

Studie

zum

Energieeinsparpotenzial durch den Einsatz von elektronischen Thermostaten

Projekt-Nr.: IBH 1001-16

Auftraggeber:

Verbraucherzentrale NRW e.V.
Bereich Energie / ENerWin
Mintropstraße 27
40215 Düsseldorf

Bearbeitung:

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH
Moritzstraße 17
D-34127 Kassel

Kassel, 15. Dezember 2016



(Dr.-Ing. Stephan Schlitzberger)

Inhalt

1.	Vorbemerkung und Aufgabenstellung	3
1.1.	Hintergrund	3
1.2.	Ziel	3
1.3.	Aufgabenstellung.....	3
1.4.	Hinweise zu Vorgehensweise, Struktur und Inhalt der Studie	4
2.	Erläuterungen der gewählten Studienparameter	5
2.1.	Eingesetzte Software	5
2.2.	Allgemeine Berechnungsrandbedingungen	5
2.2.1.	Gebäudegeometrien	5
2.2.2.	Baualtersklassen, Wärmeschutzniveaus	7
2.2.3.	Bauarten, Bauteilaufbauten.....	7
2.2.4.	Meteorologie	7
2.3.	Nutzungsprofile	8
3.	Ergebnisse.....	11
3.1.	Standardfälle ohne Stoßlüftung	11
3.2.	Sonderfälle	14
3.2.1.	Berechnungen mit Stoßlüftung.....	14
3.2.2.	Berechnungen bei Variation der internen Last.....	16
3.2.3.	Berechnungen Dauerkippplüftung (3 h gekipptes Fenster).....	25
3.2.4.	Berechnungen zweiwöchiger Urlaub Anfang Januar	27
3.2.5.	Verlängerung der Abwesenheitszeit für Varianten mit häufiger Anwesenheit (4h statt 2h).....	31
3.2.6.	Berechnungen für abweichende Soll-Heiztemperaturen	33
4.	Diskussion der Ergebnisse	37
5.	Zusammenfassung und Fazit	38
6.	Literatur und Quellenangaben	39
Anlage A	Grundrisse der Gebäude	41
Anlage B	Bauteilaufbauten.....	44

1. Vorbemerkung und Aufgabenstellung

Die vorliegende Studie zum Thema „Energieeinsparpotenziale durch den Einsatz von elektronischen Thermostaten zur Tag- und Nachtabsenkung der Raumtemperaturen in Mietwohnungen und Einfamilienhäusern“ wird zur Begleitung der landesweiten Herbstkampagne der Verbraucherzentrale NRW zum Thema elektronische Thermostate verwendet.

Von Seiten der Verbraucherzentrale NRW wurde im Rahmen der Angebotsaufforderung eine Leistungsbeschreibung für die Studie herausgegeben. Hintergründe, Ziele und Aufgabenstellung aus dieser Leistungsbeschreibung werden in den folgenden Abschnitten 1.1 bis 1.3 auszugsweise wiedergegeben.

Hinweise zur Vorgehensweise bei der Bearbeitung sowie zu Struktur und Inhalt der Studie werden zusammenfassend in Abschnitt 1.4 erläutert.

1.1. Hintergrund

Die Verbraucherzentrale NRW begleitet innerhalb des Projekts „Private Haushalte für die Energiewende gewinnen“ (ENeRWIn) Verbraucher/ -innen durch die Energiewende und beim Energiesparen. Zum Herbst 2016 wurde eine landesweite Verbraucherkampagne gestartet, um zu Beginn der Heizperiode Maßnahmen zum Energiesparen in den Vordergrund zu rücken.

Im Mittelpunkt steht dabei dieses Jahr ein Thermostatcheck, der Verbraucher/ -innen bei der Auswahl eines für sie geeigneten Thermostates helfen soll. Das vorrangige Ziel der Verbraucherzentrale NRW ist, Verbraucher/ -innen zum Thema (elektronische) Thermostate sowie Raum- und Haussteuerungen zu informieren und sie bei der Auswahl eines geeigneten oder bei der Nutzung eines bereits vorhandenen Systems zu unterstützen. Die Verbraucherzentrale NRW klärt dabei über die Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme auf und zeigt, wie in verschiedenen Haushaltstypen die unterschiedlichen Systeme sinnvoll eingesetzt werden können. Neben den technischen Merkmalen verschiedener Thermostattypen spielen somit vor allem die individuellen Nutzungsprofile und die gewünschten Komfortbedingungen eine große Rolle.

In der Ansprache zielt die Kampagne auf das Nutzerverhalten der Verbraucher/ -innen ab. Dabei steht als sinnvoller und energiesparender Aspekt die Tag- und Nachtabsenkung im Vordergrund. Gleichzeitig wird deutlich, dass elektronische Thermostate sowie Smart Home-Systeme zu Aufwandsersparnis und Komfortgewinn führen können, da die Tag- und Nachtabsenkung mit elektronischen Thermostaten nicht manuell erfolgen muss.

1.2. Ziel

Die Studie soll zeigen, welche Energieeinsparungen für einzelne Haushalte durch die raumweise Tag- und Nachtabsenkung möglich sind.

Der Fragestellung liegt die Annahme zugrunde, dass mit elektronischen Systemen vor allem die bedarfsgerechte Tagabsenkung der Raumtemperatur wie auch die Absenkung während des Lüftens komfortabler wird und somit auch häufiger vorgenommen wird.

1.3. Aufgabenstellung

Die Berechnung der möglichen Energieeinsparung soll als Systemsimulation auf Basis verschiedener Musterhaushalte erfolgen. Neben wichtigen Gebäudemerkmalen (Dämmstandards, Speichermassen, etc.) sollen auch verschiedene Nutzungsprofile als Parameter mit in das Studiendesign einbezogen werden.

Die Nutzungsprofile stellen typische Haushalte in Deutschland (bspw. Familie, Senioren, Singles, berufstätiges Paar, Wohngemeinschaften) auf Grundlage der spezifischen An- und Abwesenheitszeiten zu Hause mit ihren jeweiligen Bedürfnissen (z.B. Raumtemperatur, Lüftungsbedarf) und Tagesprofilen (An- und Abwesenheitszeiten) dar, vgl. Tabelle 1.

Als Referenz zu den genannten Haushalten, die je nach Anwesenheitszeit die Raumtemperatur absenken, sollen die Haushalte nur mit Nachtabsenkung betrachtet werden. Ebenfalls soll dargestellt werden, in wie weit die möglichen Einsparungen beeinflusst werden, sofern Systeme eingesetzt werden, welche mit einer Absenkung während des Lüftens arbeiten.

Tabelle 1: Nutzungsprofile auf Basis der Anwesenheitszeiten zu Hause

Nutzungsprofil	Anwesenheit	Musterhaushalte
1	morgens kurz, abends	Single, Pärchen, Selbstständige, Ehrenamtliche ...
2	morgens kurz, nachmittags bis abends	Familie mit Kind, Halbtagskräfte, aktive Rentner...
3	durchgängig anwesend	Home Office, Rentner, Familien mit Kleinkindern, Erwerbslose, Studenten...
4	flexibel	Freiberufler, WGs, Schichtarbeiter, mobile Senioren, Studenten, Jugendliche

In einer Simulationsberechnung sollen die verschiedenen Nutzungsprofile jeweils für ein freistehendes Einfamilienhaus sowie für eine Wohnung in einem Mehrfamilienhaus durchgeführt werden. Beide Gebäudetypen sollen jeweils mit einem guten und einem geringen Dämmstandard simuliert werden.

1.4. Hinweise zu Vorgehensweise, Struktur und Inhalt der Studie

Mit den unter 2 näher spezifizierten Berechnungsrandbedingungen werden je Gebäudegeometrie (2) 16 Berechnungsvarianten hinsichtlich der Raumnutzung (4), der Baualterklasse (2) und der Bauteilschwere (2) gebildet. Insgesamt ergeben sich somit pro Standard-Rechenlauf $2 \times 4 \times 2 \times 2$ Simulationsberechnungen. Um das Einsparungspotenzial infolge des Thermostateinflusses auf zu zeigen, werden die 32 Berechnungsvarianten sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung einer thermostatischen Absenkung durchgeführt um durch Differenzenbildung fallweise die Minderung zu quantifizieren. Da prinzipiell eine Absenkung der Raumtemperatur während der Nachtstunden (Nachtabsenkung NAS) sowohl thermostatisch als auch kesselseitig erfolgen kann, wird als Ausgangsgröße für die Differenzenbildung jeweils zwischen durchgehendem Heizbetrieb (ohne Nachtabsenkung, oNAS) und mit Nachtabsenkung (mNAS) unterschieden. Für die Absenkung im Tagbetrieb wird von nutzungsabhängigen Szenarien ausgegangen, wobei im Basisfall eine Absenkung der Raumtemperatur zu Zeiten der Abwesenheit (keine Person in der Wohneinheit anwesend) angesetzt wird. Hiervon ausgehend werden weitere Szenarien betrachtet und jeweils die Nutzungsrandbedingungen variiert, um zusätzlich mögliche Einsparungen aufzuzeigen und den Einfluss wesentlicher Berechnungsrandbedingungen zu dokumentieren.

2. Erläuterungen der gewählten Studienparameter

2.1. Eingesetzte Software

Das thermische Verhalten und der Energiebedarf für Heizen werden mittels dynamisch/thermischer Simulationsrechnung mit dem Programm HAUSER ermittelt, welches erstmalig in [1] und [2] beschrieben und dokumentiert ist. Mit dem Simulationsprogramm werden für ein Gebäude bzw. eine Gebäudezone die sich im Jahresverlauf bei Vorgabe von dynamischen, d.h. zeitlich veränderlichen, meteorologischen und nutzungsbedingten Randbedingungen einstellenden Raumluftzustände und Lastverläufe ermittelt. Die Eingabe der Randbedingungen und die Auswertung erfolgt dabei in der Regel in Stundenwerten (8760 Werte für das Jahr), der eigentliche Berechnungszeitschritt liegt typischerweise mindestens eine Größenordnung darunter, d.h. standardmäßig bei 6 Minuten. In jedem Zeitschritt werden die Temperaturverläufe sämtlicher Bauteile unter den momentanen Randbedingungen durch numerisches Lösen der Fourier'schen Wärmeleitungsgleichung mit Hilfe eines Finite-Differenzen-Verfahrens nach Crank-Nicolson bestimmt und für die jeweilige Gebäudezone die Bilanz aus Wärmegewinnen (solare und interne Wärmeeinträge) und Wärmeverlusten (Transmission und Lüftung) gebildet. Durch Lösen der instationären Wärmeleitungsgleichung wird mit dem Verfahren die Speichermasse der Bauteile implizit berücksichtigt, die Bauteile müssen hierfür in ihrem Schichtenaufbau mit den Materialkenngrößen Wärmeleitfähigkeit, Rohdichte und spezifischer Wärmekapazität abgebildet werden. Im Heizfall kann aus der momentanen Bilanz die pro Zeitschritt zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Temperatur erforderliche Heizlast bestimmt werden, die als Summenwert den täglichen, monatlichen oder jährlichen Nutzwärmebedarf ergibt. In Zeiten, in denen nicht geheizt wird, lässt sich aus der Zonenbilanz die sich infolge der vorgegebenen inneren und äußeren Randbedingungen einstellende Raumlufttemperatur ermitteln. Da auch die Oberflächentemperaturen je Bauteil mit Hilfe der Finite-Differenzen-Methode je Zeitschritt bekannt sind, kann auch die sog. „operative Temperatur“ – das ist in der Regel der Mittelwert aus der Raumlufttemperatur und dem flächengewichteten Mittel der inneren Oberflächentemperaturen – im zeitlichen Verlauf ausgewertet werden.

Eine Validation des zugrunde gelegten Rechenmodells erfolgte u.a. im Rahmen der Mitarbeit in den einschlägigen Normungsgremien zu den internationalen Normen DIN EN ISO 13790 [3], DIN EN ISO 13791 [4] und DIN EN ISO 13792 [5].

Die Simulationstechnik ermöglicht die Bewertung einzelner Einflussgrößen bei sonst gleichen Randbedingungen und erlaubt somit den exakten Vergleich des Einflusses verschiedener Parameter.

Als Eingangsgrößen für die Verwendung des Rechenkerns sind Angaben zur Raumgeometrie, zu den Bauteilaufbauten, zur Nutzung der jeweiligen Zone und zu den meteorologischen Verhältnissen am Standort (Jahresverläufe der Außentemperatur, Solarstrahlung, relativen Feuchte etc.) erforderlich, die im Folgenden im Einzelnen beschrieben werden.

2.2. Allgemeine Berechnungsrandbedingungen

2.2.1. Gebäudegeometrien

Die Untersuchung wird anhand von zwei Gebäuden durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus sowie ein Mehrfamilienhauses, die in Anlehnung an [6] ausgewählt wurden. Zur Durchführung der Untersuchung werden Grundrisslösungen dieser Gebäude verwendet, die für im Rahmen der Untersuchungen für [7] entwickelt wurden, da für die vorliegende Studie raumweise Berechnungen durchgeführt werden. Ohne Einschränkung der Genauigkeit wurden dabei zur Vereinfachung der Dateieingabe leichte Modifikationen vorgenommen (z.B. Entfall der Dachgaube im EFH

und Anpassung der Fensterflächen). Bild 1 und Bild 2 zeigen für einen ersten Eindruck jeweils eine Ansicht der zugrunde gelegten Gebäude.

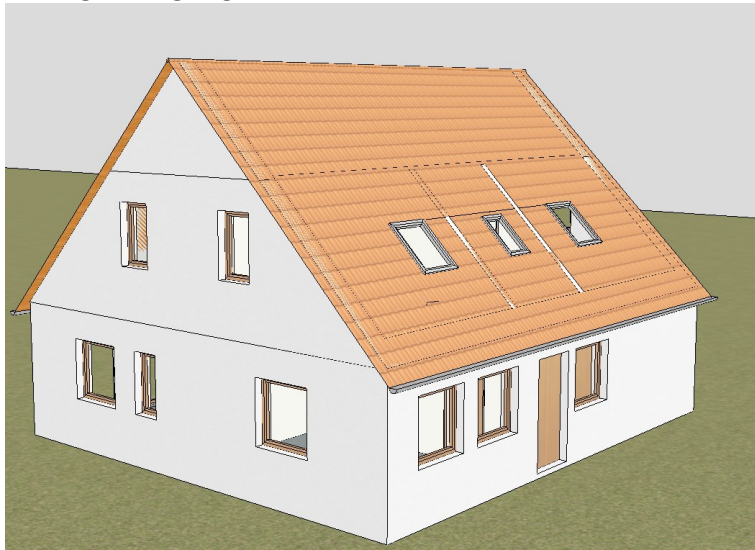


Bild 1: Ansicht Südost des zugrunde gelegten Einfamilienhauses

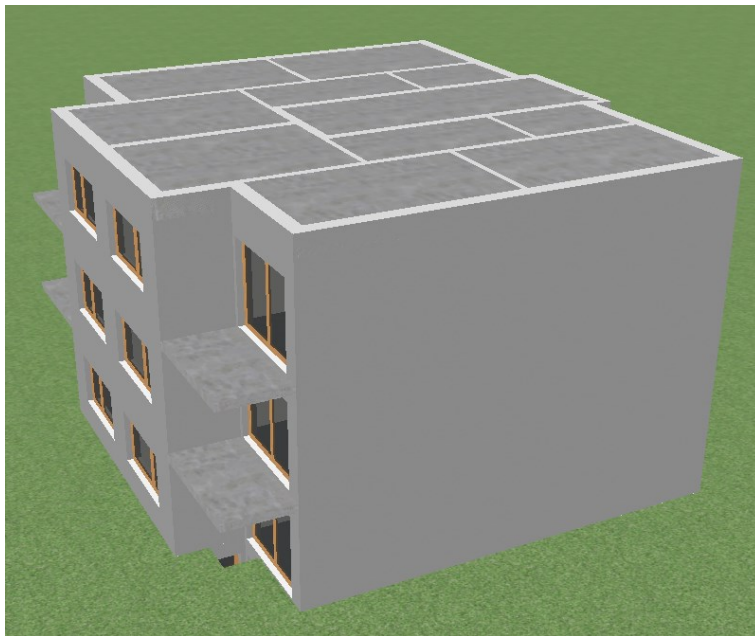


Bild 2: Ansicht Südost des zugrunde gelegten Mehrfamilienhauses

Die Dokumentation der Grundrisse, Abmessungen und der Raumaufteilung erfolgt in Anlage A 1 für das Einfamilienhaus und in Anlage A 2 für das Mehrfamilienhaus. Das Einfamilienhaus ist nicht unterkellert, die Kellerräume im 3-geschossigen Mehrfamilienhaus werden bei den Berechnungen als unbeheizte Zonen angenommen, d.h. die Temperatur stellt sich im Jahresgang frei ein. Die Berechnungen für das Mehrfamilienhaus werden für die beiden Wohneinheiten (gespiegelte Grundrisse, vgl. Bild A-5) im 1. Obergeschoss des Gebäudes durchgeführt. Um den Einfluss der Orientierung zu eliminieren, erfolgt für die Auswertungen jeweils eine Mittelwertbildung der jeweils nutzungsidentischen Räume. Im Erdgeschoss und zum 2. Obergeschoss wird jeweils ein Raumtemperaturverlauf wie im berechneter 1. Obergeschoss unterstellt. Hierdurch wird erreicht, dass in vertikaler Richtung keine Wärmeströme berechnet werden (Stichwort: Wärmeklau).

Die wärmetauschenden Gebäudehüllflächen werden außenmaßbezogen ermittelt. Für die Bauteile werden je nach Dämmstandard typische Dicken für den Mauerwerksbau in Ansatz gebracht. Bauartbedingte

Unterschiede im Grundriss zwischen leichter und schwerer bleiben unberücksichtigt, um bei dem Vergleich leicht/schwer nur den Bauteilaufbau zu bewerten und einen Einfluss infolge unterschiedlicher Flächen resp. Volumina von vorne herein auszuschließen.

Die Flächen der Innenbauteile werden mit Achsmaßen in Ansatz gebracht.

2.2.2. Baualtersklassen, Wärmeschutzniveaus

Mit der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ [8] werden u.a. Informationen zur energetischen Qualität der Gebäudehülle für unterschiedliche Baualtersklassen zur Verfügung gestellt. Gemäß Leistungsbeschreibung werden die Berechnungen für ein „gutes“ und ein „schlechtes“ Wärmeschutzniveau durchgeführt. Es wird vereinbart, die wärmeübertragenden Hüllflächen der Gebäude so festzulegen, dass das schlechte Wärmeschutzniveau durch die Baualtersklasse „1969 bis 1978“ (Errichtung weiterstgehend vor der 1. Wärmeschutzverordnung) und das gute Wärmeschutzniveau mit der Baualtersklasse „ab 1995“ (nach 3. Wärmeschutzverordnung) beschrieben wird.

