

# **Modellierung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs im Wohngebäudesektor gemäß der aktuellen Normung**

von

Martin MOISI

Als Diplomarbeit der Kommission zur Abhaltung der dritten  
Diplomprüfung der Studienrichtung Maschinenbau an der  
Technischen Universität Graz über das Institut für Wärmetechnik  
(Vorstand: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Jürgen Karl) vorgelegt.

Begutachter

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Streicher

Betreuer

Dipl.-Ing. Dr.techn. Richard Heimrath

Dipl.-Ing. Dr.mont. Hermann Schranzhofer

Deutsche Fassung:  
Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008  
Genehmigung des Senates am 1.12.2008

## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .....

.....  
(Unterschrift)

Englische Fassung:

## STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....  
date

.....  
(signature)

## ***Kurzfassung***

**Titel:** Modellierung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs im Wohngebäudesektor gemäß der aktuellen Normung

**Autor:** Martin Moisi

**Schlagnworte:** Nutzenergiebedarf, Endenergiebedarf, Energieregion, Energiemodell, Potenziale

Das Institut für Wärmetechnik der TU-Graz setzt sich seit vielen Jahren mit der thermischen Gebäude- und Anlagensimulation auseinander. In dieser Arbeit werden Methoden und Modelle erarbeitet mit denen der Fokus von einzelnen Gebäuden oder Anlage genommen wird, und ein breiteres Bild einer lokalen bzw. regionalen Energiebedarfs- und Energiepotenzialmodellierung angestrebt wird. Diese Modelle sollen später in ein Geoinformationssystem (GIS) implementiert werden, wodurch geografisch bezogene Aussagen zum thermischen Energiebedarf von Wohngebäuden und zur Qualität der Energieumwandlung möglich werden. Dadurch können die Optionen zur Energie- und CO<sub>2</sub>-einsparung sowie die Anwendungspotenziale lokaler, CO<sub>2</sub>-freier bzw. -neutraler Energieträger und -quellen ganzer Regionen bewertet werden.

Da eine Einbindung tatsächlich erhobener Energieausweisdaten in das Geoinformationssystem angestrebt wird, werden die Methoden der österreichischen Normung im Rahmen des Energieausweises dafür genutzt, Referenzgebäude und -heizsysteme als Ersatz für fehlende Daten zu entwickeln, um eine Vergleichsbasis zu schaffen. Die Analyse der Randbedingungen (Klima und Standort) soll zeigen, welche Genauigkeit und Informationen notwendig sind, um basierend auf den Referenzobjekten ein georeferenzierbares Energiemodell entwickeln zu können. Es zeigt sich, dass die Klimamodelle und Standorteinflüsse der Normung hier nur bedingt geeignet sind, weil mit ihnen ein Vergleich der thermischen Qualität unterschiedlicher Gebäude (Energieausweis) losgelöst von Standorteigenschaften angestrebt wird. Der tatsächliche Energieverbrauch hängt stärker von lokalen Umwelteinflüssen ab.

Die Analyse des Ist-Zustandes der Gebäudehülle und der Heizungsanlagen ermöglicht es die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Berechnung des Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarfs von Gebäuden sowie auf die Ermittlung der Verluste der Wärmeabgabe, der -verteilung, der -speicherung und der -erzeugung, gemäß der derzeit gültigen österreichischen Normen, zu identifizieren. Somit ist es möglich, Aussagen über den derzeitigen Zustand und das Verbesserungspotenzial des Gesamtsystems "Gebäude" zu treffen. Daraus können in weiterer Folge Prognosen und Szenarien entwickelt werden.

## ***Abstract***

Title: Modeling the thermal effective and final energy demand in the building sector according to the current state of standards

Author: Martin Moisi

Key words: effective energy, final energy demand, energy region, energy model, potentials

The department of Thermal Engineering of the Graz University of Technology has dealt with thermal building and system simulations of single objects for several years. In this thesis methods and models are developed which allow a broader view on the regional energy demand and the energy potential in the building sector. It is planned to implement these models into a Geographic Information System (GIS) in order to predict the thermal energy demand of residential buildings and to assess the quality of the energy conversion in a geographically related context. Thus options for a reduction of the energy consumption and of the CO<sub>2</sub> emissions can be evaluated and the service capacity of local, CO<sub>2</sub>-neutral and regenerative energy sources will be assessed for the whole region.

Since the accumulated data of Energy Performance Certifications will be implemented into the GIS, the same methods of standardization will be used to create reference buildings and reference heating systems as a substitute for missing data. Thus it will be possible to compare the results of the Energy Performance Certifications and the results of the reference systems. The analysis of the boundary conditions (climate and location) will show the accuracy and the information necessary to develop a georeferenced energy model based on the reference objects. It turns out that the climate and environment models of standardization are only of limited use because they have been designed for an objective comparison of the thermal quality of buildings without considering side characteristics. But the actual energy consumption depends rather strongly on local environmental conditions.

The analysis of the actual condition of the building shell and the heating systems leads to an awareness of the most important factors influencing the calculation of heat and hot water heating requirements of buildings and the determination of the heat losses in the distribution, the storage and the generation units according to the present valid Austrian standards. Therefore it is possible to draw conclusions about the current state and the possibilities of improvement of the overall system "building". This allows subsequently the development of forecasts and scenarios.

## ***Vorwort***

Die vorliegende Arbeit entstand am Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz unter der Leitung von Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Jürgen Karl.

An dieser Stelle möchte ich allen Danken die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Bei meinem beurteilenden Betreuer ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Streicher bedanke ich mich für den gewährten Freiraum in der Gestaltung dieser Arbeit und die Möglichkeit an der Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude des Instituts für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz mein Studium abzuschließen.

Besonders bedanke ich mich bei meinen Betreuern Dipl.-Ing. Dr.techn Richard Heimrath und Dipl.-Ing. Dr.mont. Hermann Schranzhofer, deren sachkundiger Rat, vorbildliche Betreuung und großartige Unterstützung im Laufe eines sehr dynamischen Projekts halfen mir diese Arbeit zu verwirklichen.

Auch allen weiteren Kollegen des Instituts für Wärmetechnik, deren Ideen und Anregungen zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen, haben, möchte ich danken.

Ein herzliches Dankeschön an meine Eltern Martha und Ernst sowie meinen Bruder Stefan. Die Unterstützung meiner Familie ermöglichte es mir die Tiefen meines Studiums zu bewältigen und die Höhen aufrichtig mit ihnen teilen zu können.

Auch allen hier nicht namentlich genannten Freundinnen und Freunden, die mich auf meinem Weg begleitet haben, möchte ich danken.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Motivation und zentrale Fragestellung dieser Arbeit (Projektbezug) .....	1
1.2	Aufbau und Vorgehen in dieser Arbeit .....	3
2	Grundlagen .....	5
2.1	Energieumwandlungskette – Energie- und Leistungsbegriffe .....	5
2.2	Technische Beschreibung thermodynamischer Systeme .....	9
2.3	Grundlagen der Energiemodelle und -szenarien .....	12
3	Modell und Modellbausteine (Referenzsysteme) .....	14
3.1	Model ReCO2NWK .....	14
3.2	Umweltparameter – Randbedingungen .....	18
3.2.1	Klima .....	18
3.2.2	Standort .....	35
3.3	Gebäude und Nutzungsprofile (Bedarfspotenziale – technische Nutzenergiepotenziale) .....	44
3.3.1	Referenznutzer .....	44
3.3.2	Referenzgebäude .....	49
3.4	Heizwärme-, Warmwasserwärme-, Kühlbedarf und Nutzenergiebedarf .....	51
3.4.1	Nutzenergiebedarf gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 .....	52
3.4.2	Einflussfaktoren auf den Nutzenergiebedarf .....	57
3.4.3	Einbindung des Nutzenergiebedarfs in Polysun .....	68
3.4.4	Berechnung der Wärmeverluste des Gebäudes mittels Heizgradtagen .....	70
3.4.5	Heizlastabschätzung .....	72
3.5	Heiz- und Warmwassersysteme .....	77
3.5.1	Übergabe-/Abgabeteilsystem – Raumwärme und Warmwasserzapfstellen .....	82
3.5.2	Verteilungsteilsystem – Sekundärheizkreislauf und Warmwasserverteilung .....	85
3.5.3	Erzeugungsteilsystem – Primärheizkreislauf und Warmwasserbereitung .....	96
3.5.3.1	Wärmespeicher .....	96
3.5.3.2	Wärmeerzeuger- und Wandler .....	103
3.5.4	Hilfsenergie aller Systemkomponenten .....	127
3.6	Endenergiebedarf - Heiz- und Heiztechnikenergiebedarf .....	133
3.7	Primärenergiebedarf .....	138
4	Möglicher Ansatz zu Emissionen .....	139
5	Auffälligkeiten der ÖNORM H 5056:2007 .....	139
6	Problematik der vereinfachten Ansätze mittels Heizlast und HGT .....	141
7	Zusammenfassung .....	142
	Glossar .....	145
	Literaturverzeichnis .....	149
	Anhang .....	153
	Anhang A .....	153
	Anhang B .....	157
	Anhang C .....	161
	Anhang D .....	171
	Anhang E .....	172
	Anhang F .....	186
	Anhang G .....	190
	Anhang H .....	194
	Anhang I .....	197
	Tabellenverzeichnis .....	200
	Abbildungsverzeichnis .....	204

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und zentrale Fragestellung dieser Arbeit (Projektbezug)

Derzeitige Umweltdiskussionen sind von der Klimaerwärmung und der CO<sub>2</sub>-Problematik geprägt. Noch vor zehn Jahren ist der größte Teil der CO<sub>2</sub>-Einsparungen auf die Industrie abgewälzt worden. Erst seit wenigen Jahren ist in der breiten Masse der Bevölkerung das Bewusstsein der Eigenverantwortung und die Bereitschaft zu persönlichen Änderungen und Initiativen zum Zwecke der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung gestiegen. Grundsätzlich lässt sich aber eine Tendenz feststellen, dass bestimmte Angewohnheiten – z. B. der Zweck und die Häufigkeit des KFZ-Gebrauchs – nur schwer geändert werden können. Am wirksamsten scheinen Maßnahmen, bei denen die Allgemeinheit keine Einschränkung der Lebensqualität und keine Erhöhung der Lebenskosten sieht. Vor allem die Anschaffungskosten können eine Umstellung auf CO<sub>2</sub>-freie oder -neutrale Technologien behindern, aber dem kann mit Fördermaßnahmen entgegengewirkt werden.

Neben der CO<sub>2</sub>-Diskussion haben in den letzten Jahren wiederholte Versorgungsengpässe die hohe Abhängigkeit der Wirtschaft und der Privathaushalte von den fossilen Energieträgern den Menschen erneut ins Bewusstsein gerufen. Die Probleme sind nicht durch sinkende Förderzahlen oder versiegende Quellen aufgetreten, sondern sind vor allem wirtschaftlicher und politischer Natur gewesen. Dadurch ist eine Auseinandersetzung der Allgemeinheit mit der Ressourcensicherheit eingeleitet worden, und die Bereitschaft auf regionale, alternative Energieträger und Energien zurückzugreifen erneut gestiegen. Deshalb werden die CO<sub>2</sub>-Problematik, die Energiebereitstellung und die Energiesicherheit verstärkt im selben Kontext betrachtet.

Um die Zusammenhänge zwischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Energiebereitstellung darzustellen, werden laufend neue Modelle und Simulationen entwickelt. In dieser Arbeit sollen Algorithmen zur Beschreibung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs von Wohngebäuden vorgestellt und mit diesen Methoden die Grundlage für ein Simulationsmodell zur Darstellung des thermischen Nutzenergiebedarfs von Gebäuden (Raumheizung und Warmwasser) und der Umwandlung der Endenergieträger bzw. Endenergien hin zur Nutzenergie entwickelt werden.

Dazu werden das Klima, der Standort, die Nutzer, das Gebäude und die Anlagentechnik der Heizung betrachtet und wird nach Möglichkeiten gesucht, diese Komponenten in ein Modell zusammenzufassen. Die daraus folgende Darstellung des Ist-Zustandes kann Potenziale zur Verbesserung der Energieumwandlung bzw. der Energieeinsparung aufzeigen, aber auch die möglichen Anwendungspotenziale der Sonneneinstrahlung, der Umgebungswärme und der Biomassebestände verdeutlichen.

Es liegt nahe den derzeitigen Energieverbrauch der Privathaushalte mit statistischen Methoden zu beschreiben. Daten zum Gebäudebestand und zum jährlichen Energieverbrauch liegen bei der Statistik Austria vor (vgl. [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/index.html) [Stand 2010-03-02]). Aber die Statistik liefert keine Aussagen zur Qualität der Gebäude und der Heizungssysteme (z. B. Wärmeverluste) und es gibt keine direkte Zuordnung der Heizsysteme (Etagen-, Zentralheizung, etc.) und Energieträger (Öl, Kohle, Gas, Holz, etc.) zu den Gebäuden (Einfamilien-, Mehrfamilienhäuser, etc.).

Um Aussagen zur thermischen Qualität der Gebäude (Wärmeverluste) und zur Qualität der Umwandlung der Endenergie hin zur Nutzenergie zu Heizzwecken (Wirkungs- und Nutzungsgrade) treffen zu können, ist es notwendig, Gebäude und Anlagen detaillierter zu betrachten als dies mit Daten aus der Statistik möglich ist. Deshalb werden in dieser Arbeit Referenzsysteme entwickelt, mit deren Hilfe Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufgezeigt werden können. Das so entwickelte Modell dient als Grundlage zur Einbindung in ein Geoinformationssystem, mit dem Energiebedarfswerte, Klima- und Standorteinflüsse und regionale Potenziale CO<sub>2</sub>-freier bzw. neutraler Energiequellen und -träger zusammengeführt und dargestellt werden sollen.

### **Projekte ReCO2NWK**

Unter der Führung des *Research Studio iSpace*, einem Teil der *Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH*, haben sich die TU Graz (Institut für Wärmetechnik), die *Energieagentur Obersteiermark*, die *Lokale Energieagentur Oststeiermark*, das *Land Steiermark* und die *Energie Steiermark AG* zu einer Forschungsgruppe zusammengeschlossen. Im Rahmen des Programms “Energiesysteme der Zukunft” (<http://www.energiesystemederzukunft.at/>) – eine Initiative des *Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie* (<http://www.bmvit.gv.at/innovation/index.html>) – soll ein Projekt mit dem Titel “Räumliche Modelle als Entscheidungsgrundlage für die Inwertsetzung regional verfügbarer Energiepotenziale zur CO<sub>2</sub>-neutralen Deckung des lokalen Wärmebedarfs” (Projektnummer 814139) unter dem Kurztitel “Regionale Konzepte zur CO<sub>2</sub>-neutralen Wärme-/Kältebedarfsdeckung” oder kurz “ReCO2NWK” verwirklicht werden.

Es sollen der Bedarf an Wärme und Kälte im Gebäudebereich (Raumheizung, -kühlung und Warmwasser) sowie die Möglichkeiten, diese Nachfrage zu decken, in einem geografischen Informationssystem (GIS) abgebildet werden. Dazu werden sowohl der Wärmeverbrauch als auch die Wärmebereitstellung modelliert. Diese Betrachtung der energetischen Prozesskette und eine Analyse der regional verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Energieträger werden in dem GIS zusammengefasst. Dadurch kann die derzeitige Situation dargestellt werden. Eine Variation der anthropogen beeinflussbaren Parameter (Wärmedämmung, Heiztechnik, Energieträger, etc.) ermöglicht in weiterer Folge die Entwicklung unterschiedlicher Szenarien und Prognosen, welche die Möglichkeiten der

CO<sub>2</sub>-freien bzw. -neutralen Energiebereitstellung im Bereich der thermischen Energieversorgung von Gebäuden für ausgesuchte Regionen einschätzen und aufzeigen sollen. Somit wäre eine Beurteilung des Potenzials einer Region dahingehend möglich, ob diese energieautark operieren kann.

Das Institut für Wärmetechnik der TU Graz übernimmt in diesem Projekt die Prüfung, Bewertung und Zusammenfassung der erhobenen Daten (Gebäude und Heizungsanlagen), die Identifikation fehlender Daten, die Entwicklung eines Konzepts zur Modellentwicklung, der dazu notwendigen Referenzsysteme und eine Potenzialeinschätzung CO<sub>2</sub>-neutraler, regionaler Energieressourcen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf allen technischen und energetischen Faktoren zur Darstellung der Prozesskette. Die Daten werden von den anderen Projektpartnern bereitgestellt; die Programmierung und georeferenzierte Einbindung der Modelle erfolgt durch die *Research Studios Austria*.

In dieser Arbeit wird ein Modell zur Darstellung des Ist-Zustandes des Nutzenergiebedarfs (Raumheizung und Warmwasserbereitstellung) und der Heizsysteme zur Wärmebedarfsdeckung entwickelt. Da eine Einbindung tatsächlich erhobener Energieausweise in das Geoinformationssystem angestrebt wird, werden die Methoden der österreichischen Normung dafür genutzt, Referenzsysteme als Datensatz für fehlende Energieausweise zu entwickeln. Gleichzeitig werden diese Methoden dahingehend untersucht, ob die Aussagen des Energieausweises und der Normen als Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung, ob eine Region energieautark operieren kann, taugen.

### **Zentrale Fragestellungen und Aufgaben im Rahmen dieser Arbeit**

- Sind die Methoden der aktuellen Normung für ein regionales/lokales Energiemodell brauchbar?
- Ist eine Abbildung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs von Wohngebäuden in einem Bottom-Up-Modell mit Hilfe der aktuellen Normung möglich?
- Welche Parameter des Modells sind standort- oder regionsbezogen (z. B. Klima)? Wie weit müsste der Detaillierungsgrad gehen?
- Aufbereitung der Grundlagen der Wärme- und Energietechnik im Gebäudesektor, des technischen Hintergrunds zur qualitativen Beurteilung thermischer Umwandlungen und der Struktur der Energiemodelle für die Projektpartner
- Konzepterstellung und Aufbau des Modells ReCO2NWK

- Entwicklung der Referenzen mit zentralen Eckdaten (Nutzer, Gebäude und Heiztechnik) gemäß den Methoden der Normung
- Berechnung des Leistungsbedarfs und Entwicklung von Leistungsklassen (Gebäude und Wärmeerzeuger)
- Berechnung des Nutzenergiebedarfs (Gebäude)
- Berechnung der Verluste des Heizsystems gemäß der Norm: Wärmeabgabe, -transport bzw. -verteilung, -speicherung und -erzeugung
- Berechnung des Endenergiebedarfs; Abschätzung und Darstellung von Wirkungsgraden und Nutzungsgraden mit den Methoden der Norm
- Ansätze zur Bestimmung des Primärenergiebedarfs (Transportaufwand und Umwandlung)
- Vergleich unterschiedlicher Normen mit einem Berechnungsprogramm (Polysun)  
Sind die Randbedingungen der Norm und des Berechnungsprogramms vergleichbar
- Ansätze zu CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

## 1.2 Aufbau und Vorgehen in dieser Arbeit

Das Modell ReCO<sub>2</sub>NWK wird in die Module Klima, Standort, Nutzer, Gebäude und Heiztechnik gegliedert. Weiters werden Referenzsysteme und mögliche Kombinationen ausgearbeitet. Es ist also notwendig Schnittstellen und Übergabebedingungen zu finden oder zu definieren. Die Entwicklung der Referenzen dieser Arbeit erfordert losgelöst von den Rasterzellen des Geoinformationssystems eine methodische Abschätzung der zu erwartenden Energie- und Leistungsbedarfswerte. Nicht alle Klima- und Standortparameter, welche an die Rasterzellen des Geoinformationssystems geknüpft sind, können auch außerhalb des GIS in Zusammenhang miteinander gebracht werden. Deshalb ist es nicht möglich für alle Referenzobjekte Berechnungsergebnisse zu den Verlusten zu präsentieren, weil eine Einbindung in das Geoinformationssystem noch nicht erfolgt ist.

Die Referenzgebäude werden aus den Daten der Projektpartner entwickelt, und deren Nutzenergiebedarf gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 berechnet. Die Referenzsysteme der Heizungstechnik (Raumwärme und Warmwasser) können mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 aufgestellt und die Algorithmen zur Ermittlung der Verluste für das Modell aufbereitet werden. Die Berechnung des Hilfs- und Endenergiebedarfs ist in dieser Arbeit nicht möglich, weil dazu die mittlere monatliche Außentemperatur und Globalstrahlung, die Normaußentemperatur und die Heiztage mit einem Modell dargestellt werden müssten, welches in der derzeitigen Normung fehlt.

Im Kapitel 2 werden die Grundlagen der Energieumwandlungskette, der technischen Beschreibung der Qualität der Energieumwandlung und der Energiemodelle erklärt.

Kapitel 3 stellt das Hauptstück dieser Arbeit dar. Im Teilkapitel 3.1 wird das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Simulationsmodell mit all seinen Modulen und möglichen Referenzsystemen vorgestellt. Die Module sind am Beginn der Arbeit definiert und geplant worden; die Referenzsysteme zu den Modulen werden in den Kapiteln 3.2 bis 3.5 mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM erarbeitet.

In Kapitel 3.2 werden zunächst unterschiedliche Klimamodelle betrachtet und schließlich das Modell der ÖNORM B 8110-5:2007 – welches zur Erstellung des Energieausweis in Österreich benutzt wird – vorgestellt und für eine Nutzung im GIS und für die Referenzen dieser Arbeit aufbereitet. Es werden auch die Klimamodelle des Simulationsprogramms Polysun/METEONORM und der ÖNORM B 8110-5:2007 gegenübergestellt. Im gleichen Kapitel werden einerseits Standorteinflüsse auf das Klima analysiert, andererseits Höhenklassen und Klassen der Normaußentemperaturen gebildet, mit denen eine Abschätzung des Nutzenergie- und des Leistungsbedarfs der Referenzgebäude unabhängig vom Geoinformationssystem vorgenommen werden kann. Erst dadurch ist die Entwicklung der Referenzheizsysteme möglich.

Kapitel 3.3 vergleicht Nutzungsprofile unterschiedlicher Normen im deutschen Sprachraum. Dieser internationale Zugang ist gewählt worden, weil einerseits häufig neben österreichischen auch deut-

sche und schweizer Normen zur Anwendung kommen, andererseits weil das GIS auch für internationale Anwendungen offenstehen soll. Die in diesem Abschnitt eingeführten Referenzgebäude beziehen sich aber auf Regionen in der Steiermark (Bezirk Murau und Südost-Steiermark), welche von der Projektleitung (iSpace) als Testgebiete für die Entwicklung des Modells gewählt worden sind.

Im Abschnitt 3.4 wird der Nutzenergiebedarf (Raumheizung und Warmwasser) der Referenzgebäude mit den Methoden der ÖNORM B 8110-6:2007 (Energieausweis) bestimmt, und die Einflüsse auf die Algorithmen analysiert. Diese Erkenntnisse sind für die Entwicklung der Szenarien und/oder Prognosen in einer nächsten Phase des Projekts ReCO2NWK von Bedeutung. Um den Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarf der Referenznutzer und -gebäude auch außerhalb des Geoinformationssystems quantifizieren und passende Heizsysteme ableiten zu können, wird der Nutzenergiebedarf der Referenzgebäude für die Höhenklassen aus Kapitel 3.2 bestimmt. Im Zuge des Projekts ReCO2NWK ist vorgesehen die Berechnung der Heizsysteme mit dem Simulationsprogramm Polysun zu prüfen. Dazu wird die Einbindung des Nutzenergiebedarfs in das Programm beschrieben. Auf Wunsch der Projektleitung (iSpace) ist auch ein Nutzenergiebedarfsmodell basierend auf Heizgradtagen auf seine Tauglichkeit zur Einbindung in das GIS untersucht worden. Die Ergebnisse werden ebenfalls hier dargestellt. Um passende Heizsysteme aufbauen zu können ist es notwendig die Heizlasten der Referenzgebäude zu ermitteln und die Nennleistungen der Wärmeerzeuger abzuleiten. Dazu wird eine Vereinfachung des Ansatzes zur Bestimmung der Heizlast gemäß ÖNORM EN 12831:2003 und ÖNORM H 7500:2006 entwickelt, und die Algorithmen mit den Ergebnissen der Analyse der Normaußentemperaturen aus Kapitel 3.2 verschnitten.

Kapitel 3.5 ist der Entwicklung der Referenzheizsysteme und der Berechnung der Verluste dieser Anlagen gewidmet. Die Algorithmen werden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM entnommen. Einzelne Gleichungen müssen interpretiert werden, weil die VORNORM noch Unklarheiten in der Nomenklatur und einige fragliche Zeitbezüge enthält. Das Kapitel ist in weitere Teilkapitel gegliedert in denen zunächst zu den Gebäuden passende Referenzheizsysteme entwickelt und anschließend, wenn möglich, die Wärmeverluste berechnet werden. Die Verluste der Wärmeerzeuger hängen von der Nennleistung (somit der Normaußentemperatur), den Heiztagen und den thermischen Verlusten und Gewinnen der Gebäude ab. Diese Daten können nur über die Rasterzellen des GIS miteinander verbunden werden, deshalb ist es nicht möglich die Verluste der Wärmebereitstellung, die Heizenergie, die Hilfsenergie und den Endenergiebedarf (Kapitel 3.6) im Zuge dieser Arbeit zu berechnen. Erst die Einbindung der hier vorgestellten Algorithmen in das GIS liefert quantitative Werte. Neben der Berechnung des Endenergiebedarfs gemäß der Methoden der ÖNORM H 5056:2007 wird auch noch ein Ansatz auf Basis der Heizgradtage analysiert.

In Kapitel 3.6 wird ein einfacher Ansatz gemäß DIN V 18599-1:2007 zur Berechnung des Primärenergiebedarfs in Folge des Endenergiebedarfs vorgestellt. Die Berechnung des Primärenergiebedarfs stellt aber kein Ziel dieser Arbeit dar.

Im Projekt ReCO2NWK sollen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und das Potenzial zu ihrer Senkung durch Nutzung CO<sub>2</sub>-freier bzw. -neutraler Energiequellen und -träger aufgezeigt werden. Deshalb wird in Kapitel 4 auf mögliche Emissionsfaktoren verwiesen. Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen stellt kein Ziel dieser Arbeit dar.

Kapitel 5 beschreibt Eigenheiten und Probleme im Umgang mit der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM. Da sich diese Norm zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch im Vornorm-Status befunden hat, sind nicht alle Teile eindeutig nachvollziehbar gewesen. Dazu wird Stellung genommen.

Um der Projektleitung belegen zu können, dass es für das Modell ReCO2NWK notwendig ist den Nutzenergiebedarf mit den Methoden der ÖNORM B 8110-6:2007 zu ermitteln und nicht anhand des vereinfachten Modells der Heizgradtage, zeigt Kapitel 6 die wesentlichen Schwächen dieses Zugangs auf.

In Kapitel 7 werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Modellentwicklung dargestellt und Empfehlungen zur Anwendung des hier entwickelten Modells im weiteren Verlauf des Projekts ReCO2NWK abgegeben.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Energieumwandlungskette – Energie- und Leistungsbegriffe

Um im Rahmen des Projekts ReCO2NWK die Kommunikation mit den Projektpartnern aufzubauen, und eine Zielformulierung zu ermöglichen, ist es notwendig gewesen, innerhalb des Projektseines klare Definition der Energie- und Leistungsbegriffe sowie der Stufen der energetischen Umwandlungskette einzuführen. Die einzelnen Stufen dieser Prozesskette der Gebäudekonditionierung sind, jede für sich, vereinfacht und für ausgesuchte Referenzsysteme (Gebäude, Wärmeverteilung und -übertragung, Wärmeerzeuger bzw. -wandler) beschrieben und berechnet worden. Der daraus resultierende modulare Aufbau (Blackbox) ermöglicht eine beliebige Kombination der Systeme. Des Weiteren ermöglichen die Erkenntnisse, welche beim Erstellen der Referenzen gewonnen worden sind, eine Festlegung der Systemkenngrößen. Diese sind für eine spätere Parametervariation zur Szenarienentwicklung notwendig.

#### **Prozesskette – energetische Umwandlungskette**

*Energie* ist die Fähigkeit eines Systems – durch Ausgleich eines Energiegleichgewichts – eine äußere Wirkung hervorzubringen; dabei wird die im System gespeicherte Energie (=Arbeit) wieder freigesetzt. Dies bedeutet, dass Energie nicht einfach erzeugt, sondern nur umgewandelt werden kann. Bei der Umwandlung treten Verluste auf, die in der Technik mit Wirkungsgraden beschrieben werden. Die SI-Einheit der Energie ist Joule J. (Im Gebäudebereich wird für die Energie sehr oft die Einheit kWh verwendet) Extrahiert man die gängigsten Bezeichnungen und Strukturen der unterschiedlichen Energieformen aus der Literatur (Kaltschmitt, et al., 2006), (Panos, 2007) ergeben sich zwei Gliederungsmöglichkeiten. Zum Einen eine Einteilung der physikalischen Energieformen in mechanische, thermische, elektrische, chemische Energie sowie Kern- und Strahlungsenergie (siehe Abbildung 1), zum Anderen eine Gliederung nach dem Grad der Energieumwandlung bzw. -anwendung in Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie sowie Energiedienstleistungen (siehe Abbildung 2). Diese zweite Form der Einteilung beschreibt somit die energetische Umwandlungskette bzw. die Prozesskette.



**Abbildung 1:** physikalische Energieformen gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Panos, 2007) (eigene Darstellung)



**Abbildung 2:** energetische Prozesskette – Energieumwandlungspfad gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Panos, 2007) (eigene Darstellung)

*Energieträger* sind Stoffe, aus denen direkt oder nach weiteren Umwandlungsschritten, Energie gewonnen werden kann. Nach (Kaltschmitt, et al., 2006) werden Primär-, Sekundär- und Endenergieträger unterschieden; die Energieinhalte dieser Stoffe entsprechen wiederum der Primär-, Sekundär- oder Endenergie.

Der Quotient aus Energie und Zeit drückt die *Leistung* aus, welche aussagt, wie viel Energie ein System über eine bestimmte Zeitspanne hinweg aufnehmen oder abgeben kann. Die SI-Einheit der Leistung ist Watt W (1 W = 1 J/s).

*Primärenergien und Primärenergieträger* sind die in der Natur vorkommenden Energieströme und Stoffe, welche noch keiner anthropogenen, technischen Änderung unterzogen wurden. Tabelle 1 bietet einen Überblick der gängigsten in der Energietechnik verwendeten Bezeichnungen und Kategorien. In manchen Literaturstellen wird in der energetischen Umwandlungskette vor der Primärenergie noch die *Rohenergie* angeführt. Diese Bezeichnung bezieht sich vor allem auf *Rohenergieträger* (Rohöl, Erdgas, Kohle), die noch nicht vom Menschen gefördert worden sind. Diese Definition sorgt in Hinblick auf die Grundformen der natürlichen Energieströme (Strahlung, Erdwärme, etc.) oft für Verwirrung, weil diese Energien nicht abgebaut, dafür aber direkt in Endenergie übergeführt werden können. Deshalb wird auch in dieser Arbeit darauf verzichtet, und die Primärenergie als erstes Glied der energetischen Umwandlungskette beibehalten.

**Tabelle 1:** Primärenergieträger und Primärenergiearten gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Lettner, 2007), (Hohenwarter, et al., 2006/2007)

Primärenergieträger									
Biomasse	holzartige	Vollbäume	Stammholz	Waldrestholz	Stammholz	Rinde			
		Sträucher							
	halmgutartige	Getreide	Gräser	Ölsaaten	Wurzelfrüchte				
		Hülsenfrüchte	Blumen						
	Früchte	Beerenobst	Stein-/Kernobst		Nüsse und Eicheln				
Mischungen	definierte und undefinierte Mischungen								
Kohle		Steinkohle	Braunkohle						
Öl		Erdöl							
Gas		Erdgas	Sumpfgas						
Primärenergiearten									
Energieart		Naturereignis		technische Nutzung					
Wärme	Erdwärme			Geothermische					
				Heizwerke	Kraftwerke				
Solar-energie	Strahlungsenergie			Fotozelle	thermische				
				Solarzelle	Kollektoren	Kraftwerke			
	Erwärmung der Oberfläche und Atmosphäre			Meereswärmekraftwerke		Wärmepumpen			
				Verdunstung und Niederschlag		Wasserkraftwerke			
				Schmelzen		Gletschereiskraftwerke			
				Wind	Wellenbewegungen		Windenergiekonvertoren		
							Wellenkraftwerke		
Meeresströmung			Meeresströmungskraftwerke						
Biomasse			Konversionsanlagen						
Planeten-gravitation	Gezeiten			Gezeitenkraftwerke					

*Sekundärenergien und Sekundärenergieträger* sind alle anthropogen veränderten oder veredelten Stoffe (z. B. Heizöl, Benzin, Koks, Briketts, angereichertes Uran, Holzhackschnitzel, Holzpellets, Holz-scheite, Biogas) und Energieformen (z. B. mechanische, elektrische und thermische Energie), die durch den menschlichen Einfluss einen höheren Energiegehalt (Energiedichte) oder verbesserte Transporteigenschaften aufweisen als der Ausgangsstoff bzw. die Ausgangsenergie (z. B. Strahlung, Erdwärme). Einige Beispiele für Sekundärenergien und Sekundärenergieträger sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Tabelle 2:** Sekundärenergie und Sekundärenergiearten gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Lettner, 2007), (Jungmeier, et al., 1997a), (Jungmeier, et al., 1997b)

Sekundärenergieträger						
Biomasse	Scheitholz	Hackgut		Holz-Briketts	Holz-Pellets	Rinde
		trocken	feucht			
	Stroh-Pellets		Biogas	Holzgas	Rapsmethylester	
Kohle	Steinkohle			Braunkohle		
	roh	Briketts	Koks	roh	Briketts	
Öl	Heizöl					
	extraleicht	leicht	mittel	schwer		
Gas	Erdgas	Flüssiggas	Wasserstoff	Gaspatronen		
Sekundärenergiearten						
Wärme	Fernwärme	Nahwärme				
Elektrizität	Strom					

Die *Endenergie und Endenergieträger* stehen dem Nutzer bzw. Endverbraucher vor Ort zur Verfügung, um sie in Nutzenergie zu wandeln. Das heißt, es handelt sich hierbei um die Energieträger und Energieströme, die der Endverbraucher bezieht (Kaltschmitt, et al., 2006) (z. B.: Heizöl im Öltank, Holzhackschnitzel, -pellets und -scheite im Lagertank oder Lagerraum, Fernwärme an der Hausübergabestation, elektrische Energie am Stromzähler). Als symbolische Systemgrenze kann dabei die Grundstücksgrenze betrachtet werden. Genau genommen sind die Schnittstellen der Energieströme bzw. die Speicher- und Lagereinrichtungen der Energieträger der Gebäude die Systemgrenzen. Verluste aufgrund der Umwandlung, Verteilung, Speicherung, des Eigenverbrauchs und des nicht energetischen Verbrauchs reduzieren die Primär- und Sekundärenergie schlussendlich auf die Endenergie. Die Endenergiearten und Endenergieträger decken sich mit den Sekundärenergiearten und Sekundärenergieträgern (siehe Tabelle 2), allerdings müssen die weiteren Transport-, Speicher- und Verteilungsverluste sowie gegebenenfalls weitere Umwandlungsverluste berücksichtigt werden.

