
Whg.	Raum	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt	Heizlast berechnet	Zunahme Kv-Einstell zu Kv-Berechnung	Heizlast eingestellt	% Zunahme Heizlast eingestellt
Wohnung EG, W01	Küche	672 W	0,093 m³/h	1 033 W	+54 %	514 W	0,018 m³/h	584 W	+14 %	1 103 W	0,047 m³/h	1 286 W	+17 %
	Wohnen/Essen	1 332 W	0,129 m³/h	1 831 W	+37 %	1 019 W	0,004 m³/h	1 033 W	+1 %	1 999 W	0,078 m³/h	2 299 W	+15 %
	Wohnen/Essen	1 332 W	0,129 m³/h	1 831 W	+37 %	1 019 W	0,004 m³/h	1 033 W	+1 %	1 999 W	0,078 m³/h	2 299 W	+15 %
	Schlafen	1 187 W	0,026 m³/h	1 286 W	+8 %	908 W	0,032 m³/h	1 033 W	+14 %	1 750 W	0,021 m³/h	1 831 W	+5 %
	Kind	1 025 W	0,002 m³/h	1 033 W	+1 %	784 W	0,064 m³/h	1 033 W	+32 %	2 279 W	0,006 m³/h	2 299 W	+1 %
	Bad	419 W	0,043 m³/h	584 W	+39 %	320 W	0,008 m³/h	351 W	+10 %	1 456 W	0,097 m³/h	1 831 W	+26 %
	Duschbad	329 W	0,006 m³/h	351 W	+7 %	252 W	0,025 m³/h	351 W	+39 %	770 W	0,068 m³/h	1 033 W	+34 %
Wohnung 1. OG, W04	Küche/Essen	1 397 W	0,112 m³/h	1 831 W	+31 %	1 068 W	0,056 m³/h	1 286 W	+20 %	1 708 W	0,032 m³/h	1 831 W	+7 %
	Wohnen	1 000 W	0,009 m³/h	1 033 W	+3 %	765 W	0,069 m³/h	1 033 W	+35 %	1 332 W	0,129 m³/h	1 831 W	+37 %
	Wohnen	1 000 W	0,009 m³/h	1 033 W	+3 %	765 W	0,069 m³/h	1 033 W	+35 %	1 332 W	0,129 m³/h	1 831 W	+37 %
	Schlafen	1 191 W	0,025 m³/h	1 286 W	+8 %	911 W	0,031 m³/h	1 033 W	+13 %	1 114 W	0,044 m³/h	1 286 W	+15 %
	Bad	590 W	0,114 m³/h	1 033 W	+75 %	451 W	0,034 m³/h	584 W	+29 %	1 005 W	0,007 m³/h	1 033 W	+3 %
Wohnung 4. OG, W20	Küche	793 W	0,062 m³/h	1 033 W	+30 %	606 W	0,110 m³/h	1 033 W	+70 %	1 084 W	0,052 m³/h	1 286 W	+19 %
	Wohnen/Essen	1 719 W	0,029 m³/h	1 831 W	+7 %	1 315 W	0,133 m³/h	1 831 W	+39 %	1 938 W	0,093 m³/h	2 299 W	+19 %
	Wohnen/Essen	1 719 W	0,029 m³/h	1 831 W	+7 %	1 315 W	0,133 m³/h	1 831 W	+39 %	1 938 W	0,093 m³/h	2 299 W	+19 %
	Schlafen	1 195 W	0,024 m³/h	1 286 W	+8 %	914 W	0,031 m³/h	1 033 W	+13 %	1 471 W	0,093 m³/h	1 831 W	+24 %
	Bad	595 W	0,112 m³/h	1 033 W	+74 %	455 W	0,033 m³/h	584 W	+28 %	971 W	0,016 m³/h	1 033 W	+6 %
Wohnung 5. OG, W48	Küche	514 W	0,018 m³/h	584 W	+14 %	393 W	0,049 m³/h	584 W	+49 %	829 W	0,052 m³/h	1 033 W	+25 %
	Wohnen/Essen	1 154 W	0,034 m³/h	1 286 W	+11 %	882 W	0,039 m³/h	1 033 W	+17 %	1 361 W	0,121 m³/h	1 831 W	+35 %
	Wohnen/Essen	1 154 W	0,034 m³/h	1 286 W	+11 %	882 W	0,039 m³/h	1 033 W	+17 %	1 361 W	0,121 m³/h	1 831 W	+35 %
	Schlafen	1 174 W	0,029 m³/h	1 286 W	+10 %	898 W	0,035 m³/h	1 033 W	+15 %	1 171 W	0,030 m³/h	1 286 W	+10 %
	Bad	404 W	0,046 m³/h	584 W	+45 %	309 W	0,011 m³/h	351 W	+14 %	702 W	0,085 m³/h	1 033 W	+47 %

Tabelle 32: Liegenschaft B, Vergleich berechneter Heizlast zur eingestellten Heizlast

8 Zusammenfassung und Diskussion

Beim Vergleich der drei verschiedenen Methoden zur Heizlastberechnung in den vorherigen Kapiteln 6 und 7 zeigen sich teilweise erhebliche Unterschiede bei den Werten der Raumheizlast und den Einstellungen der Heizkörperventile für den hydraulischen Abgleich. So wird die höchste Heizlast für 16 von 28 berechneten Räumen der Liegenschaft A auf Berechnungsgrundlage der DIN EN 12831 ermittelt und bei zwölf Räumen auf Basis der vereinfachten Kennwertmethode. Bei Liegenschaft B ist bei 16 von 18 berechneten Räumen die Heizlast nach DIN EN 12831 am höchsten. In zwei Räumen ist die Heizlast auf Grundlage der vereinfachten Kennwertmethode am höchsten, wobei die Abweichung zu der errechneten Heizlast nach DIN EN 12831 gering ist und als vernachlässigbar betrachtet werden kann. In allen 46 berechneten Räumen der Beispielwohnungen ist die hochgerechnete Heizlast nach dem gemessenen Wärmestrom mit Abstand am geringsten. Ein Grund dafür könnte sein, dass im Zeitraum der Messung die solare Strahlung sehr hoch war und der benötigte Heizwärmebedarf somit reduziert wurde. Wie schon zuvor beschrieben, haben solare Gewinne bei der Heizlastberechnung nach der vereinfachten Kennwertmethode und nach DIN EN 12831 keinen Einfluss. Zur solaren Strahlung während der Messungen liegen keine Daten vor. Eine Aussage, ob diese den Heizwärmebedarf reduziert haben könnte, lässt sich also nicht treffen. Des Weiteren kann nicht ausgeschlossen werden, dass während der Messungen die Bewohner einzelner Wohnungen nicht anwesend waren. Sollten einzelne Bewohner beispielsweise verreist gewesen sein, könnte das die gemessene Heizleistung reduziert haben. Sollten einzelne Wohnungen während der Messung nicht auf 20 °C beheizt gewesen sein, würde sich in den angrenzenden Nachbarwohnungen die Heizleistung erhöhen und die Abweichung der Messung zum tatsächlichen Wärmebedarf wäre somit geringer. Trotz dieser Punkte wird davon ausgegangen, dass der tatsächlich benötigte Wärmebedarf für die Beheizung der Räume geringer ist als die berechnete Heizlast nach DIN EN 12831 und nach der Kennwertmethode.