2.2.3. Bauarten, Bauteilaufbauten

Die konstruktive Ausbildung der Bauteile erfolgt für beide in Abschnitt 2.2.2 genannte Wärmeschutzniveaus in der Art, dass jeweils typische leichte und typische schwere Ausführungen beschrieben werden. Die Festlegung von Konstruktionen der wärmeübertragenden Hülle erfolgt entsprechend der für die ausgewählten Baualtersklassen definierten Wärmeschutzniveaus bzw. der zugehörigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte). Hiernach ergeben sich hinsichtlich der baulichen Ausführungen folgende Situationen:

- Bauteile Baualtersklasse 1969 – 1978, leichte Bauart
- Bauteile Baualtersklasse 1969 – 1978, schwere Bauart
- Bauteile Baualtersklasse ab 1995, leichte Bauart
- Bauteile Baualtersklasse ab 1995, schwere Bauart

Die den Berechnungen zugrunde gelegten konstruktiven Ausbildungen der Bauteile sind den Anlagen B 1 bis B 4 detailliert beschrieben.

2.2.4. Meteorologie

Für die dynamisch-thermische Simulation des Raumes sind meteorologische Datensätze im Jahresgang erforderlich, üblicherweise als Stundenmittelwerte für die 8760 Stunden des „Normaljahres“. Für die hier vorliegende Fragestellung, bei der feuchtetechnische Aspekte keine Rolle spielen, sind dabei mindestens die Verläufe der Außenlufttemperatur sowie jeweils der Global- und Diffusstrahlung erforderlich. Für Deutschland existieren derartige Klimadatensätze seit den 80er-Jahren [9], die im Laufe der Zeit mehrfach überarbeitet und auf geänderte Klimaverhältnisse angepasst wurden. Die aktuelle Fassung der für Deutschland verfügbaren Klimadatensätze, auch „Testreferenzjahre“ genannt, ist in [10] dokumentiert. Für Berechnungen nach der deutschen Energieeinsparverordnung [11] wird regelmäßig von einem deutschlandweiten Normklima ausgegangen, welches auf dem Klimadatensatz TRY 04 [10] beruht und in etwa für Deutschland mittlere Verhältnisse repräsentiert. Den Berechnungen zu den hier vorgestellten Ergebnissen liegt ebenfalls der Klimadatensatz TRY 04 zugrunde. Der Verlauf der Außentemperatur für das TRY 04 ist in Bild 3 dargestellt.

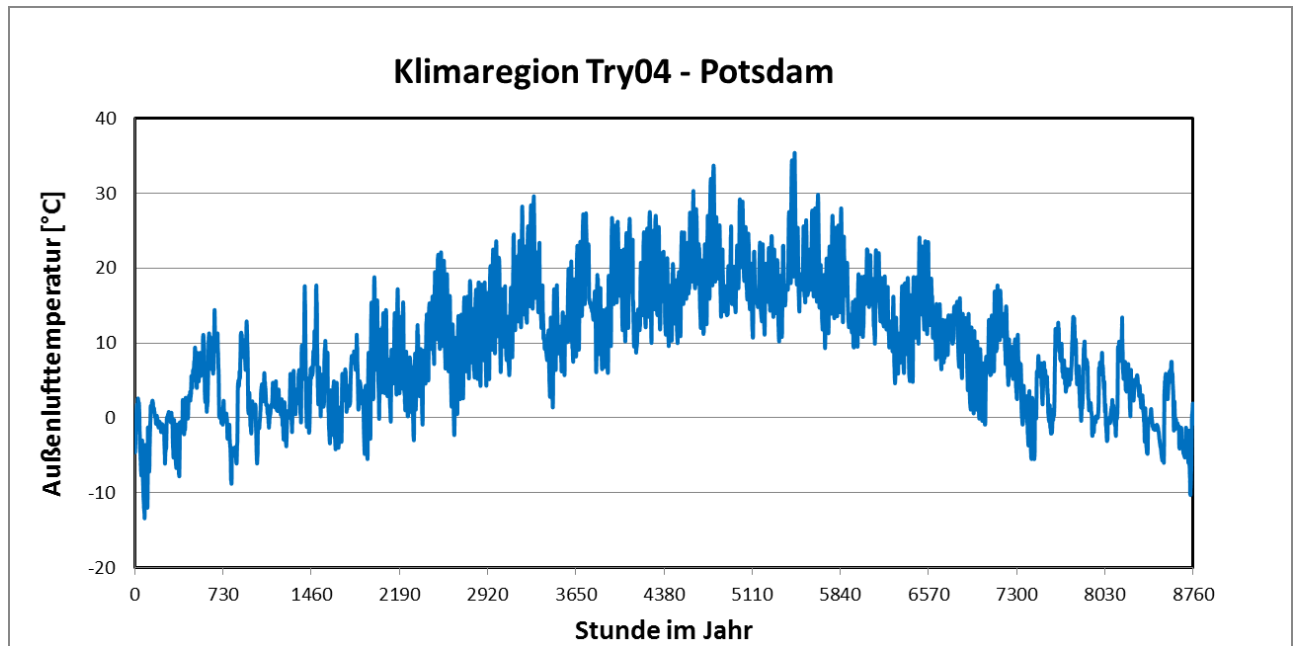


Bild 3: Jährlicher Außentemperaturverlauf im TRY 04-Datensatz

2.3. Nutzungsprofile

Für die Simulationsberechnungen werden raumweise stündliche Vorgaben hinsichtlich des vorhandenen Luftwechsels, der im Raum wirksam werdenden inneren Lasten durch Personen, Geräte und Beleuchtung sowie der gewünschten Raum-Solltemperatur für Heizen und Kühlen benötigt. Alle genannten Größen haben erheblichen Einfluss auf das Berechnungsergebnis und sind, da es sich um nutzungsabhängige Randbedingungen handelt, in der Praxis einer erheblichen Streuung unterworfen.

Für den Luftwechsel wird– außer für die Untersuchungen zur Stoßlüftung – der Einfachheit halber in den beheizten Räumen durchgängig ein für Wohnnutzung typischer mittlerer Wert von $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ in Ansatz gebracht.

Gemäß Aufgabenstellung werden für die Nutzungsrandbedingungen 4 unterschiedliche Szenarien hinterlegt, wobei die Anzahl der Personen und die Anwesenheitszeiten variieren. Insbesondere der Anwesenheitszeit kommt zur Beantwortung der vorliegenden Fragestellung naturgemäß eine entscheidende Bedeutung zu, da eine thermostatische Absenkung tagsüber sicher nur während der Abwesenheit erfolgt. Im Einzelnen werden für den Vergleich ein 4- und ein 2- Personenhaushalt mit häufiger Anwesenheit sowie ein 2- und ein 1-Personenhaushalt mit vergleichsweise geringer Anwesenheitszeit definiert. Die zugrunde gelegten Anwesenheitszeiten und Personenanzahl in der Wohneinheit können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Personenanwesenheit im Tagesprofil

Zeit [h]	anwesende Personen							
	4 Personen		2 Pers., häufig anwesend		2 Pers., selten anwesend		1 Person	
	Mo-Fr	Sa-So	Mo-Fr	Sa-So	Mo-Fr	Sa-So	Mo-Fr	Sa-So
0-1	4	4	2	2	2	2	1	1
1-2	4	4	2	2	2	2	1	1
2-3	4	4	2	2	2	2	1	1
3-4	4	4	2	2	2	2	1	1
4-5	4	4	2	2	2	2	1	1
5-6	4	4	2	2	2	2	1	1
6-7	4	4	2	2	2	2	1	1
7-8	1	4	2	2	0	2	0	1
8-9	0	4	2	2	0	2	0	1
9-10	0	3	1	2	0	2	0	0
10-11	1	3	1	2	0	2	0	1
11-12	3	3	2	2	0	2	0	1
12-13	3	4	2	2	0	2	0	1
13-14	3	3	2	2	0	0	0	1
14-15	3	3	0	0	0	0	0	1
15-16	3	3	0	0	0	2	0	1
16-17	3	3	1	0	0	2	0	1
17-18	4	4	2	2	2	2	1	1
18-19	4	4	2	2	2	2	1	1
19-20	4	4	2	2	2	0	1	0
20-21	4	4	2	2	2	0	1	0
21-22	4	4	2	2	2	0	1	0
22-23	4	4	2	2	2	2	1	0
23-24	4	4	2	2	2	2	1	1

Die Bestimmung des Einsparpotenzials durch thermostatische Absenkung erfolgt, indem in Zeiten der Abwesenheit eine Absenkung der Raum-Solltemperatur auf 16°C erfolgt und der berechnete jährliche Nutzwärmebedarf dem Fall eines durchgehenden Heizbetriebs mit einer Solltemperatur von 20 °C auch in Abwesenheitszeiten gegenüber gestellt wird. Da prinzipiell eine Absenkung der Solltemperatur in den Nachtzeiten sowohl über eine Kesselregelung als auch über Thermostate realisierbar ist, ergeben sich als Bezugsgröße für die durch thermostatische Absenkung erzielbare Einsparung jeweils die Fälle „ohne Nachtabsenkung“ sowie „Nachtabsenkung über die Kesselregelung“. Für die Nachtabsenkung wurde der Zeitraum von 23 bis 6 Uhr mit einer Raum-Solltemperatur von ebenfalls 16 °C gewählt

Ist bereits die Festlegung der Personenanwesenheit in der gesamten Wohneinheit relativ willkürlich, ist für die Simulation zusätzlich eine **raumweise** Festlegung der Wärmeeinträge infolge anwesender Personen erforderlich, d.h. es muss bestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt sich die anwesenden Personen in welchen Räumlichkeiten aufhalten. Hierfür wurden für jeden betrachteten Fall möglichst plausible Annahmen getroffen, die in einer dem Auftraggeber bereitgestellten Excel-Datei dokumentiert sind. Je im Raum anwesender Person wurden für die Wärmeeinträge 70 W in Ansatz gebracht.

Für die Festlegung der Wärmeeinträge infolge von Geräten und Beleuchtung wurde auf [12] zurückgegriffen. Die Publikation gibt Aufschluss über die Bandbreite des in Wohnhaushalten zu erwartenden Jahres-Stromverbrauchs, wobei eine Differenzierung hinsichtlich der Personenzahl und der Wohnsituation (EFH und MFH) erfolgt. Zusätzlich wird auch der Fall einer elektrischen Warmwasserbereitung betrachtet, die aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung keine Berücksichtigung findet. Für die vorliegende Untersuchung werden jeweils mittlere Stromverbräuche entsprechend der in [12] definierten Effizienzklasse „C“ gewählt, die entnommenen Zahlenwerte sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3: Zugrunde gelegte Jahres-Stromverbräuche nach [12]

Jahres-Stromverbrauch [kWh/a]					
4 Personen		2 Personen		1 Person	
EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH
4000	3000	3000	2000	2700	1300

In [12] ist ebenfalls eine Aufteilung des Jahresstromverbrauchs auf einzelne Verbrauchergruppen dokumentiert. Diese Aufteilung ist in Tabelle 4 dokumentiert.

Tabelle 4: Anteilige Stromverbräuche nach [12]

anteiliger Stromverbrauch	
Licht	9%
Spülen	7%
Waschen&Trocknen	13%
IT, TV, Audio	27%
Kühl- und Gefriergeräte	17%
Kochen	11%
Sonstiges	16%

Anhand dieses Verteilungsschlüssels lässt sich z.T. eine Zuordnung des Stromverbrauchs auf einzelne Räume vornehmen. So ist es z.B. naheliegend, dass der Stromverbrauch für Kochen in der Küche der Wohneinheit erfolgt, während „Waschen & Trocknen“ im EFH eher dem Hauswirtschaftsraum und im MFH eher dem Badezimmer zuzuordnen ist. Der Jahresstromverbrauch wird daher für die Berechnungen nach Möglichkeit zunächst den entsprechenden Räumen zugeordnet, der Rest flächenanteilig auf die einzelnen Räume der Wohneinheit verteilt. Ein Tagesgang der internen Wärmeeinträge infolge elektrischer Verbraucher wird im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, ebenso erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Wochentage. Eine Dokumentation der je nach Nutzung und Wohnsituation für die einzelnen Räume in Ansatz gebrachten Wärmeeinträge findet sich ebenfalls in der dem Auftraggeber bereitgestellten Excel-Datei.

3. Ergebnisse

Die folgenden Abschnitte dokumentieren die durchgeführten rechnerischen Untersuchungen jeweils grafisch und tabellarisch. Die grafischen Auswertungen stellen jeweils die fallweise berechneten Nutzwärmebedarfe der einzelnen Varianten dar. Die tabellarischen Auswertungen weisen diese Bedarfswerte ebenfalls aus und stellen folgende Situationen gegenüber:

- **A: ohne NAS, ohne TAS:**
Nutzwärmebedarf für den Fall durchgehender Beheizung, d.h. ohne Tag- u. Nachtabsenkung
- **B: mit NAS, ohne TAS:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Nachtabsenkung und durchgehender Beheizung tagsüber
- **C: mit NAS, mit TAS:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Tag- u. Nachtabsenkung. Tagabsenkung erfolgt hier nur dann, wenn keine Personen anwesend sind.

Zusätzlich zu der tabellarischen Ausweisung der Nutzwärmebedarfe erfolgen jeweils Auswertungen zu prozentualen Einsparungen. Erläuterungen der jeweiligen Differenzbetrachtungen erfolgen in den Einzelabschnitten, in denen jeweils zuerst die Auswertungen zum EFH und anschließend zum MFH vorgenommen werden.

3.1. Standardfälle ohne Stoßlüftung

Als zusätzliche Variante bei den Berechnungen für das EFH wird folgende Situation betrachtet:

- **D: mit NAS, mit TAS2:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Tag- u. Nachtabsenkung. Tagabsenkung erfolgt hier im Vergleich zu C zusätzlich in tagsüber nicht genutzten Räumen (abhängig von den anwesenden Personen).

Auf der Abszisse sind jeweils 16 Fallunterscheidungen (bzgl. Nutzung, Baualter, Bauart) aufgetragen. Die zugehörige Differenzierung kann den folgenden tabellarischen Auswertungen entnommen werden.

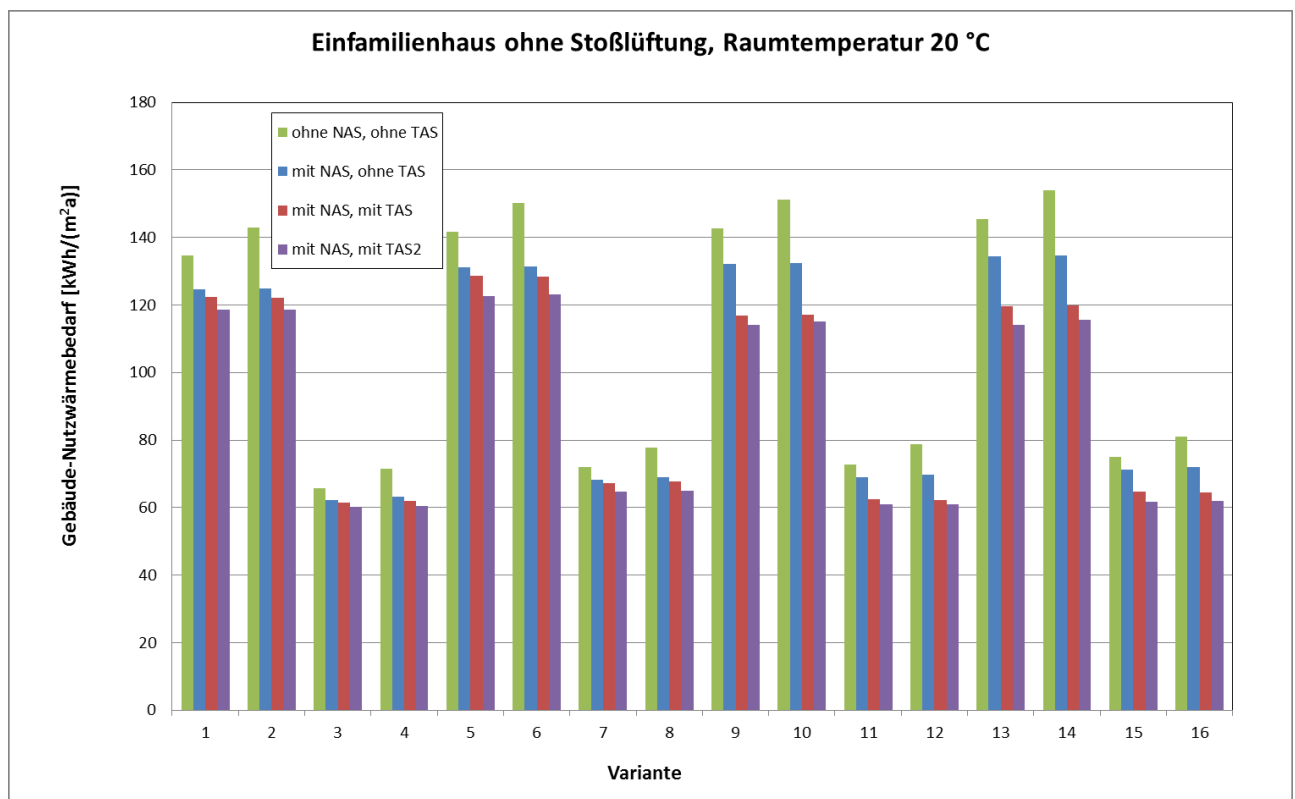


Bild 4: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung

Tabelle 5: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	134,7	124,6	122,3	118,7
2			bis 1978	leicht	143,0	124,8	122,1	118,6
3			ab 1995	schwer	65,7	62,3	61,4	60,2
4			ab 1995	leicht	71,4	63,2	62,0	60,4
5		bis 1978	schwer	141,8	131,1	128,6	122,7	
6		bis 1978	leicht	150,3	131,5	128,5	123,3	
7		ab 1995	schwer	72,0	68,1	67,2	64,7	
8		ab 1995	leicht	77,9	69,0	67,8	65,1	
9		bis 1978	schwer	142,8	132,1	116,9	114,0	
10		bis 1978	leicht	151,2	132,4	117,2	115,1	
11		ab 1995	schwer	72,9	69,0	62,5	60,9	
12		ab 1995	leicht	78,7	69,8	62,2	61,1	
13		bis 1978	schwer	145,4	134,5	119,5	114,1	
14		bis 1978	leicht	153,9	134,8	120,0	115,6	
15		ab 1995	schwer	75,1	71,1	64,7	61,7	
16		ab 1995	leicht	81,1	71,9	64,4	61,9	