Nach der Energieumwandlung mit den gebäudeeigenen Anlagen und Geräten (Heizung, Klimaanlage, Herd, Kühlschrank, Staubsauger, Waschmaschine, Glühbirne, etc.) wird den konditionierten Räumen *Nutzenergie* (siehe Tabelle 3) zugeführt, um eine Energiedienstleistung (siehe Tabelle 4) zu erbringen (z. B. beheizte Nutzfläche, klimatisierte Nutzfläche, Duschen, warmes Essen, Wäschewaschen, beleuchtete Nutzfläche, Kühlen). Diese Leistungen stellen befriedigte menschliche Bedürfnisse dar. An die Nutzenergie wird die Anforderung gestellt, genug Energie bereitzustellen, um z. B. die Raumtemperatur innerhalb eines behaglichen Bereiches (z. B. 20 – 26 °C) zu halten. Diese erforderliche Energie äußert sich für dieses Beispiel durch den Heizwärmebedarf im Winter bzw. den Kühlbedarf im Sommer. Für alle Anlagen kann so der Nutzenergiebedarf als, „... die jährliche Nutzenergiemenge, die eine Anlage zur Erbringung der gewünschten Energiedienstleistung bereitzustellen hat“ (Jungmeier, et al., 1997a), definiert werden.

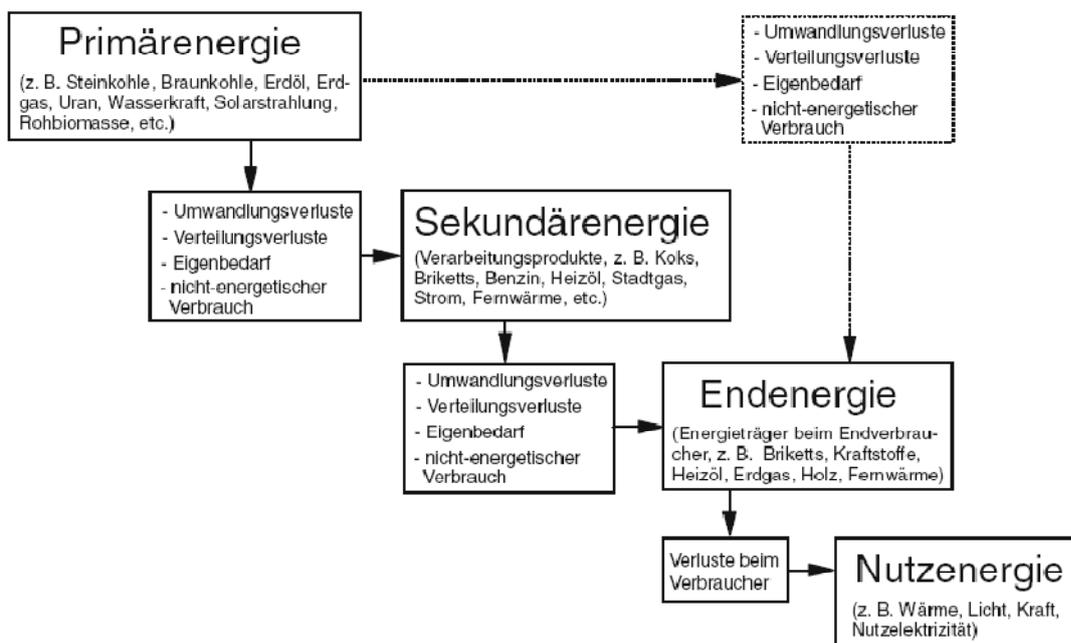
**Tabelle 3:** Nutzenergiearten (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a))

Nutzenergie			
Energieart		Einheiten	
Wärme	Raumheizung	kWh	J
	Warmwasser	kWh	J
	Kochen	kWh	J
Kraft	Kraft	kWh	J
Licht	Licht	kWh	J
Kälte	Kälte	kWh	J

**Tabelle 4:** Arten der Energiedienstleistung im Gebäudebereich (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a))

Energiedienstleistung		
Energiedienstleistung	Einheit (Bezug)	Bezug zu Nutzenergie
beheizte Nutzfläche	m <sup>2</sup> beheizte Fläche	Wärme
Duschen	Dusche	
Bad	Vollbad	
kleine Körperpflege	kleine Körperpflege	
warmes Essen	warme Mahlzeit	
warmes Getränk	l warmes Getränk	
Pumpen, Kleingeräte	Benutzerstunden	Kraft
Wäschewaschen	kg gewaschene Wäsche	
Wäschetrocknen	kg getrocknete Wäsche	Wärme
Geschirrspülen	Maßgedeck gespült	
beleuchtete Nutzfläche	m <sup>2</sup> beleuchtete Fläche	Licht
klimatisierte Nutzfläche	m <sup>2</sup> klimatisierte Fläche	Kälte
Kühlen	m <sup>3</sup> gekühlter Raum	
Gefrieren	J/m <sup>3</sup> tiefgekühlter Raum	

Jeder Umwandelungsschritt zwischen den einzelnen Energieformen ist in realen Prozessen verlustbehaftet und stellt somit eine Minderung der Potenziale bzw. eine Erhöhung des Bedarfs dar. Verbesserte Randbedingungen und technische Prozesse ermöglichen es, die Verluste zu senken, und die Möglichkeiten besser auszuschöpfen. In Abbildung 3 sind den einzelnen Energieformen typische Verluste zugeordnet.



**Abbildung 3:** Energiewandlungskette (Bildquelle: (Kaltschmitt, et al., 2006 S. 3))

## 2.2 Technische Beschreibung thermodynamischer Systeme

### *Wirkungsgrade, Nutzungsgrade, Leistungszahlen, Arbeitszahlen, etc.*

Um in der Technik Verluste besser erfassen und beziffern zu können, wird ein *Wirkungsgrad*  $\eta$  benutzt. Ganz allgemein definiert sich ein technischer Wirkungsgrad als Verhältnis der von einem System abgegebenen, nutzbaren Leistung zu der dem System zugeführten (aufgewendeten) Leistung.

$$\eta = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Aufwand}}} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} \quad (1.2.1)$$

Wirkungsgrade stellen eine Momentaufnahme für den aktuellen Betriebszustand einer Anlage dar. Um eine reale technische Anlage qualitativ beurteilen zu können, müssen unterschiedliche Betriebszustände sowie instationäre Vorgänge (Anfahren, Abschalten), Pausen und Leerläufe berücksichtigt werden. Dazu wird das Verhältnis der über eine bestimmte Zeitspanne von einer Anlage nutzbaren abgegebenen Energie zu der der Anlage zugeführten Energie angegeben. Daraus resultiert z. B. der *Jahresnutzungsgrad*:

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{jährlich abgeben Nutzenergie}}{\text{jährlich aufgewendeten Endenergie}} \quad (1.2.2)$$

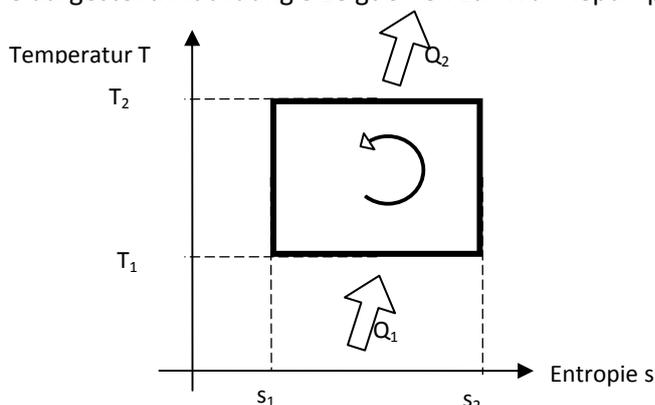
Die *technische Verfügbarkeit* beschreibt den Anteil des Betrachtungszeitraumes, in dem eine Anlage auch tatsächlich für den jeweiligen Bestimmungszweck zur Verfügung steht. Auf diese Weise wird die Zeit berücksichtigt, in der eine Anlage störungsbedingt nicht verfügbar ist. In dieser Arbeit wird dieser Fall vernachlässigt.

Wirkungsgrade beschreiben in der Regel die Verluste bei der Umwandlung einer beliebigen Endenergieform in mechanische Arbeit als Nutzenergie. Steht allerdings am Ende der Umwandlung als Nutzenergie Wärme (thermische Energie) zur Verfügung, wird meist von einer *Leistungszahl*  $\varepsilon$  gesprochen. Die Definition ist ansonsten gleich wie beim Wirkungsgrad.

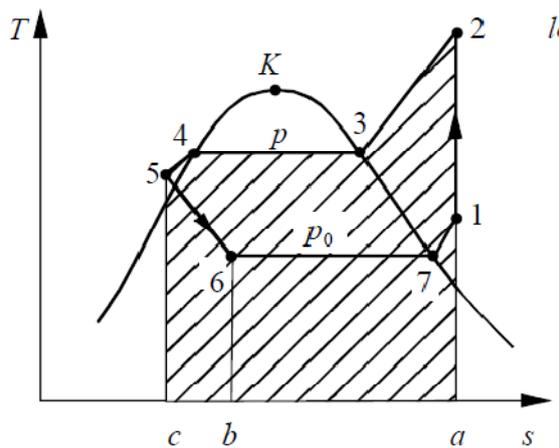
$$\varepsilon = \frac{\text{Nutzenergie (z.B. spezifische Wärme)}}{\text{aufgewendete Energie (z.B. spezifische Arbeit)}} = \frac{q_{\text{Nutz}}}{w_{\text{zu}}} \quad (1.2.3)$$

### *Umgebungswärme (Wärmepumpe)*

Das thermodynamische Grundprinzip einer Wärmepumpe beruht auf der Umkehrung des natürlichen Flusses der Wärme von einem höheren auf ein niederes Temperaturniveau durch Zuführen von Exergie. Diese kann in Form von mechanischer, thermischer oder elektrischer Energie in das System eingebracht werden. In Abbildung 4 ist der Idealfall eines solchen linksläufigen, reibungsfreien, thermodynamischen Kreisprozesses – der Carnotprozess – für den Fall der Wärmepumpe bzw. Kältemaschine dargestellt. Abbildung 5 zeigt einen zur Wärmepumpe passenden Realfall.



**Abbildung 4:** Ts-Diagramm eines linksläufigen, reibungsfreien Carnotprozess (eigene Darstellung)



**Abbildung 5:** Ts-Diagramm eines allgemeinen Wärmepumpenprozess (Kaltdampfprozess) (Bildquelle: (Weigand, et al., 2008))

Im Fall der Wärmepumpe wird aus einem, in erster Näherung unendlich groß angenommenen Wärmereservoir (Umgebung: Erdreich, Grundwasser oder Luft), die Wärme  $Q_1$  auf einem niederen Temperaturniveau  $T_1$  entnommen und dem Arbeitsmittel der Wärmepumpe (Kältemittel) zugeführt. Dieses wird durch Verdichtung auf ein höheres Energie- und Temperaturniveau  $Q_2$  bzw.  $T_2$  gebracht. Der dabei entstehende Nutzen ist die von der Wärmepumpe abgegebene Wärme, der Aufwand die zugeführte mechanische Arbeit; deshalb wird der Prozess mit einer Leistungszahl beschreiben.

Die *Leistungszahl*  $\epsilon_c$  des Carnotprozesses bewertet den Idealfall des reversiblen Prozesses.

$$\epsilon_c = \frac{\text{Nutzenergie (Wärme)}}{\text{aufgewendete Energie (Arbeit)}} = \frac{q_{\text{Nutz}}}{w_{\text{zu}}} \tag{1.2.4}$$

Dies bedeutet für die Wärmepumpe

$$\epsilon_{c_{\text{WP}}} = \frac{q_{\text{Nutz}}}{w_{\text{zu}}} = \frac{q_2}{q_2 - q_1} = \frac{T_2 \cdot (s_2 - s_1)}{(T_2 - T_1) \cdot (s_2 - s_1)} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \tag{1.2.5}$$

bzw. für die Kältemaschine

$$\epsilon_{c_{\text{K}}} = \frac{q_{\text{Nutz}}}{w_{\text{zu}}} = \frac{q_1}{q_2 - q_1} = \frac{T_1 \cdot (s_2 - s_1)}{(T_2 - T_1) \cdot (s_2 - s_1)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \tag{1.2.6}$$

Alle realen und technisch umsetzbaren Prozesse sind jedoch verlustbehaftet und irreversibel. Deshalb erreichen die Leistungszahlen der Realprozesse nie die Carnot-Leistungszahlen. Der *thermodynamische (Carnot'sche) Gütegrad* beschreibt, wie nahe ein Realprozess mit seiner *Leistungszahl*  $\epsilon$  dem Carnotprozess und dessen Leistungszahl  $\epsilon_c$  kommt. In Tabelle 5 sind Defaultwerte für den Carnot'schen Gütegrad unterschiedlicher Wärmepumpensysteme gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM aufgelistet.

$$\nu_G = \frac{\epsilon}{\epsilon_c} \tag{1.2.7}$$

**Tabelle 5:** Thermodynamischer (Carnot'scher) Gütegrad der Wärmepumpen vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007 S. 63)

Quellmedium/Heizungsmedium	thermodynamischer Gütegrad			
	bis 1978	1979 - 1994	1995 - 2004	ab 2005
Außenluft/Wasser und Luft/Luft	0,25	0,28	0,31	0,34
Wasser/Wasser und Sole/Wasser	0,31	0,36	0,41	0,45
Luft-Warmwasser-Wärmepumpe	0,22	0,24	0,26	0,30
Luft-Warmwasser-Wärmepumpe (Kompaktgerät)	0,18	0,22	0,24	0,26

Zur Gebäudekonditionierung und Warmwasserbereitung werden hauptsächlich elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen eingesetzt. Die Leistungszahl wird somit in der Praxis auf die elektrische Leistung des Kompressors und der Hilfssysteme bezogen. D. h., es werden die momentan abgegebene Wärmeleistung  $dQ/dt$  und die von der Anlage momentan aufgenommene elektrische Leistung  $P_{el}$  zueinander in Verhältnis gesetzt.

$$\varepsilon = \text{COP} = \frac{\dot{Q} \text{ in kW}}{P_{el} \text{ in kW}} \quad (1.2.8)$$

Diese Kennziffer stellt nur eine Momentaufnahme dar und wird für bestimmte Betriebspunkte in Laborumgebung ermittelt. In der englischsprachigen Literatur steht für die Leistungszahl  $\varepsilon$  der *Coefficient of Performance COP*.

Die *Jahresarbeitszahl JAZ* oder  $\beta_a$  (in der englischsprachigen Literatur *Seasonal Performance Factor SPF*) setzt die jährlich abgegebene Wärme mit der jährlich aufgenommenen elektrischen Antriebsenergie, der Anlage und weitere Hilfssysteme (teilweise auch weitere Heizsysteme) zueinander in ein Verhältnis. Sie ist für den praktischen Gebrauch und zur Beschreibung eines ganzen Heizungssystems wesentlich aussagekräftiger.

$$\text{JAZ} = \beta_a = \frac{Q_a \text{ in kWh}}{W_a \text{ in kWh}} = \frac{\text{jährlich abgegebene Wärme}}{\text{jährlich aufgenommene el. Antriebsenergie}} \quad (1.2.9)$$

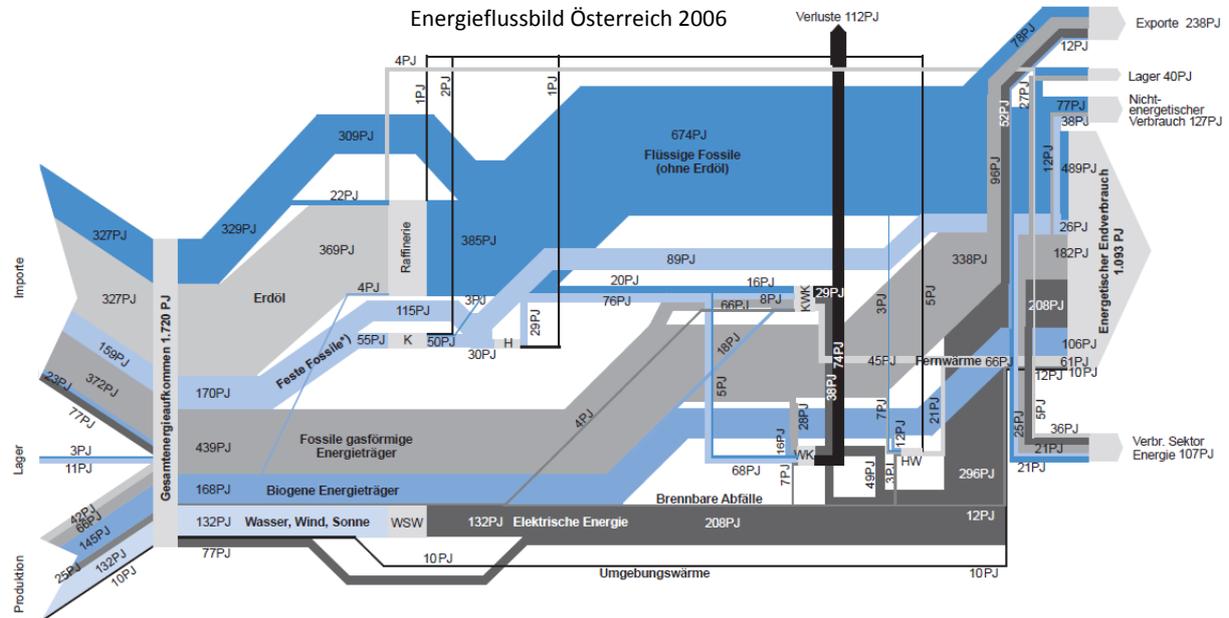
Die Leistungszahl und die Jahresarbeitszahl hängen stark von der Wärmequelle (Umgebungswärme) ab, weil für diese Kennwerte die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ausschlaggebend ist (siehe Gleichung (1.2.5) und (1.2.6)). Im Gebäudebereich wird die Außenluft, das Grundwasser oder das Erdreich als Wärmequellen genutzt. Tabelle 6 bietet einen Überblick gängiger Jahresarbeitszahlen moderner Heizungswärmepumpen in Kombination mit einer Flächenheizung. Grundsätzlich erhöht sich die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe in Kombination mit Niedertemperaturheizsystemen (Flächenheizungen), weil hier wieder eine geringe Temperaturdifferenz erreicht wird.

**Tabelle 6:** Jahresarbeitszahlen  $\beta_a$  moderner Heizungswärmepumpen geordnet nach natürlichen Umgebungswärmequellen

Wärmequelle	Jahresarbeitszahl $\beta_a = \text{SPF}$	typische Temperaturbereiche der Quellmedien
Grundwasser – Wärmepumpe	4,5 ... 5,0	8 °C bis 12 °C
Erdreich – Wärmepumpe	4,0 ... 4,5	6 °C bis 16 °C
Außenluft – Wärmepumpe	3,0 ... 3,5	-15 °C bis 35 °C

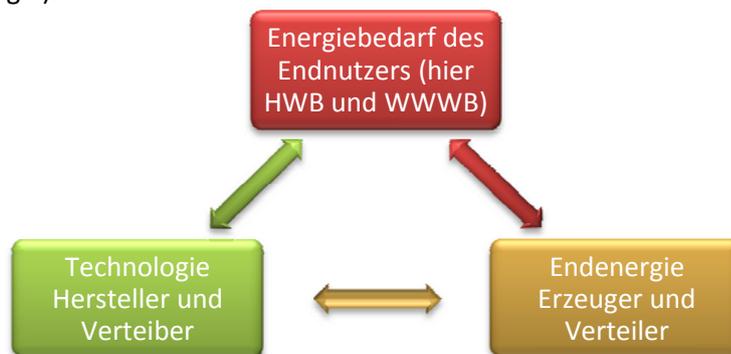
### 2.3 Grundlagen der Energiemodelle und -szenarien

Das Ziel bei der Erstellung von Energiemodellen ist eine Darstellung der Sektoren Energienutzung und -umwandlung. In der Regel dienen solche Modelle zur Beschreibung des Ist-Zustandes eines Prozesses bzw. einer Prozesskette. Meist wird eine solche Analyse mittels eines Sankey-Diagramms visualisiert (siehe Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Beispiel zur Darstellung des volkswirtschaftlichen Energieflusses in Österreich mittels eines Sankey-Diagramms (Quelle: Statistik Austria)

Die Analyse eines Ist-Zustandes ermöglicht Aussagen über den derzeitigen Zustand und das Verbesserungspotenzial eines Systems oder eines Prozesses. Der Hintergrund solcher Analysen und Optimierungen kann technischer, wirtschaftlicher, ökologischer, sozialer, politischer oder strategischer Natur sein. Diese Arbeit setzt sich mit technischen Fragestellungen auseinander, die eng mit ökologischen und wirtschaftlichen Interessen verknüpft sind. Um das Ziel der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu erreichen, muss zuerst geklärt werden, welche Technologien und Faktoren Einfluss darauf nehmen, um diese dann zu optimieren oder zu substituieren. Ein solcher Wechsel der Endenergieträger und Technologien zur Wärmebereitstellung stellt einen wichtigen Schritt hin zur Primärenergiesicherheit, der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und der Reduktion des Nutz- und Endenergiebedarfs dar. Weiters werden die wirtschaftlichen Überlegungen der Energieverbraucher (-käufer), der Energielieferanten und -erzeuger sowie der Hersteller bzw. Verteiler der Energiesysteme beeinflusst (siehe Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Wechselwirkung zw. Energieabnehmer, -erzeuger, -verteiler und Technologie-Hersteller bzw. Verteiler; eigene Einteilung und Darstellung

### **Formen der Energiemodelle**

Die spezifischen Ziele von Energiemodellen gehen oft über eine Darstellung des Energiebedarfs, des Energieverbrauchs und der Wirkung der Energiesysteme hinaus. Oft soll aus dem aktuellen Stand eine Einschätzung der zukünftigen Energienachfrage oder eine Bewertung unterschiedlicher (technologischer, strategischer, ökonomischer, politischer, etc.) Optionen abgeleitet werden. Schrieffl (Schrieffl, 2007) beschreibt deshalb zwei unterschiedliche Ansätze und Methoden, unter deren Gesichtspunkten Energiemodelle entwickelt werden können.

*Simulationsmodelle* sollen die Funktionsweise eines Systems vereinfacht wiedergeben. Sie ermöglichen es, das Verständnis für das Systemverhalten zu verbessern. Diese Modellform ist besonders geeignet, wenn Experimente unmöglich oder zu kostspielig sind (vgl. (Schrieffl, 2007 S. 7)). Das Modell hat nur die Aufgabe, bestehende Systeme zu beschreiben, und Aussagen über äquivalente Zusammenhänge zu ermöglichen. Ob diese weiteren Optionen real existieren oder nur geplant werden, spielt für das Modell keine Rolle.

*Optimierungsmodelle* verlieren an rein beschreibendem Charakter und sind zielorientiert. Es sollen Systemkonfigurationen, -eigenschaften und -verhalten zur Optimierung eines oder mehrerer Ziele untersucht werden (vgl. (Schrieffl, 2007 S. 7-8)). Derartige Zwecke könnten im Kontext dieser Arbeit die Minimierung des Energiebedarfs der Gebäude oder des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der thermischen Anlagen sein. Es wäre auch denkbar eine Maximierung des Anteils der Biomasse, der Umgebungswärme oder der Solarthermie zur Wärmebereitstellung, eine Nutzungsgradsteigerung der Heizsysteme oder eine Optimierung der Kosten zwischen Energiebedarfssenkung und Anlagenoptimierung anzustreben.

Zur Darstellung der Sicht der Dinge spielt natürlich der Blickwinkel eine wichtige Rolle. Dies gilt nicht nur für relative und persönliche Betrachtungen, sondern auch für die Naturwissenschaften und die Technik. Z. B. wird jemand, der ein Auto von innen sieht, es vollkommen anders beschreiben, als eine weitere Person, die es von außen betrachtet. Dieses Beispiel kann mit der Lagrangeschen Bahnlinie und der Eulerschen Stromlinie direkt in die Technik übertragen werden. Für jedes Modell ist also die Sichtweise entscheidend. In der Energietechnik und -wirtschaft werden am Häufigsten Top-Down- oder Bottom-Up-Modelle entwickelt.

*Top-Down-Modelle* werden in der Regel zur Beschreibung makroskopischer Verflechtungen der Sektoren Energie, Rohstoffe, Umwelt, Ökonomie etc. verwendet (z. B. siehe Abbildung 6). Die Randbedingungen werden dabei meist konstant gehalten und einzelne Technologien nicht dargestellt (vgl. (Schrieffl, 2007 S. 8)). Im Vergleich dazu erscheinen *Bottom-Up-Modelle* wie ein Blick durchs Mikroskop. Die Einzelkomponenten eines Systems werden mit einem angemessenen Detaillierungsgrad dargestellt, mit den anderen Komponenten vernetzt und anschließend als System zusammengefasst, um Wechselwirkungen und das gesamte Systemverhalten zu ermitteln (vgl. ebd.). Ein anderer Zugang zu Top-Down-Modellen ist der Ansatz, dass beginnend mit einer makroskopischen Betrachtung das Modell mit jedem Schritt verfeinert wird und mehr ins Detail geht. Es bleibt also nicht bei einer Darstellung großer Zusammenhänge, sondern ein Sektor oder Thema wird vertiefend betrachtet.

Modelle, mit denen zukünftige Entwicklungen vorhergesagt werden sollen, unterscheiden sich in der Zielsetzung und in ihrem Weg dorthin. *Prognosemodelle* dienen der Vorhersage zukünftiger Ereignisse, welche, basierend auf den aktuellen und vergangenen Entwicklungen, eingeschätzt werden (vgl. (Schrieffl, 2007 S. 6)). Das unbekannte Ziel ergibt sich aus einem genau definierten Weg. Diese Beschreibungen sind mit Unsicherheiten behaftet, weil nicht garantiert werden kann, dass sich das System weiterhin so verhält, wie derzeit angenommen. Oft werden nur Wirkungen erfasst und nicht die Ursachen. Somit werden die Prognosemodelle sehr stark von den Annahmen der Modellentwickler beeinflusst, wodurch unter anderem die Objektivität in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

*Szenarioanalysen* bieten Raum für unterschiedliche Möglichkeiten. Zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft werden Ziele definiert (meist Basisszenario, "Business as usual", "worst case" und "best case"), die erreicht werden sollen. Die Unbekannten in dieser Betrachtung sind die Wege, auf denen diese Ziele erreicht werden können. Diese Entwicklungen sind mit Systemänderungen verbunden, d. h., um aus den Änderungen Aussagen ableiten zu können, muss ein breites Verständnis für die

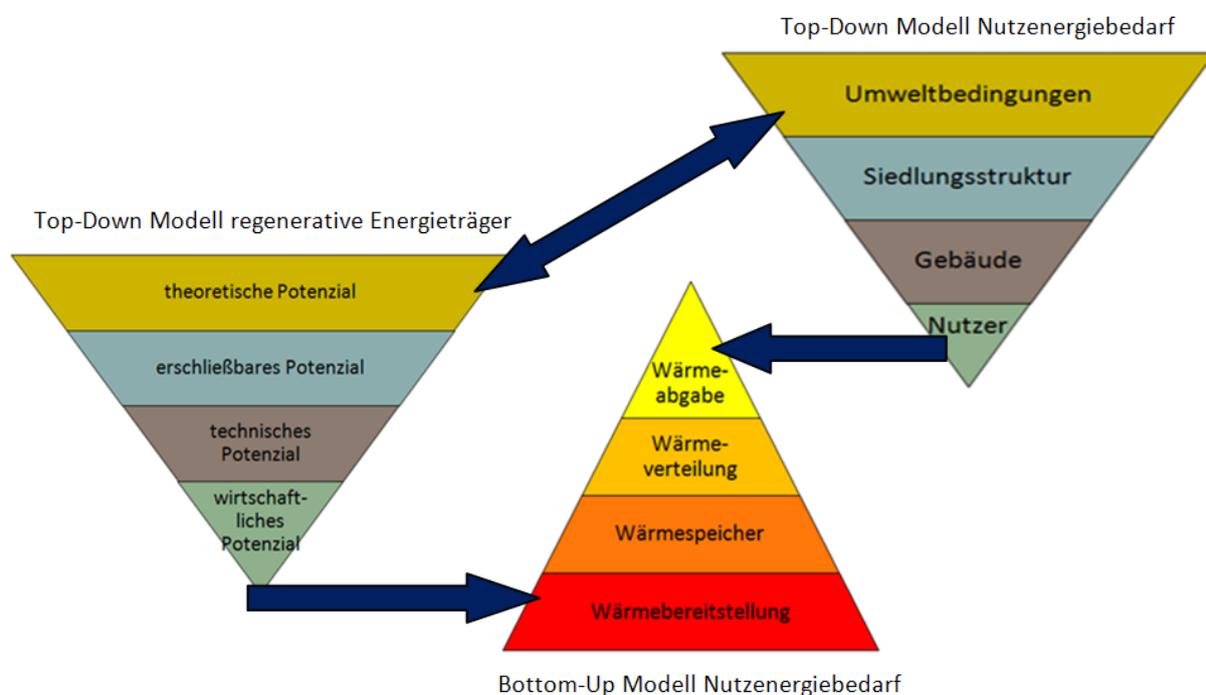
Systeme und die Systemzusammenhänge entwickelt werden. Durch die Wahl der Ziele und die Qualität der Systembeschreibung kann die Objektivität immer noch beeinflusst werden, weil aber in der Regel mehrere Zielszenarien vorgegeben werden, ist die Aussage des Modells nicht allein an eine mögliche Lösung gebunden.

### 3 Modell und Modellbausteine (Referenzsysteme)

#### 3.1 Model ReCO2NWK

Eine eindeutige Zuordnung des Projekts ReCO2NWK zu einer Modellkategorie ist nicht möglich, weil verschiedene Elemente vereint werden sollen. Aktuell strebt die Struktur der Daten und der Aufbereitung in Richtung eines Simulationsmodells, welches vor allem den derzeitigen Stand des Nutz- und Endenergiebedarfs darstellt. Es fehlen zum jetzigen Zeitpunkt definitive Zielsetzungen, deshalb können noch keine Optimierungen erarbeitet werden. Aber das Verständnis für die Systemzusammenhänge, welches durch den Aufbau des Simulationsmodells gewonnen werden konnte, würde in Folgeprojekten eine solche Zieldefinition und eine Entwicklung eines Optimierungsmodells ermöglichen.

Die Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Gebäuden, Anlagentechnik und Umweltbedingungen lässt auf ein Top-Down-Modell schließen. Die regionalen und lokalen Zusammenhänge sowie die Darstellung der Energiedaten in den Rasterzellen des Geoinformationssystems entsprechen auch einer solchen makroskopischen Sichtweise. Allerdings sind die Betrachtungen der Anlagentechnik, der Gebäude und der Nutzer im Vergleich zum Gesamtmodell hoch aufgelöste Detailausschnitte, was ein Bottom-Up-Modell nahelegt. Im Projekt und in dieser Arbeit werden also beide Methoden zur Anwendung kommen müssen; die Schwierigkeit besteht darin, die Stellen, an denen eine Trennung bzw. ein Kombination der Modelle zu erfolgen hat, festzulegen, und dann eine klare Linie beizubehalten (siehe Abbildung 8).



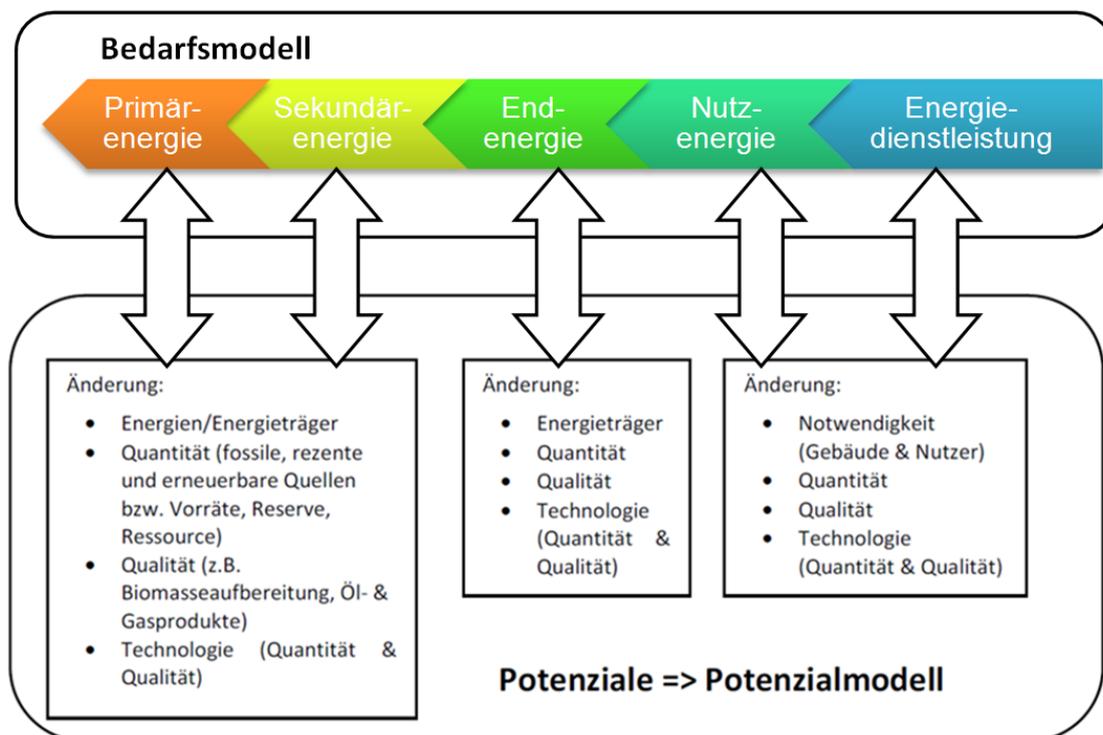
**Abbildung 8:** Top-Down- und Bottom-Up-Modelle sowie deren Übergänge zu den jeweils anderen Modellen im Projekt ReCO2NWK (eigene Darstellung)

Für das Projekt ReCO2NWK ist ein Prognosemodell zur Gänze ungeeignet. Falls es in weiterer Folge zu einer Weiterentwicklung des Simulationsmodells kommen sollte, wäre zu erwarten, dass Szenarienmodelle erarbeitet werden, um die Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-freien oder -neutralen thermischen Energieversorgung der Gebäude mit den in der Region vorhandenen Potenzialen voll auszuschöpfen und Verbesserungsvorschläge zur Energieeinsparung einbringen zu können.