Quantitativ fallen die Abweichungen zwischen den Ergebnissen der unterschiedlichen Berechnungsverfahren in den einzelnen Räumen unterschiedlich aus. Die größten Abweichungen der Raumheizlast nach der vereinfachten Kennwertmethode sowie nach hochgerechneten Messwerten im Vergleich zur Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 ergibt sich bei allen zehn berechneten Wohnungen in den Bädern. Der Grund besteht darin, dass diese bei der Berechnung nach DIN EN 12831 mit einer Raumtemperatur von 24 °C ange-

nommen werden. Bei der vereinfachten Kennwertmethode und der Berechnung nach Messung des Wärmestroms wird bei den Räumen nicht nach der Nutzung und damit der Raumtemperatur unterschieden. Hinzu kommt, dass durch die Innentemperatur von 24 °C bei der Berechnung nach DIN EN 12831 alle Innenwände, Fußböden und Decken der Bäder an Räume mit einem niedrigerem Temperaturniveau angrenzen. Bei der flächenbezogenen Heizlast nach DIN EN 12831 in W/m² sind aus genannten Gründen ebenfalls bei allen berechneten Beispielwohnungen die Ergebnisse im Bad am höchsten.

Bei den Ventileinstellungen für den hydraulischen Abgleich ergibt sich wie schon beim Vergleich der Heizlast bei den 46 berechneten Räumen unterschiedliche Abweichungen zwischen den drei Berechnungsmethoden. Die geringsten Abweichungen ergeben sich bei der Kennwertmethode im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831. Von den 46 berechneten Räumen ergeben sich bei 18 Räumen keine Abweichungen bei den Ventileinstellwerten. In 17 Räumen ist der Ventileinstellwert nach der Kennwertmethode eine Stufe geringer und in fünf Räumen eine Stufe höher als bei der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei vier Räumen ist der Ventileinstellwert nach der Kennwertmethode zwei Stufen geringer und in zwei Räumen drei Stufen geringer als der Einstellwert auf Grundlage der Berechnung nach DIN EN 12831. Damit besteht für 39 % der Räume keine Abweichung der Ventileinstellwerte zwischen Kennwertmethode und der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei 48 % der Räume weicht der Einstellwert der Thermostatventile nach der Kennwertmethode eine Stufe von den Einstellwerten auf Grundlage der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 ab. Bei lediglich 13 % der betrachteten Räume weicht der Einstellwert der Ventile auf Berechnungsgrundlage des Kennwerts um zwei oder mehr Stufen von den Ventileinstellungen auf Berechnungsgrundlage der DIN EN 12831 ab.

Bei den Ventileinstellungen auf Grundlage der Messwertmethode im Vergleich zu jenen nach DIN EN 12831 ergeben sich größere Abweichungen. In nur zwei von 46 berechneten Räumen stimmt der Ventileinstellwert nach Berechnung der Messwertmethode mit dem nach DIN EN 12831 überein. In 20 Räumen ist der Ventileinstellwert auf Grundlage des gemessenen Wärmestroms eine Stufe geringer und in 19 Räumen zwei Stufen geringer als auf Grundlage der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831. Bei vier Räumen ergibt sich auf Grundlage der Messwertmethode sogar eine Ventileinstellung, die drei Stufen unter der nach DIN EN 12831 liegt. In einem Raum ergibt sich nach der Messwertmethode ein Ventileinstellwert, der vier Stufen unter dem Einstellwert nach DIN EN 12831 liegt. Damit ergibt sich bei lediglich 4 % der berechneten Räume keine Abweichung der Ventileinstell-

werte nach Messwert im Vergleich zu der Berechnung nach DIN EN 12831. Bei 43 % der berechneten Räume ist der Ventileinstellwert nach Messung um eine Stufe geringer als der Einstellwert nach DIN EN 12831. In 51 % der Räume ist der Ventileinstellwert um zwei Stufen oder mehr geringer als der Ventileinstellwert nach DIN EN 12831.

Obwohl die Ventileinstellwerte unmittelbar mit der errechneten Heizlast zusammenhängen, zeigen sich bei den größten Abweichungen der unterschiedlichen Berechnungsmethoden teilweise andere Ergebnisse als beim Vergleich der Heizlastergebnisse. Bei der Betrachtung der Heizlast zeigen sich in den Wohnungen die größten Abweichungen wie zuvor beschrieben in den Bädern. Da die Ventileinstellungen, wie in Kapitel 7 beschrieben, einen bestimmten Heizlastbereich abdecken, kommt es beim Vergleich teilweise zu anderen Ergebnissen. Dadurch kann es vorkommen, dass der Ventileinstellwert eines Raums nach der Kennwertmethode oder der Messmethode im Vergleich zum Einstellwert auf Grundlage der Berechnung nach DIN EN 12831 abweicht, obwohl die Abweichung der Heizlast zwischen den Berechnungsmethoden vernachlässigbar gering ist. Die größten Abweichungen der Ventileinstellungen in den Wohnungen nach Kennwert und Messwert von den Einstellungen nach DIN EN 12831 sind dadurch nicht ausschließlich in den Bädern, sondern in unterschiedlichen Räumen.

Der Vergleich zwischen berechneter und eingestellter Heizlast der Thermostatventile in Kapitel 7.2 zeigt, dass die eingestellte Leistung der Heizkörper teilweise erheblich höher ist als die berechnete Heizlast. Dies bietet eine zusätzliche Sicherheit für die ausreichende Beheizung der Räume. Des Weiteren zeigt sich, dass sich eine genau berechnete Heizlast bei dem hydraulischen Abgleich nicht einstellen lässt. Die eingestellte Leistung in den Räumen wird durch das Stufensystem der Heizkörperventile immer höher sein als die errechnete Heizlast.