Die in Tabelle 6 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 6: Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	B-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,5%	9,2%	1,8%	4,8%
2			bis 1978	leicht	12,7%	14,6%	2,2%	5,0%
3			ab 1995	schwer	5,2%	6,5%	1,3%	3,3%
4			ab 1995	leicht	11,5%	13,2%	2,0%	4,5%
5		bis 1978	schwer	7,5%	9,3%	1,9%	6,4%	
6		bis 1978	leicht	12,5%	14,5%	2,3%	6,2%	
7		ab 1995	schwer	5,3%	6,6%	1,4%	5,1%	
8		ab 1995	leicht	11,4%	13,0%	1,8%	5,7%	
9		bis 1978	schwer	7,5%	18,2%	11,6%	13,7%	
10		bis 1978	leicht	12,5%	22,5%	11,5%	13,1%	
11		ab 1995	schwer	5,3%	14,2%	9,5%	11,7%	
12		ab 1995	leicht	11,3%	21,0%	10,9%	12,6%	
13		bis 1978	schwer	7,5%	17,8%	11,1%	15,2%	
14		bis 1978	leicht	12,4%	22,0%	11,0%	14,3%	
15		ab 1995	schwer	5,3%	13,9%	9,1%	13,3%	
16		ab 1995	leicht	11,3%	20,6%	10,5%	13,9%	

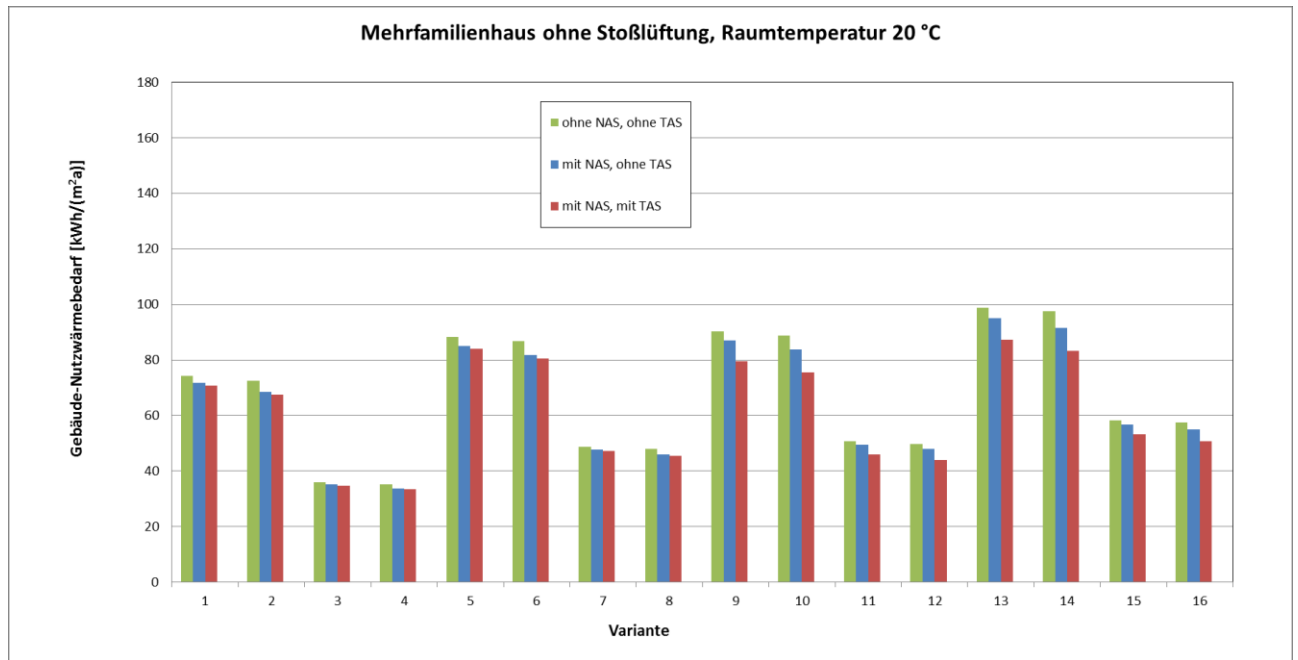


Bild 5: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung

Tabelle 7: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS A	mit NAS, ohne TAS B	mit NAS, mit TAS C
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	74,3	71,6	70,8
2			bis 1978	leicht	72,6	68,5	67,5
3			ab 1995	schwer	35,8	35,1	34,7
4			ab 1995	leicht	35,1	33,8	33,3
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	88,4	85,1	83,9
6			bis 1978	leicht	86,9	81,8	80,5
7			ab 1995	schwer	48,8	47,6	47,1
8			ab 1995	leicht	48,0	46,1	45,4
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	90,3	87,0	79,5
10			bis 1978	leicht	88,8	83,8	75,5
11			ab 1995	schwer	50,6	49,4	46,0
12			ab 1995	leicht	49,8	47,8	43,8
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	98,8	94,9	87,2
14			bis 1978	leicht	97,4	91,6	83,1
15			ab 1995	schwer	58,3	56,8	53,1
16			ab 1995	leicht	57,5	55,1	50,8

Die in Tabelle 8 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung

Tabelle 8: Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,6%	4,7%	1,1%
2			bis 1978	leicht	5,6%	7,1%	1,5%
3			ab 1995	schwer	2,1%	3,1%	1,0%
4			ab 1995	leicht	3,8%	5,1%	1,3%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,7%	5,0%	1,3%
6			bis 1978	leicht	5,8%	7,4%	1,7%
7			ab 1995	schwer	2,4%	3,5%	1,1%
8		ab 1995	leicht	4,1%	5,4%	1,4%	
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	3,7%	12,0%	8,6%
10			bis 1978	leicht	5,7%	15,1%	9,9%
11			ab 1995	schwer	2,3%	9,1%	6,9%
12			ab 1995	leicht	3,9%	12,0%	8,4%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	3,9%	11,7%	8,2%
14			bis 1978	leicht	6,0%	14,7%	9,3%
15			ab 1995	schwer	2,6%	8,8%	6,4%
16			ab 1995	leicht	4,2%	11,6%	7,8%

3.2. Sonderfälle

Zusätzlich zum eigentlichen Auftragsumfang wurden die in diesem Abschnitt dokumentierten Sonderbetrachtungen durchgeführt. Die Ausweisung der Ergebnisse erfolgt analog zu Abschnitt 3.1.

3.2.1. Berechnungen mit Stoßlüftung

Abweichend zu der Beschreibung der Variante D in Abschnitt 3.1 beschreiben die folgenden Auswertungen die Variante D wie folgt:

- **D: mit NAS, mit TAS2:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Tag- u. Nachtabenkung. Absenkung durch Thermostat erfolgt hier im Vergleich zu C **zusätzlich während der Stoßlüftungszeiten (2 x 12 Minuten pro Tag)**.

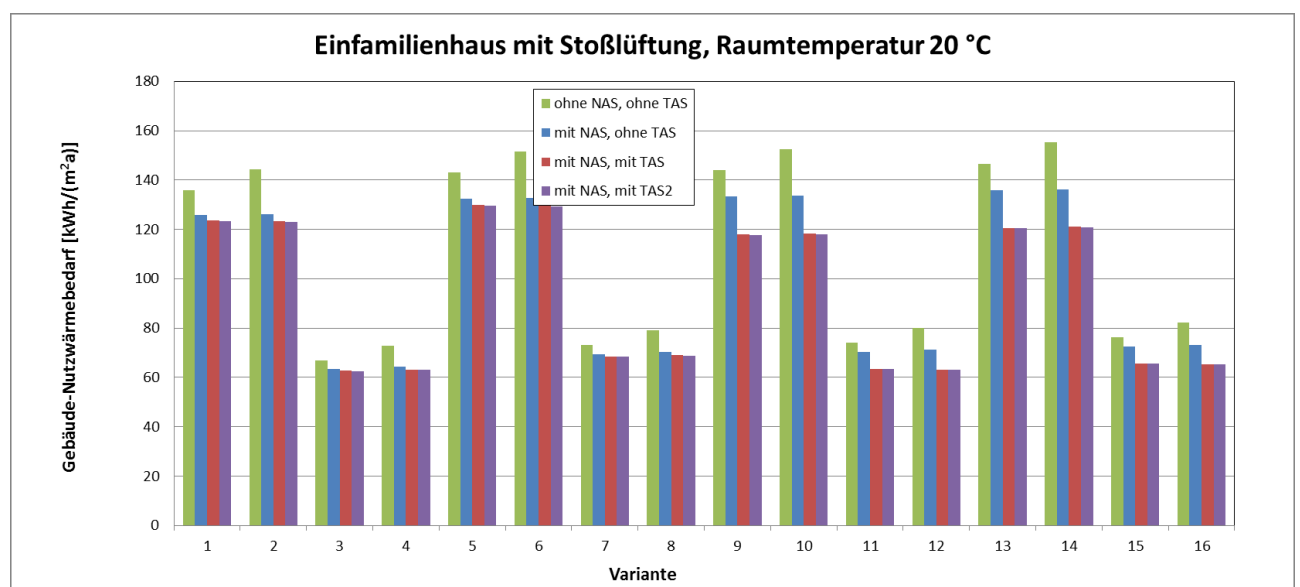


Bild 6: Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung

Tabelle 9: Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	136,0	125,8	123,6	123,3
2			bis 1978	leicht	144,3	126,1	123,4	123,0
3			ab 1995	schwer	66,9	63,5	62,6	62,5
4			ab 1995	leicht	72,7	64,5	63,2	63,0
5		bis 1978	schwer	143,1	132,4	129,9	129,6	
6		bis 1978	leicht	151,6	132,8	129,8	129,4	
7		ab 1995	schwer	73,2	69,4	68,4	68,3	
8		ab 1995	leicht	79,1	70,3	69,0	68,8	
9		bis 1978	schwer	144,1	133,4	117,9	117,7	
10		bis 1978	leicht	152,5	133,7	118,2	118,0	
11		ab 1995	schwer	74,1	70,2	63,5	63,4	
12		ab 1995	leicht	80,0	71,1	63,2	63,1	
13		bis 1978	schwer	146,7	135,8	120,6	120,4	
14		bis 1978	leicht	155,2	136,1	121,0	120,8	
15		ab 1995	schwer	76,4	72,4	65,7	65,6	
16		ab 1995	leicht	82,4	73,2	65,3	65,3	

Die in Tabelle 10 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- C-D: zusätzliche Einsparung durch thermostatische Absenkung während Stoßlüftung

Tabelle 10: Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	C-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,4%	9,1%	1,8%	0,2%
2			bis 1978	leicht	12,6%	14,5%	2,1%	0,4%
3			ab 1995	schwer	5,2%	6,4%	1,3%	0,2%
4			ab 1995	leicht	11,3%	13,0%	2,0%	0,3%
5		bis 1978	schwer	7,5%	9,2%	1,9%	0,2%	
6		bis 1978	leicht	12,4%	14,4%	2,3%	0,3%	
7		ab 1995	schwer	5,2%	6,5%	1,4%	0,2%	
8		ab 1995	leicht	11,2%	12,8%	1,8%	0,3%	
9		bis 1978	schwer	7,4%	18,2%	11,6%	0,2%	
10		bis 1978	leicht	12,4%	22,5%	11,6%	0,2%	
11		ab 1995	schwer	5,2%	14,2%	9,5%	0,2%	
12		ab 1995	leicht	11,1%	21,0%	11,1%	0,1%	
13		bis 1978	schwer	7,4%	17,8%	11,2%	0,2%	
14		bis 1978	leicht	12,3%	22,1%	11,1%	0,2%	
15		ab 1995	schwer	5,2%	13,9%	9,2%	0,1%	
16		ab 1995	leicht	11,1%	20,6%	10,7%	0,1%	

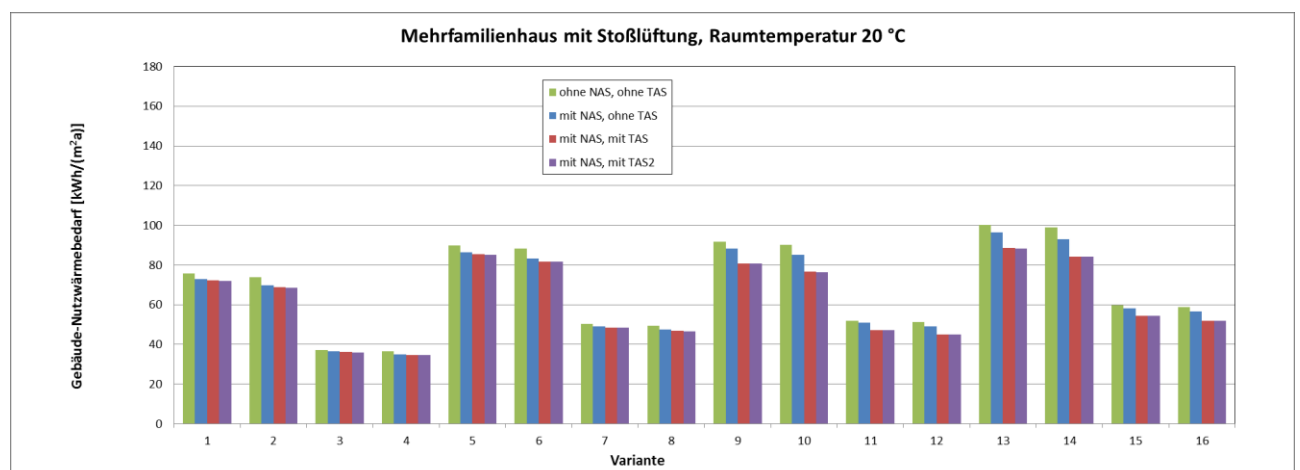


Bild 7: Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung

Tabelle 11: Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	75,7	73,0	72,2	72,1
2			bis 1978	leicht	73,9	69,8	68,8	68,6
3			ab 1995	schwer	37,2	36,4	36,1	36,0
4			ab 1995	leicht	36,4	35,0	34,6	34,5
5		bis 1978	schwer	89,8	86,5	85,3	85,2	
6		bis 1978	leicht	88,3	83,2	81,8	81,6	
7		ab 1995	schwer	50,2	49,0	48,5	48,4	
8		ab 1995	leicht	49,4	47,4	46,7	46,6	
9		bis 1978	schwer	91,7	88,4	80,7	80,6	
10		bis 1978	leicht	90,2	85,1	76,6	76,5	
11		ab 1995	schwer	52,0	50,8	47,3	47,2	
12		ab 1995	leicht	51,1	49,2	45,0	44,9	
13		bis 1978	schwer	100,3	96,4	88,4	88,4	
14		bis 1978	leicht	98,9	93,0	84,3	84,2	
15		ab 1995	schwer	59,7	58,2	54,4	54,3	
16		ab 1995	leicht	58,9	56,4	52,0	51,9	

Die in Tabelle 12 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachtabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachtabsenkung
- C-D: zusätzliche Einsparung durch thermostatische Absenkung während Stoßlüftung

Tabelle 12: Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	C-D
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,5%	4,6%	1,1%	0,1%
2			bis 1978	leicht	5,6%	7,0%	1,5%	0,2%
3			ab 1995	schwer	2,0%	3,0%	1,0%	0,1%
4			ab 1995	leicht	3,7%	5,0%	1,3%	0,3%
5		bis 1978	schwer	3,7%	5,0%	1,3%	0,1%	
6		bis 1978	leicht	5,8%	7,3%	1,6%	0,2%	
7		ab 1995	schwer	2,4%	3,4%	1,1%	0,1%	
8		ab 1995	leicht	4,0%	5,3%	1,4%	0,2%	
9		bis 1978	schwer	3,6%	12,0%	8,7%	0,1%	
10		bis 1978	leicht	5,6%	15,0%	10,0%	0,2%	
11		ab 1995	schwer	2,3%	9,1%	6,9%	0,1%	
12		ab 1995	leicht	3,8%	12,0%	8,4%	0,2%	
13		bis 1978	schwer	3,8%	11,8%	8,2%	0,1%	
14		bis 1978	leicht	5,9%	14,7%	9,4%	0,1%	
15		ab 1995	schwer	2,5%	8,9%	6,5%	0,1%	
16		ab 1995	leicht	4,1%	11,7%	7,9%	0,1%	

3.2.2. Berechnungen bei Variation der internen Last

Variante D wird bei den folgenden Auswertungen wieder wie in Abschnitt 3.1 wie folgt definiert:

- **D: mit NAS, mit TAS2:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Tag- u. Nachtabsenkung. Tagabsenkung erfolgt hier im Vergleich zu C zusätzlich in tagsüber nicht genutzten Räumen (abhängig von den anwesenden Personen).