**Modellansatz – Verbindung des Bedarfsmodells mit dem Potenzialmodell**

Im Zuge des Projektes ReCO2NWK soll aus der Darstellung des Ist-Zustandes (Gebäude und Anlagentechnik) ein Simulationsmodell abgeleitet werden. Dazu werden mit einem *Bedarfsmodell* die Energieströme vom Endverbraucher (Energiedienstleistungen) bis zur Primärenergie zurückgerechnet. D. h. zunächst wird der thermische Nutzenergiebedarf der Gebäude und der Nutzer kalkuliert, und mittels der Heiztechnikverluste der Endenergiebedarf abgeleitet. Daraus folgen die Energieströme der notwendigen Sekundär- und Primärenergien bzw. die Massenströme der Sekundär- und Primärenergieträger. Bei diesem Vorgehen diktiert der Energieverbrauch des ersten Systems die Energieströme der folgenden.

Mit einem *Potenzialmodell* sollen einerseits die Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-freien bzw. -neutralen, regionalen Energiressourcen aufgezeigt, andererseits Chancen zur Energieeinsparung bei den technischen Systemen und bei den Gebäuden verdeutlicht werden. Es handelt sich also um zwei unterschiedliche Arten von Potenzialen. Sonnenenergie, Umgebungswärme und lokales Biomasseangebot wirken sich auf das Angebotspotenzial (Erzeugungspotenzial) aus und bieten die Möglichkeit fossile Energieträger zu substituieren. Verbesserte technische Prozesse und Änderungen am Gebäude oder im Nutzerverhalten können den Energiebedarf senken und stellen somit ein Nachfragepotenzial (Endenergiepotenzial) dar. In beiden Fällen müssen die theoretischen Potenziale auf die erschließbaren, technischen und schließlich wirtschaftlichen Potenziale reduziert werden, um die tatsächlich umsetzbaren Möglichkeiten aufzuzeigen (siehe Abbildung 8). Chancen bestehen dafür an jedem Punkt im System und der Energieumwandlungskette, an dem Änderungen möglich sind (siehe Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Verknüpfung des Bedarfsmodells mit dem Potenzialmodell (eigene Darstellung)

### Entwicklung des Bedarfsmodells

Im Rahmen dieser Arbeit kann nur eines der Modelle aufbereitet werden, deshalb wird in weiterer Folge nur mehr das Bedarfsmodell behandelt. Um die einzelnen Glieder der energetischen Prozesskette berechnen zu können, müssen die Verluste im Zuge der Umwandlungen bilanziert werden, woraufhin Wirkungs- und Nutzungsgrade abgeleitet werden können. Da nicht jedes Gebäude und jede Heizungsanlage im fertigen Modell berechnet werden kann – es fehlt einerseits an Daten, andererseits wäre der Rechenaufwand zu groß – müssen die entscheidenden Punkte in der Energieumwandlungskette identifiziert und plausible, repräsentative Referenzen entwickelt werden, um den Energiebedarf und die Umwandlungsverluste zu beschreiben. In dieser Arbeit werden deshalb die Umwelt- und Umgebungseinflüsse auf die Systeme betrachtet, Modelle recherchiert, die diese Parameter abbilden, und auf ihre Anwendungstauglichkeit im Projekt ReCO2NWK geprüft. Des Weiteren werden Referenzgebäude aufgebaut, sowie Nutzungsprofile und Methoden zur Berechnung des thermischen Nutzenergiebedarfs der Raumheizung und der Warmwasserversorgung analysiert. Zudem wird geprüft unter welchen Voraussetzungen sie in das Modell eingebaut werden können. Da keine Daten zu den Heizungsanlagen im Zuge des Projekts erhoben worden sind, müssen die Systemverluste der Wärmeabgabe, der -verteilung und -speicherung abgeschätzt und mit weiteren Referenzen für das Simulationsmodell aufbereitet werden. Das Gleiche gilt auch für die Wärmebereitstellung, doch ist es im Rahmen dieser Arbeit nur möglich eine Berechnungsmethodik vorzustellen. Die Umsetzung dieser Methode sprengt zum einen den Rahmen der Arbeit, zum anderen ist die Berechnung nicht möglich, weil die Energieeinträge alternativer Energiequellen nur mit weiteren Modellen integriert werden könnten. In Abbildung 10 werden die in dieser Arbeit identifizierten relevanten Module und erste Parameter zur Entwicklung eines Simulationsmodells zur Berechnung des thermischen Nutz- und Endenergiebedarfs systematisch dargestellt. Die Reihenfolge der Module entspricht jener der folgenden Kapitel, in denen sie behandelt werden.

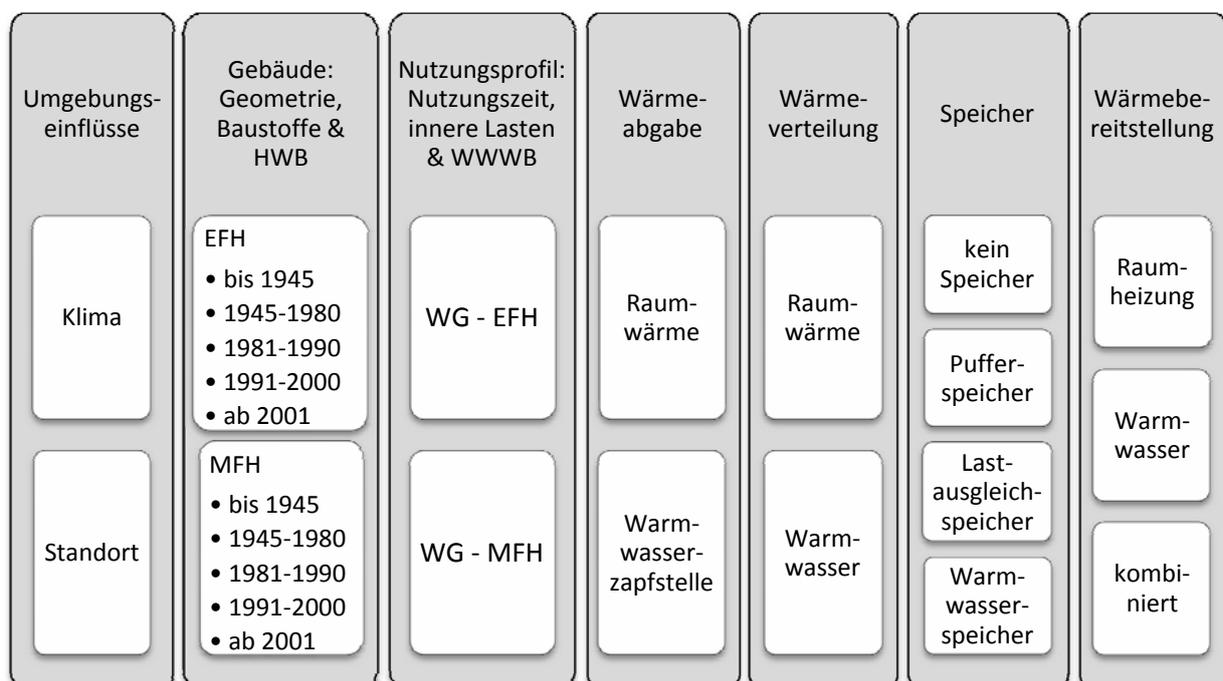
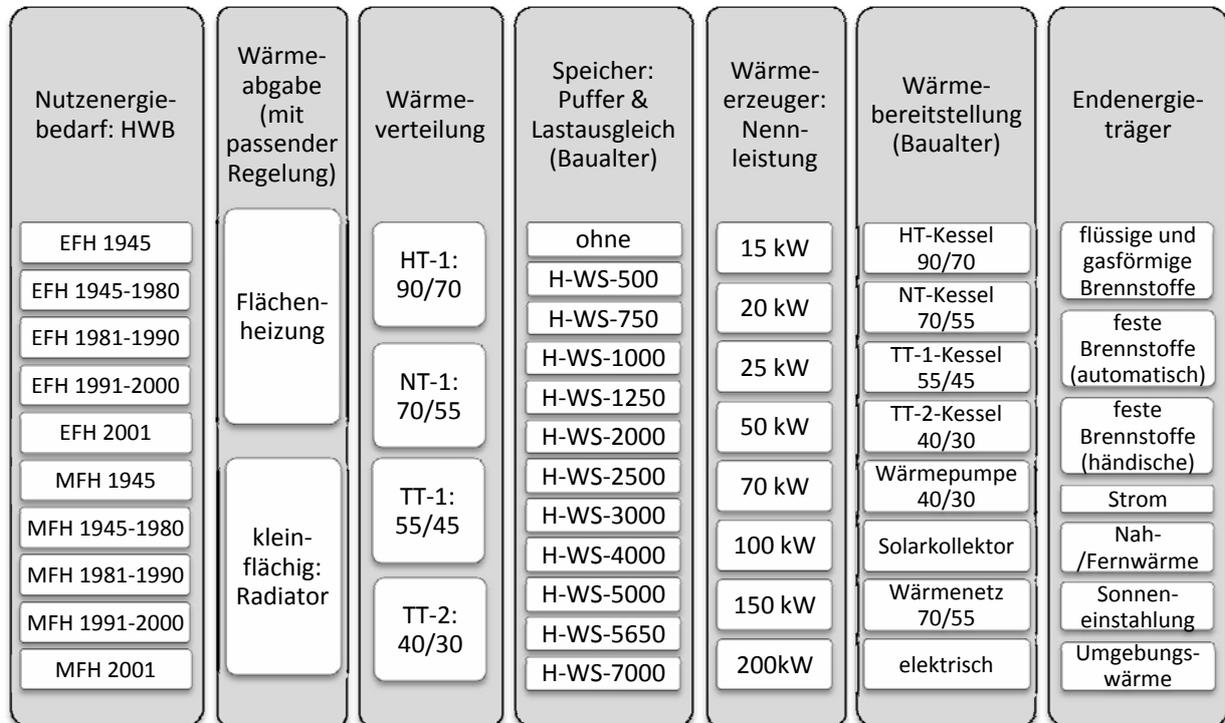


Abbildung 10: Module und Parameter des Bedarfsmodells in dieser Arbeit (eigene Darstellung)

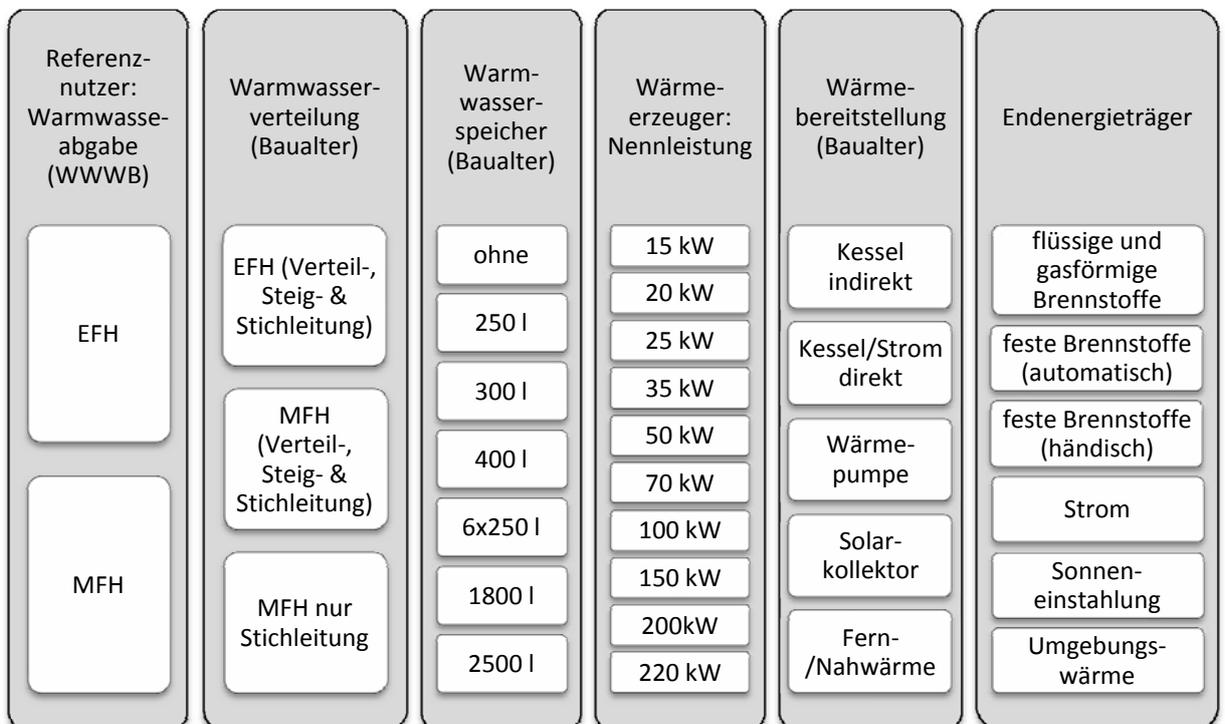
### Modellobjekte in dieser Arbeit

In den folgenden Kapiteln werden für die Module aus Abbildung 10 weitere Referenzsysteme, sei es für Gebäude, Wärmeabgabe, -verteilung, -speicherung oder -bereitstellung, entwickelt. Dabei wird zwischen Raumheizsystemen (siehe Abbildung 11) und Warmwassersystemen (siehe Abbildung 12) unterschieden. Jedem der Objekte in Abbildung 11 und Abbildung 12 werden im Laufe dieser Arbeit

Eigenschaften zugewiesen (in den meisten Fällen durch Kennzahlen und Kenngrößen), um neben dem qualitativen auch einen quantitativen Vergleich zu erreichen. Eine spätere Variation dieser Eigenschaften (Parameter) und Objekte (Referenzen) würde die Erstellung unterschiedlicher Szenarien ermöglichen, um eine optimierte Strategie zur Planung einer CO<sub>2</sub>-neutralen, regionalen Energieversorgung zu finden und Energiesparpotenziale zu verdeutlichen.



**Abbildung 11:** systematische Darstellung der Referenzen des Raumwärmesystems in dieser Arbeit (eigene Darstellung)



**Abbildung 12:** systematische Darstellung der Referenzen des Warmwassersystems in dieser Arbeit (eigene Darstellung)

## 3.2 Umweltparameter – Randbedingungen

Ursprünglich errichteten Menschen Gebäude, um sich vor unangenehmen, gesundheitsgefährdenden oder gar lebensbedrohlichen Umwelteinflüssen zu schützen. Zelte, Hütten, Häuser oder Paläste sind aber seit jeher über die Lebensnotwendigkeit hinaus Luxusgüter gewesen. Heutzutage gilt dies mehr denn je. Dies geht so weit, dass sich mit der Architektur eine eigene Kunstform für Gebäude entwickelt hat. Die technischen Möglichkeiten, die Kreativität, der Ressourcenreichtum und der Schaffenswille der Architekten und Ingenieure hat seit Beginn des 20. Jahrhunderts zu immer neuen Konzepten und Formen geführt. In nur einem Jahrhundert sind die Grundsätze der letzten paar tausend Jahre überarbeitet und neue Konzepte entwickelt worden. Nicht immer ist eine gelungene Symbiose zwischen Kunst und Nutzung eines Gebäudes geschaffen worden. Die Systemzusammenhänge, welche Klima, Nutzer, Gebäude und Gebäudetechnik miteinander verknüpfen, sind sehr komplex und nicht immer bedacht worden. Manchmal schränkt die Kunst der Architektur die Nutzung eines Gebäudes ein. Man denke dabei zum Beispiel an die Überhitzungsproblematik von Gebäuden mit unverschatteten Glasfassaden oder Glasdächern. Nur mit großem technischem, energetischem und ökonomischem Aufwand können ungünstige Baukonzepte später ausgeglichen oder, falls nicht anders möglich, korrigiert werden, und selbst dann ist dies nicht immer möglich. Im EU-Raum wurde deshalb die Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden geschaffen, um die ökologische Belastung durch ungünstige Bauten in Zukunft zu vermeiden. Dadurch gewinnen das Klima und energieeffiziente Konzepte wieder ihren ursprünglichen Stellenwert in der Planung und Entwicklung von Gebäuden zurück.

Das Klima und andere Umwelteinflüsse stellen allerdings nicht nur eine Belastung für Gebäude und technische Anlagen dar. Vor allem im Sinne einer CO<sub>2</sub>-neutralen, alternativen und ressourcensparenden Energiewende, eröffnen sich mit der Installation thermischer Solarkollektoren und Wärmepumpen (Luft, Wasser und Erdreich) sowie geschickter baulicher Konstruktionen zur besseren passiven Nutzung der solaren Einstrahlung viele Möglichkeiten.

Moderne Gebäude und technische Systeme zur Raumkonditionierung werden gemäß den Umwelt- und Nutzungsanforderungen ausgelegt. Die Lebensdauer der Gebäudetechnik zur Raumkonditionierung und Warmwasserbereitung ist in der Regel mit 15 bis 30 Jahren wesentlich kürzer als die der Gebäude, aber während der Standzeiten der Anlagen sind keine Änderungen am System vorgesehen. Dies betrifft auch das Gebäude. In der Regel werden erst beim Austausch einer Heizungs-, Lüftungs- oder Klimaanlage große bauliche Maßnahmen zur Sanierung getroffen.

### 3.2.1 Klima

#### ***Wetter, Witterung und Klima – Realdaten und Szenarien***

Das *Wetter* beschreibt den Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und zu einem bestimmten Zeitpunkt. Diese lokal und temporär punktuellen Werte sind nur bedingt von Nutzen. Auch die *Witterung* – eine Betrachtung des Wetters über einen längeren Zeitraum hinweg (vgl. ebd.) – reicht noch nicht als Auslegungskriterium für Gebäude und deren technische Anlagen. Das *Klima* und somit der „(...) Zustand der Atmosphäre in einer Region (z. B. einer Klimazone) im langjährigen Mittel.“ (ebd.) fasst die geeigneten Daten für eine Gebäude- und Anlagenauslegung zusammen.

Entscheidend für die Dimensionierung der Systeme zur Gebäudekonditionierung sind die maximalen Lasten und, für die Optimierung, der durchschnittliche Energiebedarf. Für den Heizbetrieb ergibt sich die maximale Leistung bei Normaußentemperatur (siehe dazu Kapitel 3.4.5), im Kühlbetrieb bei der höchsten solaren Einstrahlung und Außentemperatur. Mit diesen Extremwerten der Umweltparameter und den Eigenschaften des Gebäudes wird der Leistungsbedarf der Gebäudekonditionierung berechnet. Daraus ergibt sich in weiterer Folge die Leistungsgröße der technischen Systeme wie z. B. der Wärme- bzw. Kälteerzeuger. Aus wirtschaftlicher Sicht handelt es sich um Kapitalkosten. Mittelwerte der Temperatur und Strahlung in einer definierten Zeitperiode (z. B. ein Monat) ermöglichen die Berechnung des Nutz- und Endenergiebedarfs zur Gebäudekonditionierung. Diese Werte werden

einerseits zur Dimensionierung etwaiger Lager oder Speicher für Endenergieträger sowie deren Beschaffungsplanung benötigt, andererseits spiegeln sie den Aufwand im laufenden Betrieb der Systeme wieder. Vom ökonomischen Standpunkt aus stellen sie demnach die Betriebskosten dar.

Die Lebensdauer technischer Anlagen zur Gebäudekonditionierung beträgt 15 bis 30 Jahre (vgl. (Kaltschmitt, et al., 2006)); von den Gebäuden selbst und den Wärmeverteilnetzen werden mindestens 50 Betriebsjahre erwartet (vgl. ebd.). Ein Wettermodell zur Vorhersage der Umweltbedingungen in den nächsten paar Tagen wäre für die Anlagenauslegung nicht sinnvoll. Langjährige Messwerte der Klimadaten müssen aufbereitet und falls möglich mit Tendenzen für die nächsten Jahre ergänzt werden. Der Vorausblick in die mittel- und langfristige Zukunft des Klimas ist derzeit mit großen Ungewissheiten verbunden. Die Debatte um die Klimaerwärmung spielt hier eine große Rolle. In Abbildung 13 ist die globale Temperaturänderung seit Mitte des 20. Jahrhunderts dargestellt. Alle Bemühungen zur CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparung sollen genau diese Klimaerwärmung reduzieren, verhindern können wir sie nicht mehr. Daher sind die Ausgangsbedingungen seitens des Klimas eigentlich nicht konstant, sondern einer Änderung unterworfen. So lange aber das Klima auch regional wärmer wird, reichen die aufbereiteten Messreihen der letzten Jahre (in der Regel 1961-1990) aus, um mittelfristig Heizsysteme mit genügend großer Sicherheit dimensionieren zu können; nur für die Optimierung ergeben sich daraus Unsicherheiten. Klimaprognosen sind demnach zur Auslegung der Heizsysteme nicht weiter notwendig, könnten aber durchaus für eine Abschätzung herangezogen werden. Sollten allerdings lokale Klimaphänomene eine Abkühlung bewirken, stimmen die Auslegungskriterien nicht mehr. Die Berechnung des Kühlbedarfs und die Dimensionierung der raumlufttechnischen Systeme zur Raumkühlung bleiben aber mit größeren Unsicherheiten behaftet und problematisch.

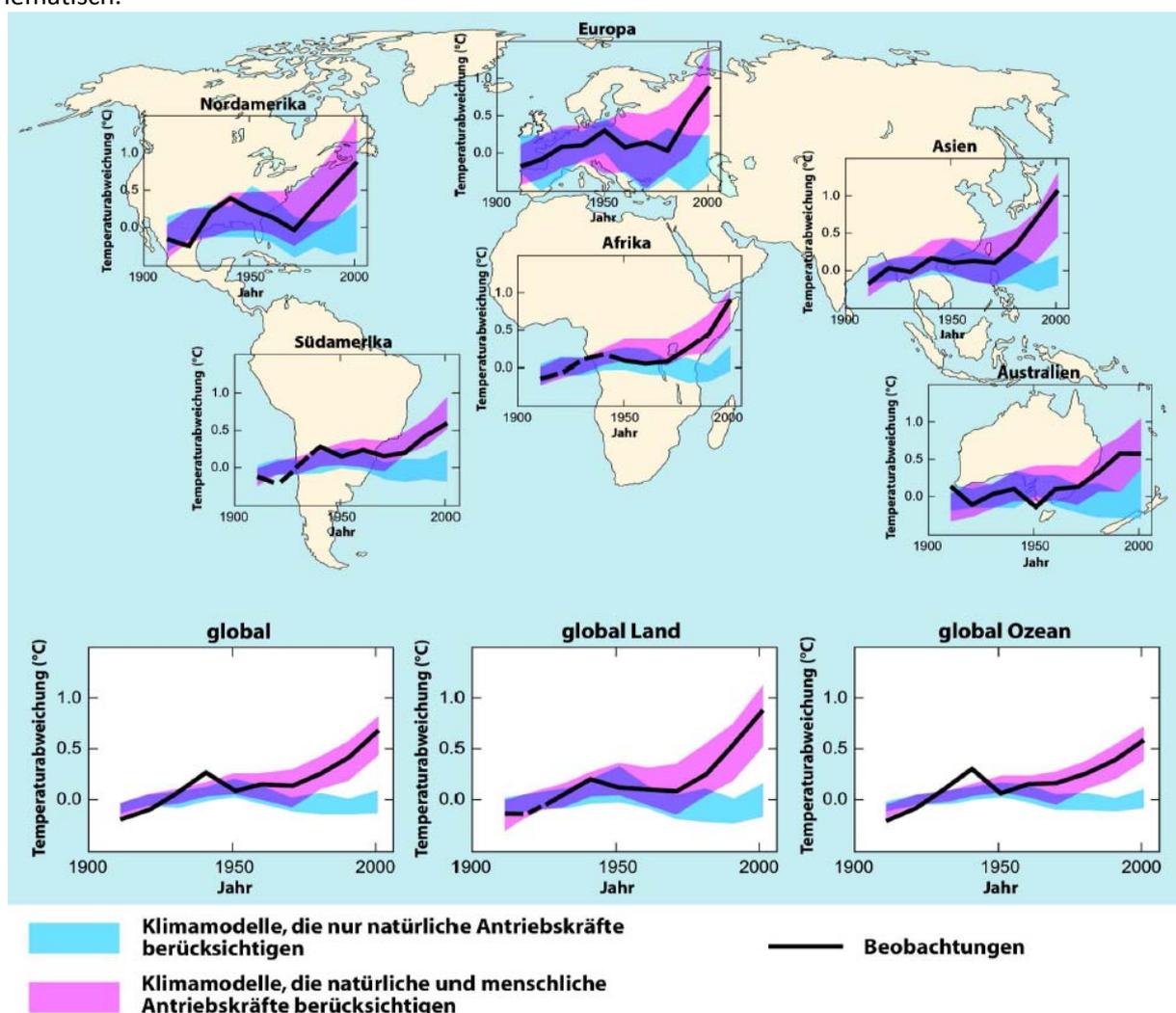
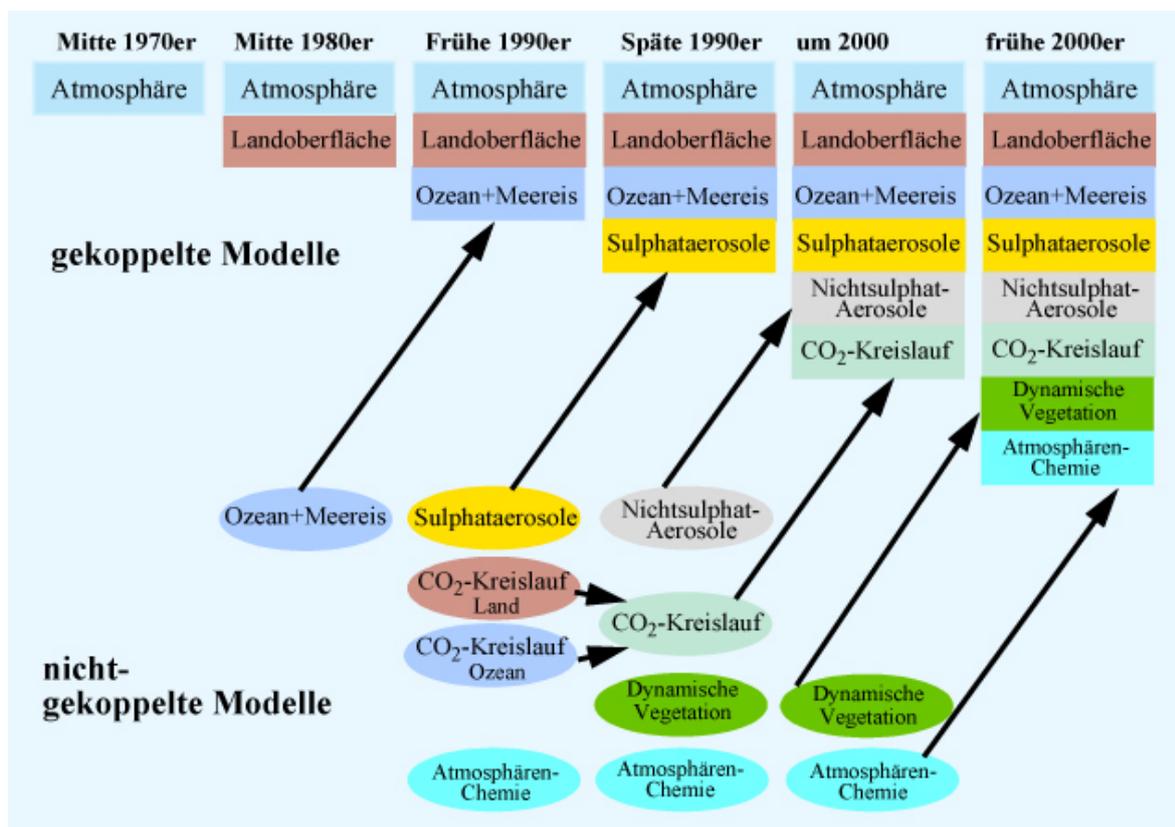


Abbildung 13: globale und kontinentale Temperaturänderungen (Quelle: (IPCC, 2008 S. 7))

**Klimadaten und Klimamodelle – Entwicklung und geografische Auflösung**

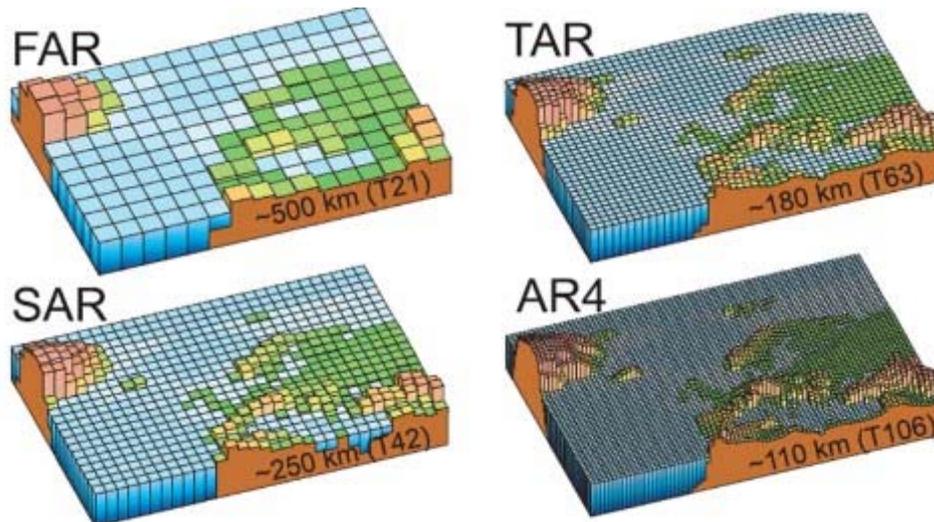
Die Entscheidung ob das Klima mit Realdaten oder Berechnungsmodellen dargestellt werden soll, hängt vor allem von der Datenlage, der Datenmenge und den Genauigkeitsanforderungen der Ergebnisse ab. Langjährige Messreihen bieten eine hohe Genauigkeit und Sicherheit. Messstationen können allerdings immer nur die Daten an einzelnen Standorten erheben. Die Dichte des Stationsnetzes ist also entscheidend für die Anwendungsmöglichkeit der Daten, denn Werte für Standorte zwischen den Stationen müssen interpoliert werden. Diese Berechnungen sind der erste Schritt hin zu Klimamodellen und Klimaprognosen. Klimamodelle ermöglichen die Darstellung des Aktuellen und prognostizieren das zukünftige Klima mit Hilfe von Algorithmen. Die Daten können für die Rasterzellen des Modells berechnet werden, somit ist es nicht mehr notwendig, für jeden Standort Datentabellen anzuführen. Die notwendige Datenmenge kann dadurch wesentlich reduziert werden, und Ausblicke in die Zukunft werden möglich.

Klimadaten und Klimamodelle liegen in vielfältiger Form vor. Seit Mitte des Zwanzigsten Jahrhunderts sind die auf die Hydro- und Thermodynamik basierenden Computermodelle immer stärker verfeinert und verbessert worden (siehe Abbildung 14). In jedem neu entwickelten Modell werden mehr Randbedingungen und Einflüsse berücksichtigt. Die Evaluierung der Modelle und unterschiedlicher Szenarien belegt einen immer stärker werdenden anthropogenen Einfluss auf das Klima (siehe auch Abbildung 13).



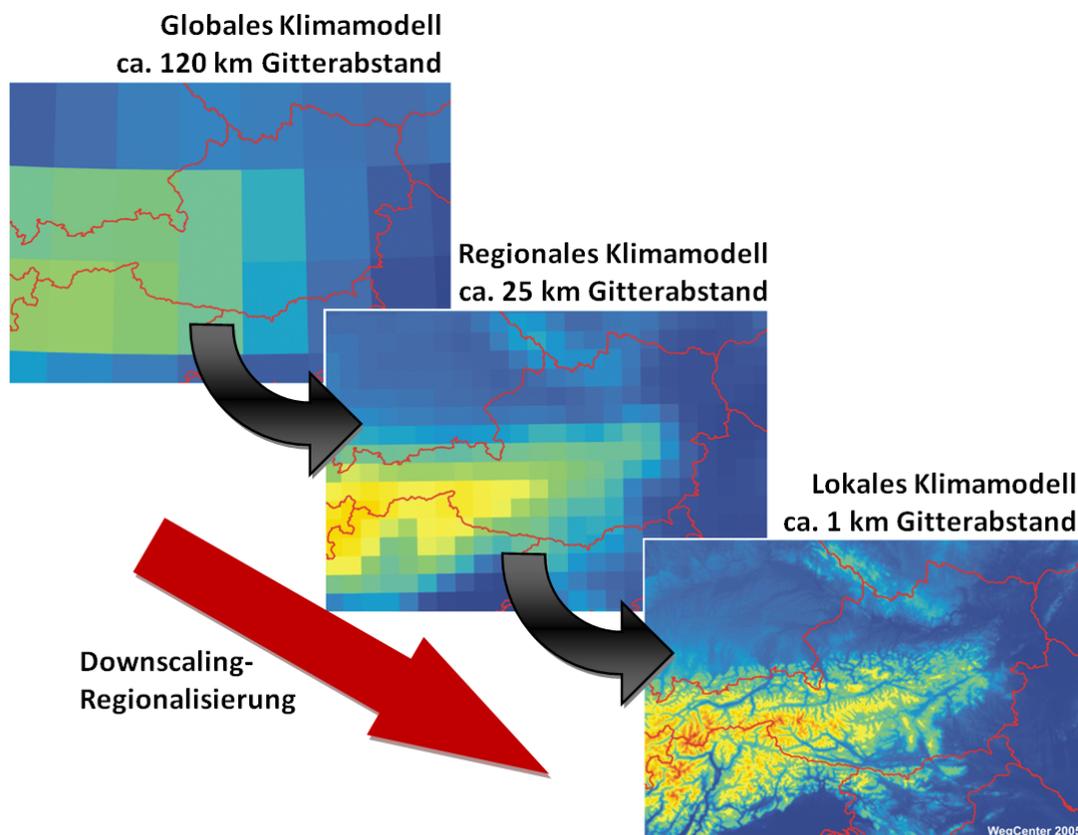
**Abbildung 14:** historische Entwicklung der computergestützten Klimamodelle (Quelle. Online im Internet - URL: <http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellentwicklung.jpg> [Stand 2010-03-02])

Internationale Modelle dienen meist zur Darstellung globaler Zusammenhänge. Dementsprechend groß sind die Maschen der Modellierungsnetze. In Abbildung 15 sind die Rasterzellen der Klimamodelle in den seit 1990 herausgegebenen IPCC Assessment Reports (AR) dargestellt. Mit einer Fläche von 83.879 km<sup>2</sup> würde Österreich selbst im neusten Modell AR4 in nur sieben Rasterzellen passen.