Der Vergleich der Ventileinstellwerte in Kapitel 7.1 zeigt, dass in vielen Räumen eine Heizlastberechnung nach der vereinfachten Kennwertmethode ausreichend wäre. In 18 der 46 berechneten Räume würden sich keine Abweichungen bei den Ventileinstellungen nach der Kennwertmethode im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 ergeben. Bei einer Abweichung der Ventileinstellung von der DIN EN 12831 um eine Stufe mehr oder weniger wird davon ausgegangen, dass sich keine merkbaren Einschränkungen bei der Beheizung der Räume ergeben. Bei 22 weiteren Räumen ist der Ventileinstellwert nach der vereinfachten Kennwertmethode eine Stufe höher oder geringer als nach der Berechnung auf Grundlage der DIN EN 12831. Somit ergeben sich bei 40 der 46 berechneten Räume

keine Einschränkungen bei der Beheizung. Die positiven oder negativen Abweichungen der Kennwertmethode im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 werden als tolerierbar betrachtet, da der individuelle Wärmebedarf der Bewohner ohnehin unterschiedlich ist. Bei sechs der 46 berechneten Räume ergeben sich bei den Ventileinstellwerten nach der Kennwertmethode im Vergleich zu jenen nach DIN EN 12831 Abweichungen, die zwei Stufen oder mehr betragen. Auch wenn die Ergebnisse nach der vereinfachten Kennwertmethode in einzelnen Räumen geringer sind als die nach DIN EN 12831, zeigen sie, dass die Kennwertmethode dennoch ausreichend ist. Zudem ist die eingestellte Heizlast durch das Stufensystem der Heizkörperventile immer größer als die berechnete Heizlast. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 wird die maximal erforderliche Leistung für den unwahrscheinlichen Fall ermittelt, dass die Außentemperatur über einen längeren Zeitraum der Norm-Außentemperatur (in Hamburg -12 °C) entspricht und die angrenzenden Wohnungen nicht auf 20 °C beheizt sind. Die Norm-Außentemperatur basiert auf dem geringsten Zweitagesmittel der Lufttemperatur, das 10-mal in 20 Jahren erreicht wurde. Im Durchschnitt tritt die Norm-Außentemperatur also alle zwei Jahre auf. Die Wahrscheinlichkeit, dass an diesen Tagen die Nachbarwohnungen nicht voll beheizt sind, wird als gering betrachtet. Des Weiteren werden zahlreiche positive Energieeinträge bei der Berechnung nach DIN EN 12831 nicht berücksichtigt, etwa solare Wärmegewinne oder Abwärme durch die Bewohner. Somit ist davon auszugehen, dass es bei einer Auslegung der Heizlast nach dem vereinfachten Verfahren nur sehr selten und in vereinzelt Räumen zu geringen Einschränkungen kommt. Beim Vergleich der Gesamtheizlast in Kapitel 6.3 zeigt sich, dass diese nach Kennwert bei allen drei Gebäuden geringer ist als die Gesamtheizlast nach DIN EN 12831. Bei den Gebäuden der Liegenschaft A ist die Abweichung gering, bei Liegenschaft B ist die Heizlast nach Kennwert um etwa 30 % geringer als nach DIN EN 12831. Durch die geringere Heizlast nach Kennwert ist es möglich, die Volumenströme im Heizungssystem zu reduzieren und somit Energie einzusparen.

Eine Heizlastberechnung nach Hochrechnung des gemessenen Wärmestroms ist nach Auswertung des Vergleichs nicht ratsam. In nur zwei Räumen gibt es eine Übereinstimmung der Ventileinstellung nach Messwert und DIN EN 12831. Bei weiteren 20 Räumen ist der Einstellwert nach Hochrechnung der Messergebnisse eine Stufe geringer als der Einstellwert auf Grundlage der Heizlast nach DIN EN 12831. Unter der Annahme, dass sich ein Ventileinstellwert eine Stufe unter dem Einstellwert der DIN EN 12831 nicht bemerkbar auf die Beheizung des Raums auswirkt, gibt es nur bei 22 der 46 berechneten

Räume keine Einschränkungen. Bei 24 Räumen könnte es zu einer Einschränkung bei der Beheizung kommen. Die Möglichkeit, dass es bei einer Auslegung der Heizlast nach dem Messverfahren zu Einschränkungen bei der ausreichenden Beheizung der Wohnungen kommen kann, wird als zu hoch bewertet. Eine Auslegung des Heizungssystems nach Messung des Wärmestroms wird aus genannten Gründen nicht empfohlen. Dennoch bestätigt die Messung, dass der reale Wärmebedarf der Bewohner geringer ist als die berechneten Heizlasten nach Kennwert und DIN EN 12831. Das zeigt, dass die Heizlastberechnung nach der Kennwertmethode ausreichend ist, auch wenn diese teilweise geringer ist als die Heizlast nach DIN EN 12831.

9 Fazit

Bei den betrachteten Gebäuden ist eine Heizlastberechnung nach der vereinfachten Kennwertmethode ausreichend. Durch den geringeren Aufwand dieses Verfahrens im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 ließen sich die Kosten der Heizlastberechnung in Zukunft erheblich reduzieren. Es wird davon ausgegangen, dass es durch die teils geringeren Heizleistungen nach Kennwert im Vergleich zur DIN EN 12831 zu keinen nennenswerten Beeinträchtigungen bei der Beheizung kommt. Durch die teils geringeren Heizlasten nach der Kennwertmethode lässt sich im Vergleich zur Berechnung nach DIN EN 12831 aufgrund der reduzierten Volumenströme sogar Energie einsparen.

Eine reine Auslegung der Heizlast nach Messung des Wärmestroms ist durch die teilweise geringen Heizlastergebnisse nicht empfehlenswert, die Ergebnisse zeigen jedoch, dass der reale Wärmebedarf der Bewohner niedriger ist als der nach der Kennwertmethode und nach DIN EN 12831 berechnete.

Bei komplexeren Heizlastberechnungen ist eine softwaregestützte Berechnung nach DIN EN 12831 weiterhin notwendig. Beispielsweise lassen sich Zusatz-Aufheizleistungen bei temporärer Nutzung, Außentemperaturkorrekturen oder Innentemperaturen sehr viel größer oder kleiner als 20 °C mit der Kennwertmethode nur schwer berechnen. Auch kann die Wahl des Kennwerts bei atypischen oder teilsanierten Gebäuden schwierig sein, was eine Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 erforderlich macht.

Bei den Berechnungen der Ventileinstellungen zeigt sich, dass die berechnete Heizlast durch die stufenweise Einstellung der Heizkörperventile teils nur ungenau und mit großen Abweichungen möglich ist. Daraus ergibt sich, dass eine Genauigkeit bei der Heizlastberechnung im Zuge des hydraulischen Abgleichs nicht umgesetzt werden kann.

In dieser Arbeit wurden die unterschiedlichen Berechnungsmethoden am Beispiel von drei Gebäuden miteinander verglichen. Für eine allgemeingültige Aussage müssten weitere Gebäude berechnet und statistisch ausgewertet werden.