Ansatz halbirter Lasten

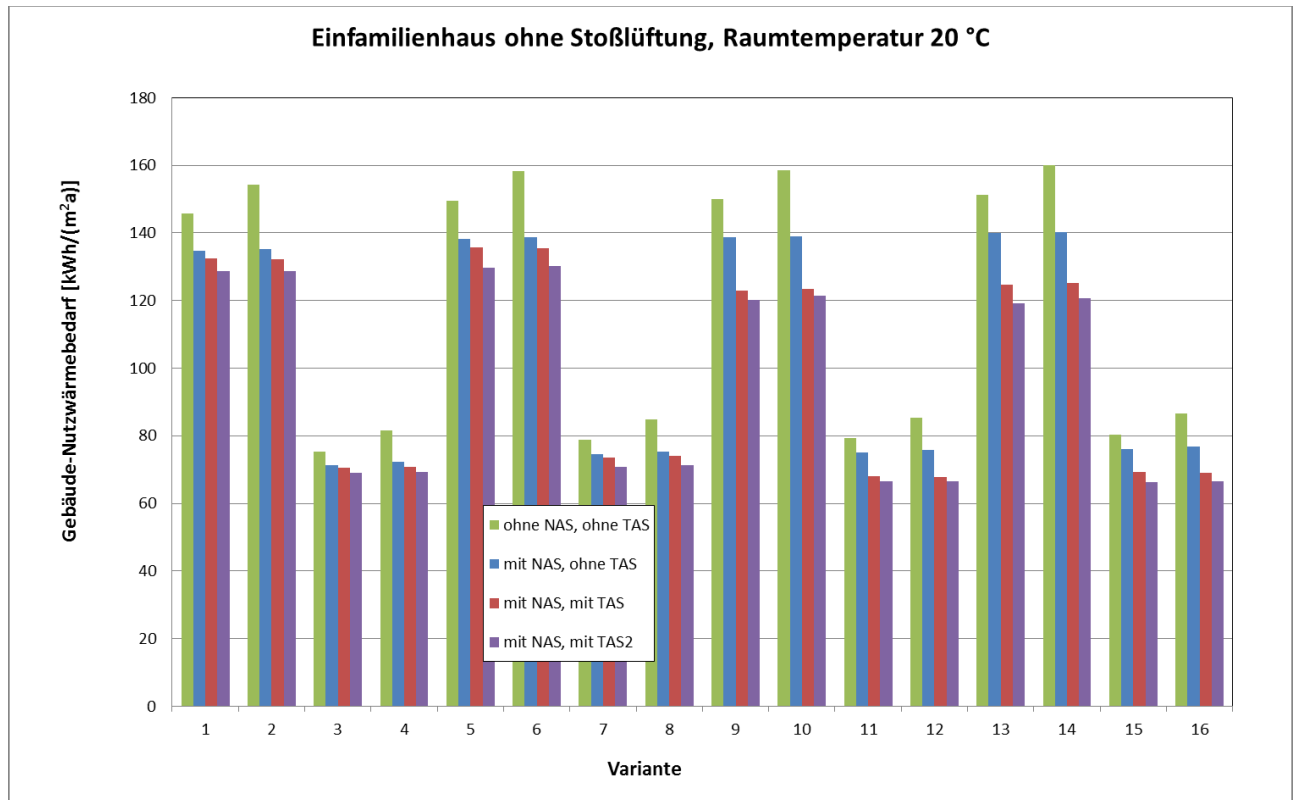


Bild 8: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbirter Lasten

Tabelle 13: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbirter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	145,7	134,8	132,4	128,7
2			bis 1978	leicht	154,3	135,1	132,3	128,8
3			ab 1995	schwer	75,4	71,4	70,5	69,1
4			ab 1995	leicht	81,5	72,2	70,9	69,2
5		bis 1978	schwer	149,5	138,2	135,6	129,6	
6		bis 1978	leicht	158,2	138,6	135,5	130,3	
7		ab 1995	schwer	78,8	74,6	73,5	70,9	
8		ab 1995	leicht	84,9	75,3	74,0	71,3	
9		bis 1978	schwer	150,0	138,8	123,0	120,2	
10		bis 1978	leicht	158,7	139,1	123,5	121,4	
11		ab 1995	schwer	79,2	75,0	68,0	66,4	
12		ab 1995	leicht	85,4	75,8	67,8	66,6	
13		bis 1978	schwer	151,3	140,0	124,6	119,2	
14		bis 1978	leicht	160,0	140,3	125,2	120,8	
15		ab 1995	schwer	80,4	76,1	69,3	66,2	
16		ab 1995	leicht	86,6	76,9	69,0	66,6	

Die in Tabelle 14 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 14: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbirter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	B-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,5%	9,1%	1,7%	4,6%
2			bis 1978	leicht	12,4%	14,3%	2,1%	4,7%
3			ab 1995	schwer	5,3%	6,5%	1,3%	3,2%
4			ab 1995	leicht	11,3%	13,0%	1,9%	4,2%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	9,3%	1,9%	6,2%
6			bis 1978	leicht	12,4%	14,3%	2,2%	6,0%
7			ab 1995	schwer	5,4%	6,6%	1,4%	4,9%
8		2 Personen häufig anwesend	ab 1995	leicht	11,3%	12,9%	1,8%	5,4%
9			bis 1978	schwer	7,5%	18,0%	11,3%	13,4%
10			bis 1978	leicht	12,3%	22,1%	11,2%	12,7%
11		2 Personen selten anwesend	ab 1995	schwer	5,3%	14,1%	9,3%	11,4%
12			ab 1995	leicht	11,2%	20,6%	10,5%	12,1%
13			bis 1978	schwer	7,5%	17,6%	10,9%	14,9%
14		1 Person selten anwesend	bis 1978	leicht	12,3%	21,7%	10,8%	13,9%
15			ab 1995	schwer	5,3%	13,8%	9,0%	13,0%
16			ab 1995	leicht	11,2%	20,3%	10,2%	13,4%

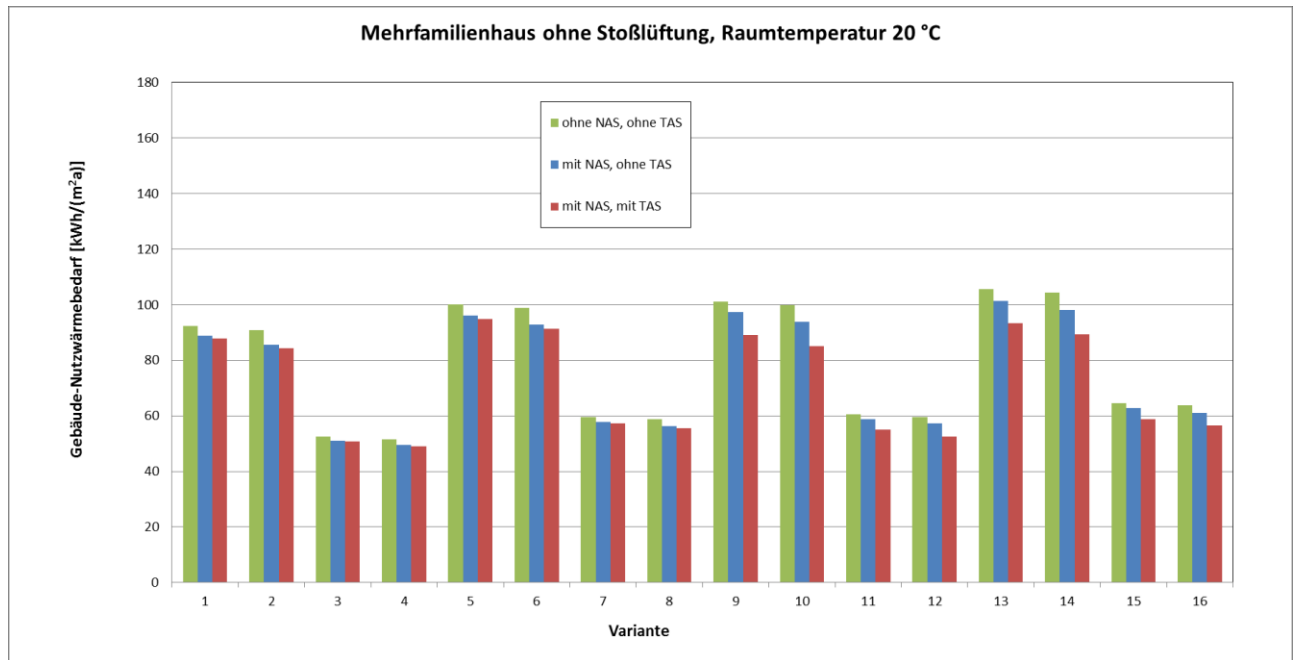


Bild 9: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbirter Lasten

Tabelle 15: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbirter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS
					A	B	C
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	92,3	88,8	87,9
2			bis 1978	leicht	90,9	85,5	84,4
3			ab 1995	schwer	52,5	51,2	50,7
4			ab 1995	leicht	51,6	49,5	48,9
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	100,1	96,2	94,9
6			bis 1978	leicht	98,8	92,8	91,4
7			ab 1995	schwer	59,5	57,9	57,3
8			ab 1995	leicht	58,7	56,2	55,5
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	101,2	97,2	89,1
10			bis 1978	leicht	99,8	93,9	85,0
11			ab 1995	schwer	60,4	58,9	55,0
12			ab 1995	leicht	59,7	57,2	52,6
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	105,7	101,5	93,3
14			bis 1978	leicht	104,4	98,1	89,3
15			ab 1995	schwer	64,5	62,8	58,9
16			ab 1995	leicht	63,8	61,1	56,4

Die in Tabelle 16 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 16: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,8%	4,8%	1,0%
2			bis 1978	leicht	5,9%	7,2%	1,4%
3			ab 1995	schwer	2,5%	3,3%	0,9%
4			ab 1995	leicht	4,1%	5,2%	1,1%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,9%	5,2%	1,3%
6			bis 1978	leicht	6,0%	7,5%	1,6%
7			ab 1995	schwer	2,6%	3,6%	1,0%
8			ab 1995	leicht	4,2%	5,5%	1,3%
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	3,9%	11,9%	8,4%
10			bis 1978	leicht	6,0%	14,9%	9,5%
11			ab 1995	schwer	2,6%	8,9%	6,6%
12			ab 1995	leicht	4,2%	11,8%	8,0%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	4,0%	11,7%	8,0%
14			bis 1978	leicht	6,1%	14,5%	9,0%
15			ab 1995	schwer	2,7%	8,8%	6,3%
16			ab 1995	leicht	4,3%	11,6%	7,6%

Ansatz verdoppelter Lasten

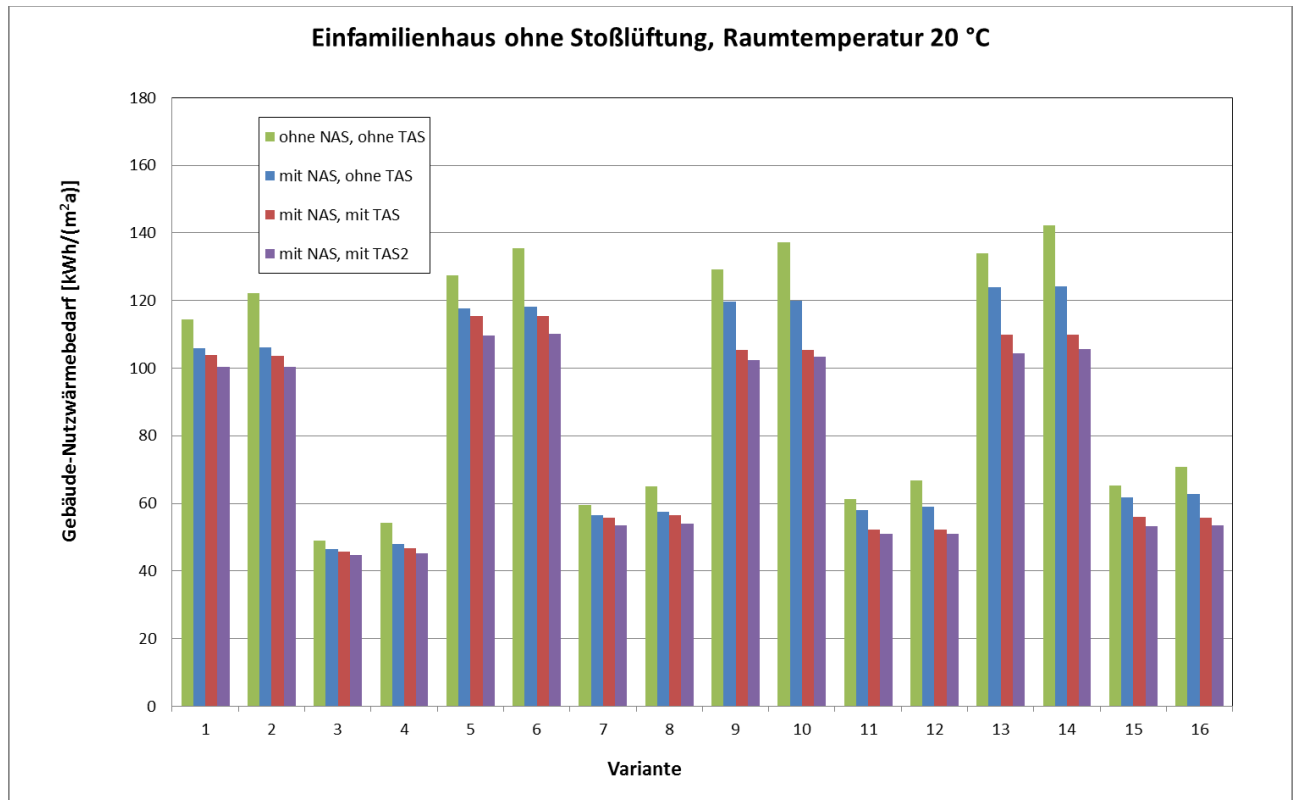


Bild 10: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Tabelle 17: Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	114,3	105,8	103,8	100,3
2			bis 1978	leicht	122,1	106,1	103,6	100,3
3			ab 1995	schwer	49,0	46,5	45,8	44,7
4			ab 1995	leicht	54,2	47,9	46,8	45,3
5		bis 1978	schwer	127,4	117,8	115,4	109,7	
6		bis 1978	leicht	135,5	118,1	115,3	110,2	
7		ab 1995	schwer	59,6	56,5	55,6	53,4	
8		ab 1995	leicht	65,1	57,6	56,5	54,0	
9		bis 1978	schwer	129,2	119,6	105,3	102,5	
10		bis 1978	leicht	137,2	119,8	105,4	103,3	
11		ab 1995	schwer	61,2	58,0	52,3	50,9	
12		ab 1995	leicht	66,7	59,1	52,2	51,1	
13		bis 1978	schwer	134,0	124,0	109,8	104,5	
14		bis 1978	leicht	142,2	124,2	110,0	105,7	
15		ab 1995	schwer	65,2	61,8	56,1	53,3	
16		ab 1995	leicht	70,8	62,7	55,8	53,5	

Die in Tabelle 18 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 18: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	B-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,5%	9,2%	1,9%	5,2%
2			bis 1978	leicht	13,1%	15,2%	2,4%	5,5%
3			ab 1995	schwer	5,1%	6,5%	1,5%	3,7%
4			ab 1995	leicht	11,7%	13,7%	2,3%	5,3%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	9,4%	2,0%	6,8%
6			bis 1978	leicht	12,8%	14,9%	2,4%	6,7%
7			ab 1995	schwer	5,3%	6,7%	1,5%	5,5%
8		2 Personen häufig anwesend	ab 1995	leicht	11,6%	13,3%	1,9%	6,3%
9			bis 1978	schwer	7,4%	18,5%	12,0%	14,3%
10			bis 1978	leicht	12,7%	23,2%	12,1%	13,8%
11		2 Personen selten anwesend	ab 1995	schwer	5,2%	14,5%	9,8%	12,3%
12			ab 1995	leicht	11,4%	21,8%	11,7%	13,6%
13			bis 1978	schwer	7,5%	18,1%	11,4%	15,7%
14		1 Person selten anwesend	bis 1978	leicht	12,7%	22,6%	11,4%	14,9%
15			ab 1995	schwer	5,2%	14,0%	9,3%	13,8%
16			ab 1995	leicht	11,4%	21,2%	11,1%	14,8%

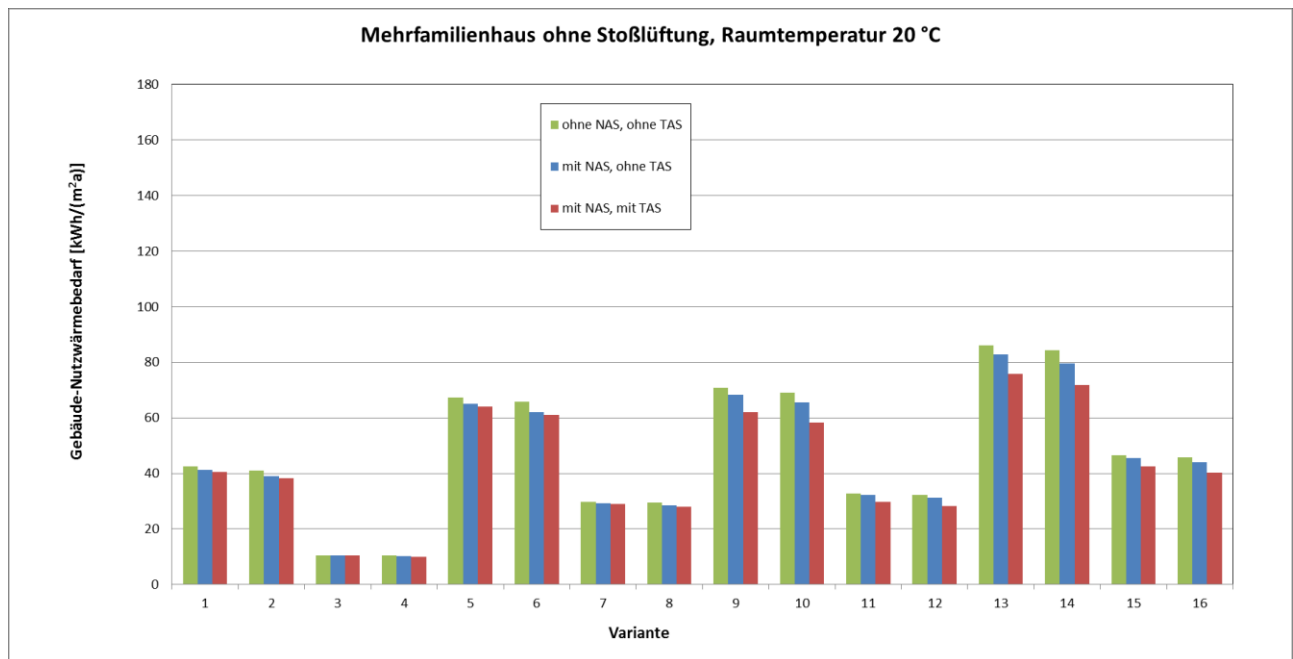


Bild 11: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Tabelle 19: Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Bualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS
					A	B	C
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	42,5	41,2	40,6
2			bis 1978	leicht	41,1	38,9	38,1
3			ab 1995	schwer	10,4	10,6	10,4
4			ab 1995	leicht	10,5	10,3	10,1
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	67,3	64,9	64,0
6			bis 1978	leicht	65,8	62,1	60,9
7			ab 1995	schwer	29,8	29,3	28,9
8			ab 1995	leicht	29,4	28,4	27,9
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	70,8	68,4	62,1
10			bis 1978	leicht	69,2	65,5	58,4
11			ab 1995	schwer	32,8	32,2	29,7
12			ab 1995	leicht	32,2	31,2	28,2
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	85,9	82,8	75,8
14			bis 1978	leicht	84,4	79,6	71,8
15			ab 1995	schwer	46,6	45,5	42,4
16			ab 1995	leicht	45,8	44,0	40,4