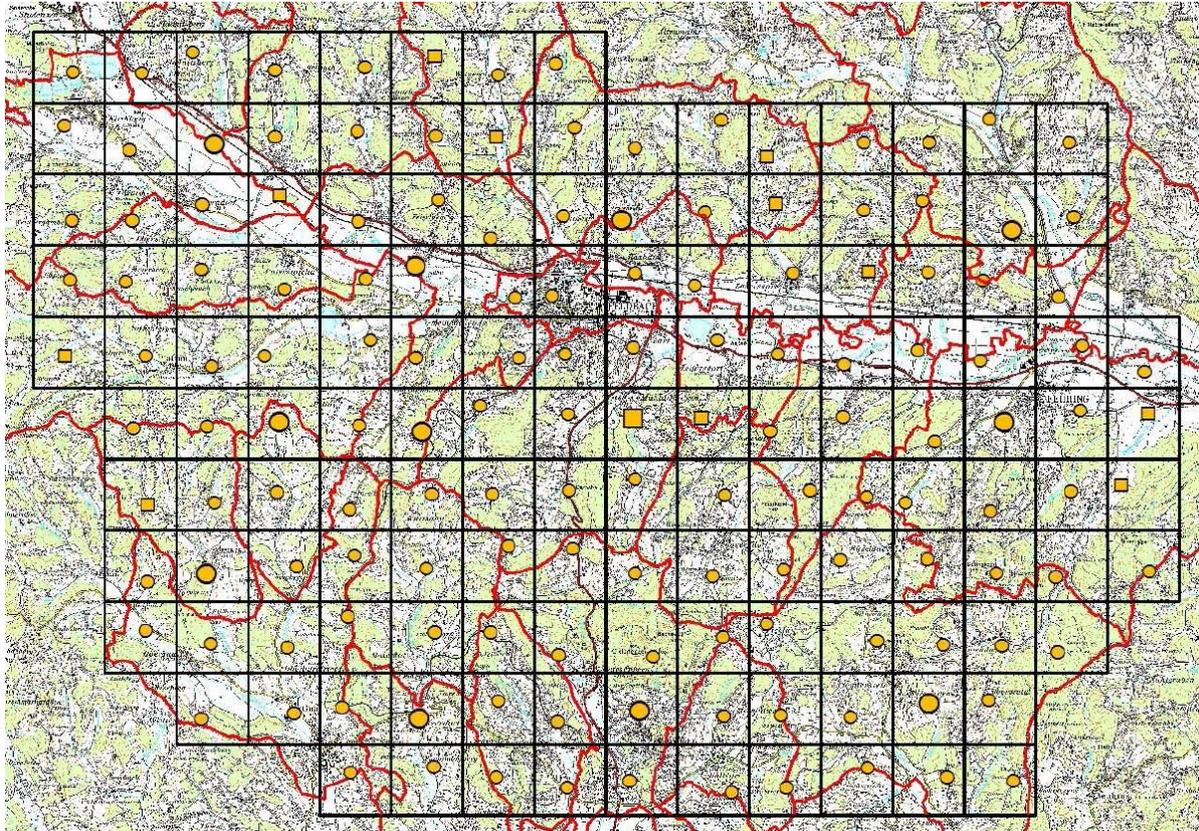
**Abbildung 15:** historische Entwicklung der Rastergrößen für IPCC Klimamodelle (Bildquelle online im Internet - URL: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellauflösung.jpg> [Stand 2010-03-02])

Kleinere Gebiete können mittlerweile mit feineren Netzen erfasst werden. „Der aktuelle internationale Stand regionaler Klimamodellierung (...) nutzt derzeit 10–50 km räumliche Auflösung.“ (Wegener Zentrum, 2007 S. 2). Dies bedeutet eine mögliche Verfeinerung der Netze um den Faktor 10 gegenüber dem globalen IPCC-Modell AR4. Die Forschung im Bereich der regionalen Klimamodelle arbeitet bereits an noch feineren Rastern. Das derzeit angestrebte und in greifbarer Nähe liegende Ziel liegt bei einem Raster mit ca. 1 km Gitterabstand (siehe dazu Abbildung 16).



**Abbildung 16:** Verfeinerung der Gitterstruktur von Klimamodellen (eigene Zusammenstellung, Quelle Einzelbilder. Online im Internet – URL: [http://www.uni-graz.at/igam7www/igam7www\\_forschung/igam7www\\_reloclim.htm](http://www.uni-graz.at/igam7www/igam7www_forschung/igam7www_reloclim.htm) [Stand 2010-03-02])

Das Wegener-Zentrum für Klima und Globalen Wandel der Karl-Franzens-Universität Graz erarbeitet seit 2006 ein solch feines lokales Klimamodell. Im Zuge eines Pilotprojektes sind im Raum Feldbach 151 Messstationen auf einem Gebiet von ca. 20 km × 15 km verteilt worden. Seit 2007 werden Lufttemperatur, relative Feuchte und Niederschlag in einem Raster mit ca. 1,4 km Maschenweite in Fünf-Minuten-Zyklen aufgezeichnet. Die Rasterzellen decken im Schnitt Gebiete mit etwas weniger als 2 km<sup>2</sup> ab (siehe Abbildung 17). Die Messungen sollen helfen, lokale Klimaphänomene besser zu erfassen und ein Modell zu entwickeln. Dadurch wird eine weitere Verfeinerung der Modellnetze um ca. den Faktor 7 erreicht.



**Abbildung 17:** Stationsnetz des Projektes WegenerNet im Raum Feldbach (Bildquelle. Online im Internet – URL: [http://uni-graz.at/igam7www/igam7www\\_stationsstandorte.htm](http://uni-graz.at/igam7www/igam7www_stationsstandorte.htm) [Stand 2010-03-02])

Die Datenerhebung im Rahmen des Projekts läuft allerdings erst seit drei Jahren. Langjährige Jahresmittelwerte, wie sie von der World Meteorological Organization (WMO) oder der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) auf regionalem und globalem Niveau zur Verfügung gestellt werden können, fehlen noch. Der übliche nationale und internationale Zeitrahmen derartig aufbereiteter Messreihen erstreckt sich von 1961 bis 1990. Daten zu Lufttemperatur, Niederschlag, Schnee, Luftfeuchtigkeit, Strahlung, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Luftdruck und Heizgradtagen können unter anderem bei der ZAMG (<http://www.zamg.ac.at>) entweder als Karte (A3 bis A0) oder als digitaler Datensatz im ArcInfo-Grid Format gekauft werden. Auch andere Quellen bieten Klimadaten in Kartenform oder unterschiedlichen digitalen Formaten an (z. B. METEONORM).

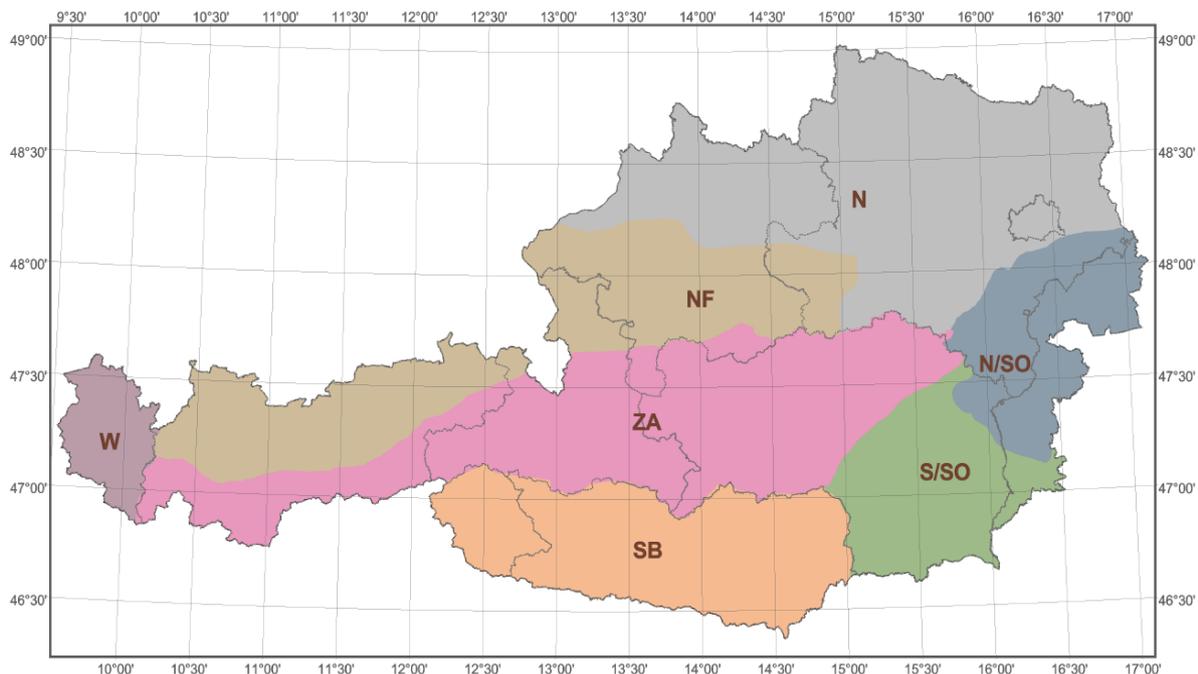
### Klimaparameter zur Gebäude- und Anlagenauslegung

Zur Bestimmung der Heizlast und des Heizwärmebedarfs der Wohngebäude wurden für diese Arbeit drei Klimaparameter identifiziert:

- die mittlere Außentemperatur des jeweiligen Monats  $\theta_e$  (Berechnung der Transmissions- und Lüftungsverluste gemäß eines Monatsbilanzverfahren, Dimensionierung Außenluft WP),
- die Normaußentemperatur  $\theta_{NAT}$ ,  $\theta_{ne}$  oder  $\theta_e$  (Berechnung der Heizlast) und
- die mittlere solare Einstrahlung des jeweiligen Monats  $I_s$  (Berechnung der solaren Gewinne der Gebäude gemäß eines Monatsbilanzverfahren, Auslegung solarthermische Anlagen).

Der Energieausweis ist als Vergleichsinstrument nur sinnvoll, wenn die Randbedingungen in einem konstanten Rahmen angesetzt werden. Um eine durchgängige und einheitliche Klimadatengrundlage zu garantieren, ist am Österreichischen Normungsinstitut (ÖN) auf Basis eines Modells der ZAMG die ÖNORM B 8110-5:2007 entwickelt worden. Im Zuge dessen wird Österreich in sieben Klimaregionen unterteilt:

- Region West (W)
- Region Nord - Föhngebiet (NF)
- Region Nord - außerhalb von Föhngebieten (N)
- Region alpine Zentrallage (ZA)
- Region Beckenlandschaft im Süden (SB)
- Region Südost-südlicher Teil (S/SO)
- Region Südost-nördlicher Teil (N/SO)



**Abbildung 18:** die sieben Klimaregionen Österreichs (Bildquelle:(ÖNORM B 8110-5:2007 S. 6))

Auch mit dem Klimamodell AR4 könnte Österreich mit sieben oder sogar mehr Zonen (Rasterzellen) erfasst werden, aber das ÖNORM-Klimamodell passt die Klimaregionen den örtlichen Gegebenheiten an. Die drei Klimaparameter können auf Basis der Seehöhe des aktuellen Standorts und der zugehörigen Klimazone berechnet werden. Eine Zuordnung aller österreichischen Katastralgemeinden zu ihren Klimazonen erfolgt nach Pöhn (Pöhn, 2008b). Da sich die Berechnung des Energieausweis gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 ebenfalls auf dieses Klimamodell stützt, sind die Ergebnisse ineinander überführbar und vergleichbar. Eine spätere Implementierung von real erhobenen Energieausweisen in das Modell ReCO2NWK führt zu einer Verfeinerung und höheren Aussagekraft des Modells.

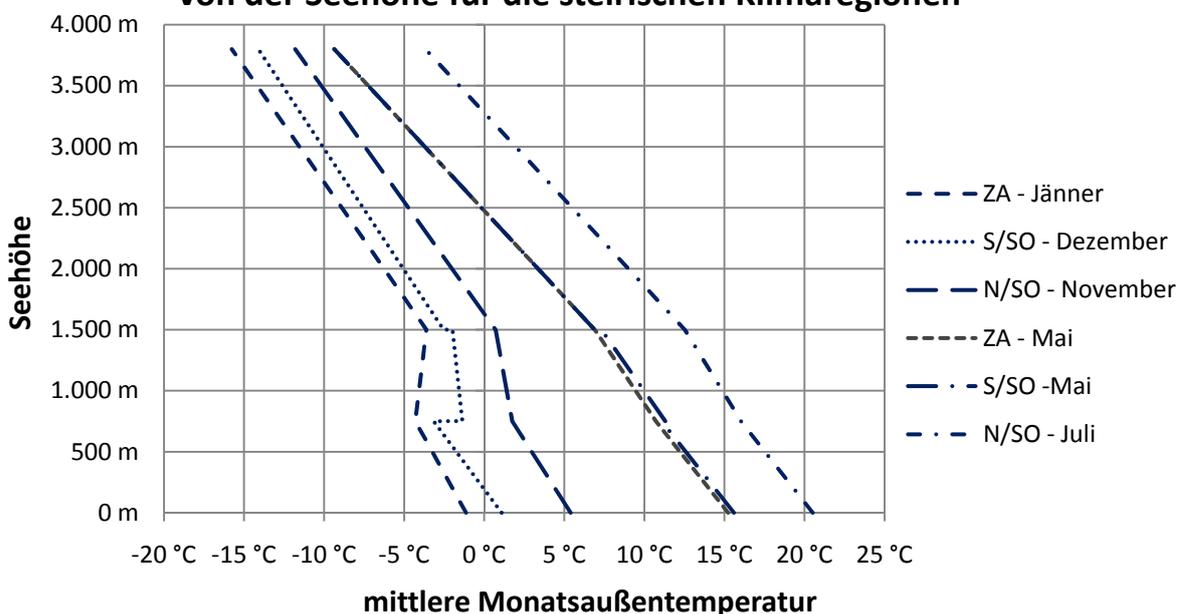
Die Monatsmittelwerte der Außentemperatur können mit Hilfe eines linearen Dreischichten-Regressionsmodells berechnet werden.

$$\theta_e = a + b \cdot H \quad (3.2.1)$$

mit:  $\theta_e$  „mittlere Monatsaußentemperatur, in °C“ (ÖNORM B 8110-5:2007 S. 7)  
 a, b „Regressionskoeffizienten des Dreischichten-Regressionsmodells“ (ebd.)  
 H Seehöhe des Standorts, in 100 m (vgl. ebd.)

Die Faktoren a und b hängen vom Monat, der Höhengschicht und der Klimaregion ab. In Abbildung 19 sind repräsentative Verläufe der mittleren monatlichen Außentemperaturen dargestellt. Die Intervalle des Dreischichten-Regressionsmodells sind an den Änderung der Steigungen, der linearen Funktionen, bei 750 m und 1500 m Seehöhe vor allem in den Wintermonaten gut zu erkennen. In den Sommermonaten und den Übergangszeiten sind diese Knicke nicht so stark ausgeprägt. Das Ausmaß der Steigungsänderung hängt von den Regressionskoeffizienten ab. Die Datenreihen ZA-Jänner, S/SO-Dezember und N/SO-November zeigen, dass die Neigungen keiner einheitlichen Richtung unterliegen. Die Übergänge zw. den Intervallen der Höhengschichten stechen für die Klimaregion S/SO mit deutlichen Sprüngen hervor. In keiner anderen Klimazone sind die Unstetigkeitsstellen der Intervallgrenzen derartig stark ausgeprägt. Ab einer Höhe von 1500 m werden für alle Klimazonen die gleichen Faktoren a und b vorgegeben. Somit decken sich die Verläufe der einzelnen Monats-Außentemperaturen im letzten Intervall. Die Überlagerung der Datenreihen ZA-Mai und S/SO-Mai ab einer Seehöhe  $h > 1500$  m in Abbildung 19 stellt dies anschaulich dar. Die niedrigsten Außentemperaturen treten in der Regel im Jänner auf, die Höchsten im Juli (siehe dazu Anhang A)

### repräsentative Verläufe der Außentemperaturen abhängig von der Seehöhe für die steirischen Klimaregionen



**Abbildung 19:** repräsentative Verläufe der mittleren Monatsaußentemperatur unterschiedlicher steirischer Klimazonen gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Monatssummen der Globalstrahlung ergeben sich aus einer quadratischen Gleichung.

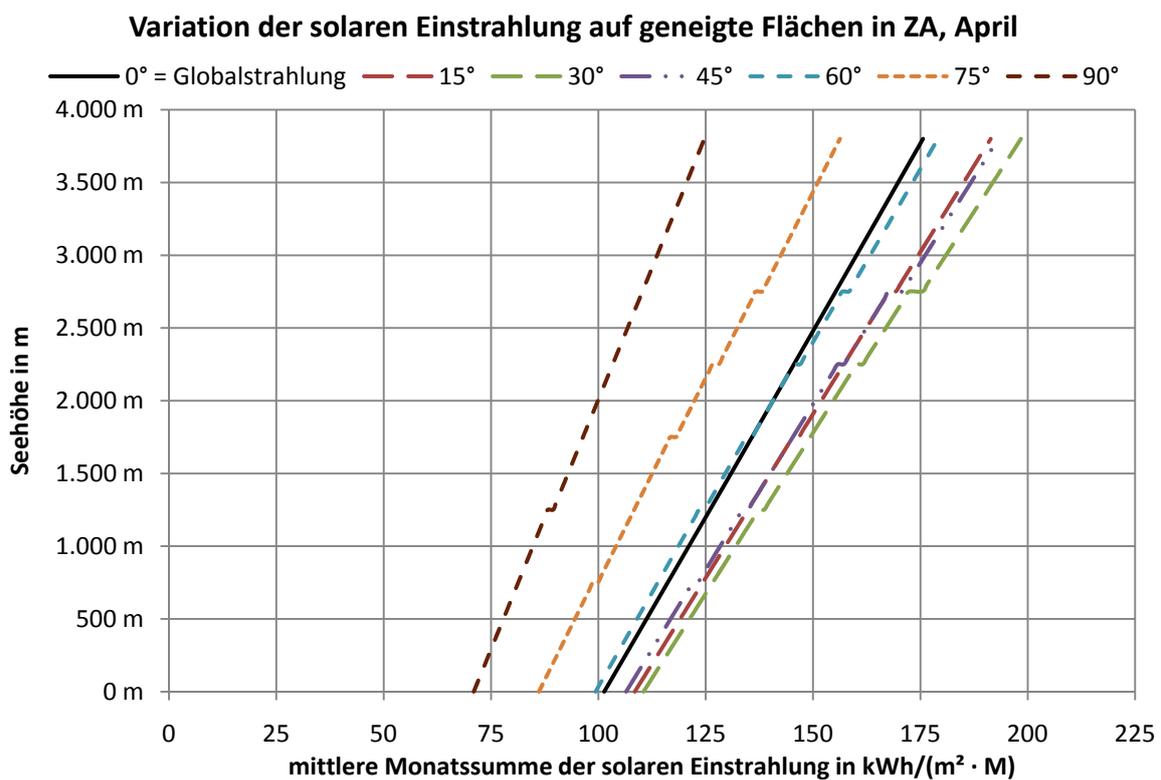
$$I_s = a_2 \cdot h^2 + a_1 \cdot h + a_0 \quad (3.2.2)$$

mit:  $I_s$  mittlere Monatssummen der Globalstrahlung, in kWh/(m<sup>2</sup> · M) (vgl. ebd.)  
 $a_1, a_2, a_3$  Koeffizienten zur Berechnung der Globalstrahlung  
 h Seehöhe des Standorts, in m (vgl. ebd.)

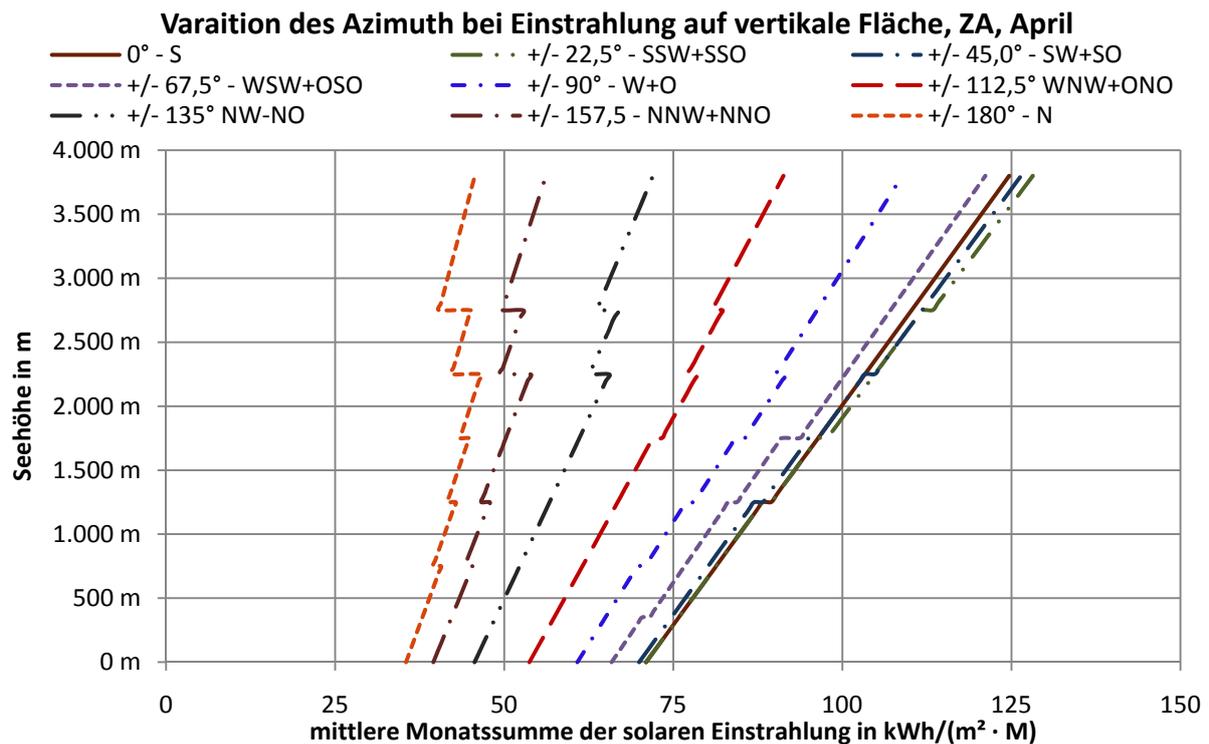
Die Datenbasis entspricht hier der Periode 1971 bis 2000

Die Faktoren  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  zur Berechnung der Globalstrahlung ändern sich nur für die Klimaregionen. In Anhang B Abbildung 55 bis Abbildung 61 sind die Verläufe der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung für jedes Monat und jede Klimaregion dargestellt. Die Funktionen weisen unterschiedlich starke konkave oder konvexe Verläufe auf, welche sich sowohl für die Klimazonen als auch die Monate ohne erkennbares Muster abwechseln. Der Monat mit den niedrigsten Strahlungswerten ist der Dezember, am höchsten sind die Werte je nach Seehöhe im Mai oder Juni.

Transpositionsfaktoren ermöglichen eine Umrechnung der Globalstrahlung von horizontalen Flächen auf geneigte Flächen in 15° Schritten (d. h.: 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°) und deren Ausrichtung in 22,5° Schritten gegenüber dem Azimut (+/- 22,5°, 45,0°, 67,5°, 90,0°, 112,5°, 135,0°, 157,5°, 180,0°). Diese Faktoren ändern sich auch mit der Seehöhe. So ergeben sich für die Strahlung auf beliebig geneigte Flächen mit einem Winkel größer 0° sieben Höhengschichten. In Abbildung 20 sind die Verläufe der mittleren monatlichen Einstrahlung auf die horizontalen und beliebig geneigten Flächen dargestellt. Die Wahl fiel auf diese Datenreihe, weil die Globalstrahlung für den April der Klimazone ZA abhängig von der Seehöhe beinahe linear verläuft, dadurch sind die Unstetigkeitsstellen in den anderen Fällen leichter zu erkennen und besser darstellbar. Die Strahlung auf die vertikale Fläche fällt am Geringsten aus, was für ein Übergangsmonat in Österreich zu erwarten ist. Das Maximum der Strahlung bei einem Winkel um 30° entspricht ebenfalls den Erwartungen. Die Sprünge in den Unstetigkeitsstellen fallen unterschiedlich stark aus und hängen wesentlich von den Transpositionsfaktoren ab.



**Abbildung 20:** Verlauf der mittleren monatlichen solaren Einstrahlung für alpine Zentrallagen (ZA) im Monat April gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 auf südlich orientierte Flächen mit 0° bis 90° Neigung zur Horizontalen (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 21:** Verlauf der mittleren monatlichen solaren Einstrahlung auf vertikale Flächen (90° zur Horizontalen) in alpiner Zentrallage (ZA) im Monat April für unterschiedliche Ausrichtung (Azimut; Süd bis Nord) (gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Variation des Azimut für vertikale Flächen gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 bestätigt die Erwartungen für ein Monat in der Übergangszeit. Die südlich orientierten Flächen werden am stärksten bestrahlt und die Intensität nimmt ab, je mehr die Flächen nach Norden ausgerichtet sind.

Die Normaußentemperaturen für 243 österreichische Ortschaften werden im Anhang C der ÖNORM B 8110-5:2007 angeführt. Eine vollständige Liste der Normaußentemperaturen für alle österreichischen Orte, Gemeinden oder Katastralgemeinden ist in der Ausgabe 2007-08-01 dieser Norm noch nicht enthalten; 2009 ist ein Beiblatt zu ÖNORM B 8110-5 (vgl. ÖNORM B 8110-5:2009 Beiblatt) veröffentlicht worden. Darin wird auf die frei zugängliche Datei „NAT.xls“ auf der Homepage des österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB. Online im Internet – URL: <http://www.oib.or.at/>) (vgl. (Pöhn, 2008b)) zur Berechnung der Normaußentemperaturen in ganz Österreich verwiesen. In dieser Excel-Datei sind die niedrigste und höchste Seehöhe, die zugehörige Klimaregion und die auf die niedrigste Seehöhe bezogene Normaußentemperatur von 7847 österreichischen Katastralgemeinden hinterlegt. Auf die Seehöhenverteilung und die Standorte wird hier noch in Kapitel 3.2.2 ausführlich eingegangen.

Die Berechnung der Normaußentemperatur an einem beliebigen Punkt einer Katastralgemeinde beruht auf einen lokalen Ausgangswert, gemessen am tiefsten Punkt jeder österreichischen Katastralgemeinde, und zwei höhenabhängigen Faktoren  $f_1$  und  $f_2$ . Deren Abhängigkeit von der Seehöhe ist in diesem Fall durch Funktionen gegeben und basiert nicht auf Tabellenwerten.

$$\theta_{ne} = \theta_{ne,h,\min} - 0,2 \cdot \frac{f_1}{100} - 0,5 \cdot \frac{f_2}{100} \quad (3.2.3)$$

mit:  $\theta_{ne}$  Normaußentemperatur an einer beliebigen Stelle der Katastralgemeinde, in °C  
 $\theta_{ne,h,\min}$  Normaußentemperatur an der niedrigsten Stelle  $h_{\min}$  der Katastralgemeinde, in °C (Werte in Tabellen hinterlegt)  
 $f_1, f_2$  höhenabhängige Faktoren

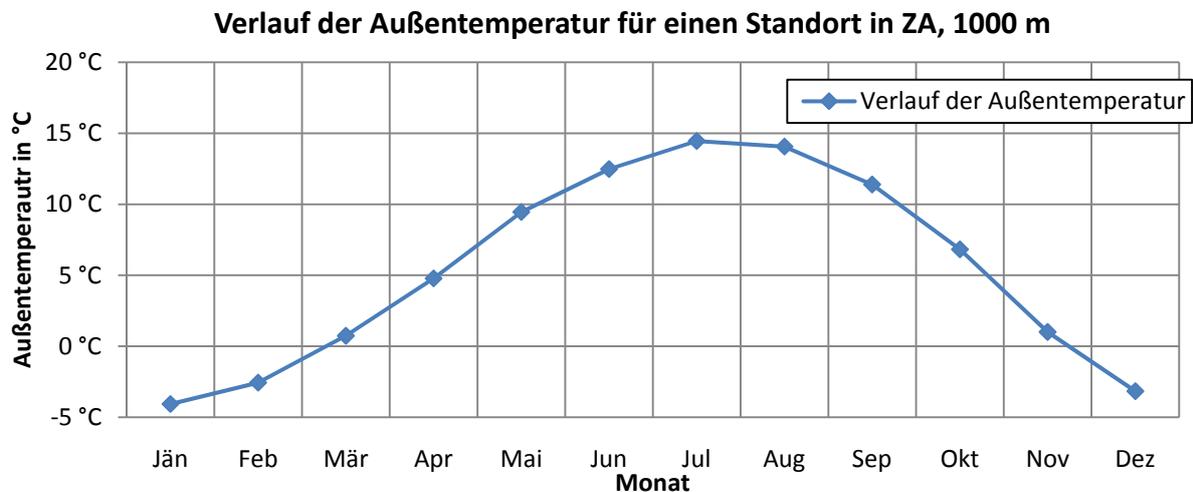
wobei: 
$$f_1 = \begin{cases} h - h_{min} & \text{für } h \leq 1500 \text{ m} \\ 1500 - h & \text{für } h > 1500 \text{ m} \end{cases} \quad (3.2.4)$$

und: 
$$f_2 = \begin{cases} 0 & \text{für } h \leq 1500 \text{ m} \\ h - 1500 & \text{für } h > 1500 \text{ m} \end{cases} \quad (3.2.5)$$

mit:  $h$  Seehöhe des zu berechnenden Standorts, in m  
 $h_{min}$  Minimale Seehöhe der Katastralgemeinde des zu berechnenden Standorts, in m (in Tabellen hinterlegt)

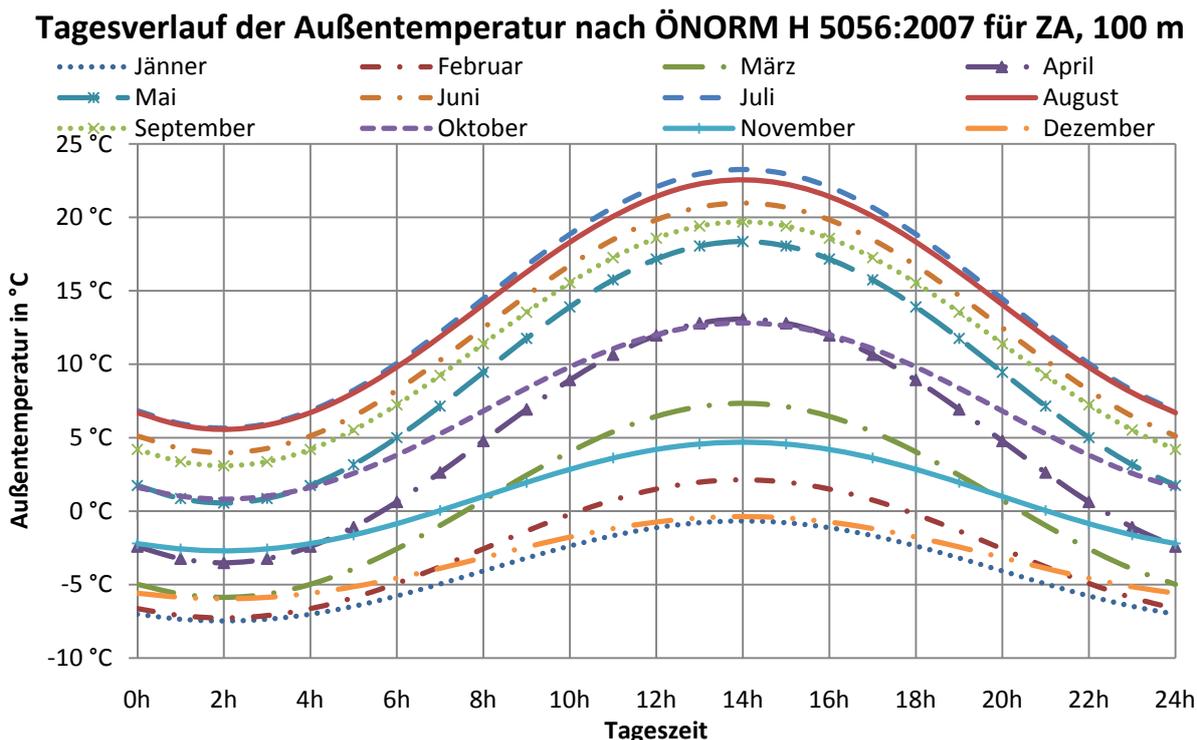
Da für jede Katastralgemeinde und nicht für die gesamte Klimaregion ein Startwert mit  $\theta_{ne,h,min}$  gegeben ist, können lokale Phänomene wie etwa Gewässer als Kältesenken oder Verschattung durch Geländere relief besser in das Modell einbezogen werden. Die Normaußentemperatur wird zur Berechnung der Heizlast des Gebäudes benötigt. Mit den gegebenen Informationen können für jeden Standort diese Temperatur und somit auch die thermisch höchste Nutzlast des Gebäudes (Heizlast) ermittelt werden. Diese Berechnung ist für die Dimensionierung des Heizsystems und vor allem der Wärmeerzeuger notwendig.

Stundenwerte können derzeit mit einem Vorschlag lt. ÖNORM H 5056:2007 VORNORM abgeschätzt werden. Dieses Modell soll die Auslegung von Wärmepumpen (Außenluft und Erdreich) ermöglichen, wird aber derzeit überarbeitet und in dieser Form in Zukunft voraussichtlich nicht mehr in der ÖNORM angewendet. Die mittlere Monats-Außentemperatur soll dem 15. Tag jedes Monats unterstellt werden. Diese Temperaturen werden mit Geraden verbunden. Die mittleren Tages-Außentemperaturen der übrigen Tage des Jahres können so durch Linearinterpolation berechnet werden (siehe Abbildung 22).



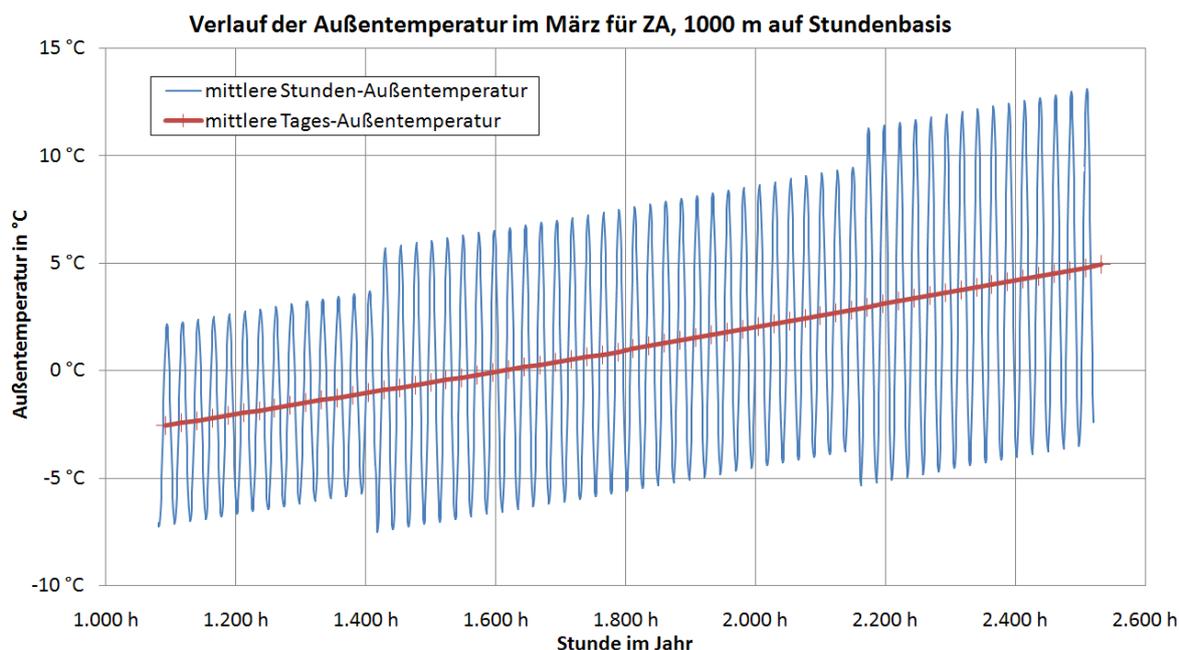
**Abbildung 22:** Verlauf der Außentemperatur mit Stützstellen der mittleren Monats-Außentemperatur am 15. Tag jedes Monats gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM (eigene Berechnungen und Darstellung)

Der Tagesverlauf ergibt sich aus einer Schwingungsgleichung mit einer Periode T von 24 Stunden und einer monatlich vorgegeben Amplitude A. Das Minimum soll um 02:00 morgens angenommen werden. In Abbildung 23 sind die Sinusschwingungen für den Tagesverlauf der Außentemperatur am 15. Tag jedes Monats dargestellt.