10 Literaturverzeichnis

- Solar-Computer GmbH.** (14. 03 2017). *Solar-Computer GmbH*. Abgerufen am 20. 03 2017 von Solar-Computer GmbH: http://www.solar-computer.de/index.php?seite=produkte&sub=heizung&software=Heizlastberechnung_DIN_EN_12831
- Burger, H., & Rogatty, W.** (2004). Überschlgeige Ermittlung der erforderlichen Kesselleistung. *IKZ-Haustechnik*(18), S. 44.
- Deutsche-Energieagentur (dena).** (kein Datum). *Deutsche-Energieagentur (dena)*. Abgerufen am 21. 02 2017 von Deutsche-Energieagentur (dena): <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebaeude/>
- DIN EN 12831.** (August 2003). Heizungsanlagen in Gebäuden. *Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*.
- DIN EN 12831, Beiblatt 1.** (August 2008). Heizsysteme in Gebäuden. *Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Nationaler Anhang*.
- Dipl.Ing Stannek, S.** (kein Datum). *Ingenieurberatung Siegfried Stannek*. Abgerufen am 07. 03 2017 von http://www.s-stannek.de/7_DIN/din-download/downloads/DIN-Infoblatt.pdf
- Flexim.** (2016). *Technische Spezifikation FLUXUS F601*. Berlin: Flexim.
- Grimm, D.-I. H.** (27. April 2006). *Wissenschaft Technik Ethik*. Abgerufen am 17. September 2017 von http://www.wissenschaft-technik-ethik.de/wasser_eigenschaften.html
- IMI Hydronic Engineering.** (Februar 2017). *Technischer Katalog 2017*. Erwitte: IMI Hydronic Engineering Deutschland GmbH.
- Intelligend heizen.** (2015). *Heizungsoptimierung*. Berlin: VdZ.
- Jagnow, K., Halper, C., Timm, T., & Sobirey, M.** (kein Datum). *Institut für Wärme und Öltechnik*. Abgerufen am 21. 02 2017 von Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand: https://www.zukunftsheizen.de/fileadmin/user_upload/Modernisieren/Fachartikel_Optimierungskonzept.pdf
- Pistohl, R. S.** (2013). *Handbuch der Gebäudetechnik, 8. Auflage*. Köln: Werner Verlag.

-
- Recknagel, S. S.** (2009). *Taschenbuch für Heizung+ Klimatechnik*. München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Rudolf, Wagner.** (2008). *Energieanwendungstechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rudolph, M., & Wagner, U.** (2008). *Energieanwendungstechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Samson AG Mess- und Regeltechnik.** (März 2012). *Samson AG Mess- und Regeltechnik*. Abgerufen am 10. September 2017 von https://www.samson.de/pdf_de/t00050de.pdf
- Scheithauer, B.** (kein Datum). *Hydraulischer Abgleich- Denken im System*. Abgerufen am 30. August 2017 von http://www.hydraulischer-abgleich.de/deu/1_/72_/84_.html?robot=norobot
- VdZ- Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V.** (Februar 2013). *VdZ Spitzenverband der Gebäudetechnik*. Abgerufen am 2017. September 27 von http://vdzev.de/wp-content/uploads/2014/02/VdZ_Info22_Hydraulischer-Abgleich-Grosse-Anlagen.pdf
- VdZ- Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V.** (21. Juli 2016). *VdZ Spitzenverband der Gebäudetechnik*. Abgerufen am 22. September 2017 von <http://vdzev.de/vdz-formulare-zur-bestaetigung-des-hydraulischen-abgleichs-entfristung-und-neue-fachregel/>
- Wolff, P. D.-I., & Jagnow, D.-I. K.** (kein Datum). *delta-q, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften*. Abgerufen am 30. August 2017 von Heizlastberechnung Recknagel: https://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/Heizlastberechnung_Recknagel.pdf

Anhang

Norm Heizlast nach DIN EN 12831, Zusammenfassung der Räume:

Liegenschaft A, Einheit 1

Haus Nr. 19, EG links: Nr. 00.001.001 - 00.001.006

Haus Nr. 19, 4. OG links: Nr. 00.004.001 - 00.004.004

Haus Nr. 21, 1. OG links: Nr. 01.004.001 - 01.004.004

Norm Heizlast nach DIN EN 12831, Zusammenfassung der Räume:

Liegenschaft A, Einheit 2

Haus Nr. 1, EG rechts: Nr. 06.028.001 - 06.028.005

Haus Nr. 1, 4. OG links: Nr. 06.029.001 - 06.029.005

Haus Nr. 1, 1. OG rechts: Nr. 06.030.001 - 06.030.004

Norm Heizlast nach DIN EN 12831, Zusammenfassung der Räume:

Liegenschaft B

Haus Nr. 26, EG, W01:	Nr. 04.003.001 - 04.003.008
Haus Nr. 26, 1. OG, W04:	Nr. 05.001.001 - 05.001.014
Haus Nr. 24, 4. OG, W20:	Nr. 08.010.016 - 08.010.064
Haus Nr. 20, 5. OG, W48:	Nr. 09.017.019 - 09.017.077

Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren)

Datum:

Nationaler Anhang: DIN EN 12831 / Bbl.1 / 2008-07

Seite:

298

Projekt/Variante:

Zusammenstellung der Räume

Formblatt G - 2

Raum		θ_{int}	A_R	Φ_{Te}	Φ_T	$\Phi_{V,min}$	$\Phi_{V,inf}$	$\Phi_{V,su}$	$\Phi_{V,mjnf}$	Φ_{HL}	Φ_{RH}	$\Phi_{HL_{Ausl}}$
Nr.	Bezeichnung	°C	m ²	W	W	W	W	W	W	W	W	W
04.001.001	Wohnen	20.0	23.52	2035	2532	314				2846	0	2846
04.001.003	Schlafen	20.0	14.01	1072	1281	187				1467	0	1467
04.001.010	Bad	24.0	6.94	190	898	104				1002	0	1002
04.001.014	Küche/Essen	20.0	16.43	1070	1621	219				1840	0	1840
04.003.002	Wohnen/Essen	20.0	31.34	2837	3580	418				3997	0	3997
04.003.004	Kind	20.0	12.06	1844	2118	161				2279	0	2279
04.003.005	Schlafen	20.0	13.97	1214	1563	186				1750	0	1750
04.003.006	Küche	20.0	7.90	770	998	105				1103	0	1103
04.003.007	Du Bad	24.0	3.87	109	712	58				770	0	770
04.003.008	Bad	24.0	4.93	894	1382	74				1456	0	1456
04.010.016	Wohnen	20.0	26.77	1731	2362	357				2719	0	2719
04.010.017	Schlafen	20.0	14.15	1006	1456	188				1644	0	1644
04.010.027	Essen	20.0	14.00	670	1086	186				1273	0	1273
04.010.029	Küche	20.0	6.97	649	706	93				799	0	799
04.010.031	WC	20.0	2.45	56	190	32				223	0	223
04.010.036	Kind	20.0	9.33	861	1144	124				1269	0	1269
04.010.064	Bad	24.0	7.00	175	909	105				1014	0	1014
04.011.021	Schlafen	20.0	18.64	1265	1659	249				1908	0	1908
04.011.022	Kind	20.0	9.40	748	958	125				1083	0	1083
04.011.026	Wohnen	20.0	21.17	1312	1815	282				2097	0	2097
04.011.034	Bad	24.0	6.45	168	868	97				965	0	965
04.011.035	Küche	20.0	7.18	568	767	96				863	0	863
04.011.037	Essen	20.0	11.03	484	813	147				960	0	960
04.012.028	Wohnen/Essen	20.0	30.23	3523	4356	403				4760	0	4760
04.012.038	Schlafen	20.0	13.84	1431	1728	184				1912	0	1912
04.012.041	Küche	20.0	6.66	693	924	89				1012	0	1012
04.012.070	Bad	24.0	6.59	166	814	99				913	0	913
04.013.025	Schlafen	20.0	15.46	1309	1671	206				1876	0	1876
04.013.043	Bad	24.0	4.78	122	674	71				746	0	746
04.013.044	WC	20.0	2.39	59	186	32				218	0	218
04.013.045	Kind	20.0	12.64	878	1208	168				1377	0	1377
04.013.046	Wohnen	20.0	29.67	1795	2608	395				3003	0	3003
04.013.048	Küche	20.0	9.25	663	970	123				1093	0	1093
04.014.049	Wohnen/Essen	20.0	29.73	1831	2646	396				3042	0	3042
04.014.050	Kind	20.0	12.25	1125	1424	163				1587	0	1587
04.014.051	Bad	24.0	4.85	123	683	73				756	0	756
04.014.068	Küche	20.0	9.10	1166	1472	121				1593	0	1593
04.014.071	WC	20.0	2.01	225	342	27				369	0	369
04.016.018	Wohnen/Essen	20.0	36.48	1692	2480	486				2966	0	2966
04.016.020	Schlafen	20.0	15.16	949	1278	202				1480	0	1480
04.016.055	Kind	20.0	10.66	1389	1792	142				1934	0	1934
04.016.057	Bad	24.0	6.27	152	882	94				976	0	976
04.016.058	WC	20.0	2.59	60	284	35				319	0	319
04.016.067	Küche	20.0	7.63	875	1038	101				1140	0	1140
04.017.019	Schlafen	20.0	13.81	907	1283	184				1467	0	1467
04.017.075	Wohnen/Essen	20.0	27.14	1981	2651	361				3012	0	3012
04.017.076	Bad	24.0	4.75	131	669	71				740	0	740
04.017.077	Küche	20.0	6.05	462	762	162				924	0	924
04.032.024	Bad	18.0	5.08	0	-12	64				52	0	52
Übertrag			614.58	45438		8359				74594	0	74594

Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren)

Datum:

Nationaler Anhang: DIN EN 12831 / Bbl.1 / 2008-07

Seite:

299

Projekt/Variante:

Zusammenstellung der Räume

Formblatt G - 2

Raum		θ_{int}	A_R	Φ_{Te}	Φ_T	$\Phi_{V,min}$	$\Phi_{V,inf}$	$\Phi_{V,su}$	$\Phi_{V,minf}$	Φ_{HL}	Φ_{RH}	Φ_{HL} Ausl
Nr.	Bezeichnung	°C	m ²	W	W	W	W	W	W	W	W	W
04.032.059	Schlafen	18.0	10.20	920	990	127				1117	0	1117
04.032.066	Wohnen/Essen + Küche	18.0	27.88	1815	1850	349				2198	0	2198
05.001.001	Wohnen	20.0	23.52	1496	2350	314				2663	0	2663
05.001.003	Schlafen	20.0	14.01	718	927	187				1114	0	1114
05.001.010	Bad	24.0	6.94	0	901	104				1005	0	1005
05.001.014	Küche	20.0	16.43	680	1489	219				1708	0	1708
05.003.002	Wohnen/Essen	20.0	31.34	2103	3331	418				3748	0	3748
05.003.004	Kind	20.0	12.06	1516	2007	161				2167	0	2167
05.003.005	Schlafen	20.0	13.97	899	1456	186				1643	0	1643
05.003.006	Küche	20.0	7.90	582	935	105				1040	0	1040
05.003.007	Du Bad	24.0	3.87	0	714	58				772	0	772
05.003.008	Bad	24.0	4.93	738	1385	74				1458	0	1458
05.010.016	Wohnen	20.0	26.77	1123	2156	357				2513	0	2513
05.010.017	Schlafen	20.0	14.15	670	1292	188				1480	0	1480
05.010.027	Essen	20.0	14.00	366	979	186				1166	0	1166
05.010.029	Küche	20.0	6.97	480	649	93				742	0	742
05.010.031	WC	20.0	2.45	0	172	32				204	0	204
05.010.036	Kind	20.0	9.33	637	1068	124				1193	0	1193
05.010.064	Bad	24.0	7.00	0	912	105				1017	0	1017
05.011.021	Schlafen	20.0	18.64	832	1512	249				1761	0	1761
05.011.022	Kind	20.0	9.40	518	880	125				1005	0	1005
05.011.026	Wohnen	20.0	21.17	839	1654	282				1937	0	1937
05.011.034	Bad	24.0	6.45	0	870	97				967	0	967
05.011.035	Küche	20.0	7.18	388	706	96				801	0	801
05.011.037	Essen	20.0	11.03	243	731	147				878	0	878
05.012.028	Wohnen/Essen	20.0	30.23	2796	4110	403				4514	0	4514
05.012.038	Schlafen	20.0	13.84	1098	1615	184				1799	0	1799
05.012.041	Küche	20.0	6.66	571	883	89				971	0	971
05.012.070	Bad	24.0	6.59	0	817	99				915	0	915
05.013.025	Schlafen	20.0	15.46	948	1548	206				1754	0	1754
05.013.043	Bad	24.0	4.78	0	676	71				748	0	748
05.013.044	WC	20.0	2.39	0	166	32				198	0	198
05.013.045	Kind	20.0	12.64	583	1108	168				1277	0	1277
05.013.046	Wohnen	20.0	29.67	1120	2379	395				2775	0	2775
05.013.048	Küche	20.0	9.25	446	896	123				1020	0	1020
05.014.049	Wohnen/Essen	20.0	29.73	1150	2415	396				2812	0	2812
05.014.050	Kind	20.0	12.25	831	1328	163				1491	0	1491
05.014.051	Bad	24.0	4.85	0	688	73				761	0	761
05.014.068	Küche	20.0	9.10	439	886	121				1007	0	1007
05.014.071	WC	20.0	2.01	0	153	27				180	0	180
05.014.072	Schlafen	20.0	15.21	1113	1509	207				1716	0	1716
05.016.018	Wohnen/Essen	20.0	36.48	884	2206	486				2692	0	2692
05.016.020	Schlafen	20.0	15.16	579	1152	202				1354	0	1354
05.016.055	Kind	20.0	10.66	1121	1701	142				1844	0	1844
05.016.057	Bad	24.0	6.27	0	884	94				978	0	978
05.016.058	WC	20.0	2.59	0	264	35				298	0	298
05.016.067	Küche	20.0	7.63	688	975	101				1076	0	1076
05.017.019	Schlafen	20.0	13.81	566	1167	184				1351	0	1351
05.017.075	Wohnen/Essen	20.0	27.14	1264	2407	361				2769	0	2769
Übertrag			1266.57	79195		17104				14719	0	147191

Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren)
Nationaler Anhang: DIN EN 12831 / Bbl.1 / 2008-07

Datum:

Seite:

302

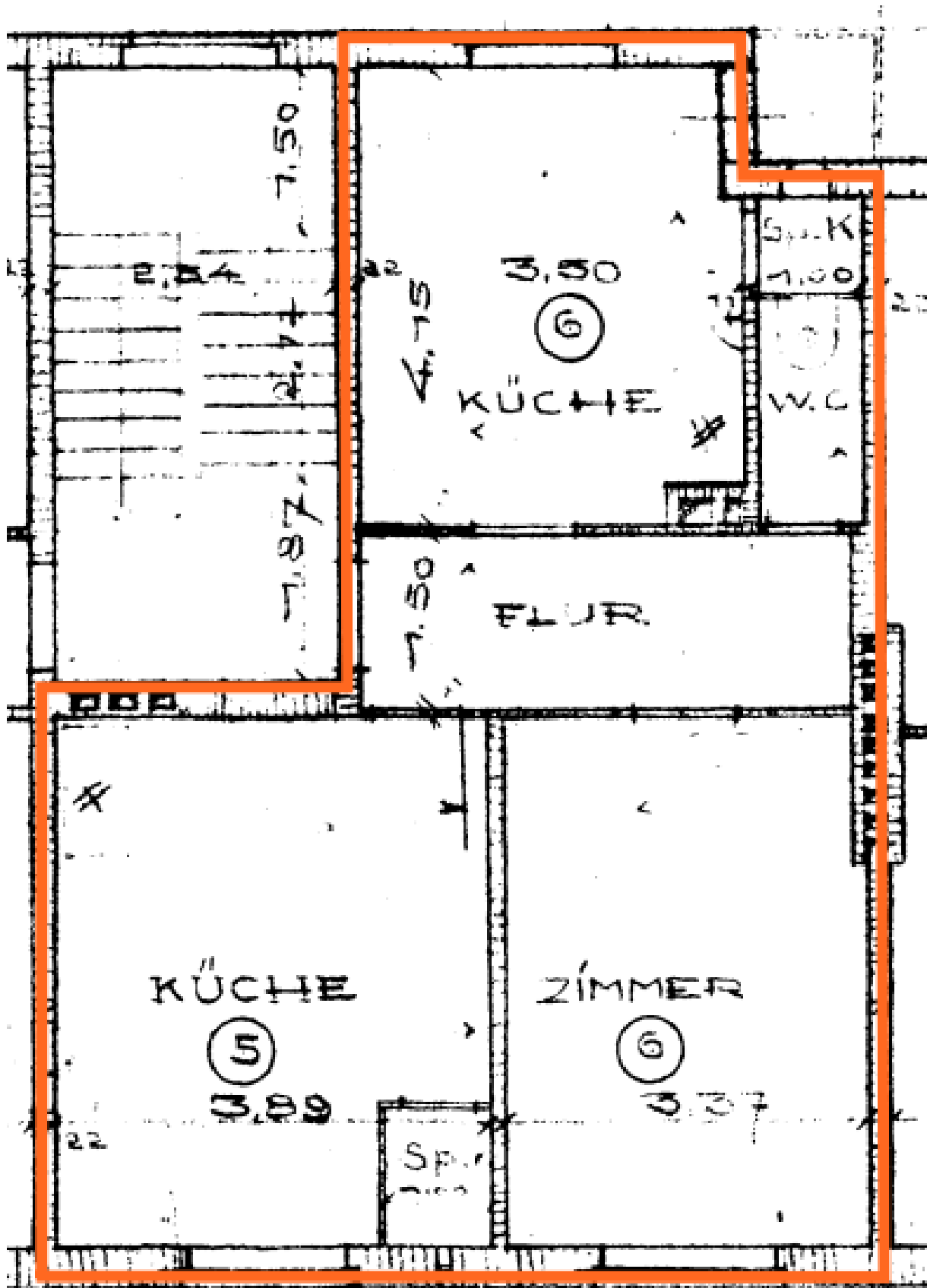
Projekt/Variante:

Zusammenstellung der Räume

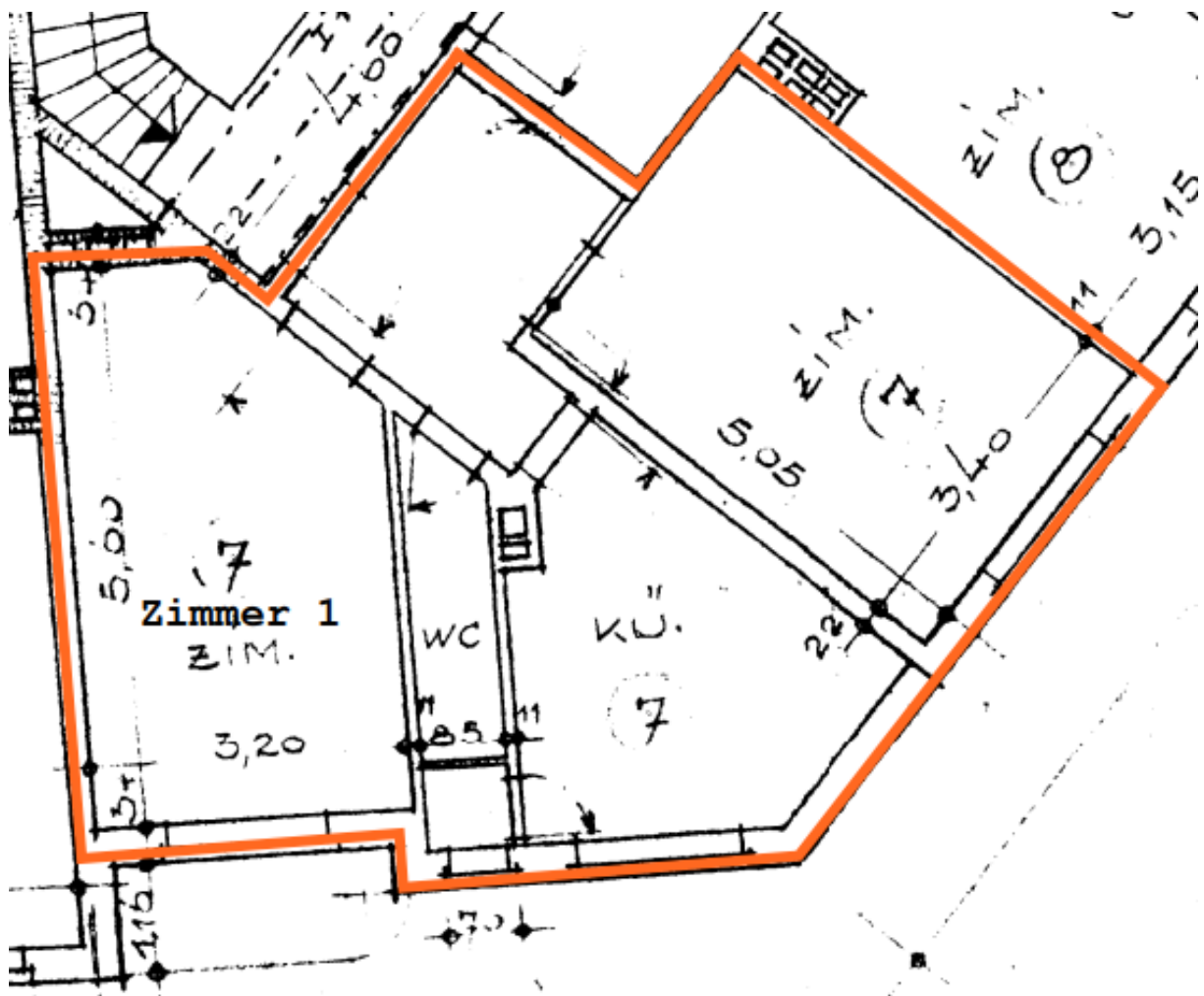
Formblatt G - 2

Raum		θ_{int}	A_R	Φ_{Te}	Φ_T	$\Phi_{V,min}$	$\Phi_{V,inf}$	$\Phi_{V,su}$	$\Phi_{V,mjnf}$	Φ_{HL}	Φ_{RH}	Φ_{HL} Ausl
Nr.	Bezeichnung	°C	m ²	W	W	W	W	W	W	W	W	W
07.017.019	Schlafen	20.0	13.81	566	1167	184				1351	0	1351
07.017.075	Wohnen/Essen	20.0	27.14	1264	2408	361				2770	0	2770
07.017.076	Bad	24.0	4.75	0	665	71				737	0	737
07.017.077	Küche	20.0	6.05	327	719	162				880	0	880
07.032.024	Bad	24.0	5.08	0	684	76				760	0	760
07.032.059	Schlafen	20.0	10.20	563	1123	136				1258	0	1258
07.032.066	Wohnen/Essen + Küche	20.0	27.88	1306	2447	372				2819	0	2819
08.010.016	Wohnen/Essen	20.0	40.45	2837	3338	538				3876	0	3876
08.010.029	Schlafen	20.0	14.06	1041	1283	188				1471	0	1471
08.010.036	Küche	20.0	9.33	676	960	124				1084	0	1084
08.010.064	Bad	24.0	7.00	132	866	105				971	0	971
08.011.021	Schlafen	20.0	18.64	1054	1448	249				1697	0	1697
08.011.022	Kind	20.0	9.40	577	787	125				912	0	912
08.011.026	Wohnen	20.0	21.17	1378	1801	282				2083	0	2083
08.011.034	Bad	24.0	6.45	127	827	97				923	0	923
08.011.035	Küche	20.0	7.18	438	663	96				758	0	758
08.011.037	Essen	20.0	11.03	401	729	147				876	0	876
08.013.025	Schlafen	20.0	15.46	1001	1363	206				1568	0	1568
08.013.043	Bad	24.0	4.78	92	627	71				699	0	699
08.013.044	WC	20.0	2.39	45	277	32				309	0	309
08.013.045	Kind	20.0	12.64	689	1020	168				1188	0	1188
08.013.046	Wohnen	20.0	29.67	1413	2190	395				2585	0	2585
08.013.048	Küche	20.0	9.25	502	808	123				931	0	931
08.014.049	Wohnen/Essen	20.0	29.73	1150	2379	396				2775	0	2775
08.014.050	Kind	20.0	12.25	831	1327	163				1491	0	1491
08.014.051	Bad	24.0	4.85	0	689	73				762	0	762
08.014.068	Küche	20.0	9.10	439	1046	121				1168	0	1168
08.014.071	WC	20.0	2.01	0	156	27				183	0	183
08.014.072	Schlafen	20.0	15.21	768	1392	207				1599	0	1599
08.016.018	Wohnen/Essen	20.0	36.48	884	2206	486				2692	0	2692
08.016.020	Schlafen	20.0	15.16	579	1152	202				1354	0	1354
08.016.055	Kind	20.0	10.66	1121	1614	142				1756	0	1756
08.016.057	Bad	24.0	6.27	0	890	94				984	0	984
08.016.058	WC	20.0	2.59	0	263	35				298	0	298
08.016.067	Küche	20.0	7.63	688	975	101				1076	0	1076
08.017.019	Schlafen	20.0	13.81	566	1167	184				1351	0	1351
08.017.075	Wohnen/Essen	20.0	27.14	1264	2408	361				2770	0	2770
08.017.076	Bad	24.0	4.75	0	665	71				737	0	737
08.017.077	Küche	20.0	6.05	327	719	162				880	0	880
08.032.024	Bad	24.0	5.08	0	684	76				760	0	760
08.032.059	Schlafen	20.0	10.20	563	1123	136				1258	0	1258
08.032.066	Wohnen/Essen + Küche	20.0	27.88	1306	2636	372				3008	0	3008
09.014.049	Wohnen/Essen	20.0	29.73	2230	2891	396				3287	0	3287
09.014.050	Kind	20.0	12.25	842	1143	163				1307	0	1307
09.014.051	Bad	24.0	4.85	93	657	73				729	0	729
09.014.068	Küche	20.0	9.10	494	803	121				924	0	924
09.014.071	WC	20.0	2.01	38	157	27				184	0	184
09.014.072	Schlafen	20.0	15.21	830	1185	207				1392	0	1392
09.016.018	Wohnen/Essen	20.0	36.48	1387	2175	486				2661	0	2661
Übertrag			3174.33	17684		43146				35753	0	357535