Die in Tabelle 20 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 20: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,0%	4,5%	1,5%
2			bis 1978	leicht	5,3%	7,1%	2,0%
3			ab 1995	schwer	-1,5%	0,4%	1,9%
4			ab 1995	leicht	1,3%	3,6%	2,4%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,6%	5,0%	1,5%
6			bis 1978	leicht	5,6%	7,3%	1,8%
7			ab 1995	schwer	1,7%	3,0%	1,3%
8			ab 1995	leicht	3,5%	5,1%	1,6%
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	3,4%	12,3%	9,3%
10			bis 1978	leicht	5,3%	15,6%	10,8%
11			ab 1995	schwer	1,6%	9,4%	7,9%
12			ab 1995	leicht	3,2%	12,5%	9,6%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	3,7%	11,8%	8,5%
14			bis 1978	leicht	5,7%	14,9%	9,7%
15			ab 1995	schwer	2,3%	9,0%	6,8%
16			ab 1995	leicht	4,0%	11,9%	8,3%

3.2.3. Berechnungen Dauerkipplüftung (3 h gekipptes Fenster)

Abweichend zu der Beschreibung der Variante D in Abschnitt 3.1 beschreiben die folgenden Auswertungen die Variante D wie folgt:

- **D: mit NAS, mit TAS2:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Tag- u. Nachtabsenkung. Absenkung durch Thermostat erfolgt hier im Vergleich zu C **zusätzlich während der Kipplüftungszeiten (3 Stunden pro Tag).**

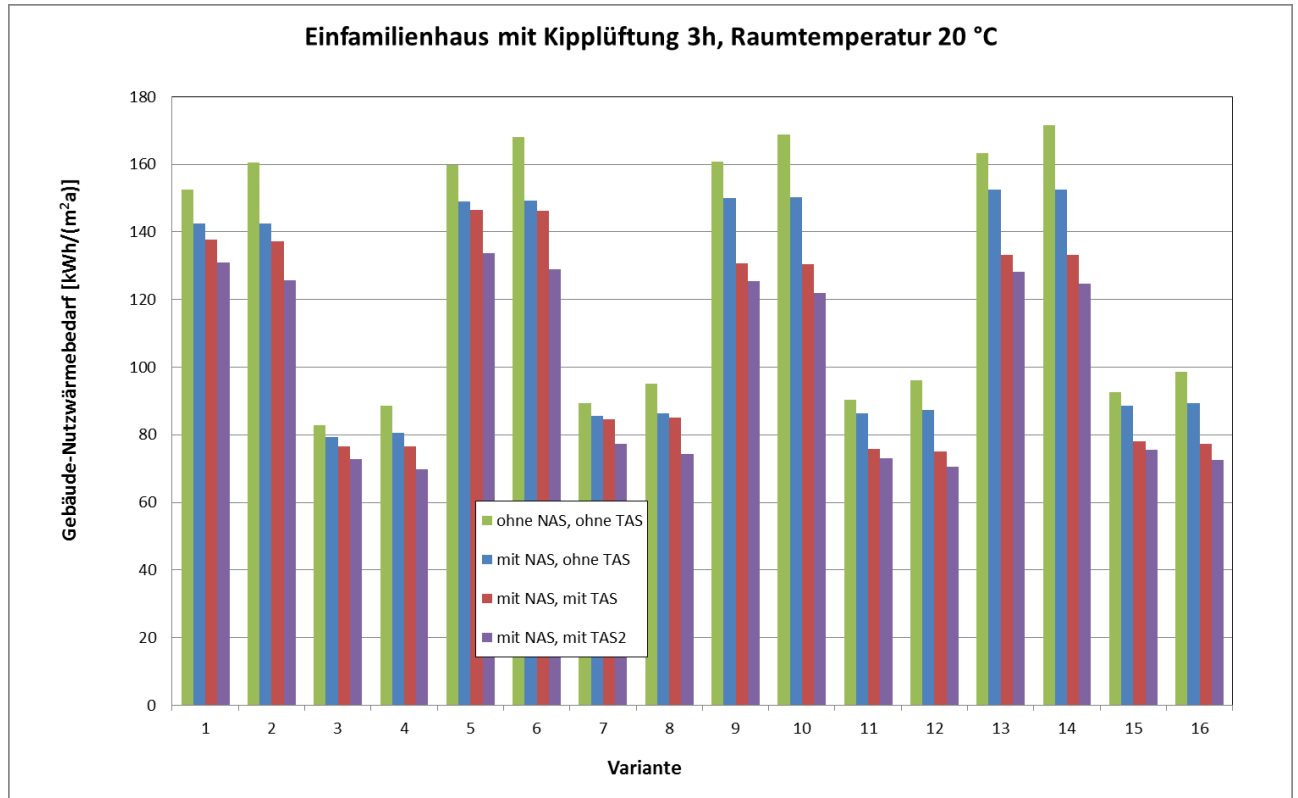


Bild 12: Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung

Tabelle 21: Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	152,5	142,4	137,8	130,9
2			bis 1978	leicht	160,6	142,5	137,2	125,6
3			ab 1995	schwer	82,8	79,3	76,6	72,8
4			ab 1995	leicht	88,6	80,5	76,6	69,8
5		bis 1978	schwer	159,8	149,1	146,6	133,8	
6		bis 1978	leicht	168,0	149,3	146,2	129,0	
7		ab 1995	schwer	89,4	85,5	84,6	77,3	
8		ab 1995	leicht	95,2	86,4	85,2	74,3	
9		bis 1978	schwer	160,8	150,1	130,6	125,4	
10		bis 1978	leicht	169,0	150,2	130,4	121,9	
11		ab 1995	schwer	90,3	86,5	75,8	73,1	
12		ab 1995	leicht	96,1	87,3	75,0	70,5	
13		bis 1978	schwer	163,4	152,5	133,3	128,2	
14		bis 1978	leicht	171,7	152,6	133,2	124,7	
15		ab 1995	schwer	92,7	88,7	78,1	75,5	
16		ab 1995	leicht	98,5	89,5	77,3	72,6	

Die in Tabelle 22 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- C-D: zusätzliche Einsparung durch thermostatische Absenkung während Kipplüftung

Tabelle 22: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	C-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	6,6%	9,6%	3,2%	5,0%
2			bis 1978	leicht	11,2%	14,6%	3,7%	8,5%
3			ab 1995	schwer	4,2%	7,5%	3,5%	4,9%
4			ab 1995	leicht	9,2%	13,5%	4,8%	8,9%
5		bis 1978	schwer	6,7%	8,3%	1,7%	8,8%	
6		bis 1978	leicht	11,2%	12,9%	2,0%	11,8%	
7		ab 1995	schwer	4,3%	5,4%	1,1%	8,7%	
8		ab 1995	leicht	9,2%	10,5%	1,5%	12,8%	
9		bis 1978	schwer	6,6%	18,8%	13,0%	4,0%	
10		bis 1978	leicht	11,1%	22,8%	13,2%	6,5%	
11		ab 1995	schwer	4,3%	16,1%	12,3%	3,5%	
12		ab 1995	leicht	9,2%	21,9%	14,1%	6,1%	
13		bis 1978	schwer	6,7%	18,4%	12,6%	3,8%	
14		bis 1978	leicht	11,1%	22,4%	12,7%	6,4%	
15		ab 1995	schwer	4,3%	15,7%	11,9%	3,3%	
16		ab 1995	leicht	9,2%	21,6%	13,6%	6,0%	

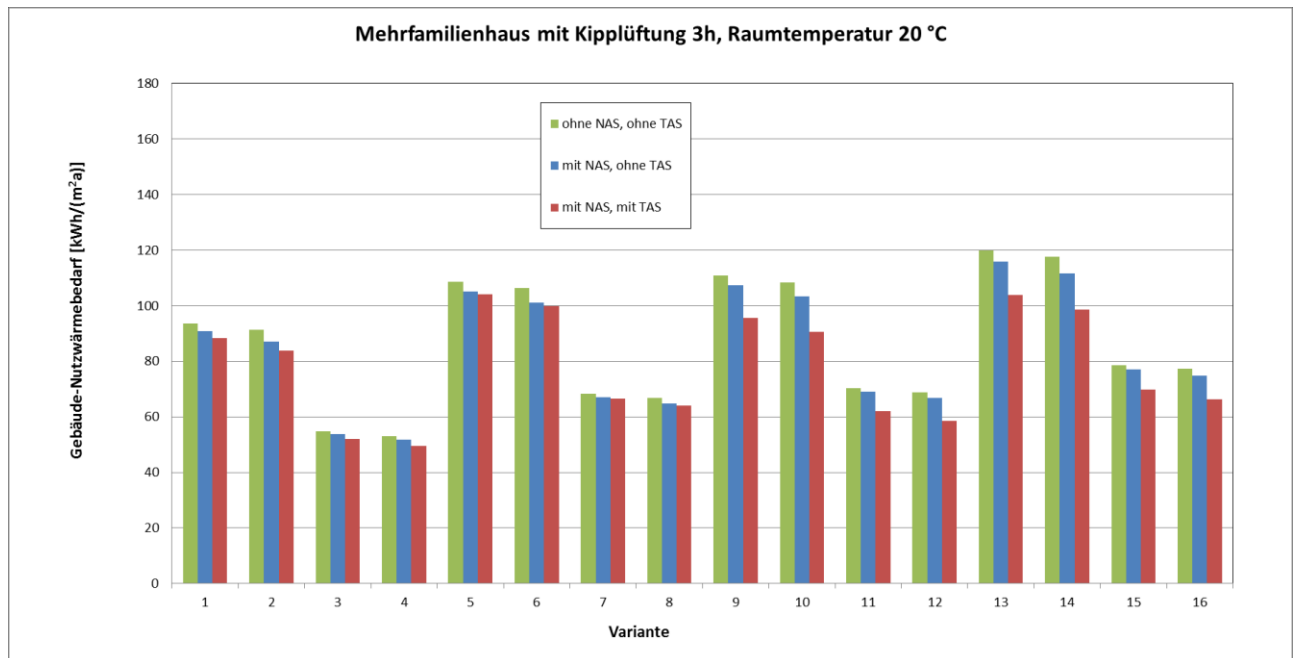


Bild 13: Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung

Tabelle 23: Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS A [kWh/m²a]	mit NAS, ohne TAS B [kWh/m²a]	mit NAS, mit TAS C [kWh/m²a]	mit NAS, mit TAS2 D [kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	93,6	90,9	88,3	84,8
2			bis 1978	leicht	91,2	87,1	83,9	79,3
3			ab 1995	schwer	54,7	53,9	52,1	49,8
4			ab 1995	leicht	53,1	51,7	49,4	46,5
5		bis 1978	schwer	108,6	105,2	104,0	96,7	
6		bis 1978	leicht	106,3	101,2	99,8	90,9	
7		ab 1995	schwer	68,3	67,1	66,5	61,7	
8		ab 1995	leicht	66,8	64,8	64,1	58,1	
9		bis 1978	schwer	110,7	107,3	95,5	92,7	
10		bis 1978	leicht	108,5	103,3	90,5	87,0	
11		ab 1995	schwer	70,3	69,0	62,0	60,2	
12		ab 1995	leicht	68,8	66,7	58,6	56,4	
13		bis 1978	schwer	119,8	115,8	103,7	100,8	
14		bis 1978	leicht	117,6	111,7	98,7	95,0	
15		ab 1995	schwer	78,7	77,1	69,7	67,8	
16		ab 1995	leicht	77,2	74,7	66,2	63,8	

Die in Tabelle 24 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- C-D: zusätzliche Einsparung durch thermostatische Absenkung während Kipplüftung

Tabelle 24: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	C-D
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	2,9%	5,7%	2,8%	3,9%
2			bis 1978	leicht	4,5%	8,1%	3,7%	5,5%
3			ab 1995	schwer	1,5%	4,8%	3,3%	4,4%
4			ab 1995	leicht	2,6%	6,9%	4,3%	5,9%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,2%	4,2%	1,1%	7,0%
6			bis 1978	leicht	4,8%	6,1%	1,4%	8,9%
7			ab 1995	schwer	1,8%	2,6%	0,8%	7,3%
8		ab 1995	leicht	3,0%	4,0%	1,0%	9,4%	
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	3,1%	13,7%	11,0%	3,0%
10			bis 1978	leicht	4,8%	16,5%	12,3%	3,9%
11			ab 1995	schwer	1,8%	11,7%	10,1%	2,9%
12			ab 1995	leicht	2,9%	14,7%	12,1%	3,8%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	3,3%	13,4%	10,4%	2,8%
14			bis 1978	leicht	5,0%	16,1%	11,6%	3,7%
15			ab 1995	schwer	2,0%	11,4%	9,6%	2,8%
16			ab 1995	leicht	3,2%	14,3%	11,4%	3,6%

3.2.4. Berechnungen zweiwöchiger Urlaub Anfang Januar

Abweichend zu der Beschreibung der Varianten C und D in Abschnitt 3.1 beschreiben die folgenden Auswertungen die Varianten C und D wie folgt:

- **C: A mit Urlaub:**
Nutzwärmebedarf für den Fall durchgehender Beheizung, d.h. ohne Tag- u. Nachtabsenkung. Absenkung hier während einer 2-wöchigen Urlaubszeit Anfang Januar.
- **D: B mit Urlaub:**
Nutzwärmebedarf für den Fall mit Nachtabsenkung und durchgehender Beheizung tagsüber. Absenkung hier während einer 2-wöchigen Urlaubszeit Anfang Januar.

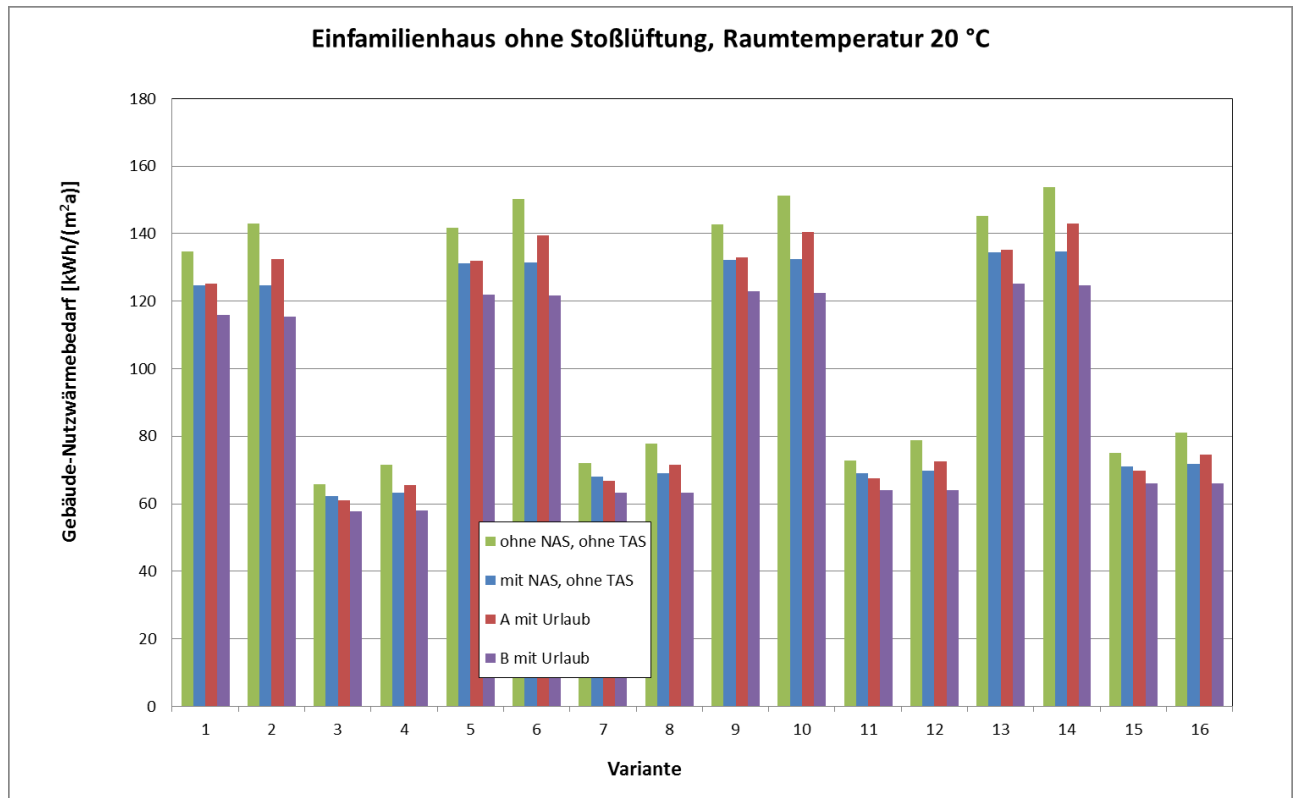


Bild 14: Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Tabelle 25: Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS A	mit NAS, ohne TAS B	A mit Urlaub C	B mit Urlaub D
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	134,7	124,6	125,2	115,8
2			bis 1978	leicht	143,0	124,8	132,6	115,4
3			ab 1995	schwer	65,7	62,3	60,9	57,7
4			ab 1995	leicht	71,4	63,2	65,6	58,0
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	141,8	131,1	132,0	122,0
6			bis 1978	leicht	150,3	131,5	139,6	121,7
7			ab 1995	schwer	72,0	68,1	66,8	63,2
8			ab 1995	leicht	77,9	69,0	71,7	63,4
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	142,8	132,1	132,9	122,9
10			bis 1978	leicht	151,2	132,4	140,4	122,6
11			ab 1995	schwer	72,9	69,0	67,6	64,0
12			ab 1995	leicht	78,7	69,8	72,5	64,2
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	145,4	134,5	135,3	125,1
14			bis 1978	leicht	153,9	134,8	143,0	124,8
15			ab 1995	schwer	75,1	71,1	69,8	66,0
16			ab 1995	leicht	81,1	71,9	74,7	66,1

Die in Tabelle 26 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-D: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung

Tabelle 26: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,5%	7,0%	7,0%
2			bis 1978	leicht	12,7%	7,3%	7,5%
3			ab 1995	schwer	5,2%	7,3%	7,3%
4			ab 1995	leicht	11,5%	8,2%	8,3%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	6,9%	7,0%
6			bis 1978	leicht	12,5%	7,2%	7,4%
7			ab 1995	schwer	5,3%	7,2%	7,2%
8			ab 1995	leicht	11,4%	8,0%	8,2%
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	6,9%	7,0%
10			bis 1978	leicht	12,5%	7,1%	7,4%
11			ab 1995	schwer	5,3%	7,2%	7,2%
12			ab 1995	leicht	11,3%	8,0%	8,2%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	6,9%	6,9%
14			bis 1978	leicht	12,4%	7,1%	7,4%
15			ab 1995	schwer	5,3%	7,1%	7,2%
16			ab 1995	leicht	11,3%	7,9%	8,1%