**Abbildung 23:** Tagesverlauf der Außentemperatur basierend auf einer Sinusschwingung gemäß ÖNORM H 5056:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)

Durch Überlagerung der Funktion aus Abbildung 22 mit der Sinusschwingung aus Abbildung 23 folgt eine Jahresganglinie der Außentemperatur auf Basis der Stundenwerte. Abbildung 24 zeigt einen Ausschnitt dieser Jahreslinie und der Grundfunktion der mittleren Tages-Außentemperatur (vgl. auch Abbildung 22). Der Übergang am 15. März ist in diesem Fall nicht so stark ausgeprägt, somit bleibt ein deutlicher Knick der Grundfunktion aus. Die Änderung der Amplitude am 1. März und 1. April ist hier sehr deutlich zu erkennen. Dieser Amplitudensprung ist in den Wintermonaten Jänner bis März und Oktober bis Dezember besonders stark ausgeprägt.



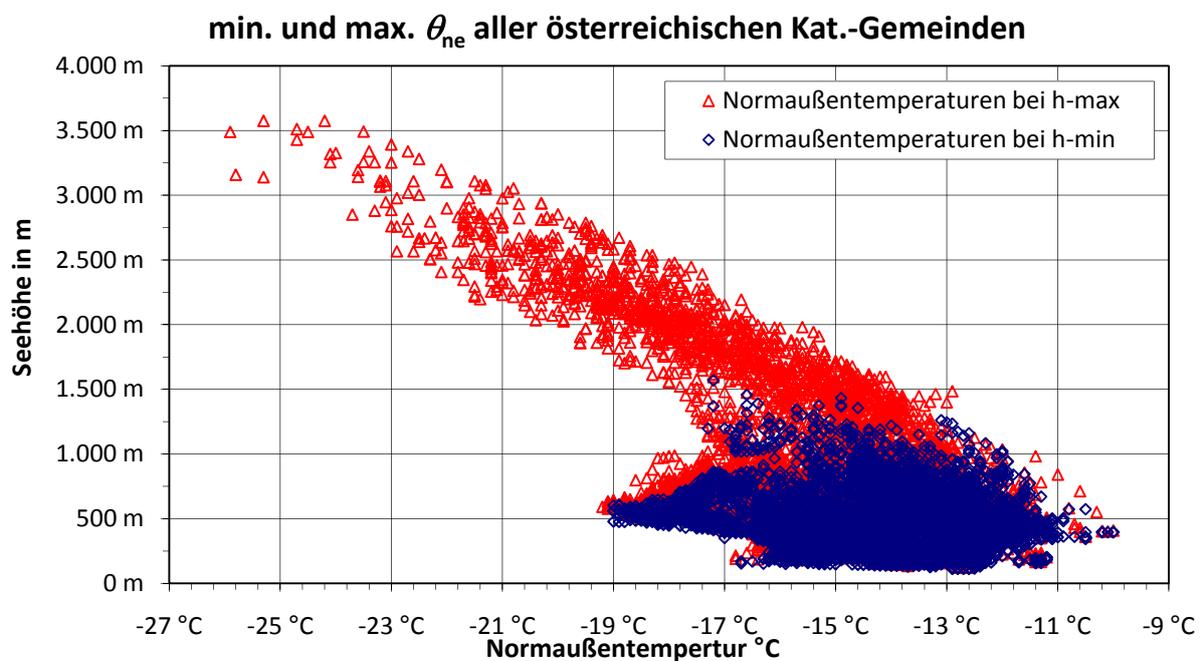
**Abbildung 24:** Ausschnitt der Jahresganglinie für die Außentemperatur auf Stundenbasis nach ÖNORM H 5056:2007, Zeitraum 15. Februar bis 16. April für Klimaregion ZA, 1000 m (eigene Berechnungen und Darstellung)

### Auswertung der Klimadaten

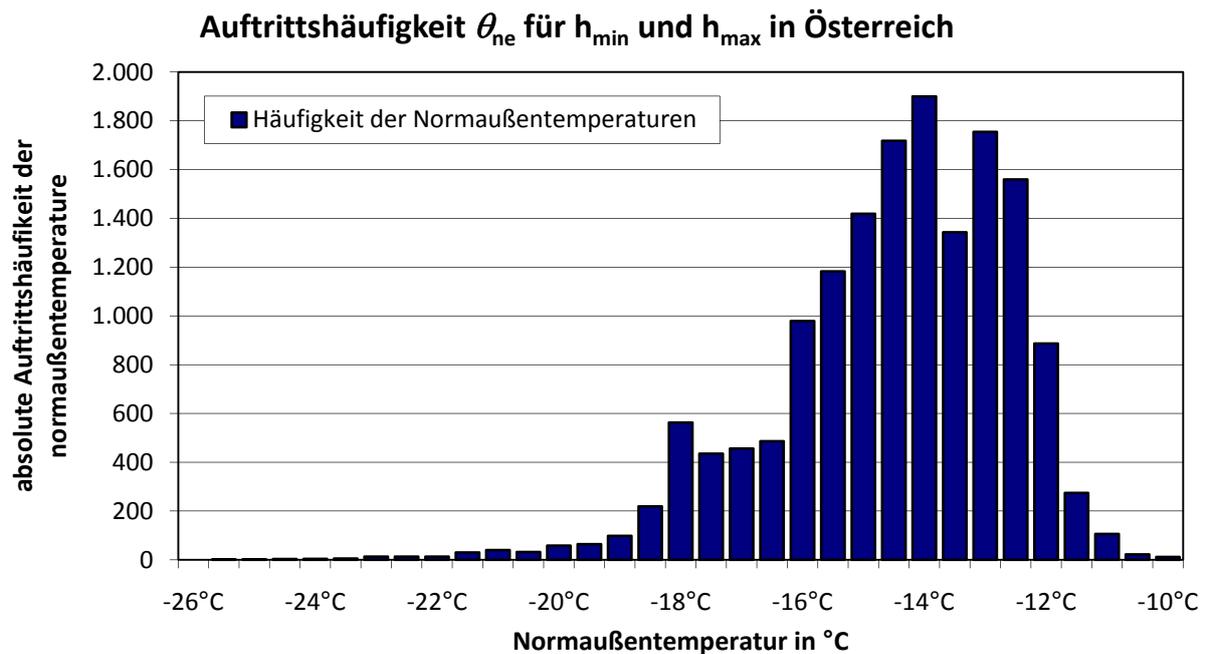
Im Zuge dieser Arbeit ist eine Excel-Datei „Klima.xls“ entwickelt worden. Nach Eingabe der Seehöhe und der Katastralgemeinde – somit eine Funktion der Klimazone – werden die mittlere Monatsaußentemperatur, die Normaußentemperatur und die mittleren Strahlungswerte gemäß ÖNORM B 8110-5 für jeden beliebigen Standort in Österreich berechnet. Dieses Tool ist mit den Methoden der ÖNORM H 5056 erweitert worden, um auch noch Tages- und Stundenmitteltemperaturen ermitteln zu können. So lässt sich neben der mittleren Monatsaußentemperatur auch ein mathematisch modellierter Verlauf der monatlichen Außentemperatur auf Tages- oder Stundenbasis darstellen.

Basierend auf den Gleichungen (3.2.1) bis (3.2.5) ist es möglich, für jede Rasterzelle des Modells bei gegebener Seehöhe und Klimazone bzw. Katastralgemeinde die mittleren Monatstemperaturen, die mittlere monatliche Strahlungssumme und die Normaußentemperatur zu berechnen. Für die ersten beiden Klimafaktoren soll dies auch durchgeführt werden. Die Normaußentemperatur wird zur Abschätzung der Heizlast und somit auch der Leistungsgröße des Wärmeerzeugers benötigt. Diese sind in bestimmten Leistungsgrößen erhältlich, deshalb wird in der Regel der Leistungsbedarf ermittelt und dann das nächst größere Standardgerät ausgewählt. Eine Berechnung der Normaußentemperatur an jedem Standort auf mehrere Kommastellen genau ist nicht notwendig. Stattdessen sind die möglichen Maxima und Minima der Normaußentemperaturen in Österreich und in der Steiermark betrachtet worden. Die Betrachtung der Auftretungshäufigkeit dieser Intervallgrenzen ermöglicht die Bildung von Nutzleistungsklassen und schließlich Anlagen-Leistungsklassen.

Die Normaußentemperaturen sind auf Basis der minimalen und maximalen Seehöhen der österreichischen Katastralgemeinden analysiert worden. Dieser Ansatz wird in Kapitel 3.2.2 an passender Stelle erklärt; hier soll nur angeführt werden, dass zur Betrachtung eines Intervalls gegebenenfalls eine Analyse der Intervallgrenzen ausreichend ist. Aus dieser Ausarbeitung folgt, dass die für die Gebäudeheizlasten relevanten Normaußentemperaturen in Österreich zw.  $-26\text{ °C}$  und  $-10\text{ °C}$  liegen (siehe Abbildung 25). Dabei wird unterstellt, dass der gesamte österreichische Gebäudebestand ausschließlich im Gebiet der aufgelisteten Katastralgemeinden nach Pöhn (Pöhn, 2008b) liegt. In Abbildung 26 sind die absoluten Auftretungshäufigkeiten der minimalen und maximalen Normaußentemperaturen in  $0,5\text{ K}$  Schritten in den 7847 österreichischen Katastralgemeinden dargestellt.



**Abbildung 25:** minimale (bei  $h_{max}$ ) und maximale (bei  $h_{min}$ ) Normaußentemperaturen der 7847 öster. Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellungen; Datenquelle (Pöhn, 2008b))



**Abbildung 26:** histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Normaußentemperaturen in 0,5 K Schritten an den minimalen und maximalen Höhen der österreichischen Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle (Pöhn, 2008b))

Da die Referenzgebäude dieser Arbeit speziell für steirische Gebiete erhoben und entwickelt worden sind, erscheint es sinnvoll, die klimatischen Gegebenheiten des Landes zu extrahieren und als Klimareferenz anzusetzen. Die Steiermark liegt in den drei Klimaregionen alpine Zentrallage, Südost – südlicher Teil und Südost – nördlicher Teil. Von den 1593 steirischen Katastralgemeinden liegen 1079 (68 %) in der Region S/SO, 450 (18 %) in der Region ZA und 64 (4 %) in der Region N/SO (vgl. Abbildung 27).



**Abbildung 27:** absolute und relative Häufigkeiten der Katastralgemeinden geordnet nach ihren Klimaregionen (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b))

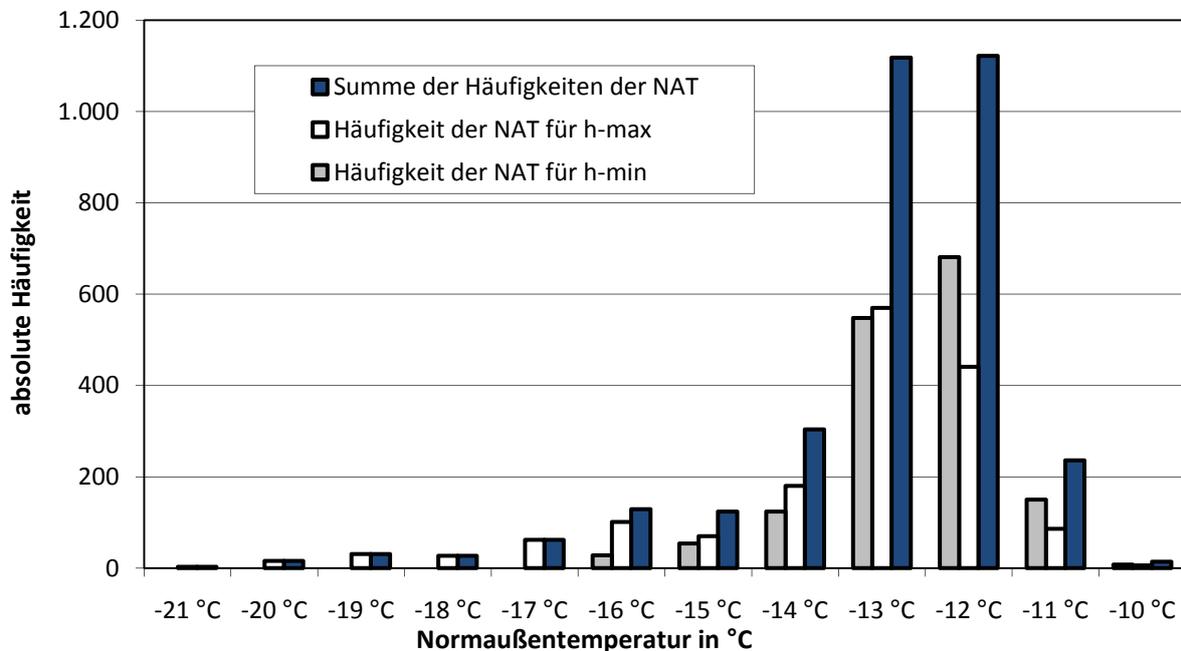
Die Ergebnisse der Betrachtung für die Normaußentemperaturen sind in Tabelle 7 und Abbildung 28 zusammengefasst. Aus dieser Analyse geht klar hervor, dass die Normaußentemperaturen in der Steiermark zwischen -21 °C und -11 °C (siehe Tabelle 7) liegen und somit einen kleineren Bereich abdecken als die oben erwähnten Temperaturen für Gesamtösterreich. Für die Auslegung erscheint es sinnvoll, die auftretenden Häufigkeiten welche unter 1 % liegen zu vernachlässigen. Dies betrifft große Seehöhen, die in der Regel nicht besiedelt sind. Somit wird die Bandbreite der Normaußen-

temperaturen auf die Ballungszentren fokussiert. Praktisch bedeutet dies einen Bereich zw. -17 °C und -11 °C (siehe Abbildung 28). Diese Analyse der Normaußentemperaturen ermöglicht in Kapitel 3.4.5 eine Heizlastabschätzung und die Entwicklung von Lastkategorien, welche zur Auswahl eines passenden Wärmeerzeugers notwendig ist.

**Tabelle 7:** Häufigkeit der auftretenden Extremwerte der Normaußentemperaturen für die steirischen Katastralgemeinden

$\theta_{ne}$	Auftrittshäufigkeit			
	$\theta_{ne}$ bei $h_{min}$	$\theta_{ne}$ bei $h_{max}$	Summe	in % von 3186
	absolut	absolut	absolut	relativ
-10 °C	8	6	14	0,44%
-11 °C	150	86	236	7,41%
-12 °C	681	441	1122	35,22%
-13 °C	548	570	1118	35,09%
-14 °C	124	180	304	9,54%
-15 °C	54	70	124	3,89%
-16 °C	28	101	129	4,05%
-17 °C	0	62	62	1,95%
-18 °C	0	27	27	0,85%
-19 °C	0	31	31	0,97%
-20 °C	0	16	16	0,50%
-21 °C	0	3	3	0,09%
Summe	1593	1593	3186	100,00%

**Extrema der Normaußentemperaturen für die Steiermark**



**Abbildung 28:** histografische Darstellung der Auftretshäufigkeit der Extremwerte (Maximum und Minimum) für die Normaußentemperaturen in den steirischen Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b))

### ***Grenzen des Klimamodells nach ÖNORM B 8110-5:2007***

Das Klimamodell der ÖNORM B 8110-5: 2007 ist als Grundlage für den Gebäudeenergieausweis entwickelt worden. Die Ergebnisse sollen vor allem einen Vergleich des Energiebedarfs von Gebäuden ermöglichen, um bei den Nutzern eine diesbezügliche Bewusstseinsbildung zu fördern. Dafür würde ein einziger Referenzklimadatensatz bereits ausreichen. Die Klimaregionen ermöglichen es zu verdeutlichen, dass der reale Energiebedarf der Gebäude aufgrund regionaler Phänomene durchaus anders ausgeprägt sein kann, als im Referenzklima angenommen. Dadurch wird ein Vergleich auf regionaler Ebene möglich. Im traditionellen Verständnis der Wertschätzung eines Gebäudes spielt die Lage eine zentrale Rolle. Der Energieausweis soll die Aufmerksamkeit stärker auf die thermische Qualität eines Objektes richten und muss daher einen objektiven Rahmen anbieten.

Bei Anwendungen, die über einen Vergleich hinaus gehen, ergeben sich gewisse Unschärfen und Unsicherheiten des Klimamodells. Die Auslegung von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen zur Raumkonditionierung und Warmwasserbereitung hängt wesentlich von lokalen Einflüssen ab, die mit einem vergleichenden, regionalen Klimamodell nicht erfasst werden können. Das Modell der Normaußentemperatur erfüllt am besten diese Anforderungen zur Anlagen-Dimensionierung, weil die regionale Auflösung mit einem Startwert für jede Katastralgemeinde am höchsten ist. Trotzdem kann nicht garantiert werden, dass lokale Kältesenken wie etwa stehende oder fließende Gewässer ausreichend in die Betrachtung einfließen. Abschattungsphänomene auf Grund des Geländereiefs finden gar keine Berücksichtigung. In der Alpenrepublik Österreich sind Schätzungen zufolge 20 % bis 25 % der Fläche von derartigen lokalen Beschattungsphänomenen betroffen (vgl. (Remund, 2009)). Verminderte passive Solargewinne der Gebäude können mit dem Klimamodell alleine nicht dargestellt werden. Auch die Außentemperaturen können auf Grund der verminderten Sonneneinstrahlung wesentlich unter denen der näheren Umgebung liegen. Ein Beispiel dafür sind Nordhänge in Gebirgsregionen, die wesentlich länger schneebedeckt sind. Eine Außenluftwärmepumpe würde an so einem Standort nur bedingt von Nutzen sein, während sie 500 m weiter entfernt wirtschaftlich arbeiten könnte. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass das Klimamodell nicht ausreicht, um die Nutzungspotenziale von Umgebungswärme an einem beliebigen Standort abzuschätzen.

Diese mangelnde Berücksichtigung lokaler Eigenheiten hat auf den Vergleich der thermischen Qualität der Gebäude keinen Einfluss, aber die Aussagen über den Nutzenergiebedarf, die Heizlast und die Potenziale der Umgebungswärme werden nicht nur vereinfacht, sondern teilweise verfälscht. In Folge dessen sind Fehlinterpretationen des Energiemodells zu erwarten. Als Planungshilfe regionaler Energie- und Infrastrukturpolitik sollten die Aussagen des Modells sehr klar und nachvollziehbar sein. Deshalb ist dringend zu empfehlen, lokale Gebiete, welche potenziell vom regionalen Klimamodell gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 abweichen könnten (siehe Bsp. Nordhänge oder Gewässer), deutlich zu kennzeichnen und weitere Handlungsempfehlungen für die Verbesserung der Daten vorzuschlagen. Für diese Fälle wäre es sinnvoll, eine Ergänzung des regionalen Klimamodells mit lokalen Messdaten oder weiteren Modellen (z. B. Faktoren zur Minderung der Temperaturen und Sonneneinstrahlung) vorzusehen.

### ***Stärken und Schwächen des Klimamodell gemäß ÖNORM B 8110:2007***

- + Einheitliche Anwendung bei der Erstellung der Energieausweise (in Programmen einfach implementierbar), womit ein Vergleich erst möglich wird.
- + Das Modell ist nicht in Rasterzellen, sondern Klimaregionen unterteilt, wodurch auf natürliche Wetterscheiden (z. B. Gebirgskämme) Rücksicht genommen wird.
- Das Tages- und Stundenmodell nach ÖNORM H 5056 ist noch in Entwicklung.
- Die Klimaregionen eignen sich für einen Vergleich, aber für lokale Anwendungen und eine endgültige Planung sind sie zu grob.

- Es besteht keine Möglichkeit, Abschattungsphänomene auf Grund des Geländereiefs darzustellen. Auch die dadurch verminderten Sonnenstunden und die verminderte Sonneneinstrahlung können nicht wiedergegeben werden.
- Lokale Kältesenken (stehende und fließende Gewässer) werden nicht berücksichtigt.
- Niederschlag, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeiten und Bodentemperaturen werden nicht berücksichtigt.

### **Vergleich unterschiedlicher Quellen zu Klimadaten**

Es sollen die mittlere Außentemperatur und Strahlung gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 und gemäß der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) (Online im Internet – URL: <http://www.velasolaris.com>) verglichen werden. Die Klimadaten im Programm Polysun basieren auf einem Java-plug-in von METEONORM (vgl. (Remund, et al., 2004)). Der Vergleich der Klimadaten der ÖNORM mit Polysun kann demnach auch als Vergleich mit den Daten von METEONORM gesehen werden.

Vorweg ist festzuhalten, dass eine Einbindung eines eigenen Klimamodells durch einen Datensatz, welcher auf Stundenbasis Werte der Globalstrahlung, der Diffusstrahlung, der Außenlufttemperatur, der (langwelligen) Wärmestrahlung, der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchte enthält, in Polysun mittels einer Datei im Format „.csv“ möglich ist. Das Klimamodell der ÖNORM B 8110-5:2007 basiert aber auf Monatsmittelwerten und bietet nur Ergebnisse für die Außenlufttemperatur und die Globalstrahlung. Deshalb ist es nicht möglich, die Werte des Klimamodells der österreichischen Norm in das Programm Polysun zu integrieren.

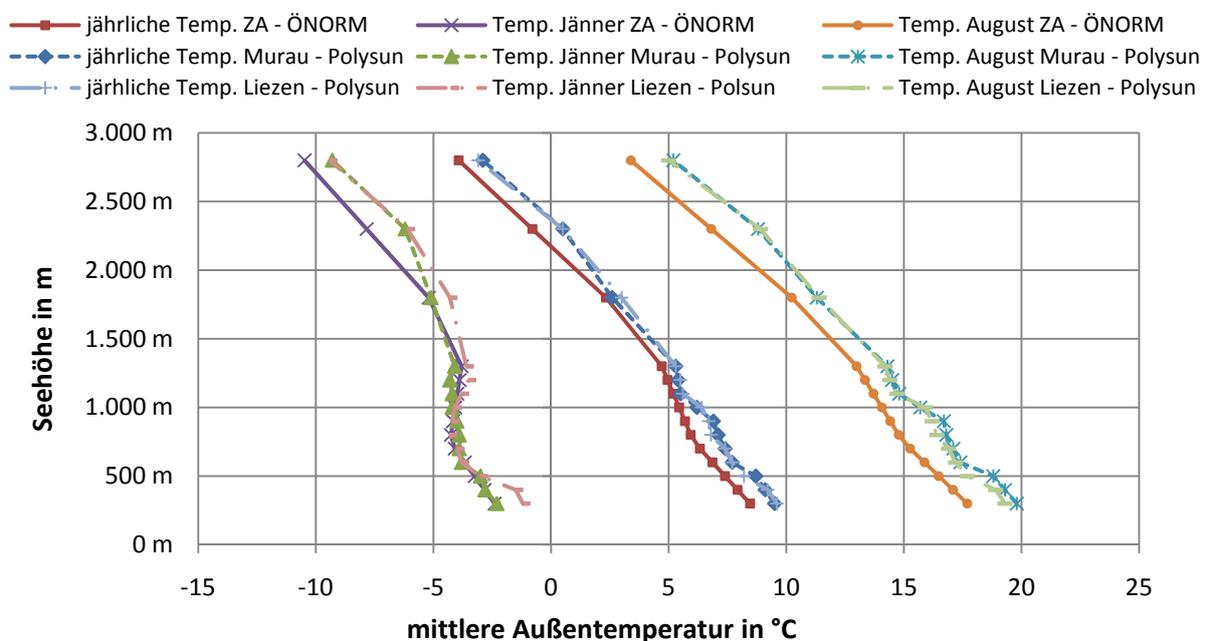
Im Zuge der Recherchen konnten die von METEONORM verwendeten Algorithmen nicht ermittelt werden. Da somit die Methoden nicht vergleichbar sind, sollen die Ergebnisse des Klimamodells gemäß Polysun/METEONORM und jenem gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 systematisch gegenübergestellt werden. Dazu werden die beiden meist vertretenen Klimaregionen der Steiermark betrachtet. Die Werte der mittleren Monatsaußentemperatur und der mittleren monatlichen Globalstrahlung der Klimaregionen alpine Zentrallage (ZA) und Südost - südlicher Teil (S/SO) sind in dieser Arbeit bereits ermittelt und in Anhang A und Anhang B grafisch dargestellt worden. In Kapitel 3.2.2 werden 14 Höhenklassen für die Steiermark definiert (siehe Tabelle 8). Diese Höhenklassen sollen als Vergleichsbasis zwischen den Klimadaten der ÖNORM und Polysun/METEONORM dienen.

In dem Programm Polysun sind zwei Standorte in den Zentralalpen und ein Standort in der Klimaregion S/SO definiert worden. Hierbei handelt es sich um Murau (Breitengrad 47,112°, Längengrad 14,173°), Liezen (Breitengrad 47,567°, Längengrad 14,173°) und Bad Radkersburg (Breitengrad 46,69°, Längengrad 15,989°). An jedem dieser Standorte sind die Seehöhen gemäß den 14 Höhenklassen variiert und die Simulationsergebnisse für die monatliche Luftaußentemperatur und die monatliche Globalstrahlung in eine externe Datei geschrieben worden. Diese Ergebnisse und die Vergleichswerte aus dem Klimamodell der ÖNORM B 8110-5:2007 sind in Anhang C in Tabellen und grafisch in Diagrammen aufbereitet hinterlegt.

Der Vergleich der Polysun-Wetterdaten für Murau und Liezen zeigt, dass für einzelne Höhen-schichten oder Monate Unterschiede zwischen diesen beiden Standorten auftreten. Bei 2.800 m liegt die Differenz zwischen 3 K und 4 K. Dies überrascht, denn das Klimamodell der ÖNORM B 8110-5:2007 unterstellt allen Klimaregionen ab einer Höhe von 1,500 m die gleichen Außentemperaturen für die gleiche Seehöhe. Abweichungen unter 2 K treten in den Wintermonaten vereinzelt unter Seehöhen von 500 m auf. Alle anderen Werte und auch die Jahressummen unterschieden sich höchstens um 0,5 K. Die Werte der mittleren monatlichen Globalstrahlung decken sich nicht ganz so gut. Absolut treten die größten Abweichungen in den Sommermonaten und relativ in den Wintermonaten auf. Der Vergleich der mittleren Monatsaußentemperaturen für Murau zwischen

Polysun/METEONORM zeigt, dass in den Monaten Jänner, Feber, September, Oktober, November und Dezember bis zu einer Seehöhe von 2.300 m ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den Modellen besteht, allerdings werden im Polysun/METEONORM-Modell die Temperaturen im März und April um ca. 1 K und im Sommer um ca. 2 K höher angesetzt. Mit Ausnahme des Septembers tendiert Polysun generell zu höheren Temperaturwerten (siehe Abbildung 29). Für die Temperaturunterschiede der Klimamodelle am Standort Liezen gilt grundsätzlich eine ähnliche Tendenz. Allerdings sind die Unterschiede im Sommer nicht ganz so stark ausgeprägt, dafür sind jene des restlichen Jahres etwas höher. In den unteren Höhenschichten fallen stärkere Abweichungen auf. Die mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Murau stimmt für beide Modelle recht gut überein. Für Seehöhen bis ca. 1.100 m gibt das Polysun/METEONORM-Modell höhere Werte vor. Im Mittel halten sie sich in etwa die Waage. Am Standort Liezen tendiert das ÖNORM-Modell bereits ab eine Seehöhe von 500 m zu höheren Ergebnissen. Die Unterschiede zwischen den Modellen sind hier nicht mehr so gut ausgeglichen.

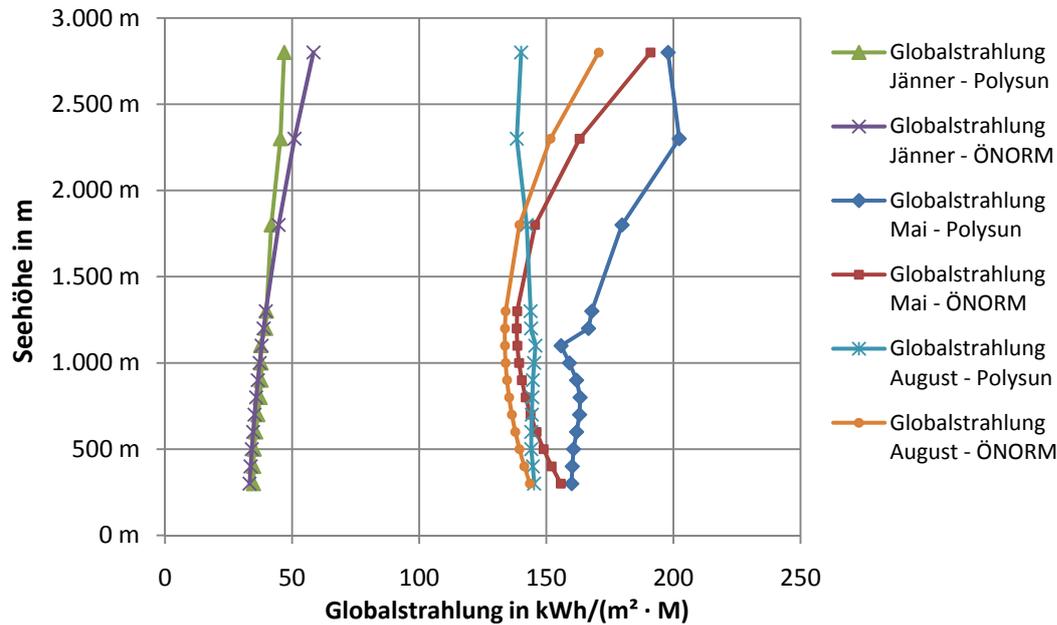
### repräsentativer Vergleich der Außentemperaturen: ZA - Murau - Liezen



**Abbildung 29:** repräsentativer Vergleich der jährlichen mittleren Außentemperaturen und der monatlichen mittleren Außentemperaturen zwischen ZA gemäß ÖNORM B 8110-5:2007, Murau und Liezen gemäß Polysun (eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Abweichungen zwischen den Klimadaten der Region S/SO von Polysun/METEONORM gegenüber der Norm weisen grundsätzlich die gleichen Tendenzen wie in der Klimargeion ZA auf. Am Standort Bad Radkersburg ist in fast allen Höhenschichten und Monaten die mittlere Monatsaußentemperatur des Polysun/METEONORM-Modells um mindestens 1 K höher als jene des Klimamodells gemäß ÖNORM B 8110-5:2007. Die Werte der Globalstrahlung fallen gemäß dem Polysun/METEONORM-Modell im Winter wieder etwas geringer, dafür im Sommer etwas höher als jene der ÖNORM B 8110-5:2007 aus (siehe Abbildung 30). Grundsätzlich stimmen die Strahlungswerte gut überein.

### repräsentativer Vergleich der monatlichen Globalstrahlung zw. Bad Radkersburg und S/SO



**Abbildung 30:** repräsentativer Vergleich der monatlichen Globalstrahlung zwischen der Klimaregion S/SO gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 und dem Standort Bad Radkersburg gemäß Polysun (eigene Berechnungen und Darstellung)

### 3.2.2 Standort

#### Parameter Analyse

Im Zuge des Modell ReCO2NWK soll der thermische Energiebedarf des Gebäude- und Gebäudetechnikbestands in Rasterzellen von 250 m × 250 m in einem Geoinformationssystem dargestellt werden. Diese stellen als kleinste Einheit des Rasternetzes den jeweiligen Standort dar. Den Zellen müssen unterschiedliche Randbedingungen zugeordnet werden, um den Nutz- und Endenergiebedarf berechnen zu können. Die dafür notwendigen Klimadaten sind in Abschnitt 3.2.1 ausführlich behandelt worden. Für die Anwendung des Klimamodells nach ÖNORM B 8110-5:2007 sind zwei standortbezogene Parameter notwendig:

- Klimaregion
- Seehöhe

Die Seehöhen der Rasterzellen werden in das Geoinformationssystem (GIS) mittels Geländehöhenkarten (räumlich Auflösung 1:10.000) implementiert. Die Klimaregionen können durch einer Zuordnung der Katastralgemeinden (z. B. gemäß (Pöhn, 2008b)) in das System implementiert werden. Da die Katastralgemeinden Grundbestandteil der österreichischen Kartografie und der Geländevermessung sind, ist anzunehmen, dass diese Informationen Fachkreisen in aufbereiteter Form zugänglich sind. Die Verteilung der steirischen Katastralgemeinden auf die Klimaregionen ist in Abbildung 27 abgebildet.

Da als kleinste Einheit des Modells die Rasterzellen angestrebt werden, müssen diese mit Informationen zu den Gebäuden, zur Nutzung und somit zur Besiedelung ergänzt werden, um das Bedarfsmodell darstellen zu können. Derzeit ist zu erwarten, dass folgende Daten über die Gebäude im GIS zur Verfügung gestellt werden können.

- Anzahl
- Flächen
- Nutzung
- Einwohner und
- Baualter

Detaillinformationen zum Aufbau der Gebäude (Wandaufbauten, Fenster, Flächenverhältnisse, Beschattungsvorrichtungen, etc.) sind nur in Sonderfällen belegt. Eine großflächige Erhebung dieser Daten ist kaum umsetzbar, und deren Einbindung in das Modell wäre mit nicht mehr handhabbaren Datenmengen verbunden. Deshalb müssen, passend zum Baualter und zur Region, typische Defaultwerte aus der Literatur angesetzt werden. Die Genauigkeit einer solchen Modellierung hängt sehr stark vom Detaillierungsgrad der Zeitskala und den Recherchen zu den regionalen Bauformen ab. Für gänzlich fehlende Werte zu den Gebäuden sind für dieses Projekt Referenzgebäude auf Basis statistischer Daten der Projektpartner entwickelt worden. Zur Gänze fehlende Daten zur Orientierung (Azimut) der Gebäude führen dazu, dass die passive Wirkung der Sonneneinstrahlung derzeit nur abgeschätzt werden kann. Die Nutzung der Gebäude definiert neben dem Heizwärme- und Kühlbedarf vor allem den Warmwasserwärmebedarf. Auf Nutzungsprofile und Referenzgebäude wird in Kapitel 3.3 detailliert eingegangen. Die Einwohnerzahl würde Rückschlüsse auf den Energiebedarf der Wohngebäude pro Zelle zulassen. Im Gebäudesektor ist allerdings die Darstellung der Nutzungskennzahlen mit flächenspezifischen Kennwerten üblich, deshalb sind die Einwohnerzahlen auf der aktuellen Entwicklungsstufe des thermischen Energiemodells in dieser Arbeit noch nicht notwendig. Zudem können mit den Kennzahlen auch Nichtwohngebäude berücksichtigt werden. Die Einwohnerzahlen hätten auf diesen Sektor keinerlei Einfluss. Die Entwicklung des Potenzialmodells brachte die Erkenntnis, dass dringend mehr Informationen über die Dachflächen bezüglich der aktiven Nutzung der Sonneneinstrahlung mit solarthermischen Anlagen notwendig sind. Es mangelt derzeit an quantitativen Informationen über die Größe der Dachflächen und an qualitativen Informationen über deren Orientierung (Azimut) und Neigung. Für die Nutzung der Umgebungswärme mittels erdreichgebundener Wärmepumpen im Siedlungsgebiet können die Potenziale mittels einer Analyse der bebauten Flächen und der Verkehrsflächen für die Rasterzellen bestimmt werden. Allerdings fehlt derzeit eine Zuordnung der nutzbaren Freiflächen zu den Gebäuden (Eigentumsverhältnisse).