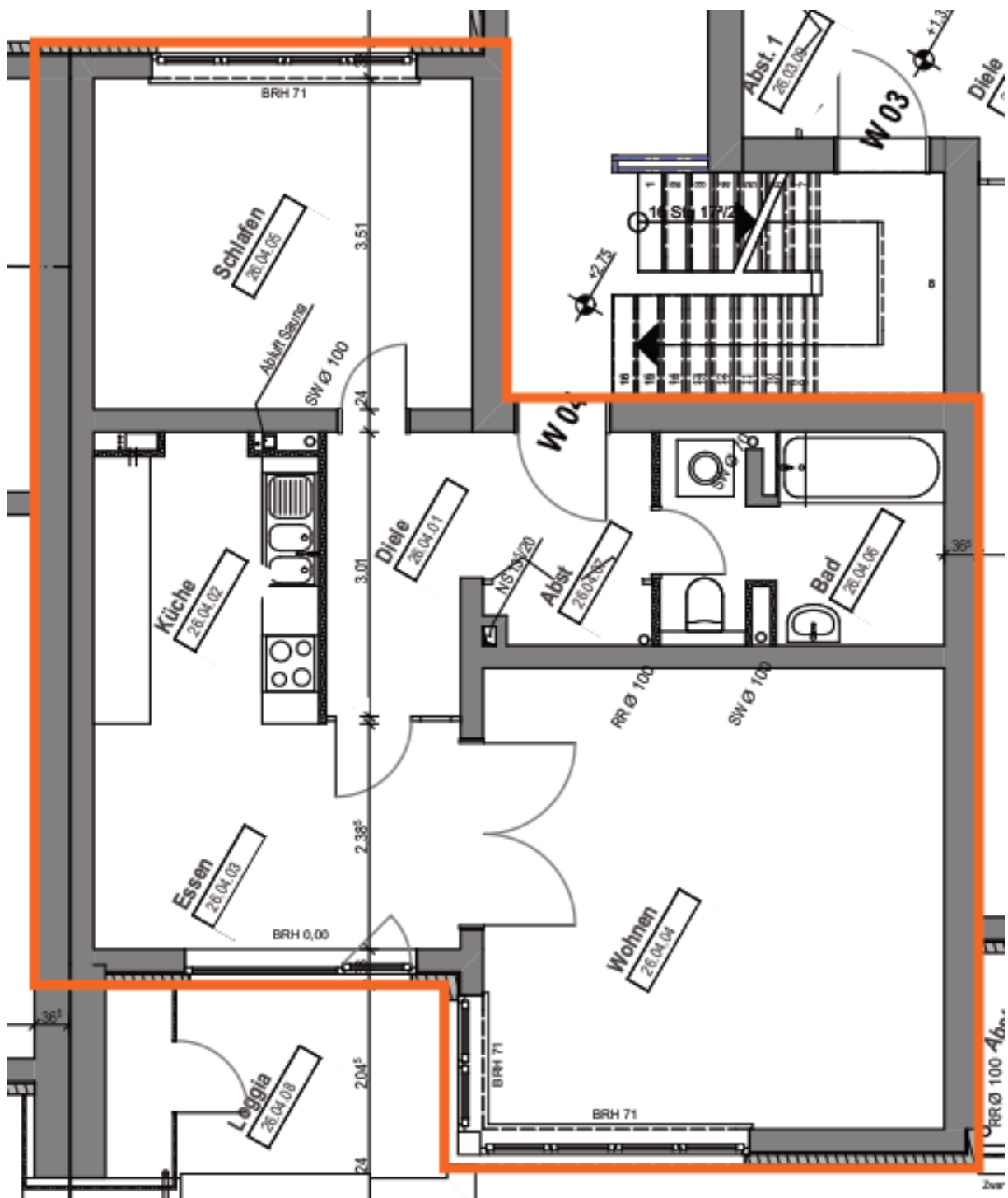
Grundriss Liegenschaft A, Einheit 1, Haus Nr. 21, 1. OG links



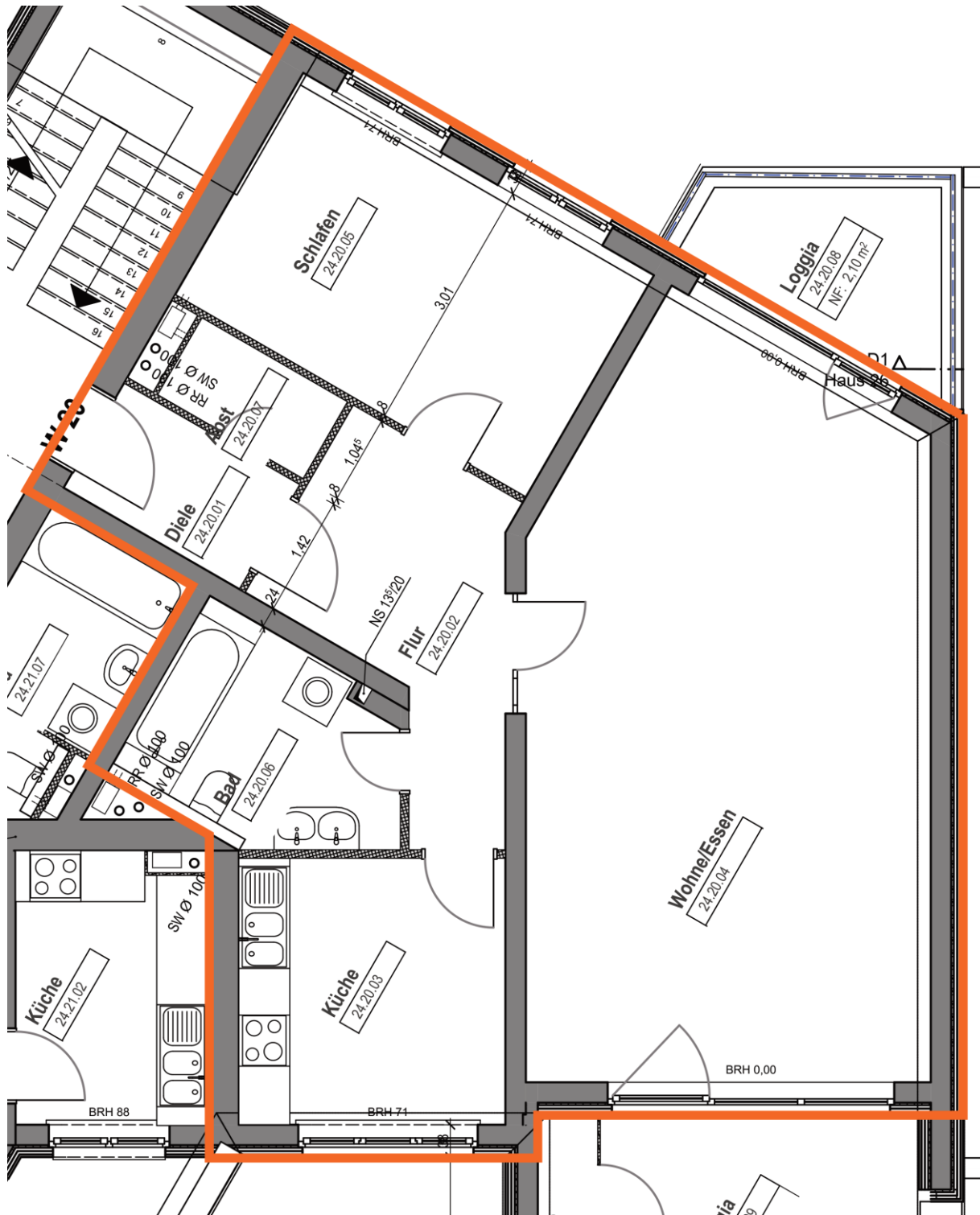
Grundriss Liegenschaft A, Einheit 2, Haus Nr. 1, OG rechts



Grundriss Liegenschaft B, Haus Nr. 26, 1. OG, W04



Grundriss Liegenschaft B, Haus Nr. 24, 4. OG, W20



Grundriss Liegenschaft B, Haus Nr. 20, 5. OG, W48