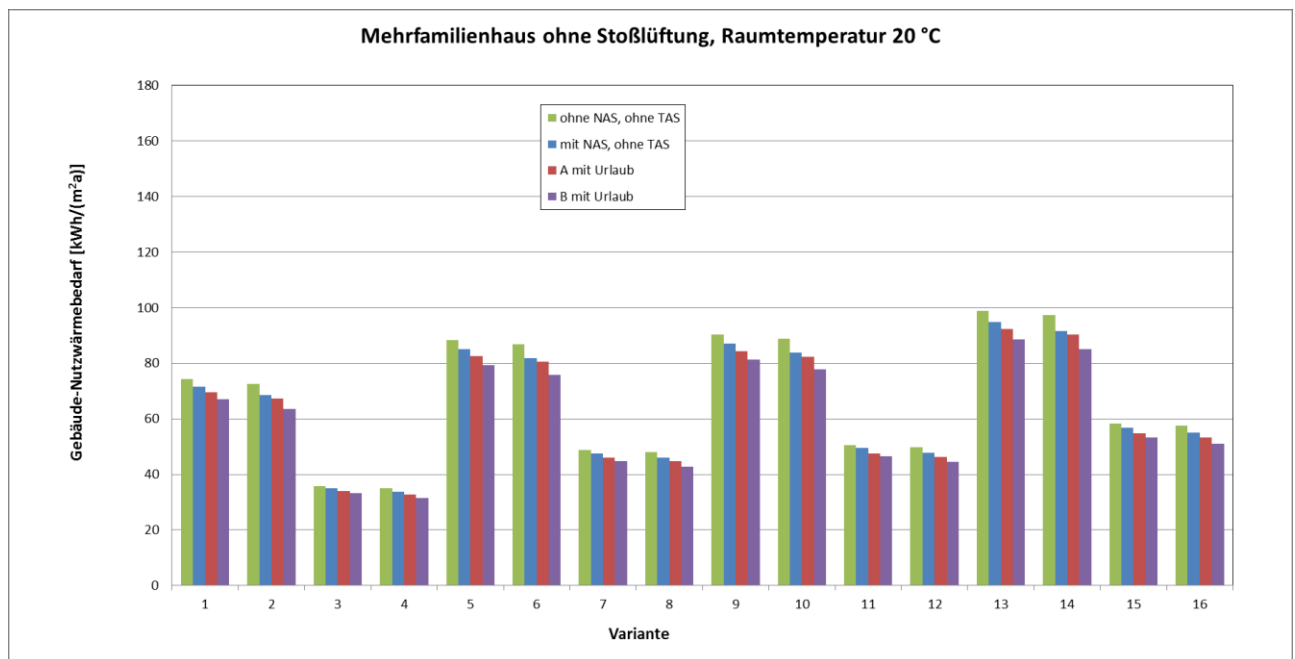


Bild 15: Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Tabelle 27: Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	A mit Urlaub	B mit Urlaub
					A	B	C	D
					[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	74,3	71,6	69,5	67,0
2			bis 1978	leicht	72,6	68,5	67,3	63,5
3			ab 1995	schwer	35,8	35,1	34,0	33,3
4			ab 1995	leicht	35,1	33,8	32,7	31,5
5		bis 1978	schwer	88,4	85,1	82,5	79,4	
6		bis 1978	leicht	86,9	81,8	80,6	75,9	
7		ab 1995	schwer	48,8	47,6	46,0	44,8	
8		ab 1995	leicht	48,0	46,1	44,6	42,8	
9		bis 1978	schwer	90,3	87,0	84,3	81,2	
10		bis 1978	leicht	88,8	83,8	82,4	77,7	
11		ab 1995	schwer	50,6	49,4	47,6	46,5	
12		ab 1995	leicht	49,8	47,8	46,3	44,4	
13		bis 1978	schwer	98,8	94,9	92,3	88,6	
14		bis 1978	leicht	97,4	91,6	90,4	85,0	
15		ab 1995	schwer	58,3	56,8	54,7	53,3	
16		ab 1995	leicht	57,5	55,1	53,4	51,1	

Die in Tabelle 28 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-D: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung

Tabelle 28: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-D
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,6%	6,5%	6,5%
2			bis 1978	leicht	5,6%	7,3%	7,2%
3			ab 1995	schwer	2,1%	5,1%	5,2%
4			ab 1995	leicht	3,8%	6,8%	6,8%
5		bis 1978	schwer	3,7%	6,6%	6,6%	
6		bis 1978	leicht	5,8%	7,3%	7,2%	
7		ab 1995	schwer	2,4%	5,8%	5,9%	
8		ab 1995	leicht	4,1%	7,1%	7,1%	
9		bis 1978	schwer	3,7%	6,6%	6,6%	
10		bis 1978	leicht	5,7%	7,2%	7,2%	
11		ab 1995	schwer	2,3%	5,9%	6,0%	
12		ab 1995	leicht	3,9%	7,1%	7,1%	
13		bis 1978	schwer	3,9%	6,6%	6,6%	
14		bis 1978	leicht	6,0%	7,2%	7,2%	
15		ab 1995	schwer	2,6%	6,0%	6,1%	
16		ab 1995	leicht	4,2%	7,1%	7,1%	

3.2.5. Verlängerung der Abwesenheitszeit für Varianten mit häufiger Anwesenheit (4h statt 2h)

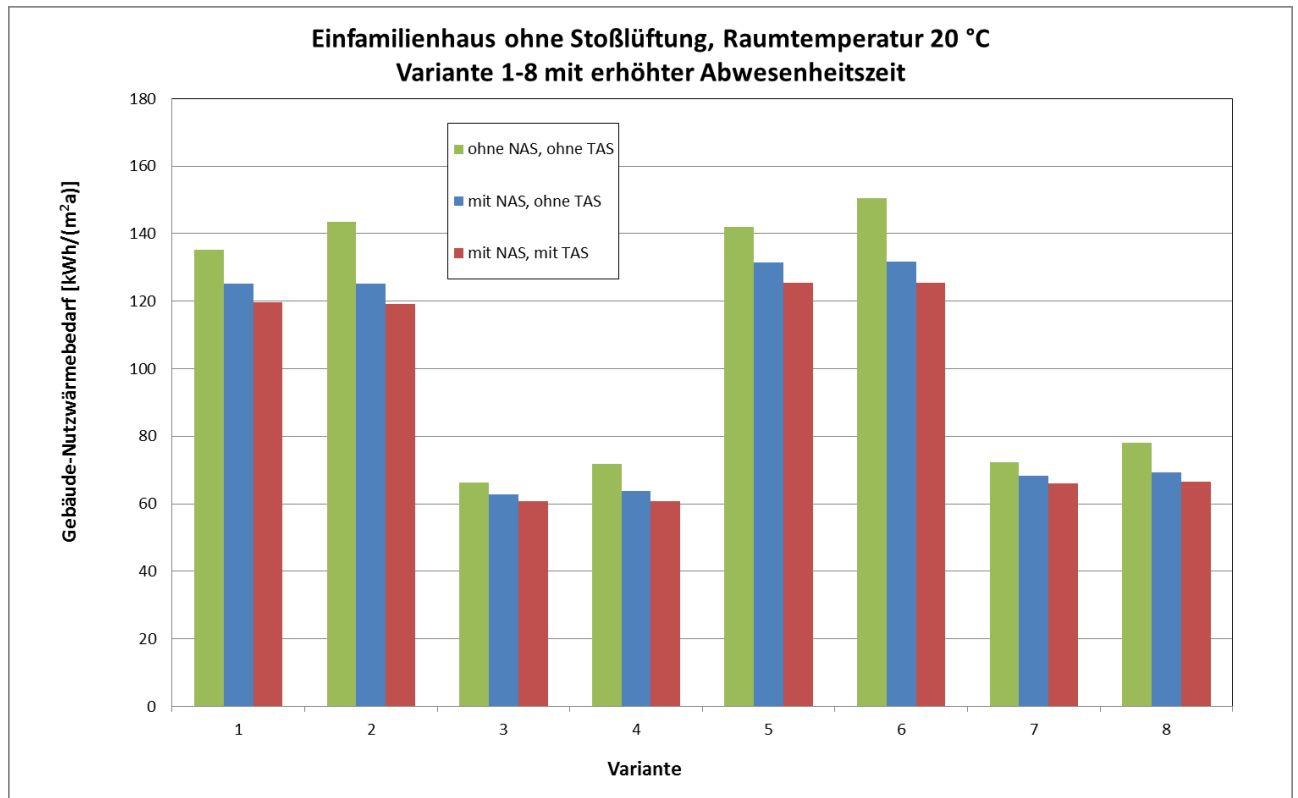


Bild 16: Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Tabelle 29: Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS
					A	B	C
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	135,3	125,1	119,7
2			bis 1978	leicht	143,5	125,3	119,1
3			ab 1995	schwer	66,2	62,7	60,7
4			ab 1995	leicht	71,9	63,7	60,8
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	142,1	131,4	125,5
6			bis 1978	leicht	150,6	131,7	125,4
7			ab 1995	schwer	72,2	68,4	66,1
8			ab 1995	leicht	78,1	69,2	66,5

Die in Tabelle 30 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung

Tabelle 30: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,5%	11,5%	4,4%
2			bis 1978	leicht	12,7%	17,0%	5,0%
3			ab 1995	schwer	5,2%	8,2%	3,2%
4			ab 1995	leicht	11,4%	15,4%	4,5%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	7,5%	11,7%	4,5%
6			bis 1978	leicht	12,5%	16,7%	4,8%
7			ab 1995	schwer	5,3%	8,5%	3,3%
8			ab 1995	leicht	11,4%	14,9%	4,0%

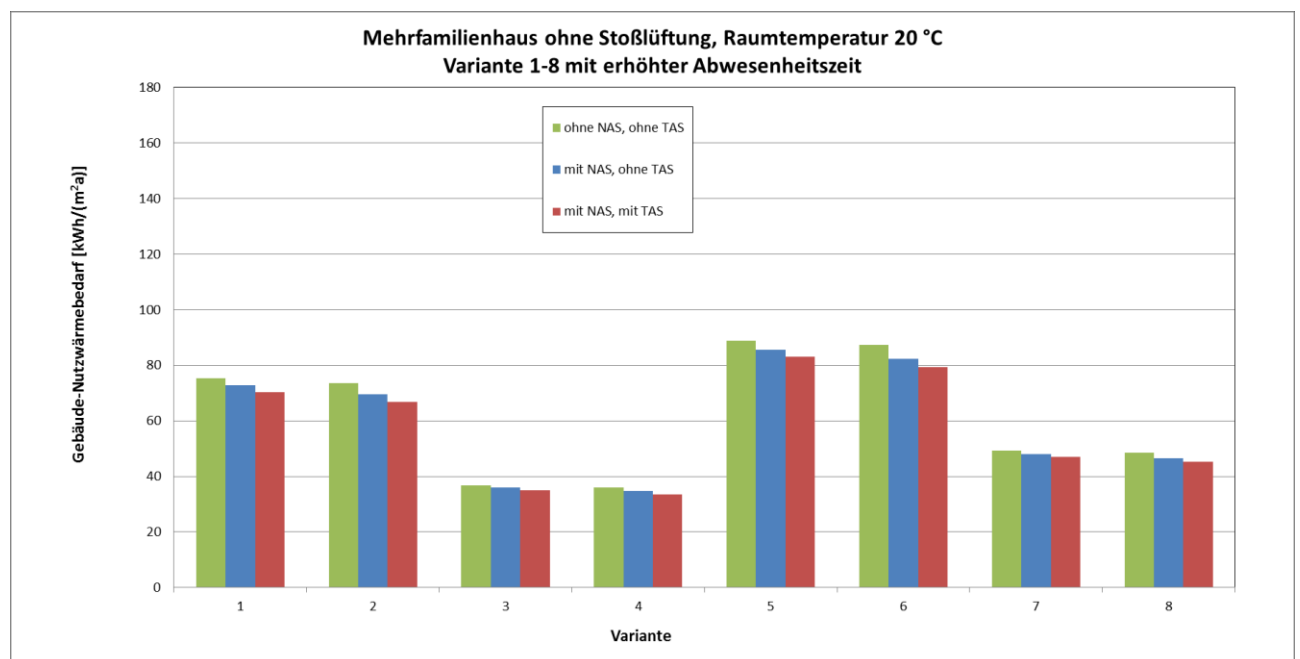


Bild 17: Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Tabelle 31: Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS A [kWh/m²a]	mit NAS, ohne TAS B [kWh/m²a]	mit NAS, mit TAS C [kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	75,4	72,7	70,4
2			bis 1978	leicht	73,7	69,6	66,8
3			ab 1995	schwer	36,8	36,1	35,1
4			ab 1995	leicht	36,1	34,7	33,6
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	88,8	85,5	83,0
6			bis 1978	leicht	87,4	82,3	79,4
7			ab 1995	schwer	49,3	48,1	47,0
8			ab 1995	leicht	48,5	46,5	45,2

Die in Tabelle 32 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachtabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachtabsenkung

Tabelle 32: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,6%	6,6%	3,2%
2			bis 1978	leicht	5,6%	9,3%	4,0%
3			ab 1995	schwer	2,0%	4,7%	2,7%
4			ab 1995	leicht	3,8%	7,1%	3,4%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,7%	6,5%	2,9%
6			bis 1978	leicht	5,8%	9,1%	3,5%
7			ab 1995	schwer	2,4%	4,6%	2,3%
8			ab 1995	leicht	4,1%	6,8%	2,9%

3.2.6. Berechnungen für abweichende Soll-Heiztemperaturen

Die Fallbeschreibungen entsprechen denen aus Abschnitt 3.1. Die Berechnungen gehen hier abweichend von Abschnitt 3.1. von einer Raum-Solltemperatur von 22 °C statt 20 °C aus.

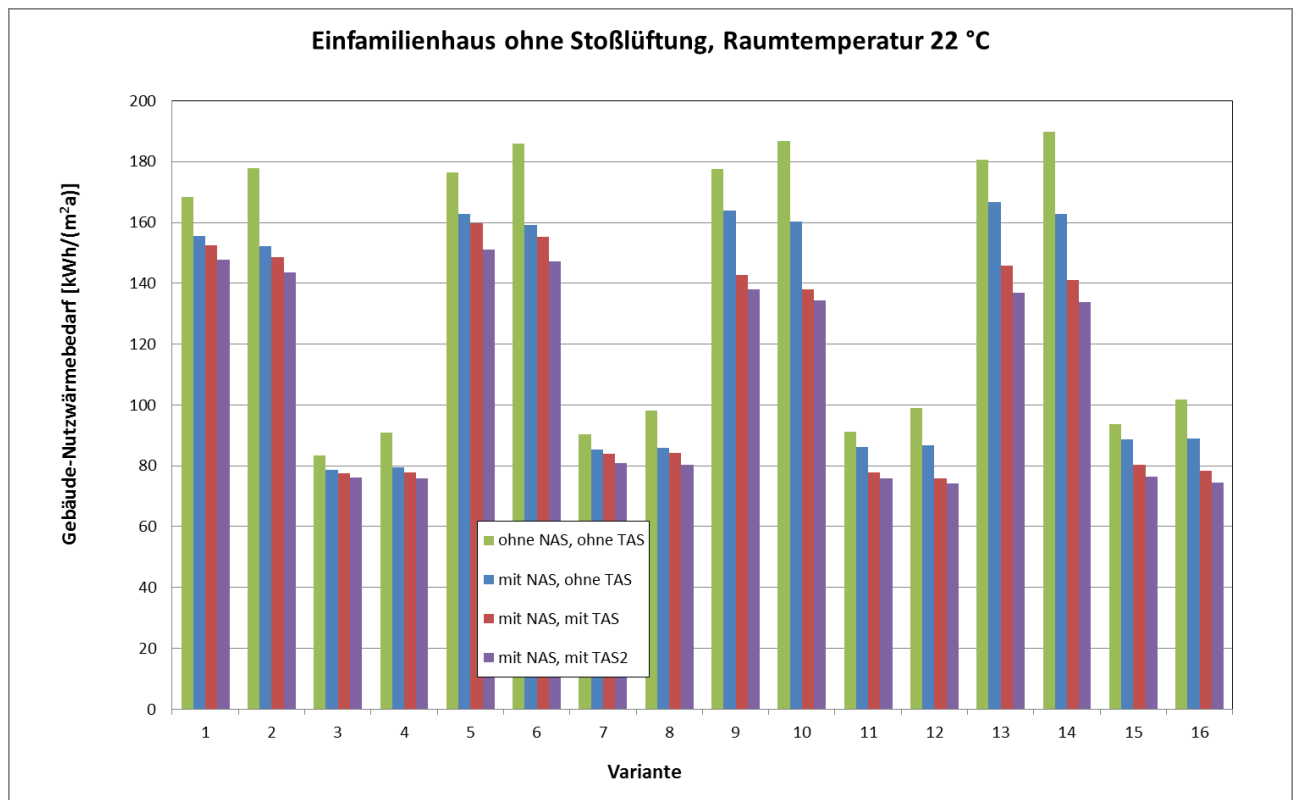


Bild 18: Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur

Tabelle 33: Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur

Variante	Gebäude	Nutzung	Bualter	Bauart	Nutzwärmebedarf			
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS	mit NAS, mit TAS2
					A	B	C	D
					[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	168,5	155,4	152,6	147,8
2			bis 1978	leicht	177,8	152,1	148,6	143,6
3			ab 1995	schwer	83,3	78,7	77,6	76,1
4			ab 1995	leicht	91,0	79,5	77,9	75,8
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	176,5	162,8	159,7	151,1
6			bis 1978	leicht	185,8	159,3	155,3	147,3
7			ab 1995	schwer	90,3	85,3	84,1	81,0
8		2 Personen selten anwesend	ab 1995	leicht	98,2	85,8	84,2	80,3
9			bis 1978	schwer	177,6	164,0	142,6	138,0
10			bis 1978	leicht	186,8	160,3	138,0	134,5
11		1 Person selten anwesend	ab 1995	schwer	91,3	86,3	77,9	75,9
12			ab 1995	leicht	99,1	86,7	75,9	74,1
13			bis 1978	schwer	180,5	166,6	145,7	136,9
14			bis 1978	leicht	189,8	162,8	141,0	133,9
15			ab 1995	schwer	93,8	88,6	80,4	76,4
16			ab 1995	leicht	101,7	89,0	78,4	74,6