Um die Potenziale der Nutzung lokaler Energieressourcen und -strukturen aufzuzeigen, sind noch weitere Standortdaten notwendig.

- Bodenaufbau und -temperatur (Berechnung erdreichgebundener Wärmepumpen)
- Verschattung durch lokale, geomorphologische Strukturen (bisher nicht implementiert, weil Daten im GIS fehlen) (Einschränkung der aktiven und passiven Solarpotenziale)
- Hydrologische Daten: Gewässerbestand und -temperatur (Berechnung Grundwasser und Gewässer Wärmepumpen), Informationen zu geothermalen Tiefenquellen
- Abwärmekataster
- Fernwärmenetze
- Wald und Biomasse Bestände

Zur Auslegung und Potenzialabschätzung erdreichgebundener Wärmepumpen sind Informationen zu den lokalen Bodentypen und -aufbauten notwendig. Die Bodentemperatur hängt je nach Tiefe unterschiedlich stark von der Außentemperatur und der Sonneneinstrahlung oder der Wärmeleitung im Erdreich ab. Geologische Daten und Karten liegen in unterschiedlicher Genauigkeit für ganz Österreich vor. Diese Daten ermöglichen Aussagen darüber, in welcher geologischen Zone (z. B. Gneis, Kalk, Schiefer, etc.) sich der Standort befindet. Allerdings sind derzeit noch keine flächendeckenden Informationen zu den oberflächennahen Bodenaufbauten und -eigenschaften vorhanden. In

aktuellen Projekten (z. B. GeoPot) werden diese Informationen erst erarbeitet. Für zukünftige Versionen des Modells ReCO2NWK empfiehlt sich eine Einbindung der Daten aus solchen Projekten vorzusehen. Nach aktuellem Stand der Technik werden zur Auslegung erdreichgekoppelter Wärmepumpen Berechnungsanhalte mit standardisierten Bodentypen und deren mögliche thermischen Entzugsleistungen verwendet (vgl. (VDI 4640 Blatt 2, 2001) sowie (VDI 4640 Blatt 4, 2004)).

Der Einfluss der Geländestruktur auf lokale Verschattungsphänomene und die Sonneneinstrahlung ist bereits in Kapitel 3.2.1 ausführlich beschrieben worden. An dieser Stelle ist erneut eine möglichst exakte Berechnung der Sonneneinstrahlung zu fordern, um die passiven und aktiven Potenziale der Solarstrahlung möglichst realistisch darstellen zu können.

Hydrologische Daten sind für Österreich gut aufbereitet und als Karten oder Datensätze zugänglich. Dabei werden Niederschlagsmengen und Oberflächengewässer beschrieben. Problematisch ist die Datenlage und Betrachtung des Grundwassers. Ähnlich wie bei den Bodenparametern, sind zwar allgemeine Informationen vorhanden, aber genaue Aussagen über die Tiefe der wasserführenden Schichten, die saisonalen oder monatlichen Durchflussmengen und die Temperaturen des Grundwassers fehlen. Sollte das Grundwasser in einer zu modellierenden Region als Wärmequelle für Wärmepumpen in Betracht gezogen werden, ist zu empfehlen, lokale Messungen und Datenerhebungen vorzunehmen, und eine Schnittstelle im GIS dafür vorzusehen, um das System mit diesen Informationen ergänzen zu können. In Bezug auf das steirische Vulkanland gilt dies auch für die geothermale Quellen. Diese stellen aber einen Sonderfall dar und deren wirtschaftliche Nutzung als Wärmequelle hängt von vielen Faktoren ab. Die Einbindung derartiger geothermischer Potenziale in das Modell wird deshalb noch mit einer niederen Priorität bewertet und entfällt in dieser Arbeit zur Gänze.

Der Nutzung gewerblicher und industrieller Abwärme kommt in den aktuellen Überlegungen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung eine immer größer werdende Bedeutung zu. Die steigenden bzw. hoch bleibenden Rohstoffpreise machen den Verkauf von Abfall-Wärme für energieintensive Betriebe als zusätzliche Einnahmequelle immer attraktiver. Aus energie- und umwelttechnischer Sicht ist diese Entwicklung zu begrüßen, und sowohl politisch als auch finanziell zu fördern. Eine flächendeckende Dokumentation der Abwärmepotenziale ist aber derzeit gar nicht oder nur in veralteter Form vorhanden. Für die Steiermark existiert ein 20 Jahre alter Abwärmekataster, der kaum mehr aussagekräftig genug ist, um eine seriöse Planung zu ermöglichen. 2010 wird dieser Abwärmekataster überarbeitet und soll gegen Ende des Jahres fertig gestellt werden (vgl. <http://www.energie.steiermark.at/cms/beitrag/11237348/50803532>). Die Erstellung und Aktualisierung von Abwärmekatastern wird derzeit auch in anderen Bundesländern vorangetrieben (Bsp. Tiroler Abwärmekataster – vgl. Tiroler Energiebericht 2009). Da die notwendigen Daten noch nicht vorliegen, wird eine Nutzung der Abwärme in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Derzeit liegen noch keine flächendeckenden Daten zu Fernwärmenetzen vor. Für das GIS ist vorgesehen, erhobene Werte regionaler Projektpartner in das System zu integrieren. In dieser Arbeit werden Wärmenetze nicht weiter berücksichtigt, weil die technische Umsetzung eines Nah- bzw. Fernwärmesystems eine eigenständige Planungsarbeit darstellt. Eine größere Problematik stellt der wirtschaftliche Betrieb von Wärmenetzen dar. Dieser hängt von der verkauften Wärmemenge ab, welche derzeit auf Grund der thermischen Sanierungsmaßnahmen im Gebäudesektor im Sinken begriffen ist. Die sich ändernden Wärmebedarfsanforderungen ergeben sich aus der Berechnung des Endenergiebedarfs der Gebäude und Nutzer sowie den Sanierungsszenarien bzw. der demografischen Entwicklung. Das Bedarfsmodell dieser Arbeit und die Zuordnung der Ergebnisse an die Rasterzellen ermöglichen auch eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Die Einbindung eines Algorithmus` zur Bewertung der Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen wird derzeit noch mit einer niederen Priorität eingestuft und ist deshalb in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet worden.

Statistische Daten zur Wald- und Biomassebewirtschaftung liegen in Österreich zur Genüge vor. Die Entwicklung eigener Biomassekataster in Geoinformationssystemen schreitet ebenfalls beständig

voran. Die Implementierung des derzeitigen Forstbestandes in das GIS ist demnach relativ einfach umsetzbar. Potenziale und Kosten der Biomassegewinnung hängen von unterschiedlichen Faktoren ab (z. B. Hangneigung), die für diese Betrachtungen berücksichtigt werden müssen. Ein wesentliches Problem stellt die Einbindung der Bewirtschaftungspläne dar. Die Vorhersage von Forstschäden (Borkenkäfer, Windwurf, Muren, Lawinen, etc.) ist nur mit statistischen Methoden oder sehr kurzfristig möglich. Deshalb kann nur der aktuelle Forstbestand als Potenzial betrachtet werden. Diese Problematik wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

### ***Auswertung der Seehöhen***

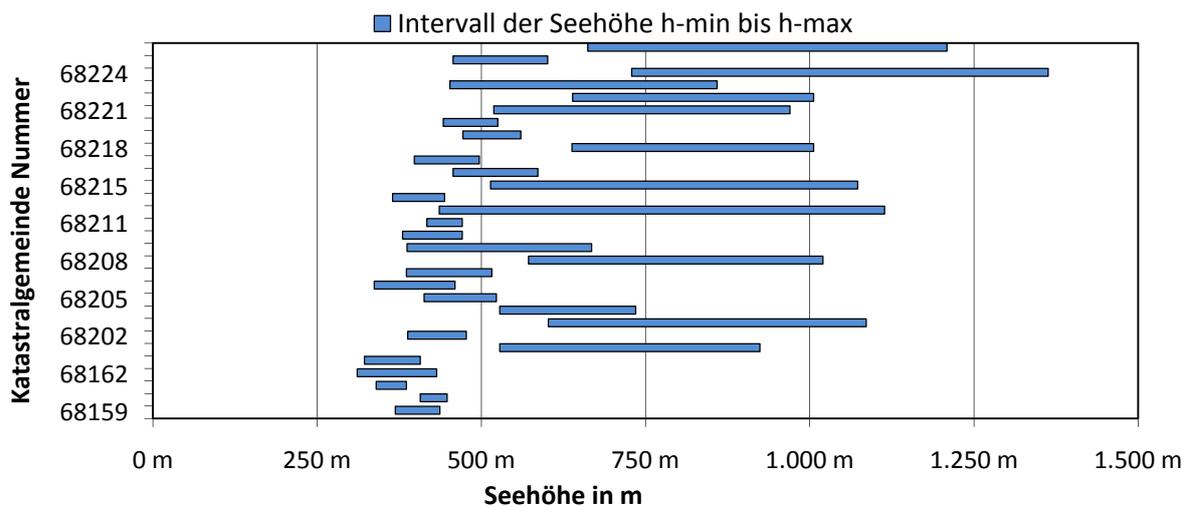
Da entschieden worden ist, das Klimamodell gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 zu verwenden, hängen in weiterer Folge alle Energiebedarfswerte und auch die Lasten von der Seehöhe ab. Die Heizlast ergibt sich bei Normaußentemperatur, welche neben der Seehöhe des Standortes von den lokalen Werten der Normaußentemperatur am tiefsten Punkt jeder Katastralgemeinde abhängt. Da sich aus diesen 7847 Anfangswerten die gleiche Anzahl an unterschiedlichen Verläufen der Normaußentemperatur über die Seehöhe ergeben, ist eine vereinfachende Analyse der Seehöhen für die Normaußentemperaturen nicht aussagekräftig. Deshalb sind die Maxima und Minima der Normaußentemperaturen bereits in Kapitel 3.2.1 gesondert betrachtet worden. Die mittleren Monatsaußentemperaturen folgen aus dem linearen Dreischichten-Regressionsmodell und den Regressionskoeffizienten der sieben Klimaregionen. Die lokale Auflösung und die Anzahl der Koeffizienten sind somit wesentlich geringer als im Modell der Normaußentemperatur. Die wenigen Regressionskoeffizienten zur Berechnung der mittleren Außentemperatur führen somit zu einer regelmäßigen Abhängigkeit von der Seehöhe. Unterschiede in den Verläufen der mittleren Monatsaußentemperaturen desselben Monats ergeben sich nur mehr durch die sieben Klimaregionen. Nach der Implementierung in das Geoinformationssystem ist es möglich, die Klimadaten und somit auch den Wärme- und Kältebedarf sowie die Heizlast der Gebäude für jeden beliebigen Standort in Österreich zu berechnen. Diese Daten sind aber bereits für diese Arbeit notwendig, um passende gebäudetechnische Anlagen und Systeme zur Raumkonditionierung und Warmwasserbereitung dimensionieren zu können.

Eine Analyse der besiedelten Seehöhen ermöglicht es, Höhenintervalle, die dicht bewohnt sind, zu erkennen und Höhenklassen zu bilden. Diese Systematik ähnelt den Rasterzellen des Modells, allerdings wird statt der horizontalen Maschennetze eine vertikale Höhenskala eingeführt. In weiterer Folge ergeben sich daraus Energieverbrauchsklassen oder, im Fall der getrennt betrachteten Normaußentemperatur, Nutzleistungsklassen der Gebäude. Die Informationen zur Siedlungsstruktur liegen im Rahmen des Projektes ReCO2NWK nur in georeferenzierten ArcGis-Datenformaten vor. Eine statistische Auswertung ist deshalb mit Standardprogrammen nicht möglich gewesen. Deshalb sind die Höhenintervalle der Katastralgemeinden für diese Betrachtung herangezogen worden. Dabei wird dem gesamten Gebäudebestand unterstellt, dass er auf dem Gebiet der Katastralgemeinden liegt. Die minimalen und maximalen Höhen und somit die Intervallgrenzen von 7847 Katastralgemeinden konnten aus der aktuellen Berechnung der Normaußentemperatur gemäß ÖNORM übernommen werden (vgl. (Pöhn, 2008b)). Die Auswertung dieser Intervalle dient der Findung plausibler Höhenklassen. Dazu ist es nicht unbedingt notwendig, die gesamten Intervalle in einer Auflösung von z. B. einen Meter zu betrachten.

### ***Höhenanalyse mittels der Intervallgrenzen (Maxima und Minima)***

Ein geschlossenes Intervall wird durch seine Grenzen, dem Minimum und Maximum, mathematisch beschrieben. Dem Techniker ist es nicht fremd, derartige Extremwerte zur Dimensionierung von Systemen zu verwenden. Der Bereich zwischen den Intervallgrenzen wird dabei gar nicht oder nur für bestimmte Teillastzustände berücksichtigt. Dieser Ansatz zur Analyse der Höhenverteilung der steirischen Siedlungsstruktur soll hier an einem Beispiel mit 30 beliebigen Katastralgemeinden der Region S/SO erklärt werden. In Abbildung 31 sind die Höhenintervalle der repräsentativen Katastralgemeinden dargestellt.

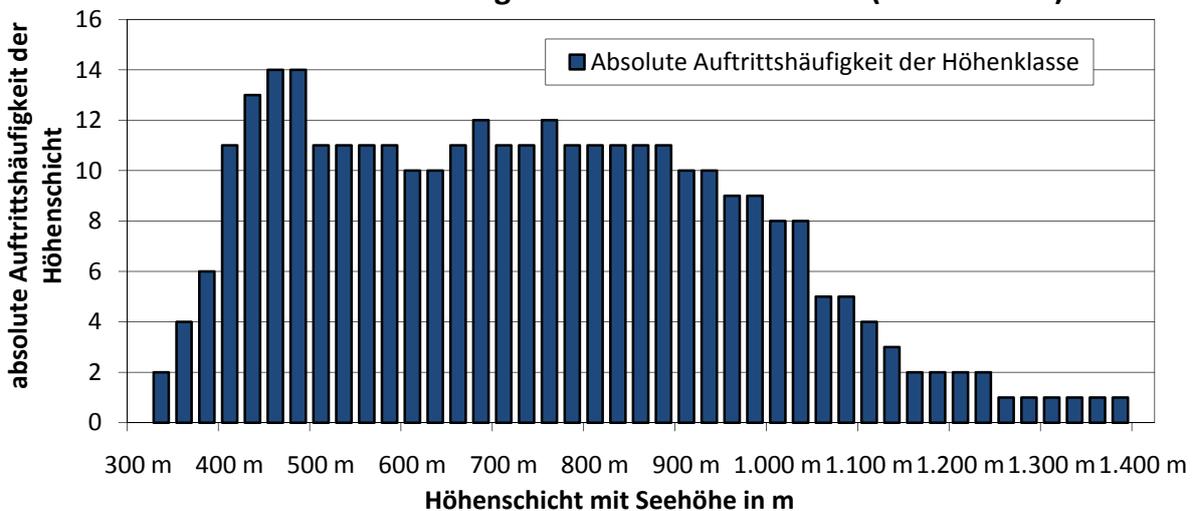
### Höhenintervalle von 30 repräsentativen steirischen Katastralgemeinden in S/SO



**Abbildung 31:** repräsentative Höhenintervalle von 30 steirischen Katastralgemeinden der Region S/SO (eigene Darstellung, Datenquelle: (Pöhn, 2008b))

Werden die Intervalle in einzelne Höhenstufen (z. B. ein Meter) unterteilt, ergeben sich für die Betrachtung aller 30 Standorte für jede Höhengschicht unterschiedliche Auftrittshäufigkeiten. Um die Grafiken und die Erklärung möglichst übersichtlich zu gestalten, sind in Abbildung 32 diese absoluten Häufigkeiten für Stufen mit 25 m dargestellt.

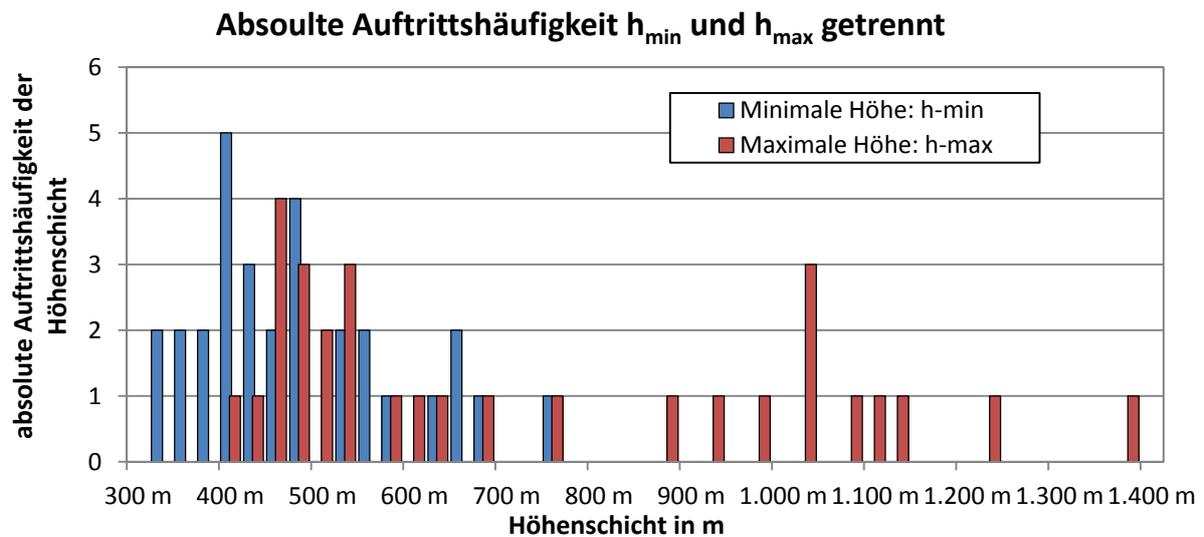
### Absolute Auftrittshäufigkeit der Höhengschichten (25 m Stufen)



**Abbildung 32:** histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Höhengschichten (25 m Stufen) in den 30 repräsentativen, steirischen Katastralgemeinden der Region S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung)

Durch diese Umformung sind die Minima und Maxima nicht mehr erkennbar, auch die Intervalle können nicht mehr voneinander unterschieden werden. Für die Entwicklung von Höhenklassen der besiedelten Gebiete steigert sich aber die Aussagekraft, weil größere Häufigkeiten in einem Bereich die Bildung einer eigenen Höhenklasse rechtfertigen. Für dieses Beispiel zeigt sich, dass in dem Bereich zwischen 400 m und 1.050 m die meisten Häufigkeiten und Standorte liegen. Hier würde eine möglichst feine Unterteilung die Aussagekraft des Gesamtmodells erhöhen. Die Bereiche von 1.075 m bis 1.150 m, von 1.175 m bis 1.250 m und von 1.275 m bis 1.375 m könnten dagegen in je einer Höhenklasse zusammengefasst werden. Für ganz Österreich müssten auf diese Weise 7847 Katastralgemeinden in einem Bereich zw. 114 m und 3.575 m analysiert werden. Die Datenmenge

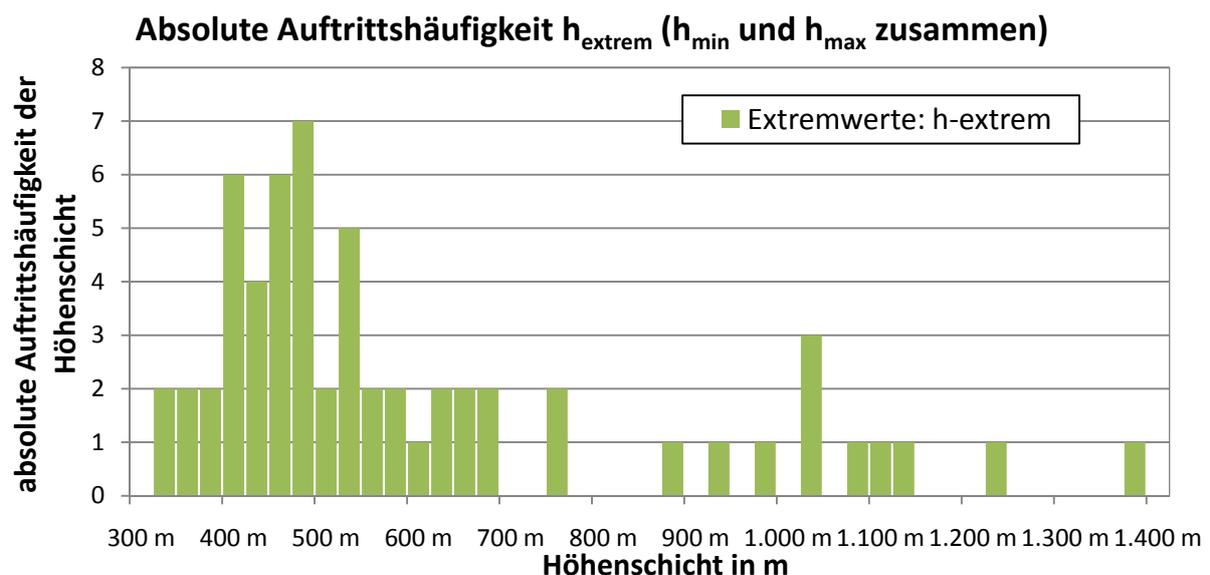
und der Berechnungsaufwand kann erheblich vermindert werden, wenn, wie in Abbildung 33, nur die Intervallgrenzen betrachtet werden und nicht jede Höhengschicht des gesamten Intervallbereichs.



**Abbildung 33:** histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Minima und Maxima (Intervallgrenzen) der 30 repräsentativen steirischen Katastralgemeinden (eigene Darstellung)

Die einzelnen Intervalle können in dieser Darstellung zwar nicht mehr unterschieden werden, aber da die Intervallbereiche zwischen den Maxima und Minima liegen müssen, lassen sich durchaus Aussagen treffen, welche Höhengschichten am häufigsten besiedelt sind. In diesem Fall liegt der Schluss nahe, dass zw. 400 m und 1.050 m die meisten Siedlungsgebiete liegen müssen. Dieser Bereich deckt sich mit dem aus Abbildung 32 angenommenen Intervall. Trotz der erheblichen Reduktion an Eingangsdaten scheint es demnach möglich, die gleichen Aussagen treffen zu können.

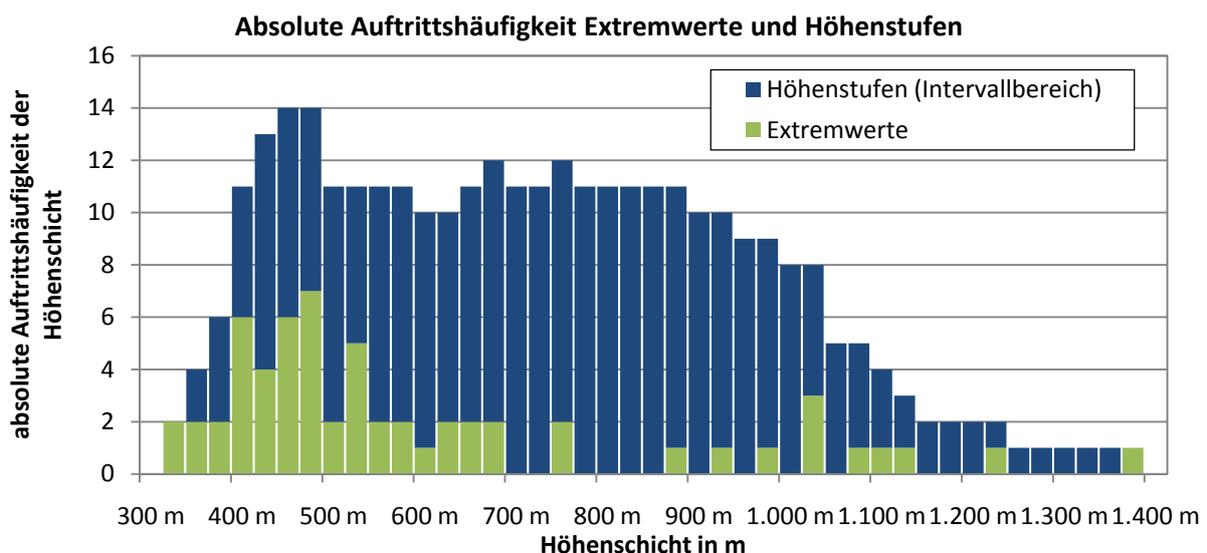
Dieser Ansatz kann noch weiter vereinfacht werden, wenn nicht mehr zwischen Maxima und Minima unterschieden wird, und diese nur mehr als Extremwerte aufscheinen (siehe Abbildung 34). Die Informationen, welche Grenzen zum gleichen Intervall gehören sind bereits mit der Darstellung der Höhenstufen (Abbildung 32) verloren gegangen, aber die Aussagekraft zur Entwicklung der Höhenklassen konnte dadurch gesteigert werden.



**Abbildung 34:** histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Extremwerte der Höhenintervalle in den 30 repräsentativen Katastralgemeinden, ohne zw. Minima und Maxima zu unterscheiden. (eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Analyse der Abbildung 34 weist wiederholt den Bereich zwischen 400 m bis 1.050 m Seehöhe als den am häufigsten besiedelten aus. Sowohl in Abbildung 33 als auch in Abbildung 34 tritt die Bedeutung der Höhengschichten zwischen 700 m und 1.000 m nicht mehr so deutlich hervor, wie noch in den Darstellungen der Abbildung 31 und Abbildung 32. Das heißt, dass mit dieser Methode vor allem die absoluten Minima (bis 400 m) und Maxima (> 1.050 m) der Intervalle deutlich hervorgehoben werden. Eine Interpretation der Bereiche zwischen den Intervallgrenzen ist dennoch möglich. Wir wissen, dass die äußeren Bereiche im Diagramm 325 m und 1.375 m alle Intervalle eingrenzen. Zwischen 1.250 m und 1.375 m sind zwar keine Daten eingetragen, aber es muss zw. diesen Punkten besiedelte Höhengschichten geben, auch wenn 1.250 m und 1.375 m in Wirklichkeit nicht die Grenzen desselben Intervalls sind. Das Gleiche gilt dann auch für jedes andere Intervall. Jede eingetragene Häufigkeit erhöht oder mindert somit die Anzahl der in dieser Höhenstufe liegenden Intervalle. Die realen Höhengschichten zwischen den Intervallgrenzen werden zwar nicht dargestellt, aber es ist bekannt, dass sie dort liegen müssen.

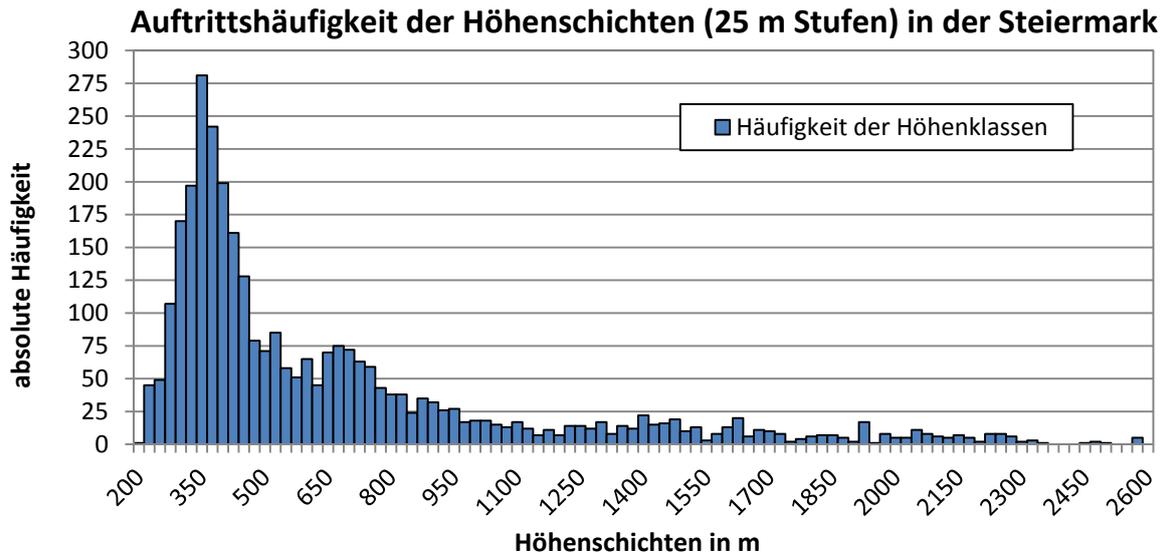
In Abbildung 35 sind erneut die absoluten Häufigkeiten der Höhengschichten in 25-m-Stufen aus Abbildung 31 dargestellt, aber das Diagramm wurde mit den Auftrittshäufigkeiten der Extremwerte aus Abbildung 34 ergänzt. Es geht deutlich hervor, dass, so lange die tatsächlichen Höhengschichten in den Intervallbereiche bedacht werden, aus der Darstellung der Extremwerte (Abbildung 34) durchaus wichtige Informationen zur Auftrittshäufigkeit der Siedlungen in den Höhenklassen getroffen werden können. Je mehr unterschiedliche Höhenintervalle betrachtet werden, umso stärker verteilen sich die Ergebnisse, vor allem in den mittleren Bereichen der Seehöhen.



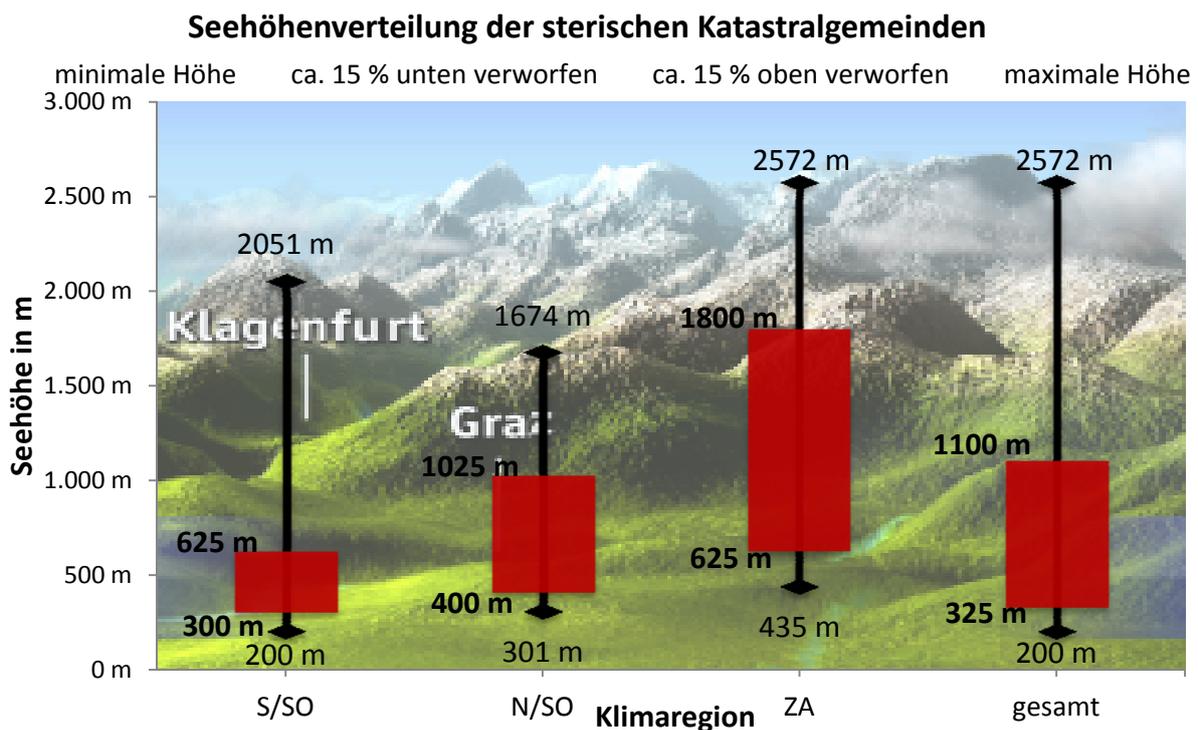
**Abbildung 35:** histografische Darstellung der der absoluten Auftrittshäufigkeit der Höhengschichten in den repräsentativen Katastralgemeinden mit Kennzeichnung der Extremwerte (Intervallgrenzen) (eigene Berechnungen und Darstellung)

### **Entwicklung der Höhenklassen für die Steiermark**

Der auf den Intervallgrenzen basierende Ansatz der Höhenanalyse ist für die gesamte Steiermark umgesetzt worden. In Abbildung 36 sind die absoluten Häufigkeiten der Extremwerte der Höhenintervalle in den 1593 steirischen Katastralgemeinden dargestellt. Die Höhengschichten zwischen 300 m und 1.000 m erweisen sich als am häufigsten besiedelt. Zwischen 1.000 m und 1.500 m geht die Häufigkeit der Extremwerte zurück, aber aus der Analyse der repräsentativen Katastralgemeinden wissen wir, dass dieser Bereich tatsächlich noch stark von den Intervallen beeinflusst wird. Deshalb wird hier angenommen, dass der steirische Hauptsiedlungsraum zwischen 300 m und 1.500 m liegt. Um diese Annahme zu betätigen, sind die Daten den einzelnen Klimaregionen zugeordnet und die jeweiligen unteren und oberen 15 % als Randwerte verworfen worden. Der Bereich in dem die restlichen 70 % der Extremwerte der Seehöhen liegen, soll als Hauptsiedlungsraum angenommen werden (siehe Abbildung 37).



**Abbildung 36:** histografische Darstellung der absoluten Aufttrittshäufigkeiten der Extremwerte der Höhenintervalle in der Steiermark in 25m Stufen (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b))



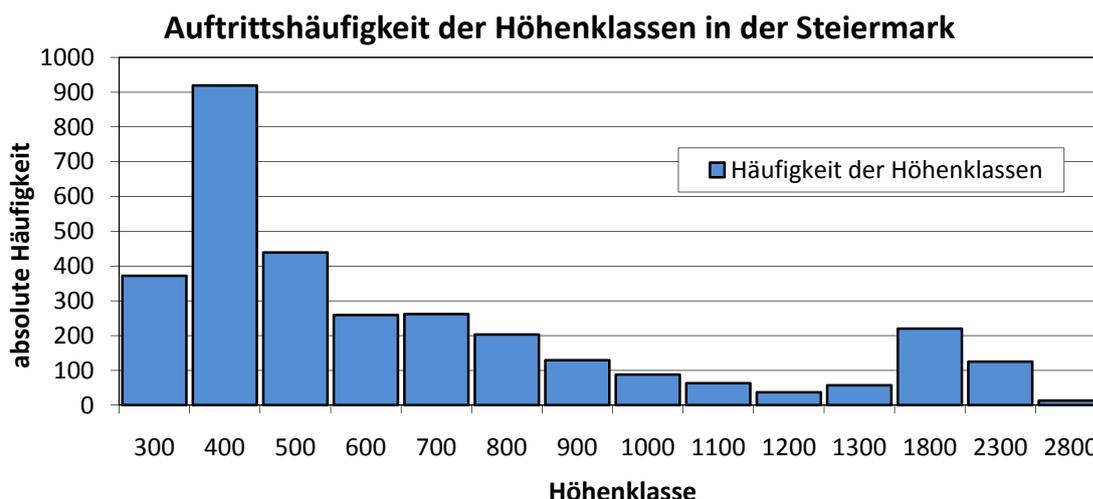
**Abbildung 37:** Seehöhenverteilung der steirischen Katastralgemeinden in den jeweiligen Klimaregionen; rot eingezeichnet der Hauptsiedlungsraum (eigene Berechnung und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b))

Daraus ergibt sich für die Klimaregion S/SO ein Hauptsiedlungsbereich von 300 m bis 625 m, für die Region N/SO von 400 m bis 1.025 m und für die Region ZA von 625 m bis 1800 m. Wird die gesamte Steiermark auf die gleiche Weise betrachtet, ergibt sich ein Hauptsiedlungsraum von 325 m bis 1.100 m. Diesem Bereich kommt große Bedeutung zu, und hier sollte auch die Unterteilung in Höhenstufen am feinsten sein. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die tatsächliche Siedlungsstruktur vor allem in den Zentralalpen noch höher liegt, soll als Kernbereich der Besiedlung das Höhenintervall zwischen 300 m und 1.300 m angenommen werden. Die Höhenklassen sollen hier mit

100-m-Stufen angesetzt werden. Alle darüberliegenden Bereiche sollen nur mehr mit 500-m-Stufen erfasst werden. Daraus ergeben sich 14 Höhenklassen gemäß Tabelle 8 und Abbildung 38.

**Tabelle 8:** 14 Höhenklassen der Steiermark für diese Arbeit (eigene Berechnungen)

Höhenklasse	Intervall		Auftrittshäufigkeit der Extremwerte		Höhenklasse gemäß Ortsverzeichnis der Statistik Austria
	von	bis	Absolut	Relativ	
Bezeichnung	m	m	-	%	
300	0	300	372	11,7%	2
400	301	400	919	28,8%	3
500	401	500	439	13,8%	4
600	501	600	259	8,1%	5
700	601	700	262	8,2%	6
800	701	800	203	6,4%	6
900	801	900	129	4,0%	7
1000	901	1.000	88	2,8%	7
1100	1.001	1.100	63	2,0%	8
1200	1.101	1.200	37	1,2%	8
1300	1.201	1.300	57	1,8%	9
1800	1.301	1.800	220	6,9%	9
2300	1.801	2.300	125	3,9%	9
2800	2.301	2.800	13	0,4%	9



**Abbildung 38:** Histogramm zur Darstellung der Auftrittshäufigkeit der Extremwerte der Seehöhen in den 14 Höhenklassen für die Steiermark dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung)

Der Vergleich mit den von der Statistik Austria vorgeschlagenen Höhenklassen (vgl. (Zeiszig, et al., 2005)) unterstützt die Einteilung gemäß Tabelle 8. Die in Tabelle 9 aufgelisteten Höhenklassen decken sich bis 600 m mit der Einteilung in Tabelle 8. Der Bereich der Mittelgebirge von 601 m bis 1.200 m wird in dieser Arbeit jedoch feiner untergliedert. Hier wirkt sich die alpine Zentrallage von ca. 28 % der steirischen Katastralgemeinden stärker aus. Dem wird auch mit der Unterteilung in 500-m-Schritten zwischen 1.300 m und 2.800 m Rechnung getragen.

**Tabelle 9:** Höhenklassen gemäß Statistik Austria (Zeiszig, et al., 2005)

Höhenklasse		1	2	3	4	5	6	7	8	9
von	m	0	201	301	401	501	601	801	1.001	1.201
bis	m	200	300	400	500	600	800	1.000	1.200	unbegrenzt

### 3.3 Gebäude und Nutzungsprofile (Bedarfspotenziale – technische Nutzenergiepotenziale)

Ein wesentlicher Inhalt dieser Arbeit ist das Wärmebedarfsmodell für die Steiermark. Grundsätzlich ist geplant, im GIS eine Verknüpfung der Rasterzellen mit Energieausweisdatenbanken (z. B. Zeus) zu schaffen und so sehr genaue Heizwärmebedarfsdaten verwenden zu können. Allerdings liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genug Energieausweise vor, und die rechtlichen Fragen bzgl. eines Zugangs zu solchen Daten sind auch noch nicht geklärt. Deshalb ist es notwendig, einen plausiblen Datenersatz in Form eines Modells zu schaffen.

In dieser Arbeit wird nur der Bereich der Wohngebäude betrachtet. Ursprünglich ist auch die Einbindung unterschiedlicher Kategorien von Nichtwohngebäuden in das Projekt ReCO2NWK angedacht worden. Im Zuge des Projektes hat sich allerdings herausgestellt, dass die Beschaffung qualitativ hochwertiger Gebäudedaten und deren Verschneidung mit den Rasterzellen des Geoinformationssystems schwierig ist. Deshalb wurden die Nichtwohngebäude vorerst aus den Betrachtungen dieser Arbeit gestrichen. Es ist bisher nicht möglich gewesen, exakte Daten zu den Gebäudeabmessungen, den verwendeten Baustoffen, dem Aufbauten der Gebäudehüllen, der Orientierung oder gar zu den derzeit in Betrieb befindlichen Heizungssystemen für die Testregionen in der Steiermark zu erhalten. Einerseits müssten die Daten in vielen Fällen erst erhoben werden, andererseits stößt der Techniker hier auf die Schwierigkeit, dass bereits erhobene Daten der regionalen Verwaltungsstellen aus Datenschutzgründen gar nicht oder nur stark anonymisiert – und somit nicht mehr in der gewünschten hohen Auflösung georeferenzierbar – zugänglich sind. Selten ist der Techniker mit Mess- oder Berechnungsobjekten konfrontiert, die sich auf Grund demokratischer Rechte jeglicher Betrachtung entziehen.

Aufgrund dieser fehlenden Daten (ideal wären die oben erwähnten Energieausweise), müssen die unbekanntenen, weißen Flecken der Landkarten mit möglichst guten Näherungen oder Schätzungen gefüllt werden. Dies führt dazu, dass der Hauptteil dieser Arbeit darin bestanden hat, möglichst plausible und an die Testgebiete angepasste Referenzen der Gebäude und Anlagen zur Gebäudekonditionierung zu entwickeln, welche mit den zugänglichen Daten und Randbedingungen ihr Auslangen finden.

#### 3.3.1 Referenznutzer

In diesem Kapitel sollen die gängigsten Nutzungsprofile für Wohngebäude im deutschen Sprachraum – und somit für einen großen Teil Mitteleuropas – vorgestellt werden. In allen angeführten Quellen, sind auch Nutzungsdaten unterschiedlicher Nichtwohngebäude zu finden. Der Bogen spannt sich von der ÖNORM B 8110-5:2007 über die EN 15316-3-1:2006 zur DIN V 18599-10:2007 und hin zum SIA Merkblatt 2024:2006. Im weiteren Verlauf der Arbeit kommt ausschließlich die ÖNORM B 8110-5:2007 zur Anwendung, um die Durchgängigkeit der Berechnung rund um den Energieausweis aufrecht zu erhalten. Die anderen Normen finden sich deshalb in dieser Arbeit wieder, weil das Modell auf Grund seiner modularen Struktur, einfach an veränderte Randbedingungen, wie etwa das Nutzungsprofil, angepasst werden kann. So soll auf regionalen Eigenheiten schnell und einfach reagiert werden, um die Ergebnisse qualitativ zu verbessern. Diese Flexibilität des Modells ist notwendig, um die georeferenzierte, hohe Auflösung und Genauigkeit der gewünschten Ergebnisse erreichen zu können. Somit ist auch eine internationale Adaptierung des Modells denkbar; deshalb sind neben der ÖNORM noch weitere Nutzungsprofile recherchiert worden.

### Nutzungsprofil gemäß ÖNORM B 8110-5:2007

ÖNORM B 8110-5 S. 8 -9, Tabelle 2 führt Nutzungsprofile unterschiedlicher Standardgebäude an, die zur Berechnung der energetischen Kennwerte gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 sowie der Vornormenserie VORNORM ÖNORM H 5056:2007, VORNORM ÖNORM H 5057:2007, VORNORM ÖNORM H 5058:2007, und VORNORM ÖNORM H 5059:2007 notwendig sind. Da die Berechnungen des Nutz- und Endenergiebedarfs in dieser Arbeit auf einen Teil dieser Normen beruht, werden auch hier diese Profile verwendet. Für die Referenzen der Wohngebäude siehe dazu Tabelle 10 und Tabelle 11.

Die Vorgaben der Norm umfassen die monatliche Nutzungsdauer der Gebäude und die Betriebszeiten der Heizung bzw. Kühlung in Tagen, d, und Stunden, h, die Solltemperatur der konditionierten Räume im Heiz- und Kühlfall,  $\theta_{ih}$  bzw.  $\theta_{ic}$ , die Temperatur der unkonditionierten Räume,  $\theta_{iu}$ , die Luftwechselrate,  $n_L$ , für unterschiedliche Betriebsarten, Wartungswerte der Beleuchtungsstärke,  $E_m$ , flächenspezifische Werte für die inneren Wärmegewinne infolge von Personen und Geräten im Heiz- und Kühlfall,  $q_{i,h,n}$  bzw.  $q_{i,c,n}$ , sowie der flächenspezifische, tägliche Warmwasserwärmebedarf,  $wwwb$ . Tabelle 10 zitiert die Nutzungszeiträume für Wohngebäude aus Tabelle 2 der ÖNORM B 8110-5:2007. Es ist also von einer ganzjährigen, ununterbrochenen Nutzung auszugehen.

**Tabelle 10:** Nutzungszeiträume von Wohngebäuden gemäß (ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8)

Tag	Jän	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
$t_{\text{Nutz,d}}$	$d_{\text{Nutz,1}}$	$d_{\text{Nutz,2}}$	$d_{\text{Nutz,3}}$	$d_{\text{Nutz,4}}$	$d_{\text{Nutz,5}}$	$d_{\text{Nutz,6}}$	$d_{\text{Nutz,7}}$	$d_{\text{Nutz,8}}$	$d_{\text{Nutz,9}}$	$d_{\text{Nutz,10}}$	$d_{\text{Nutz,11}}$	$d_{\text{Nutz,12}}$	$d_{\text{Nutz,a}}$
h/d	d/M	d/M	d/M	d/a									
24	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

Aus Tabelle 11, welche weiteren Kennwerte aus ÖNORM B 8110-5:2007 wiedergibt, geht deutlich hervor, dass die Berechnungsmethode des Energieausweises für Wohngebäude ausschließlich den Heizfall vorsieht. Die Berechnung eines Kühlbedarfs von Wohngebäuden ist nicht vorgesehen, weil diese Gebäude nach den neuen Regelungen in unseren Breitengraden außer der Heizung keine Konditionierung benötigen sollen. Deshalb ist die Berechnungsvorschrift zur Umsetzung dieser Regelungen in diesem Sinn ausgelegt worden, und bietet keine Nutzungsprofile oder Randbedingungen zur Berechnung des Kühlbedarfs von Wohngebäuden an. Der Berechnungsmethode nach ÖNORM B 8110-6:2007 zur Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs von Gebäuden sind auch methodische Grenzen gesetzt, welche im Kapitel 3.4 beschrieben werden.

**Tabelle 11:** Nutzungsprofile von Wohngebäuden nach (ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8)

Betriebszeit Heizung		Raumtemperaturen		Luftwechselrate	Innere Wärmegewinne	Warmwasserwärmebedarf
Tag	Jahr	konditioniert	unkonditioniert	Fensterlüftung	Heizfall	
$t_{h,d}$	$d_{h,a}$	$\theta_{i,h}$	$\theta_{i,u}$	$n_{L,FL}$	$q_{i,h,n}$	$wwwb$
h/d	d/a	°C	°C	1/h	W/m <sup>2</sup>	Wh/(m <sup>2</sup> ·d)
24	365	20	13	0,40	3,75	35,0

Für Wohngebäude wird in der Regel eine natürliche Lüftung mittels Fugen oder Fenster angenommen. In der Literatur liegen die Luftwechselraten der Wohngebäude zw. 0,4 1/h bis 0,7 1/h. Der Wert in Tabelle 11 passt also ins Schema, ist aber am unteren Ende angesiedelt. Der Luftaustausch bei natürlicher Lüftung hängt vor allem von der Temperaturdifferenz, der Windgeschwindigkeit und der Spaltgröße ab. ÖNORM B 8110-6:2007 bietet allerdings auch eine Berechnungsoption des Lüftungsleitwertes bei kontrollierter Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. In dieser Arbeit wird darauf nicht weiter eingegangen, weil die natürliche Lüftung als Standard für Wohngebäude angenommen wird.

**Nutzungsprofil gemäß ÖNORM EN 15316-3-1:2008 bzw. EN 15316-3-1:2007 (Trinkwarmwasser)**

Im Anhang A der ÖNORM EN 15316-3-1:2008 werden drei Zapfprogramme des Warmwasserverbrauchs für unterschiedliche Nutzer im Wohnbereich angeführt. Zapfprogramm 2 repräsentiert einen europäischen Durchschnitt. Im Anhang B der ÖNORM EN 15316-3-1:2008 sind Daten für Nicht-Wohngebäude angeführt, die für diese Arbeit aber nicht notwendig sind.

**Tabelle 12:** Nutzungsprofile für den Warmwasserverbrauch – Zapfprogramme (ÖNORM EN 15316-3-1:2008 S. 13-15)

Zapfprogramm	Mittleres Tageszapfmuster	Energie in kWh/d	äquivalente Warmwassermenge für 60 °C Zapf-temperatur in l/d <sup>1)</sup>	Programmkategorie (Art der Zapfung)	
				Hygiene	Reinigung
Nr. 1	1 Person	2,1 kWh/d	36 l/d	klein, groß	Geschirrspülen, Haushaltsreinigung
Nr. 2	1 Familie mit Duschnutzung	5,8 kWh/d	100,2 l/d	klein, groß, Duschen	Bodenreinigung, Geschirrspülen, Haushaltsreinigung
Nr. 3	1 Familie (3 Personen) mit Badewannen- und Duschnutzung	11,7 kWh/d	199,8 l/d	klein, groß, Duschen, Baden	Bodenreinigung, Geschirrspülen, Haushaltsreinigung

<sup>1)</sup> Umrechnungsfaktor:  $f_{\Delta T=50} = 0,058333$  kWh/l bzw. kWh/kg

Die Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs im Zuge des Energieausweises erfolgt in Kapitel 3.4.1. Hier soll nur so weit vorgegriffen werden, um zu bestätigen, dass der tägliche Warmwasserwärmebedarf für die Einfamilienhäuser dieser Arbeit mit 6,93 kWh/d nach ÖNORM H 5056:2007 gut zu den 5,8 kWh/d der europäischen Durchschnittsfamilie (Zapfprogramm Nr. 2 in Tabelle 12) passt.

Der Umrechnungsfaktor  $f_{\Delta T=50}$  zw. der täglichen Warmwasserwärme und des täglichen Warmwasserverbrauchs in Tabelle 12 ergeben sich aus der spezifischen Wärmekapazität des Wassers in flüssigem Zustand und einer Temperaturdifferenz von 50 °C zw. dem kalten Wasser der Zuleitung (ca. 10 °C) und dem abgegebenen Warmwasser (60 °C).

$$f_{\Delta T=50} = c_{p,H_2O} \cdot \Delta T \tag{3.2.6}$$

Werden in Gleichung (3.2.6) die Standardwerte für die Wärmekapazität und die Faktoren zur Umrechnung der Dimensionen mit der Randbedingung für die Temperatur eingesetzt, folgt daraus Gleichung (3.2.7).

$$f_{\Delta T=50} = \frac{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}}{3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}} \cdot (60\text{ °C} - 10\text{ °C}) = \frac{4,2}{3600} \frac{\text{kWh}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 50\text{ K} \approx 0,058333 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \tag{3.2.7}$$

In ÖNORM EN 15326-3-2:2007 sind zudem auch die Daten zu den einzelnen Arten der Zapfung hinterlegt. Dies bietet die Möglichkeit individuelle Nutzungsprofile aufzubauen.

**Tabelle 13:** Warmwasserwärmebedarf nach Art der Zapfung (ÖNORM EN 15316-3-1:2008 S. 13-16)

Art der Zapfung	Energiebedarf kWh
Haushaltsreinigung	0,105
Klein	0,105
Groß	0,525
Duschen	1,400
Baden	3,605

Art der Zapfung	Energiebedarf kWh
Bodenreinigung	0,105
Geschirrspülen klein	0,315
Geschirrspülen mittel	0,420
Geschirrspülen groß	0,735

**Nutzungsprofil gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 im Vergleich mit DIN V 18599-10:2007**

In Tabelle 3 der DIN V 18599-10:2007 werden die Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude angeführt. Tabelle 4 derselben Norm bietet Daten für Nicht-Wohngebäude. Hier werden 33 unterschiedliche Nutzungsprofile angeführt. Demgegenüber führt ÖNORM B 8110-5:2007 nur elf Nutzungsprofile für Nicht-Wohngebäude an. Nun sollen in Tabelle 14 die unterschiedlichen Randbedingungen für Wohngebäude der deutschen und österreichischen Norm verglichen werden. Die Bezeichnungen stammen zum größten Teil aus der österreichischen Normung, um die Nomenklaturen in dieser Arbeit möglichst durchgängig zu gestalten. Die Einheiten stammen jedoch aus der deutschen Norm, und die Werte aus der ÖNORM sind umgerechnet worden, um sie auch einmal in dieser Darstellung quantitativ erfassen und qualitativ vergleichen zu können.

**Tabelle 14:** Vergleich der Nutzungsprofile für Wohngebäude nach DIN V 18599-10:2007 S. 14 und ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8

Kenngröße	DIN V 18599-10:2007		ÖNORM-Serie B 8110:2007		Einheit	
	Formelzeichen	Wert	Formelzeichen	Wert		
Solltemperatur des konditionierten Raumes	$\vartheta_{i,h,soll}$	20	$\theta_{ch}$	20	°C	
Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamtfläche						
	EFH $a_{TB}$	0,25		-		
	MFH $a_{TB}$	0,15		-		
Minimaltemperatur, Auslegung Heizfall	$\vartheta_{i,h,min}$	20	$\theta_{ch}$	20	°C	
interne Wärmequellen						
	EFH $q_i$	50	$q_{i,h,n}$	90 <sup>1)</sup>	Wh/(m <sup>2</sup> ·d)	
	MFH $q_i$	100	$q_{i,h,n}$	90 <sup>1)</sup>	Wh/(m <sup>2</sup> ·d)	
Nutzungszeiten						
	tägliche Nutzungszeit	24	$t_{Nutz,d}$	24	h/d	
	Nutzungstage pro Jahr	$d_{Nutz,a}^c$	$d_{Nutz,a}$	365	d/M	
	tägliche Betriebszeit der Heizung	17	$t_{h,d}$	24	h/d	
	Betriebstage der Heizung pro Jahr		$d_{h,a}$	365	d/M	
	tägliche Betriebsdauer WLA <sup>2)</sup>	$t_{h,op,d} =$	$t_{Nutz,d}$	24 <sup>3)</sup>	h/d	
	Betriebsperiode WLA <sup>2)</sup>	Heizperiode		Heizperiode		
Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser						
	EFH $q_{w,b}$	12	$wwwb =$	12,775 <sup>4)</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
	MFH $q_{w,b}$	16	$wwwb =$	12,775 <sup>4)</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
Luftwechsel (nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel)						
	energetisch wirksame Luftwechselrate bei Fensterlüftung	$n_{nutz}$	0,5	$n_{L,FL}$	0,4	1/h
	energetisch wirksame Luftwechselrate bei Raumluftechnik	$n_{nutz}$	0,45	$n_{L,RL}$	-	1/h
mittlerer Anlagenluftwechsel						
	nicht bedarfsgeführt	$n_{mech}$	0,4	-	-	1/h
	Bedarfsgeführt	$n_{mech}$	0,35	-	-	1/h
Abminderungsfaktor infolge von Verschmutzung	$F_v$	1				

<sup>1)</sup> umgerechnet aus  $q_{i,h,n} = 3,75 \text{ W/m}^2$  (ÖNORM B 8110-5:2009 Beiblatt S. 8)  
<sup>2)</sup> WLA: Wohnungslüftungsanlage, entspricht einer Raumluftechnischen (RLT) Anlage nach ÖNORM  
<sup>3)</sup> entnommen aus (ÖNORM H 5057:2007 VORNORM S. 13)  
<sup>4)</sup> umgerechnet aus  $wwwb = 35,0 \text{ Wh/(m}^2\cdot\text{d)}$  (ÖNORM B 8110-5:2009 Beiblatt S. 8)

In der deutschen Norm findet sich eine Kennzahl zur Beschreibung des Anteils der mitbeheizten Fläche an der Gesamtfläche  $a_{TB}$ . Auf diese Weise sollen Flächen, welche die Solltemperatur unterschreiten, weil sie z. B. nicht direkt konditioniert werden, berücksichtigt werden. Die Verhältniszahl definiert sich aus der Division dieser mitbeheizten Flächen durch die Netto-Geschossfläche.

Die Solltemperaturen und Betriebszeiten stimmen weitgehend überein. Einzige Ausnahme stellt die Betriebszeit der Heizung dar. Die DIN schlägt hier täglich nur 17 Stunden vor. Die jährliche Betriebszeit der Heizung wird nicht eigens angeführt, es kann aber angenommen werden, dass die jährlichen Nutzungstage auch auf die Heizung bezogen sind.

In ÖNORM B 8110-5:2007 wird für die inneren Wärmegewinne und den Warmwasserwärmebedarf keine Unterscheidung zw. Ein- und Mehrfamilienhäuser getroffen. Die DIN grenzt hier zwischen EFH's und MFH's ab. Qualitativ ist einem solchen Vorgehen zuzustimmen, weil diese Tendenz hinlänglich belegt worden ist. Es verwundert aber ein wenig, dass in Österreich die internen Wärmequellen mit  $90,0 \text{ Wh}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$  fast in der Größenordnung der DIN für Mehrfamilienhäusern liegen, aber der Warmwasserwärmebedarf mit  $12,755 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  deutlich besser zu den deutschen Einfamilienhäusern passt.

Betriebszeiten der Wohnungslüftungsanlagen WLA werden in der DIN auch für Wohngebäude angeführt. ÖNORM B 8110-5:2007 bietet nur für Nichtwohngebäude die Randbedingungen der gleichwertigen raumlufttechnischen (RLT) Anlagen. Für Wohngebäude sind nur Luftwechselraten bei Fensterlüftung angegeben. Dies liegt daran, dass in Österreich für reguläre Wohngebäude keine technische Belüftung vorgesehen ist. Moderne, vollständig dichte Gebäude stellen eine Ausnahme dar. Da es sich hierbei meist um Niedrigstenergie- oder Passivhäuser handelt, erfolgt deren Berechnung und Auslegung grundsätzlich mit dynamischen Simulationsmethoden und nicht mit Hilfe der ÖNORM-Serie B 8110:2007. Obwohl für reguläre österreichische Gebäude weder eine reine Lüftungsanlage noch eine Vollklimaanlage vorgesehen ist, besteht die Möglichkeit eine RLT-Anlage ohne Kühlfunktion (d. h. eine Teilklimaanlage oder Luftheizung) zur Raumkonditionierung während der Heizperiode zu installieren. Aus dieser Bedingung folgen die in Tabelle 14 eingetragenen Werte für die Nutzungszeit der RLT-Anlage aus (ÖNORM H 5057:2007 VORNORM S. 13).

### ***Nutzungsprofil gemäß SIA Merkblatt 2024:2006***

Hier werden 44 unterschiedliche Raumkategorien in einzelnen Datenblättern und Zusammenstellungstabellen vorgestellt. Die Nutzungsbedingungen werden in die Hauptkategorien Raum, Personen, Betriebseinrichtungen, Beleuchtung, Lüftung, Kühlung, Befeuchtung, Heizung und Sanitär vgl. (SIA, 2006 S. 7) eingeteilt. Die Nutzungsprofile beziehen sich auf einzelne Räume, nicht auf Zonen oder gar ganze Gebäude. Diese hohe Datenauflösung weist Parallelen zur ÖNORM EN 12831: 2003 mit ihrer nationalen Ergänzung ÖNORM H 7500:2006 (Berechnung der Heizlast) auf. Allerdings präsentiert sich die SIA um vieles detailreicher und exakter. Diese hohe Datenauflösung ist im Zuge dieser Arbeit nicht umsetzbar, weil die Referenzgebäude nicht so genau aufgebaut sind, und die Informationen der realen Gebäude in der späteren GIS-Anwendung nicht abrufbar sein werden. Diese Daten sind weder derzeit noch werden sie in Zukunft für jedes Gebäude erhoben und dokumentiert sein. Deshalb wird hier nicht weiter auf das SIA-Merkblatt 2024:2006 eingegangen. Für die Berechnung einzelner, gut dokumentierter Objekte bieten die Merkblätter aber sehr gute Rand- und Anfangsbedingungen.

### 3.3.2 Referenzgebäude

Mittel- bis langfristiges Ziel des Projektes ReCO<sub>2</sub>NWK ist es, die realen Objektdaten jedes Gebäudes in die Rasterzellen des Modells mittels einer Energieausweisdatenbank zu integrieren. Derzeit stehen aber weder eine ausreichende Anzahl an erhobenen Energieausweisen noch der Zugang zu solch einer Datenbank zur Verfügung. Ob ein solcher Datenaustausch in Zukunft möglich sein wird, bleibt noch abzuwarten, weil die Entscheidung darüber vor allem von Rechts- und Datenschutzüberlegungen der zuständigen Behörden abhängt.

Deshalb sind aus den Daten regionaler Projektpartner und angelehnt an den OIB-Leitfaden (vgl. (OIB, 2007a)) am Institut für Wärmetechnik der TU-Graz jeweils fünf Referenzgebäude in den Kategorien Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser entwickelt worden (siehe Tabelle 16). Auf Basis dieser Gebäude soll eine Einschätzung des thermischen Energie- und Leistungsbedarfs der Rasterzellen des Modells ermöglicht werden.

Die Geometrie der Referenzgebäude gibt ihre Grundfläche, die Raumhöhe und die Gestalt der Gebäudehülle vor. Daraus ergeben sich die bauphysikalisch relevanten Kennzahlen wie die konditionierte Brutto-Grundfläche BGF, das konditionierte Brutto-Volumen V, die Abmessungen der Fassaden, der Decken und der Dachelemente sowie die Größen der Fenster bzw. Türen und deren Einbaulage. Weiters lässt sich daraus die Netto-Grundfläche NGF und das konditionierende Volumen (Netto-Volumen) ableiten. Die geometrischen Abmessungen und die Form der Gebäudehüllen sind für alle Referenz-EFH und alle Referenz-MFH gleich. Darstellungen der Gebäudehüllen und die Orientierung der Referenzgebäude sind in Anhang D, Abbildung 72 und Abbildung 73, hinterlegt.

Für die Referenzgebäude ist der Energieausweis an einem Standort in alpiner Zentrallage und einer Seehöhe von 535 m erstellt worden. Die Gebäude sind dabei jeweils als eine einzelne Zone modelliert und als Berechnungsalgorithmus ist das vereinfachte Verfahren gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 verwendet worden. In Tabelle 16 werden die wesentlichen Objektdaten der Gebäude aufgelistet in Tabelle 15 sind die Abkürzungen aus Tabelle 16 erklärt.

**Tabelle 15:** Nomenklaturen der Tabelle 16

A	Brutto-Fläche des Bauteils, in m <sup>2</sup> (d. h. für Fenster wird die Architekturlichte angegeben)
U	Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils, in W/(m <sup>2</sup> · K)
L	thermischer Leitwert des Bauteils, in W/(m <sup>2</sup> · K)
f	Temperaturkorrekturfaktoren der Bauteile für die vereinfachte Berechnung des Transmissionsleitwertes nach ÖNORM B 8110-6:2007 S. 20 ff.
g	solarer Gesamtenergie-Durchlassgrad senkrecht auf die Verglasung

Um den Energieverbrauch und den Leistungsbedarf der Gebäude auf alle anderen Standorte übertragen zu können, sind die Abmessungen und Bauteilkennwerte aus dem Energieausweis ausgelesen und mit den Klimadaten nach ÖNORM B 8110-5:2007 verschnitten worden. Daraus resultiert die Beschreibung der thermischen Verluste und Gewinne der Gebäude für alle sieben Klimaregionen nach ÖNORM B8110-5:2007 als Funktion der Seehöhe.

**Tabelle 16:** Referenzgebäude des Projektes ReCO2NWK

		Einfamilienhaus – EFH					Mehrfamilienhaus - MFH					
Gebäude Länge $L_L$	m	11					40					
Gebäude Breite $L_W$	m	9					8					
Geschosshöhe h	-	3,1					3,1					
Stockwerksanzahl N	m	2					4					
BGF	m <sup>2</sup>	198					1280					
NGF = NF	m <sup>2</sup>	158,4					1024					
Konditioniertes Brutto- Volumen V	m <sup>3</sup>	568,3					3968					
Charakteristische Länge $l_c$	m	1,37					2,17					
Kompaktheit $A_{H\ddot{u}lle}/V$	1/m	0,73					0,46					
Bauweise $f_{BW}^{1)}$	Wh/(m <sup>3</sup> K)	20,00					20,00					
		bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001	bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001	
Gebäudehülle <sup>2)</sup>												
Kellerdecke KD <sup>3)</sup>	A	m <sup>2</sup>	99,00					320,00				
	U	W/(m <sup>2</sup> K)	1,25	1,10	0,60	0,45	0,40	1,25	1,10	0,60	0,45	0,40
	L	W/K	86,63	76,23	41,58	31,19	27,72	280,00	246,40	134,40	100,80	89,60
	f	-	0,70									
Oberste Geschossdecke OD <sup>4)</sup>	A	m <sup>2</sup>	38,06					320,00				
	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0,90	0,55	0,30	0,25	0,20	0,90	0,55	0,30	0,25	0,20
	L	W/K	30,83	18,84	10,28	8,56	6,85	259,20	158,40	86,40	72,00	57,60
	f	-	0,90									
Dachfläche DG (Dachschräge)	A	m <sup>2</sup>	70,40					-				
	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0,90	0,55	0,30	0,25	0,20	-	-	-	-	-
	L	W/K	63,36	38,72	21,12	17,60	14,08	-	-	-	-	-
	f	-	1,00					-				
Fassadenelemente												
alle Fassadenelemente	U	W/(m <sup>2</sup> K)	1,55	1,20	0,70	0,50	0,35	1,55	1,20	0,70	0,50	0,35
	f	-	1,00					1,00				
Fassade Süd	A	m <sup>2</sup>	50,60					496,00				
	L	W/K	78,43	60,72	35,42	25,30	17,71	768,80	595,20	347,20	248,00	173,60
Fassade Nord	A	m <sup>2</sup>	50,60					496,00				
	L	W/K	78,43	60,72	35,42	25,30	17,71	768,80	595,20	347,20	248,00	173,60
Fassade Ost	A	m <sup>2</sup>	51,37					99,20				
	L	W/K	79,62	61,64	35,96	25,69	17,98	153,76	119,04	69,44	49,60	34,72
Fassade West	A	m <sup>2</sup>	51,37					99,20				
	L	W/K	79,62	64,64	35,96	25,69	17,98	153,76	119,04	69,44	49,60	34,72
Fenster												
alle Fenster	g	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,62	0,65	0,65	0,65	0,65	0,62
	U	W/(m <sup>2</sup> K)	2,50	2,50	2,50	1,90	1,40	2,50	2,50	2,50	1,90	1,40
Fenster Süd	A	m <sup>2</sup>	15,80					148,80				
Fenster Nord	A	m <sup>2</sup>	5,06					49,60				
Fenster Ost	A	m <sup>2</sup>	10,27					14,88				
Fenster West	A	m <sup>2</sup>	10,27					14,88				
bauliche Besonderheiten der Gebäudehülle		2. Geschoss ist ab einer Höhe von 1,5 m als innen ausgebautes, flaches Satteldach ausgeführt (typ. steirisch und auch auf Schopfdächer übertragbar)					keine					
<sup>1)</sup> volumensbezogene Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes vgl. (ÖNORM B 8110-6:2007 S. 47)												
<sup>2)</sup> Hier sind nur Bruttowerte angeführt. D. h. Die Fensterflächen (Architekturlichter) sind noch nicht von den Fassadenflächen abgezogen.												
<sup>3)</sup> Decke zu unbeheiztem (ungedämmten) Keller												
<sup>4)</sup> Decke zu unbeheiztem geschlossenen Dachraum												

### 3.4 Heizwärme-, Warmwasserwärme-, Kühlbedarf und Nutzenergiebedarf

Zur Umsetzung der RICHTLINE 2002/91/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sind unter anderem die internationale Norm EN ISO 13790:2008 und die, auf dieser Vorlage basierende, österreichische Anwendung ÖNORM B 8110-6:2007 entwickelt worden. Zu beachten ist, dass auch die EN-Norm in Österreich als ÖNORM EN ISO 13790:2008 gültig ist. Diese Berechnungsvorschriften beschreiben die Ermittlung der Energiekennzahlen Heizwärmebedarf und Kühlbedarf eines Gebäudes. Diese Ergebnisse stehen für den Nutzenergiebedarf zur Raumkonditionierung. In der ÖNORM EN ISO 13790:2008 werden drei Berechnungsverfahren beschrieben:

- ausführliches dynamisches Simulationsverfahren (z. B. Stundenintervalle oder kleinere Zeitschritte)
- vollständig vorgeschriebenes, vereinfachtes dynamisches Stundenberechnungsverfahren
- vollständig vorgeschriebenes, quasi-stationäres Monats-Berechnungsverfahren (mit der Sonderoption eines Heiz- bzw. Kühlperiodenverfahrens)

Die Genauigkeit der Ergebnisse nimmt in der Reihenfolge dieser Liste ab. Je nach Anwendungsfall können große relative Fehler auftreten.