Die in Tabelle 34 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung
- B-D: (maximale) Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung bei zusätzlicher Absenkung nicht benutzter Räume

Tabelle 34: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur

Variante	Gebäude	Nutzung	Bualter	Bauart	Differenzen			
					A-B	A-C	B-C	B-D
1	EFH	4 Personen	bis 1978	schwer	7,7%	9,4%	1,8%	4,9%
2			bis 1978	leicht	14,4%	16,4%	2,3%	5,6%
3			ab 1995	schwer	5,5%	6,8%	1,4%	3,3%
4			ab 1995	leicht	12,6%	14,4%	2,0%	4,6%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	7,8%	9,5%	1,9%	7,2%
6			bis 1978	leicht	14,3%	16,4%	2,5%	7,5%
7			ab 1995	schwer	5,6%	6,9%	1,4%	5,0%
8		2 Personen selten anwesend	ab 1995	leicht	12,6%	14,2%	1,8%	6,4%
9			bis 1978	schwer	7,7%	19,7%	13,0%	15,8%
10			bis 1978	leicht	14,2%	26,2%	13,9%	16,1%
11		1 Person selten anwesend	ab 1995	schwer	5,5%	14,6%	9,7%	12,0%
12			ab 1995	leicht	12,5%	23,4%	12,5%	14,6%
13			bis 1978	schwer	7,7%	19,3%	12,5%	17,8%
14			bis 1978	leicht	14,2%	25,7%	13,4%	17,8%
15			ab 1995	schwer	5,5%	14,3%	9,2%	13,8%
16			ab 1995	leicht	12,5%	23,0%	11,9%	16,2%

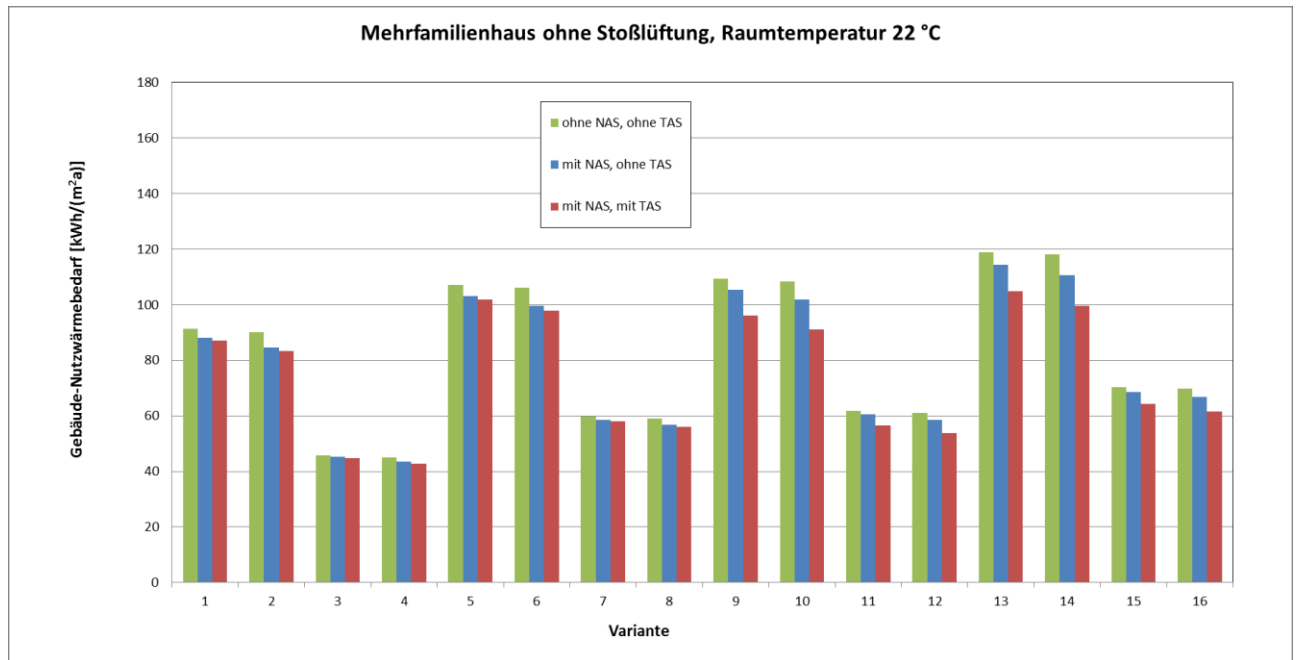


Bild 19: Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur

Tabelle 35: Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur

Variante	Gebäude	Nutzung	Bualter	Bauart	Nutzwärmebedarf		
					ohne NAS, ohne TAS	mit NAS, ohne TAS	mit NAS, mit TAS
					A	B	C
					[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	91,3	88,2	87,2
2			bis 1978	leicht	90,1	84,7	83,4
3			ab 1995	schwer	45,8	45,3	44,8
4			ab 1995	leicht	45,0	43,5	42,9
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	107,1	103,2	101,8
6			bis 1978	leicht	106,2	99,6	97,9
7			ab 1995	schwer	59,8	58,6	58,0
8			ab 1995	leicht	59,1	56,7	56,0
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	109,3	105,4	96,1
10			bis 1978	leicht	108,3	101,7	91,0
11			ab 1995	schwer	61,7	60,6	56,4
12			ab 1995	leicht	61,1	58,7	53,7
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	118,9	114,4	104,8
14			bis 1978	leicht	118,0	110,6	99,6
15			ab 1995	schwer	70,2	68,6	64,2
16			ab 1995	leicht	69,8	66,7	61,5

Die in Tabelle 36 folgende Differenzbetrachtung enthält folgende Vergleiche:

- A-B: Einsparung durch Nachtabsenkung
- A-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall ohne Nachabsenkung
- B-C: Einsparung durch Thermostatventile bezüglich Fall mit Nachabsenkung

Tabelle 36: Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur

Variante	Gebäude	Nutzung	Baualter	Bauart	Differenzen		
					A-B	A-C	B-C
1	MFH	4 Personen	bis 1978	schwer	3,4%	4,5%	1,1%
2			bis 1978	leicht	6,0%	7,4%	1,5%
3			ab 1995	schwer	1,3%	2,2%	1,0%
4			ab 1995	leicht	3,5%	4,8%	1,3%
5		2 Personen häufig anwesend	bis 1978	schwer	3,7%	4,9%	1,3%
6			bis 1978	leicht	6,2%	7,8%	1,6%
7			ab 1995	schwer	1,9%	2,9%	1,1%
8			ab 1995	leicht	4,1%	5,4%	1,4%
9		2 Personen selten anwesend	bis 1978	schwer	3,6%	12,1%	8,8%
10			bis 1978	leicht	6,1%	16,0%	10,5%
11			ab 1995	schwer	1,8%	8,5%	6,8%
12			ab 1995	leicht	3,9%	12,0%	8,4%
13		1 Person selten anwesend	bis 1978	schwer	3,8%	11,8%	8,4%
14			bis 1978	leicht	6,3%	15,6%	9,9%
15			ab 1995	schwer	2,3%	8,5%	6,4%
16			ab 1995	leicht	4,4%	11,9%	7,8%

4. Diskussion der Ergebnisse

Das Niveau der Ergebnisse für den Nutzwärmebedarf des freistehenden Einfamilienhauses, Tabelle 5, liegt mit ca. 130-150 kWh/(m²a) für die Baualtersklasse bis 1978 und ca. 60-80 kWh/(m²a) für die Baualtersklasse ab 1995 in einem für die jeweilige Baualtersklasse typischen Bereich. Im Mehrfamilienhaus, bei dem ausschließlich ein zentral liegendes Geschoß mit entsprechend geringer wärmetauschender Hüllfläche betrachtet wird, liegt erwartungsgemäß ein deutlich reduzierter Nutzwärmebedarf vor.

Im Vergleich zu einem durchgängigen Heizbetrieb (jeweils Spalte A) lässt sich durch eine konsequente Nachtabsenkung (jeweils Spalte B) der Nutzwärmebedarf im Einfamilienhaus um 5 - 12%, im Mehrfamilienhaus um 2 - 6% reduzieren. Wesentliche Einflussgröße innerhalb der genannten Bandbreite für die zu erzielenden, prozentualen Einsparungen ist dabei die Bauteilschwere. Die Baualtersklasse und auch die Nutzung sind – wenn auch absolut gesehen von erheblicher Relevanz - für die erzielbaren, prozentualen Einsparungen nur von untergeordneter Bedeutung. Die durch eine zusätzliche Tagabsenkung während der Abwesenheitszeit zu erzielenden, weiteren Einsparungen sind naturgemäß im Wesentlichen von der Dauer der Abwesenheit abhängig. Betragen sie im Fall häufiger Anwesenheit (Varianten 1 - 8) lediglich ca. 1 - 2%, so ist in den Fällen mit häufiger Abwesenheit durchaus eine zusätzliche Einsparung von ca. 8 - 11% realisierbar, im Einfamilienhaus dabei tendenziell etwas mehr. Für diese zusätzliche, prozentuale Einsparung durch Tagabsenkung ist eine eindeutige Tendenz hinsichtlich der Baualtersklasse und der Bauteilschwere nicht erkennbar bzw. marginal. Durch Absenkung der Raumtemperatur in tagsüber nicht genutzten Räumen (nur Einfamilienhaus) ergibt sich ein weiteres Einsparpotenzial in der Größenordnung 2 - 4%, wobei hier tendenziell die Nutzungen mit häufiger Anwesenheit mehr profitieren. Wird für die Fälle mit häufiger Anwesenheit (Variante 1 - 8) die Abwesenheitszeit von 2 h auf 4 h verdoppelt, ergibt sich in erster Näherung auch eine in etwa verdoppelte, prozentuale Einsparung.

Die zusätzlichen Einsparungen durch Absenken der Raumtemperatur während der Stoßlüftungszeiten (2 x 12 Minuten pro Tag) sind durchweg gering und betragen im EFH (Tabelle 10) maximal 0,4 % im MFH (Tabelle 12) sogar nur 0,2 % im Maximum. Der Einsatzzweck einer derartigen, vergleichsweise aufwändigen Regelung (Fensterkontakte, Elektronik) ist daher eher darin zu sehen, im Falle von Dauerlüftung („vergessenes Fenster“, Kipplüftung) für einen reduzierten Heizbetrieb bzw. Frostschutz zu sorgen. Im Extremfall, d.h. tägliches Dauerlüften über 3 Stunden beträgt die zusätzliche Einsparung dann in Einzelfällen bis hin zu 13 %, vergl. Tabelle 22.

Die Variation der Berechnungsrandbedingungen hinsichtlich der vorhandenen inneren Lasten (Abschnitt 3.2.2) und der zugrunde gelegten Raumtemperatur (Abschnitt 3.2.6) beeinflussen die prozentual zu erzielenden Einsparungen nur wenig, haben aber naturgemäß einen erheblichen Einfluss auf das Niveau des Wärmebedarfs insgesamt. Ausgehend von tatsächlichen Verbräuchen ist es daher zulässig, die quantifizierten prozentualen Einsparungen auch im Fall abweichender interner Lasten und Raumtemperaturen z.B. für überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zugrunde zu legen.

Die Einsparung durch thermostatische Absenkung während der Urlaubsabwesenheit ist naturgemäß von der Dauer der Abwesenheit und der Jahreszeit abhängig. Legt man einen zweiwöchigen Urlaub in der Periode mit den tiefsten Außentemperaturen, d.h. bei maximalem Einsparpotenzial, zugrunde, so ergibt sich eine Einsparung von 5 - 7%.

5. Zusammenfassung und Fazit

Elektronische Thermostatventile bieten eine vergleichsweise einfach zu realisierende Möglichkeit, die Raumsolltemperatur innerhalb einer Wohneinheit oder auch einzelner Räume innerhalb einer Wohneinheit nutzungsspezifisch vorwählbar einzustellen. Üblich sind dabei raumweise einstellbare Tages- und Wochenverläufe, einige Produkte bieten zusätzlich die Möglichkeit der automatischen Heizunterbrechung im Falle geöffneter Fenster. Durch die Absenkung der Solltemperatur zu Zeiten, in denen eine Beheizung auf übliche Wohnraumtemperaturen nicht erforderlich oder nicht gewünscht ist, lässt sich bekanntermaßen der Energiebedarf für die Beheizung reduzieren.

Im Rahmen dieser Studie wird das Einsparpotenzial durch thermostatische Raumtemperaturabsenkung in einer umfassenden Bandbreite denkbarer Szenarien mit Hilfe dynamischer Simulationsberechnungen sowohl absolut als auch im Sinne prozentualer Einsparungen quantifiziert. Variiert werden dabei die Gebäudegeometrie, die Baualtersklasse des Gebäudes, die Bauteilschwere sowie insbesondere auch die Nutzungsgegebenheiten, die in Bezug auf die vorliegende Fragestellung von entscheidender Bedeutung sind.

Die Bandbreite der erzielbaren Einsparungen schwankt dabei – je nach verwendetem Bezug und zugrunde gelegten Nutzungsrandbedingungen –fallweise von einigen wenigen Prozent bis hin zu mehr als 25 %, wenn auch Nachtabsenkungs- und Urlaubszeiten über die thermostatische Regelung realisiert werden. Der Einfluss der Baualtersklasse und der Bauteilschwere sind – außer für die klassische Nachtabsenkung – in Bezug auf die prozentual erzielbaren Einsparungen erstaunlich gering. Eine Entscheidung für oder gegen eine Aus- oder Umrüstung mit elektronischen Thermostaten sollte - zumindest wenn im Wesentlichen die Energieeinsparung bzw. Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht- immer abhängig vom vorhandenen Heizwärmeverbrauch unter Einbezug der real vorhandenen Nutzung der Wohneinheit getätigt werden.

6. Literatur und Quellenangaben

- [1] Hauser, G.: Rechnerische Vorherbestimmung des Wärmeverhaltens großer Bauten. Dissertation Universität Stuttgart (1977).
- [2] Hauser, G.: Method for calculating of thermal behaviour of buildings. Proceedings ICHMT-Seminar. Hemisphere Publishing Comp., Washington (1978), S. 419-427.
- [3] DIN EN ISO 13790: Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung. September 2008.
- [4] DIN EN ISO 13791: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren. Februar 2005.
- [5] DIN EN ISO 13792: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden –Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Vereinfachtes Berechnungsverfahren. August 2012.
- [6] S. Klauß und W. Kirchhoff, Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Kassel: ZUB, 2010.
- [7] Schlitzberger, S., Kempkes, C.: Untersuchung der Wirkung der Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen auf den Heizwärmebedarf sowie den thermischen Komfort im Sommer. Studie des Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser im Auftrag der Verlag Bau+Technik GmbH. Unveröffentlicht. Kassel, Februar 2016.
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ vom 7.4.2015.
- [9] Esdorn, H.; Fortak, H. und Jahn, A: Entwicklung von Testreferenzjahren (TRY) für Klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland. Statusbericht 1985 "Rationelle Energieverwendung im Haushalt und Kleinverbrauch" des BMFT. Verlag TÜV Rheinland (1985), S. 424-437.
- [10] Deutscher Wetterdienst: Aktualisierte und erweiterte Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. Projektbericht. Ein Gemeinsames Projekt im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) in Zusammenarbeit mit der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH und dem Deutschen Wetterdienst (DWD). Offenbach 2011.
- [11] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 67, Bundesanzeiger Verlag, 21. November 2013, S. 3951–3990.
- [12] Stromspiegel für Deutschland 2016. Klimaschutz zu Hause. co2online gemeinnützige GmbH. 1. Auflage, Berlin 2016.

Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Ansicht Südost des zugrunde gelegten Einfamilienhauses.....	6
Bild 2:	Ansicht Südost des zugrunde gelegten Mehrfamilienhauses.....	6
Bild 3:	Jährlicher Außentemperaturverlauf im TRY 04-Datensatz	8
Bild 4:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung	11
Bild 5:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung.....	13
Bild 6:	Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung	14
Bild 7:	Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung.....	15
Bild 8:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten.....	17
Bild 9:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten	19
Bild 10:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten.....	21
Bild 11:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten	23
Bild 12:	Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung	25
Bild 13:	Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung.....	26
Bild 14:	Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar	28
Bild 15:	Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar.....	29
Bild 16:	Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)	31
Bild 17:	Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8).....	32
Bild 18:	Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur	33
Bild 19:	Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Nutzungsprofile auf Basis der Anwesenheitszeiten zu Hause	4
Tabelle 2:	Personenanwesenheit im Tagesprofil	9
Tabelle 3:	Zugrunde gelegte Jahres-Stromverbräuche nach [12]	10
Tabelle 4:	Anteilige Stromverbräuche nach [12]	10
Tabelle 5:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung	12
Tabelle 6:	Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung	12
Tabelle 7:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung.....	13
Tabelle 8:	Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung	14
Tabelle 9:	Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung	15
Tabelle 10:	Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe EFH mit Stoßlüftung	15
Tabelle 11:	Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung.....	16
Tabelle 12:	Differenzbetrachtungen für Nutzwärmebedarfe MFH mit Stoßlüftung.....	16
Tabelle 13:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten.....	17
Tabelle 14:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten	18
Tabelle 15:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten	19
Tabelle 16:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz halbiertes Lasten	20
Tabelle 17:	Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten.....	21
Tabelle 18:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten	22
Tabelle 19:	Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten	23
Tabelle 20:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH ohne Stoßlüftung, Ansatz verdoppelter Lasten.....	24
Tabelle 21:	Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung	25
Tabelle 22:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei Dauerkipplüftung	26
Tabelle 23:	Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung.....	26
Tabelle 24:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei Dauerkipplüftung.....	27
Tabelle 25:	Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar	28
Tabelle 26:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar	29
Tabelle 27:	Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar.....	30
Tabelle 28:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei 2-wöchigem Urlaub Anfang Januar	30
Tabelle 29:	Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)	31
Tabelle 30:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)	32
Tabelle 31:	Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8)	32
Tabelle 32:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei verlängerter Abwesenheitszeit (Variante 1 - 8).....	33
Tabelle 33:	Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur	34
Tabelle 34:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe EFH bei erhöhter Raumtemperatur	34
Tabelle 35:	Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur	35
Tabelle 36:	Differenzbetrachtungen Nutzwärmebedarfe MFH bei erhöhter Raumtemperatur.....	36

Anlage A Grundrisse der Gebäude

A 1 Einfamilienhaus

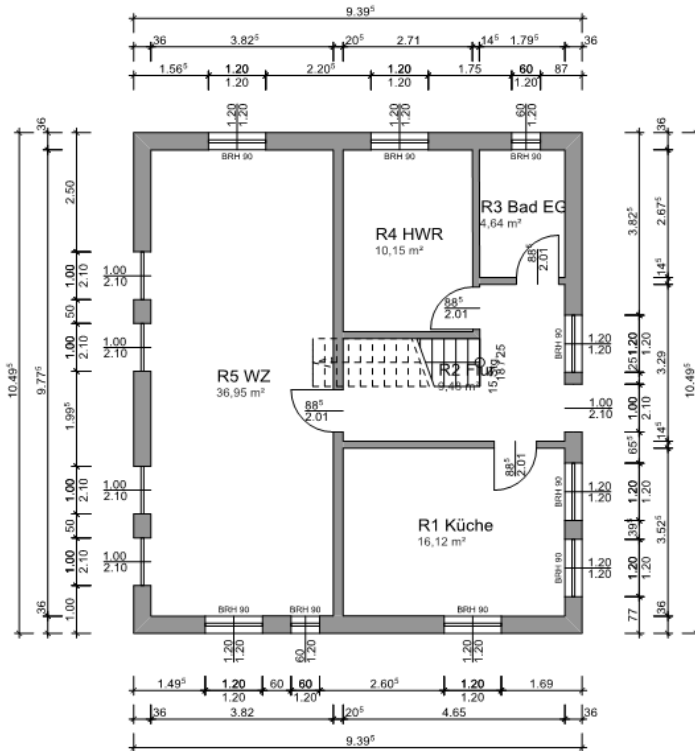


Bild A-1: Grundriss EG Einfamilienhaus

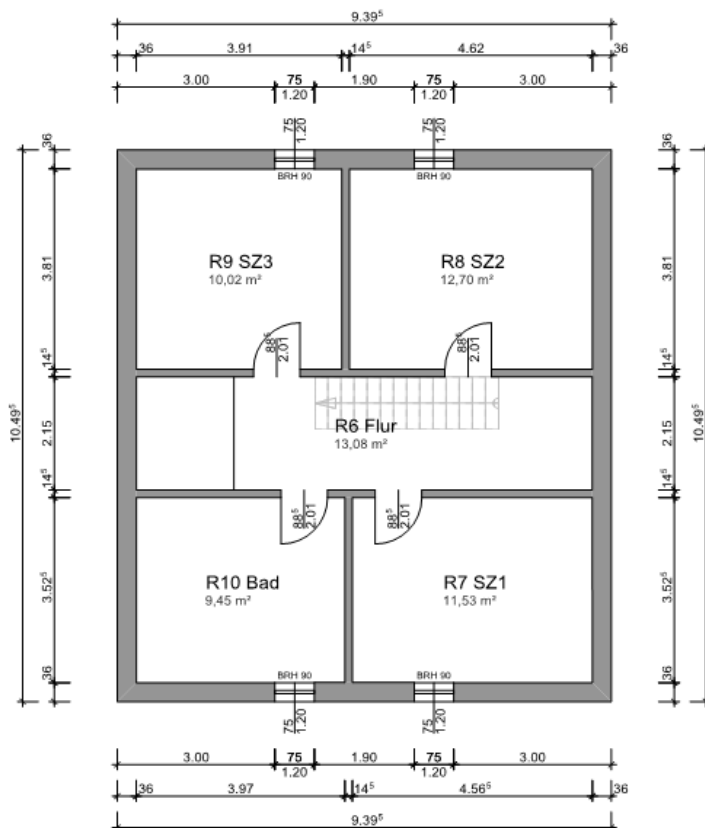


Bild A-2: Grundriss OG, Einfamilienhaus

A 2 Mehrfamilienhaus

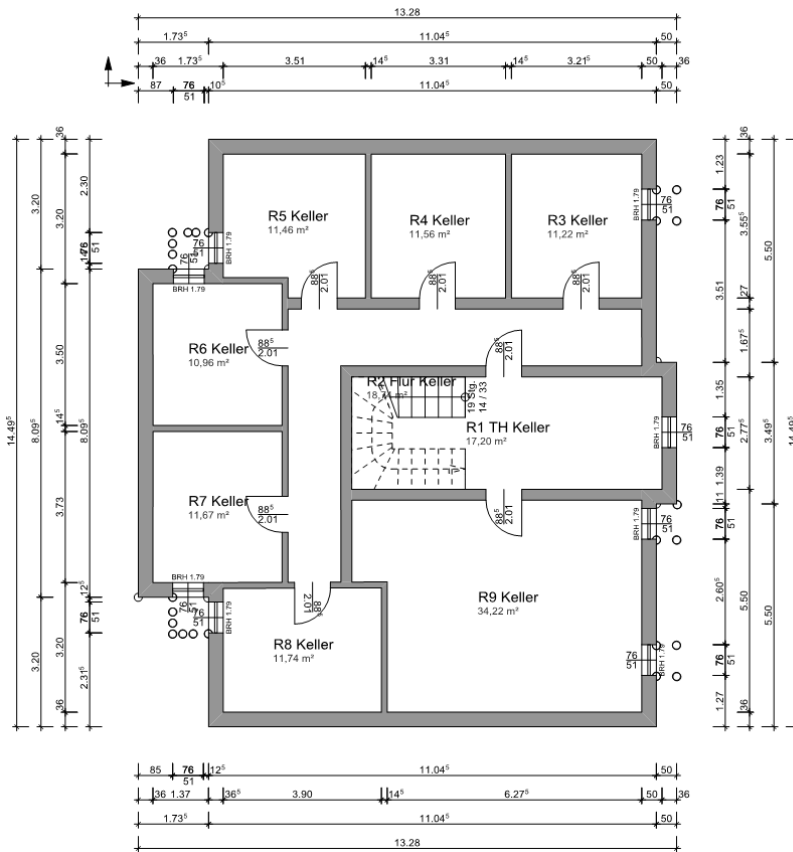


Bild A-3: Grundriss Kellergeschoss Mehrfamilienhaus

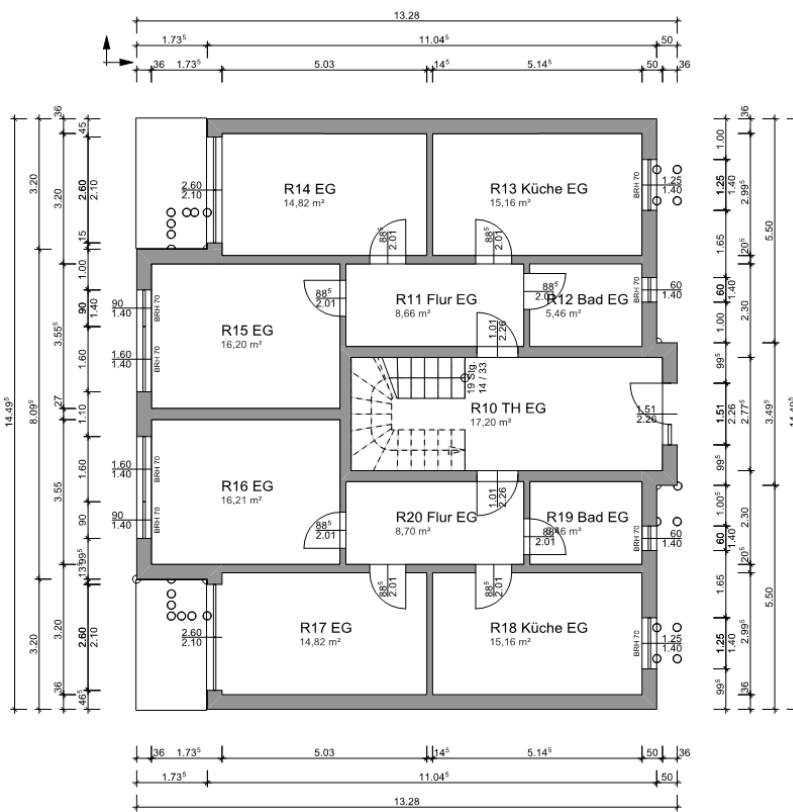


Bild A-4: Grundriss Erdgeschoss Mehrfamilienhaus

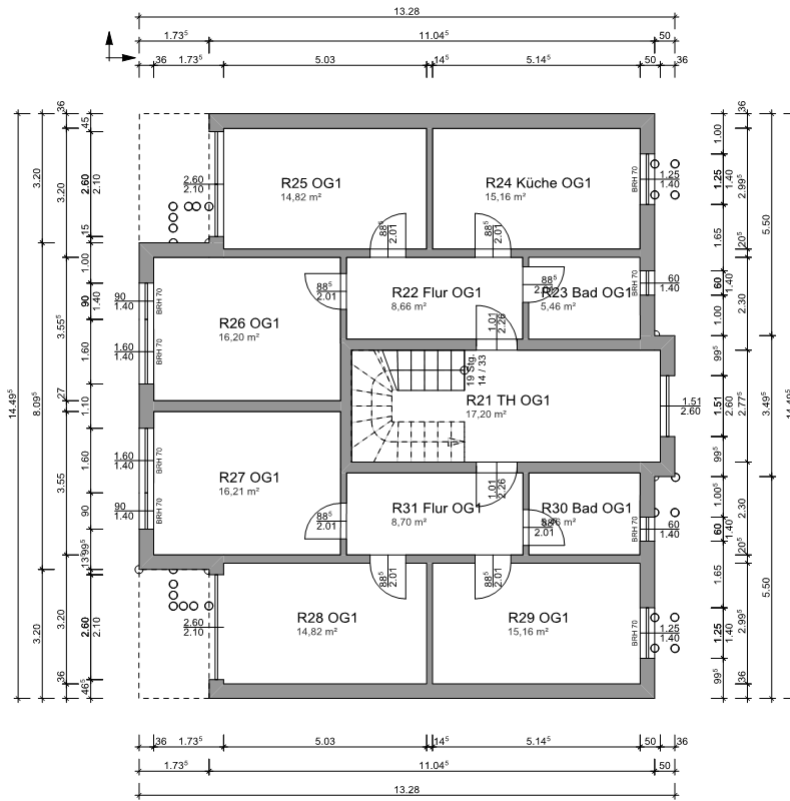


Bild A-5: Grundriss 1. Obergeschoss Mehrfamilienhaus

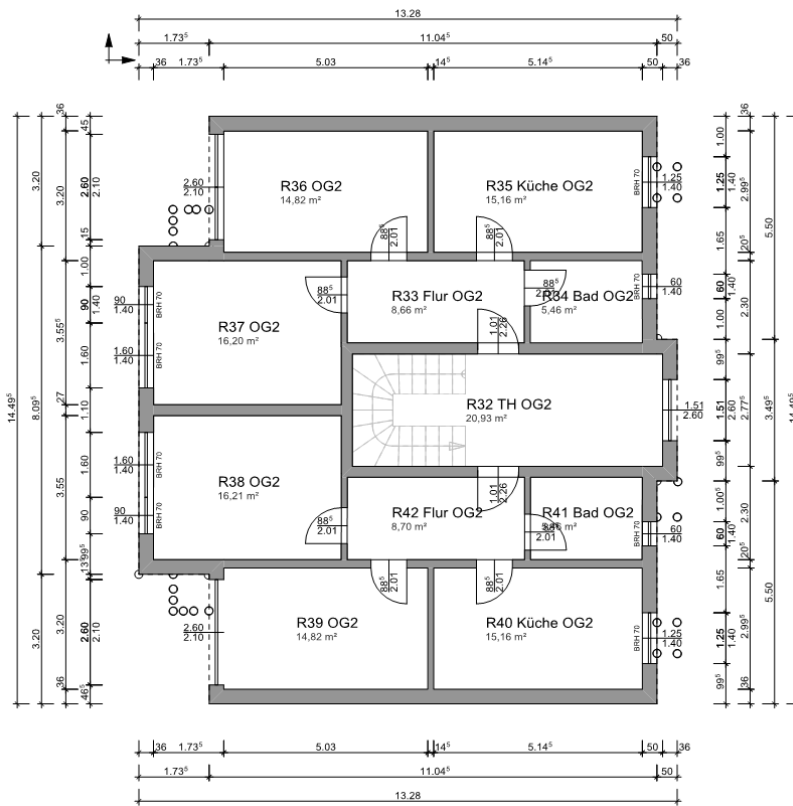


Bild A-6: Grundriss 2. Obergeschoss Mehrfamilienhaus

Anlage B Bauteilaufbauten

B 1 Bauteile Baualtersklasse 1969 – 1978, leichte Bauart

B 1.1 Dach

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	12	0,130	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	50	0,040	500
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	50	0,130	80
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	20	1,150	
	gesamt	82		

B 1.2 Geschossdecke

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	40	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	40	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 100mm (Wärmestrom aufwärts - nicht belüftet)	40	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	40	0,130	80
4	DIN EN ISO 10456 Holzwerkstoffe Spanplatte 600	16	0,140	
	gesamt	108,5		

B 1.3 Innenwand 14,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	80	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 25mm (Wärmestrom horizontal - nicht belüftet)	40	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	40	0,130	80
4	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
	gesamt	145		

B 1.4 Innenwand 20,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	80	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 25mm (Wärmestrom horizontal - nicht belüftet)	100	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	100	0,130	80
4	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
	gesamt	205		

B 1.5 Außenwand

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	20	0,040
3	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	10	0,700
4	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2400	365	1,400
5	DIN 4108 1.1.1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20	1,000
	gesamt	427,5	

B 1.6 Boden EG

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	20	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	20	0,040
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	200	1,150
	gesamt	240	

B 1.7 Fenster

U-Wert [W/(m ² K)]	3,00
g-Wert [-]	0,75
g-Korrektur [-]	0,90
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	Kunststoff-Rahmen (dena Pauschalwerte bei Glasanteil 60% der Fensterfläche)

B 2 Bauteile Baualtersklasse 1969 – 1978, schwere Bauart

B 2.1 Dach

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	12	0,130	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	50	0,040	500
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	50	0,130	80
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	20	1,150	
	gesamt	82		

B 2.2 Geschossdecke

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	50	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	20	0,040
3	DIN 4108 2.2 Leichtbeton und Stahlleichtbeton (2000), DIN EN 206 und DIN 1045-2	160	1,350
4	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	10	0,700
	gesamt	240	

B 2.3 Innenwand 14,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
2	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2000	115	0,960
3	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
	gesamt	145	

B 2.4 Innenwand 20,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
2	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2000	175	0,960
3	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
	gesamt	205	

B 2.5 Außenwand

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	10	0,700
2	DIN 4108 4.1.3 Hochlochziegel 1000 NM/DM	365	0,450
3	DIN 4108 1.1.1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20	1,000
	gesamt	395	

B 2.6 Boden EG

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	50	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	20	0,040
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	200	1,150
	gesamt	270	

B 2.7 Fenster

U-Wert [W/(m ² K)]	3,00
g-Wert [-]	0,75
g-Korrektur [-]	0,90
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	Kunststoff-Rahmen (dena Pauschalwerte bei Glasanteil 60% der Fensterfläche)

B 3 Bauteile Baualtersklasse ab 1995, leichte Bauart

B 3.1 Dach

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	16	0,130	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	160	0,040	550
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	160	0,130	80
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	20	1,150	
	gesamt	196		

B 3.2 Geschossdecke

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	140	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	140	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 100mm (Wärmestrom aufwärts - nicht belüftet)	40	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	40	0,130	80
4	DIN EN ISO 10456 Holzwerkstoffe Spanplatte 600	25	0,140	
	gesamt	217,5		

B 3.3 Innenwand 14,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	80	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 25mm (Wärmestrom horizontal - nicht belüftet)	40	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	40	0,130	80
4	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
	gesamt	145		

B 3.4 Innenwand 20,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	80	0,130	80
3	EN ISO 6946 Luftschicht 25mm (Wärmestrom horizontal - nicht belüftet)	100	R=0,180 m ² K/W	545
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	100	0,130	80
4	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250	
	gesamt	205		

B 3.5 Außenwand

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	0,250
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	60	0,040
3	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	10	0,700
4	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2000	240	0,960
5	DIN 4108 1.1.1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	20	1,000
	gesamt	342,5	

B 3.6 Boden EG

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	20	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	50	0,040
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	180	1,150
	gesamt	250	

B 3.7 Fenster

U-Wert [W/(m ² K)]	1,90
g-Wert [-]	0,60
g-Korrektur [-]	0,90
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	Kunststoff- oder Alu-Rahmen mit $U_f \leq 2$ W/(m ² K) (dena Pauschalwerte bei Glasanteil 60% der Fensterfläche)

B 4 Bauteile Baualtersklasse ab 1995, schwere Bauart

B 4.1 Dach

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	Breite [mm]
1	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	16	0,130	
2	DIN 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0385 Kategorie II	160	0,040	550
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	160	0,130	80
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	20	1,150	
	gesamt	196		

B 4.2 Geschossdecke

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	50	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	20	0,040
3	DIN 4108 2.2 Leichtbeton und Stahlleichtbeton (2000), DIN EN 206 und DIN 1045-2	160	1,350
4	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	10	0,700
	gesamt	240	

B 4.3 Innenwand 14,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
2	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2000	115	0,960
3	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
	gesamt	145	

B 4.4 Innenwand 20,5 cm

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
2	DIN 4108 4.1.2 Voll-, Hochloch-, Füllziegel 2000	175	0,960
3	DIN V 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	15	0,700
	gesamt	205	

B 4.5 Außenwand

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.1.2 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	5	0,700
2	DIN 4108 4.1.4 Hochloch-, Wärmedämmziegel 550 LM21/LM 36	300	0,190
3	DIN 4108 1.1.7 Wärmedämmputz nach DIN 18550-3 (060)	15	0,060
	gesamt	320	

B 4.6 Boden EG

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]
1	DIN 4108 1.3.2 Zement-Estrich	50	1,400
2	DIN 4108 5.2 Expandierter Polystyrolschaum GW 0,0385 Kategorie II	50	0,040
3	DIN EN ISO 10456 Beton mittl. Rohdichte 1800	180	1,150
	gesamt	280	

B 4.7 Fenster

U-Wert [W/(m ² K)]	1,90
g-Wert [-]	0,60
g-Korrektur [-]	0,90
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	Kunststoff- oder Alu-Rahmen mit $U_f \leq 2$ W/(m ² K) (dena Pauschalwerte bei Glasanteil 60% der Fensterfläche)