Die nationale Anwendung ÖNORM B 8110-6 entspricht einem quasi-stationären Zonen- und Monatsbilanzverfahren; Zeitschritt einer Heiz- oder Kühlperiode sind nicht vorgesehen. Der Heizwärme- und der Kühlbedarf, zuvor eingeteilter Zonen, werden in zwei voneinander getrennten Arbeitsschritten berechnet. Diese Energiekennzahlen ergeben sich aus den Gesamtwärmeverlusten und -gewinnen. Deren Berechnungen basieren auf Transmissions- und Lüftungsleitwerten, entsprechend den Vorgaben laut ÖNORM EN ISO 13790:2008, sowie auf den solaren und inneren Gewinnen in Verbindung gemäß ÖNORM B 8110-5. Als Zeitschritte werden die Monate des Kalenderjahrs in Tagen oder Stunden angesetzt. Die Summe der monatlichen Ergebnisse ergibt immer die Jahreswerte.

Um trotz der langen Zeitschritte der Bilanzierung (ein Monat) dynamischen Auswirkungen noch Rechnung tragen zu können, werden die Gleichungen mit empirisch erhobenen Ausnutzungsgraden (Korrelationsfaktoren) der energetischen Einträge bzw. Verluste ergänzt (z. B. Gleichung (3.4.6)). Über die Genauigkeit dieser Methode äußern sich die Normungsinstitute folgendermaßen: „Die Monats-Berechnung liefert korrekte Ergebnisse auf jährlicher Grundlage; die Ergebnisse für die einzelnen Monate zu Beginn und am Ende der Heiz- und der Kühlperiode können jedoch große relative Fehler aufweisen.“ (ÖNORM EN ISO 13790:2008 S. 24) In Folge dessen stellt sich die Frage, wie glaubwürdig die Ergebnisse auf Jahresbasis für die Fälle sind, wenn beide Übergangperioden, Frühjahr und Herbst, von den tatsächlichen Ergebnissen abweichen, und sich nicht gegenseitig aufheben.

Sollen instationäre Prozesse wie z. B. das Laden und Entladen der thermischen Speichermassen im Gebäude berücksichtigt werden, sind aufwendigere, dynamische Verfahren, die mit Zeitschritten einer Stunde und darunter arbeiten, anzuwenden. Demnach sind aufgrund ihrer Konstruktion und thermischen Wirksamkeit moderne Niedrigstenergie- und Passivhäuser in jedem Fall einer dynamischen Simulation zu unterziehen, weil das Monatsbilanzverfahren hier versagt.

### 3.4.1 Nutzenergiebedarf gemäß ÖNORM B 8110-6:2007

#### **Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs**

Der absolute jährliche Heizwärmebedarf  $Q_h$  und Kühlbedarf  $Q_c$  ergeben sich aus der Summe des entsprechenden monatlichen Nutzenergiebedarfs. Sie werden getrennt voneinander ermittelt, weil sie unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen genügen müssen.

$$\text{jährlicher Heizwärmebedarf: } Q_{h,a} = \sum_{j=1}^{12} Q_{h,j} \quad (3.4.1)$$

mit:  $Q_{h,a}$  jährlicher Heizwärmebedarf, in kWh/a  
 $Q_{h,j}$  monatlicher Heizwärmebedarf im Monat j, in kWh/M

$$\text{jährlicher Kühlbedarf: } Q_{c,a} = \sum_{j=1}^{12} Q_{c,j} \quad (3.4.2)$$

mit:  $Q_{c,a}$  jährlicher Kühlbedarf, in kWh/a  
 $Q_{c,j}$  monatlicher Kühlbedarf im Monat j, in kWh/M

Der flächenspezifische jährliche Heizwärmebedarf HWB bzw.  $HWB_{BGF}$  folgt aus der Division des Ergebnisses der Gleichung (3.4.1) durch die konditionierte Brutto-Grundfläche BGF, in  $m^2$ .

$$HWB_{BGF} = \frac{Q_{h,a}}{BGF} \quad (3.4.3)$$

mit:  $HWB_{BGF} = HWB$  spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf, in kWh/( $m^2 \cdot a$ )

Für Nicht-Wohngebäude wird als Vergleichswert auch der volumenspezifische Heizwärmebedarf  $HWB_V$ , in kWh/( $m^3 \cdot a$ ) angeführt. Diese Kennzahl wird auf das konditionierte Brutto-Volumen V, in  $m^3$ , bezogen. Da derartige Gebäude oft über größere Raumhöhen verfügen als Wohngebäude – man denke dabei an Empfangshallen, Großraumbüros, Werkstätten, Veranstaltungssäle etc. – würden die flächenspezifischen Energiekennwerte – bei ansonsten gleichen Randbedingungen – dem Gebäude oder der Zone quantitativ eine schlechtere Bewertung ausstellen. Die thermische Qualität kann aus technischer Sicht allerdings durchaus vergleichbar sein.

$$HWB_V = \frac{Q_{h,a}}{V} \quad (3.4.4)$$

mit:  $HWB_V$  volumenspezifischer jährlicher Heizwärmebedarf, in kWh/( $m^3 \cdot a$ )

In der ÖNORM-Serie B 8110 ist die Berechnung des Kühlbedarfs nur für Nicht-Wohngebäude vorgesehen. Deshalb wird ausschließlich ein volumenspezifischer Kühlbedarf  $KB_V$ , in kWh/( $m^3 \cdot a$ ), angegeben.

$$KB_V = \frac{Q_{c,a}}{V} \quad (3.4.5)$$

mit:  $KB_V$  volumenspezifischer jährlicher Kühlbedarf, in kWh/( $m^3 \cdot a$ )

In Österreich wird davon ausgegangen, dass ein Wohngebäude so konstruiert wird, dass unter Einwirkung des Standardklimas keine Kühlung des Gebäudes notwendig ist. Neue Gebäude auf Niedrigstenergie- oder Passivhaus-Niveau müssen in manchen Fällen durchaus gekühlt werden, um eine Überhitzung zu vermeiden. Auf jeden Fall ist eine technische Belüftung notwendig, welche in den Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5:2007 im Wohngebäudebereich nicht vorgesehen ist. Es ist allerdings bereits erwähnt worden, dass solche Gebäude grundsätzlich mit einer dynamischen Gebäudesimulation auszulegen sind. Deshalb kommen die Berechnungsmethoden der

ÖNORM B 8110-6:2007 für diese Objektgruppe nicht zur Anwendung. Für den Gebäudebestand liegen im Zuge des Projektes keine Zahlen vor, wie viele Gebäude über eine Kühlung verfügen. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass es keine Kühlungen im Wohngebäudebereich gibt. Somit entfällt in allen weiteren Analysen die Betrachtung des Kühlbedarfs.

Der monatliche Heizwärmebedarf ergibt sich aus der Subtraktion der, um den Ausnutzungsgrad verminderten Wärmegewinne von den monatlichen Wärmeverlusten:

$$Q_{h,j} = Q_{\ell,j} - \eta_{h,j} \cdot Q_{g,j} \quad (3.4.6)$$

mit:  $Q_{h,j}$  monatlicher Heizwärmebedarf, in kWh/M  
 $Q_{\ell,j}$  monatliche Wärmeverluste (über Transmission und Lüftung), in kWh/M  
 $Q_{g,j}$  monatliche Wärmegewinne (aus solaren und inneren Quellen), in kWh/M  
 $\eta_{h,j}$  Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heizfall im jeweiligen Monat

In weiterer Folge wird der Index j für die Monatswerte zu Gunsten einer kürzeren und klareren Nomenklatur weggelassen. Trotzdem sind alle folgenden Berechnungen für den Zeitschritt eines Monats gültig und nicht für das gesamte Jahr. Auch in ÖNORM B 8110-6 wird die Nomenklatur auf diese Weise vereinfacht.

Gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 sind für die innere Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes vier Werte abhängig von der Schwere der Bauweise vorgegeben (siehe dazu Tabelle 17). In der ÖNORM EN ISO 13790:2008 werden andere Werte vorgegeben, und sie werden zu dem nicht auf das konditionierte Volumen, sondern auf die Flächen der Bauteile bezogen. Für die Berechnung des Energieausweises in Österreich, und deshalb auch in dieser Arbeit, werden nur die Werte der ÖNORM B 8110-6:2007 verwendet.

**Tabelle 17:** Werte der inneren Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, Seite 47

	Bauweise			
	leicht	mittel	schwer	sehr schwer
	Wh/(m <sup>3</sup> · K)			
$f_{BW}$	10,0	20,0	30,0	60,0

Neben der Gebäudeschwere wird die Gebäudezeitkonstante von den Wärmeverlust-Leitwerten beeinflusst. Auch das Verhältnis der Wärmegewinne zu den Wärmeverlusten hängt auf Grund der Wärmeverluste unmittelbar von den Leitwerten ab. Damit wird auch der Ausnutzungsgrad direkt von den Leitwerten beeinflusst. Da  $L_T$  und  $L_V$  einen derart großen Stellenwert in der Ermittlung der Wärmeverluste des Gebäudes einnehmen, werden sie in Folge getrennt betrachtet.

In Tabelle 18 und Tabelle 19 sind die Ergebnisse und Kennwerte der Heizwärmebedarfsermittlung gemäß den bisher beschriebenen Methoden für das Referenzklima gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 dokumentiert. Wie zu erwarten gewesen ist, liegt der Heizwärmebedarf der neueren Gebäude wesentlich unter dem der Älteren. Die seit 2001 errichteten Gebäude benötigen demnach in etwa nur mehr 26 % der Heizwärme der Gebäude, die vor 1945 gebaut worden sind. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $U_m$  der Gebäude verhält sich ähnlich, aber die Minderung über die Jahre geht nur gegen 31 %. Die Gebäudezeitkonstante  $\tau$  und der numerische Parameter für den Ausnutzungsgrad  $a$  steigen deutlich mit jüngerem Baualter. Der Anstieg der Gebäudezeitkonstante in der Zeit vor 1945 bis heute beträgt für EFH ca. 273 % und für MFH ca. 257 %. Für die gleiche Zeitspanne beläuft sich die Änderung des numerischen Parameters für den Ausnutzungsgrad für EFH ca. 52 % und für MFH ca. 51 %. Die Unterschiede von  $\tau$  und  $a$  zwischen EFH und MFH resultieren aus unterschiedlichen Leitwerten, welche neben den U-Werten der Außenbauteile auch von deren Flächenverhältnissen beeinflusst werden. Auf diese Einflussfaktoren wird in Kapitel 3.4.2 ausführlicher eingegangen.

**Tabelle 18:** Ergebnisse der Heizwärmebedarfsermittlung-EFH gemäß ÖNORM-Serie B 8110:2007 für das Referenzklima

Kennwert	Einheit	Einfamilienhaus – EFH				
		bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001
$Q_h - \text{Ref}$	kWh/a	47684	37534	23967	17125	12371
HWB – Ref	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	241	190	121	87	63
$f_{\text{BW}}$	Wh/(m <sup>3</sup> ·K)	20	20	20	20	20
$C = f_{\text{BW}} \cdot V$	Wh/K	11305,8	11305,8	11305,8	11305,8	11305,8
$\tau = C/(L_T + L_V)$	H	17,85	21,69	30,65	38,97	48,80
$a = a_0 + \tau/\tau_0$	-	2,12	2,36	2,92	3,44	4,05
$U_m$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,40	1,13	0,76	0,57	0,43

**Tabelle 19:** Ergebnisse der Heizwärmebedarfsermittlung-MFH gemäß ÖNORM-Serie B 8110:2007 für das Referenzklima

Kennwert	Einheit	Mehrfamilienhaus – MFH				
		bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001
$Q_h - \text{Ref}$	kWh/a	230022	184538	121274	85871	60961
HWB - Ref	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	180	144	95	67	48
$f_{\text{BW}}$	Wh/(m <sup>3</sup> ·K)	20	20	20	20	20
$C = f_{\text{BW}} \cdot V$	Wh/K	79360,0	79360,0	79360,0	79360,0	79360,0
$\tau = C/(L_T + L_V)$	H	25,04	29,78	40,67	51,50	64,46
$a = a_0 + \tau/\tau_0$	-	2,56	2,86	3,54	4,22	5,03
$U_m$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,53	1,26	0,87	0,64	0,47

Der Heizwärmebedarf der Referenzgebäude ist für die in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Höhenklassen und für alle sieben Klimaregionen Österreichs berechnet worden. Dazu ist im Zuge dieser Arbeit eine Excel-Datei entwickelt worden. Die Ergebnisse für den jährlichen Heizwärmebedarf, den spezifischen jährlichen Heizwärmebedarf, die jährlichen Gewinne und die jährlichen Verluste sind in Anhang E dieser Arbeit angeführt. Die Ergebnisse auf Monatsbasis können der Datei entnommen werden.

### **Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs für Wohngebäude**

Kapitel 3.3.1 ist ausführlich den unterschiedlichen Nutzungsprofilen gewidmet. Aus Tabelle 11 folgt für Wohngebäude ein flächenspezifischer Warmwasserwärmebedarf  $wwwb$  von 35,0 Wh/(m<sup>2</sup>·d) auf Basis einer allgemeinen Bezugsfläche BF. Entsprechend Gleichung (3.4.14) werden dafür die Netto-Grundflächen aus Tabelle 16 angesetzt. D. h. 158,4 m<sup>2</sup> für die Einfamilienhäuser und 1024 m<sup>2</sup> für die Mehrfamilienhäuser. Daraus ergibt sich der tägliche bzw. nach Multiplikation mit den Nutzungstagen der monatliche oder jährliche Warmwasserwärmebedarf.

$$Q_{\text{tw},d} = \frac{1}{1000} \cdot BF \cdot wwwb \quad (3.4.7)$$

$$Q_{\text{tw},j} = \frac{1}{1000} \cdot BF \cdot wwwb \cdot d_{\text{Nutz},j} \quad (3.4.8)$$

$$Q_{\text{tw},a} = \frac{1}{1000} \cdot BF \cdot wwwb \cdot d_{\text{Nutz},a} \quad (3.4.9)$$

mit:	$Q_{tw,d}$	täglicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/d
	$Q_{tw,j}$	Warmwasser-Wärmebedarf im Monat j, in kWh/M
	$Q_{tw,a}$	jährlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/a
	BF	Bezugsfläche nach ÖNORM B 8110-6:2007 (siehe auch Gleichung (3.4.12)), in m <sup>2</sup>
	wwwb	flächenspezifischer, täglicher Warmwasser-Wärmebedarf, in Wh/(m <sup>2</sup> ·d) oder Wh/m <sup>2</sup> /d gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 für Wohngebäude: wwwb = 35,0 Wh/(m <sup>2</sup> ·d) d. h.: WWWB = 12,775 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
	$d_{Nutz,j}$	Anzahl der Nutzungstage im Monat j, in d/M
	$d_{Nutz,a}$	Anzahl der Nutzungstage pro Jahr, in d/a

Die Randbedingungen und Ergebnisse zu den Gleichungen (3.4.7), (3.4.8) und (3.4.9) werden hier in Tabelle 20 zusammengefasst. Der bisher beschriebene Rechenweg wird von ÖNORM EN 15316-3-1:2008 bestätigt. In Kapitel 5.4 dieser Norm wird der Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung auf die „(...)festgelegte Nutzungsfläche“ bezogen; wobei „(...) im Nationalen Anhang muss außerdem angegeben sein, ob die festgelegte Nutzfläche die Nettofläche oder die Bruttofläche des Gebäudes ist.“ (ÖNORM EN 15316-3-1:2008 S. 12) Gleiches gilt für den spezifischen Nutzenergiebedarf der Trinkwassererwärmung, der dem wwwb-Wert in dieser Arbeit entspricht. Für Österreich gibt es noch keinen nationalen Anhang dieser Norm. Deshalb werden die bereits getroffenen Annahmen weiter verwendet. Weitere Recherchen ergeben allerdings interessante Erkenntnisse. So stößt man schnell auf die Berechnung des monatlichen Warmwasser-Wärmebedarfs gemäß (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 32):

$$Q_{tw} = \frac{1}{1000} \cdot BGF \cdot wwwb \cdot d_{Nutz} \quad (3.4.10)$$

mit:	$Q_{tw}$	monatlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/M
	BGF	Brutto-Geschossfläche, in m <sup>2</sup>

Der Unterschied zu Gleichung (3.4.8) ist offensichtlich. Die Berechnung stützt sich nicht mehr auf die Bezugsfläche, sondern auf die Brutto-Geschossfläche. Aus Gleichung (3.4.12) ist bekannt, dass sich die beiden Flächen um den Faktor 0,8 unterscheiden. Dies bedeutet bei ansonsten gleichen Randbedingungen ( $d_{Nutz}$  und wwwb) eine Erhöhung des Warmwasserwärmebedarfs auf 125 % des ursprünglichen Wertes, wenn für diesen die Bezugsfläche (100 %) nach Gleichung (3.4.8) angenommen wird; immerhin ein Unterschied von 25 Prozentpunkten. Auffälligerweise werden in der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM ansonsten nur die Abschätzung der Rohrdurchmesser der Wärme-Verteilssysteme und die spezifischen jährlichen Nutzenergie-Bedarfswerte (WWWB, HEB, HTEB) auf die BGF bezogen. Alle anderen Flächenbezüge stehen mit der NGF, der NF oder der BF in Verbindung. Ein Blick auf ÖNORM B 8110-6:2007 S. 35 zeigt auch, dass die flächenspezifischen inneren Wärmegewinne aus Tabelle 11 ebenfalls auf die Nutz- oder Netto-Geschossfläche bezogen werden. Diese Umstände und die fehlenden Definitionen der Flächen in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM bzw. deren inkonsistente Nomenklatur lassen Gleichung (3.4.10) nicht so recht in das Gesamtbild der Berechnungen passen. Das Vorwort dieser Norm verstärkt solche Zweifel: „Diese ÖNORM ist als Vornorm herausgegeben worden, weil die Entwicklung auf diesem Fachgebiet noch in Fluss ist und weiter praktische Erfahrungen abgewartet werden sollen.“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 5) Es bleibt zu hoffen, dass zukünftige Versionen auf klareren und konstanteren Formulierungen und Berechnungsmethoden beruhen werden. Da die aktuellen Berechnungs-Softwarepakete zum Erstellen des Energieausweises für Gebäude (z. B. GEQ oder die freie OIB Excel Anwendung) sich auf Gleichung (3.4.10) berufen, wird auch in dieser Arbeit der Warmwasser-Wärmebedarf nach dieser Methode berechnet (siehe dazu Tabelle 20) und in weiterer Folge in die Bilanzen eingearbeitet. So ergibt sich ein jährlicher Warmwasserwärmebedarf  $Q_{tw,a}$  von 2.531 kWh/a (EFH) und 16.353 kWh/a (MFH). Die auf der Bezugsfläche (BF) basierenden Ergebnisse in Tabelle 20 werden verworfen.

**Tabelle 20:** Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs  $Q_{tw}$ 

Warmwasser-Wärmebedarf $Q_{tw}$				ÖNORM Serie B 8110:2007		ÖNORM H 5056		
Randbedingungen: wwwb: 35,0 Wh/(m <sup>2</sup> d)			Einheit	BF <sub>EFH</sub>	BF <sub>MFH</sub>	BGF <sub>EFH</sub>	BGF <sub>MFH</sub>	
Nutzungszeit				158,4 m <sup>2</sup>	1.024,0 m <sup>2</sup>	198,0 m <sup>2</sup>	1.280,0 m <sup>2</sup>	
				$Q_{tw}$	$Q_{tw}$	$Q_{tw}$	$Q_{tw}$	
Tag	d	1 d/d	kWh/d	5,54	35,84	6,93	44,80	
Monat	Jänner	d <sub>Nutz,1</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	Februar	d <sub>Nutz,2</sub>	28 d/M	kWh/M	155	1.004	194	1.254
	März	d <sub>Nutz,3</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	April	d <sub>Nutz,4</sub>	30 d/M	kWh/M	166	1.075	208	1.344
	Mai	d <sub>Nutz,5</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	Juni	d <sub>Nutz,6</sub>	30 d/M	kWh/M	166	1.075	208	1.344
	Juli	d <sub>Nutz,7</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	August	d <sub>Nutz,8</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	September	d <sub>Nutz,9</sub>	30 d/M	kWh/M	166	1.075	208	1.344
	Oktober	d <sub>Nutz,10</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
	November	d <sub>Nutz,11</sub>	30 d/M	kWh/M	166	1.075	208	1.344
	Dezember	d <sub>Nutz,12</sub>	31 d/M	kWh/M	172	1.111	215	1.389
Jahr	d <sub>Nutz,a</sub>	365 d/a	kWh/a	2.023	13.081	2.531	16.353	

### Thermischer Nutzenergiebedarf

Weder in den österreichischen Normen noch im Energieausweis ist die Berechnung des gesamten thermischen Nutzenergiebedarfs eines Gebäudes vorgesehen. Nur der Endenergiebedarf wird ausgewiesen. In diesen Wert sind auch noch die Verluste der Anlagen zur Raum- und Warmwasserkonditionierung und bei Bedarf die Systeme zur Befeuchtung, zur mechanischen Luftförderung und zur Beleuchtung eingearbeitet (siehe dazu (OIB, 2007a S. 7)). Da in dieser Arbeit unter anderem auch Kennzahlen bezüglich der Umwandlung von der Endenergie in Nutzenergie abgeleitet und belegt werden sollen, wird hier der thermische Nutzenergiebedarf der Referenzgebäude ausgewertet. Er ergibt sich aus der Summe des Heizwärmebedarfs, des Kühlbedarfs und des Warmwasserwärmebedarfs.

$$Q_{\text{Nutz}} = Q_h + Q_{\text{tw}} \quad (3.4.11)$$

mit:  $Q_{\text{Nutz}}$  thermischer Nutzenergiebedarf, in kWh oder kJ  
 $Q_h$  Heizwärmebedarf des Gebäudes, in kWh oder kJ  
 $Q_{\text{tw}}$  Warmwasserwärmebedarf der Nutzer, in kWh oder kJ

Werden die Berechnungen nach der ÖNORM-Serie B 8110:2007 durchgeführt, sind Ergebnisse auf Monats- oder Jahresbasis möglich.

### 3.4.2 Einflussfaktoren auf den Nutzenergiebedarf

#### **Problematik der Flächen als Berechnungs- und Bezugsbasis**

Nicht nur die Berechnungsergebnisse werden im Gebäudesektor gerne als flächenspezifische Werte präsentiert, um einen Vergleich zu erleichtern, auch Zwischenergebnisse bzw. Anfangs- und Randbedingungen, welche z. B. aus den Nutzungsprofilen hervorgehen, sind auf Flächen bezogen. Es werden nicht in allen Normen die gleichen Begriffe dafür verwendet. Außerdem fehlen oft die Erklärungen, welche Flächen genau gemeint sind. Der häufig auftretende Begriff der Bezugsfläche BF, ist von allgemeiner Bedeutung und lässt Raum für Interpretationen. Dies führt zu unterschiedlichen Ergebnissen.

In ÖNORM B 8110-6:2007 wird die Bezugsfläche folgendermaßen definiert:

$$BF = \begin{array}{ll} 0,8 \cdot BGF & \text{für Wohngebäude} \\ 0,8 \cdot BGF \text{ oder } NGF & \text{für Nicht-Wohngebäude} \end{array} \quad (3.4.12)$$

mit: BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>  
 BGF Brutto-Grundfläche oder Brutto-Geschossfläche, in m<sup>2</sup>  
 NGF Netto-Grundfläche oder Netto-Geschossfläche, in m<sup>2</sup>

ÖNORM H 5056:2007 VORNORM beinhaltet nur die folgenden begrifflichen Definitionen. So werden BF und BGF als konditionierte Bezugsfläche bzw. konditionierte Brutto-Grundfläche des Gebäudes beschrieben. NGF steht für die beheizte Nettogrundfläche bei Nichtwohngebäuden und NF für die Nutzfläche des Gebäudes. Letztere wird nicht genauer erklärt, doch sie wird in der Norm im Wohngebäudesektor an Stelle der NGF verwendet. Normalerweise sind diese Flächen für jedes Gebäude bekannt. Z. B. wird die Größe von Wohnungen, Einfamilienhäusern oder Büros mit der Nutzfläche angegeben. In unserem Fall sind nur die Brutto-Maße der Referenzgebäude vorgegeben. Solch unbekannte Netto-Grundflächen können gemäß Gleichung (3.4.13) (vgl. (OIB, 2007a S. 3)) abgeschätzt werden. Da die Netto-Grundfläche und die Nutzfläche im Zuge der Berechnungen rund um den Nutz- und Endenergiebedarf der Gebäude nach der österreichischen Normung dieselbe Bedeutung zu haben scheinen, ist die Vorlage der Gleichung (3.4.13) um den Ansatz für die NF erweitert worden. Dies entspricht auch der geläufigen Berechnungspraxis am Institut für Wärmetechnik.

$$NGF = NF = 0,8 \cdot BGF \quad (3.4.13)$$

Wobei zu beachten gilt, dass die Netto-Grundfläche üblicherweise für Nicht-Wohngebäude und die Nutzfläche für Wohngebäude angegeben wird.

Es liegt nahe, zur Klärung der Begriffsvielfalt auf die internationale Normvorlage zurückzugreifen. So findet sich die Definition: „Bei der Nutzfläche innerhalb der Gebäudegrenze handelt es sich um die konditionierte Geschossfläche  $A_f$  des Gebäudes ...“ (ÖNORM EN ISO 13790:2008 S. 30). Aber die Beschreibung der konditionierten Fläche (d. h. Nutzfläche) endet in der Anmerkung: „Es können Innen-, Gesamt-Innen- oder Außenmaße verwendet werden. Dies führt zu unterschiedlichen Flächen für dasselbe Gebäude.“ Und weiter „Die genaue Definition der konditionierten Fläche wird durch nationale Stellen festgelegt.“ (ÖNORM EN ISO 13790:2008 S. 12) Auch wenn die Definitionen nicht alle eindeutig aus den ÖNORM-Serien zum Wärmeschutz im Hochbau und zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sowie dem OIB Leitfaden – energietechnisches Verhalten von Gebäuden – hervorgehen, sollen die bisherigen Erkenntnisse und Annahmen zusammengefasst werden. In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM wird darauf verwiesen, dass für ihre Anwendung sowohl ÖNORM B 8110-5 als auch ÖNORM B 8110-6 notwendig sind. Somit fließt auch Gleichung (3.4.12) in diese Betrachtung mit ein, woraus sich folgende Gleichung ergibt.

$$0,8 \cdot \text{BGF} = \text{BF} = \text{NGF} = \text{NF} \quad (3.4.14)$$

- mit:
- BGF** konditionierte Brutto-Grundfläche oder -Geschossfläche, in  $\text{m}^2$ , sie wird aus den Außenabmessungen der Grundrisse der einzelnen Geschosse ermittelt.
  - BF** Bezugsfläche, in  $\text{m}^2$ , sie entspricht lt. ÖNORM stets der NGF
  - NGF** konditionierte Netto-Grundfläche oder Geschossfläche, in  $\text{m}^2$ , vor allem im Kontext mit Nicht-Wohngebäude
  - NF** Nutzfläche oder Nutzungsfläche, in  $\text{m}^2$ , für Wohngebäude wird in der Regel die Annahme getroffen, dass sie der konditionierten Nettogrundfläche entspricht.

Sollten NF oder NGF bekannt sein, ist es vorzuziehen, diese Angaben zu benutzen und nicht Gleichung (3.4.14).

Dass diese trivial anmutenden Betrachtungen durchaus von wesentlicher Bedeutung sind, zeigt die Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs in Tabelle 20.

### ***Bedeutung der Ausnutzungsgrade im Heizfall***

Der Ausnutzungsgrad im Heizfall ist ein Korrelationsfaktor zur Berücksichtigung der tatsächlich nutzbaren Anteile der inneren und solaren Wärmegewinne im Gebäude. So sollen Wärmegewinne, welche die Innentemperatur über das gewünschte Maß hinaus erhöhen würden, aus der Bilanzierung genommen werden. Die Heizungsanlage und die Wärmeeinträge derselben bleiben dabei unberücksichtigt. Für jeden Zeitschritt (ein Monat) muss  $\eta_h$  nach Gleichung (3.4.15), (3.4.16) bzw. (3.4.17) neu berechnet werden.

$$\text{(ÖNORM B 8110-6:2007)} \quad \eta_h = \frac{1 - \gamma_h^a}{1 - \gamma_h^{a+1}} \quad \text{wenn } \gamma_h \neq 1 \quad (3.4.15)$$

$$\text{(ÖNORM B 8110-6:2007)} \quad \eta_h = \frac{a}{1 + a} \quad \text{wenn } \gamma_h = 1 \quad (3.4.16)$$

$$\text{(ÖNORM EN ISO 13790:2008)} \quad \eta_h = \frac{1}{\gamma_h} \quad \text{wenn } \gamma_h < 0 \quad (3.4.17)$$

- mit:
- a** dimensionsloser numerischer Parameter für den Ausnutzungsgrad, abhängig von der Gebäudeträgheit und somit der Zeitkonstante  $\tau$
  - $\gamma_h$  dimensionsloses Verhältnis der Wärmegewinne zu den Wärmeverlusten im Heizfall, auch Wärmebilanzverhältnis (unabhängig von der Heizanlage)

$$\text{wobei:} \quad a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (3.4.18)$$

$$\text{und:} \quad \gamma_h = \frac{Q_{g,h}}{Q_\ell} \quad (3.4.19)$$

- mit:
- $\tau$  Gebäudezeitkonstante, auch Zeitkonstante der Gebäudezone, in h
  - $\tau_0$  Bezugszeitkonstante, in h,
    - gemäß ÖNORM B 8110-6:2007  $\tau_0 = 16,0$  h,
    - gemäß ÖNORM EN ISO 13790:2008  $\tau_0 = 15,0$  h
  - $a_0$  dimensionsloser Bezugsparameter,
    - gemäß ÖNORM B 8110:2007 und ÖNORM EN ISO 13790:2008  $a_0 = 1,0$
  - $Q_{g,h}$  Wärmegewinne im Heizfall, in kWh/M
  - $Q_\ell$  Wärmeverluste, in kWh/M

Die Gebäudezeitkonstante  $\tau$  beschreibt „(...) die innere Wärmeträgheit der konditionierten Zone während des Heiz- und/oder des Kühlbetriebs“ (ÖNORM EN ISO 13790:2008 S. 78) und wird mittels der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes (C) in Wh/K und der Wärmeverlust-Leitwerte in W/K berechnet.

$$\tau = \frac{C}{(L_T + L_V)} = \frac{f_{BW} \cdot V}{(L_T + L_V)} \quad (3.4.20)$$

mit:	$\tau$	Gebäudezeitkonstante, auch Zeitkonstante der Gebäudezone, in h
	C	wirksame Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes, in Wh/K
	$L_T$	Transmissions-Leitwert, in W/K
	$L_V$	Lüftungs-Leitwert, in W/K
	$f_{BW}$	volumenbezogene innere Wärmespeicherfähigkeit, in Wh/(m <sup>3</sup> · K)
	V	konditioniertes Brutto-Volumen, in m <sup>3</sup>

Aus den obigen Gleichungen geht hervor, dass der Ausnutzungsgrad auf die innere Wärmespeicherfähigkeit  $f_{BW}$ , das von der Gebäudehülle umschlossene Volumen V und die Wärmeverlust-Leitwerte rückführbar ist. Die Bauweise (gebäudeschwere) und das Volumen sind durch Umbauten nur schwer beeinflussbar, deshalb sollen sie hier als konstant angenommen werden. Die Leitwerte heben sich in ihrer Bedeutung wieder hervor, deshalb werden sie noch gesondert betrachtet. Der Einfluss des Verhältnisses der Wärmegewinne zu den Wärmeverlusten ist nicht konstant. Er hängt neben den Gebäudeeigenschaften auch von den Klimaeinflüssen ab.

### **Berechnung der thermischen Verluste und Gewinne des Gebäudes**

Die Gesamtwärmeverluste  $Q_\ell$  setzen sich aus den Transmissionsverlusten  $Q_T$  der Gebäudehülle (Dach-, Decken-, Fassaden-, Boden- und Fensterflächen) sowie den Lüftungsverlusten  $Q_V$  (für Wohngebäude nur natürliche Lüftung, z. B. Fensterlüftung) zusammen. Die Gesamtwärmegewinne  $Q_g$  sind Resultate der inneren Lasten  $Q_i$  (in dieser Arbeit gemäß ÖNORM B 8110-5:2007, Tabelle 2; siehe dazu Kapitel 3.3.1) und dem Energieeintrag der Solarstrahlung  $Q_s$  (nach ÖNORM B 8110-5:2007).

Der monatliche Gesamtverlust  $Q_\ell$  ergibt sich aus der Summe der Transmissions- und Lüftungsverluste des jeweiligen Monats.

$$Q_\ell = Q_T + Q_V \quad (3.4.21)$$

mit:	$Q_\ell$	monatlicher Gesamtwärmeverlust eines Gebäudes/ Gebäudeteils/ einer Gebäudezone mit gleichmäßiger Innentemperatur, in kWh/M
	$Q_T$	Transmissionswärmeverlust, in kWh/M
	$Q_V$	Lüftungswärmeverlust, in kWh/M

Die Angabe der jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) in W/(m<sup>2</sup>·K) ermöglicht die Bestimmung der thermischen Leitwerte  $L_T$ , in W/K, der einzelnen Bauteile. Ergänzt um die Leitwertzuschläge für zwei- und dreidimensionale Wärmebrücken wird so der Transmissionsleitwert  $L_T$  berechnet. Multipliziert mit der Temperaturdifferenz zw. konditioniertem Innenraum (20°C) und der mittleren Monatsaußentemperatur (nach Klimamodell ÖNORM B 8101-5:2007) sowie multipliziert mit der monatlichen Nutzungszeit  $t$  in h/M ergibt sich daraus der monatliche Transmissionswärmeverlust  $Q_T$ .

$$Q_T = \frac{1}{1000} \cdot L_T \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad (3.4.22)$$

mit:	$Q_T$	monatliche Transmissionswärmeverluste, in kWh/M
	$\theta_i$	mittlere Innentemperatur, in °C (20 °C im Heizfall, 26 °C im Kühlfall)
	$\theta_e$	mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat, in °C

- $t$  monatliche Gesamtzeit, in h/M, ergibt sich aus der Multiplikation der Nutzungstage mal der Nutzungsstunden (siehe dazu Tabelle 10)
- $L_T$  Transmissions-Leitwert, in W/K (siehe Gleichung (3.4.28))

Aus dem energetisch wirksamen Luftvolumen,  $V_V$  in  $m^3$ , und den Luftwechselraten (aus ÖNORM B 8110-5:2007) wird der Lüftungsleitwert  $L_V$ , in W/K, hergeleitet. Das Produkt von  $L_V$ , der Temperaturdifferenz und der Nutzungszeit stellt die monatlichen Lüftungsverluste  $Q_V$  dar.

$$Q_V = \frac{1}{1000} \cdot L_V \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad (3.4.23)$$

- mit:  $Q_V$  monatliche Lüftungswärmeverluste, in kWh/M
- $\theta_i$  mittlere Innentemperatur, in °C (20 °C im Heizfall, 26 °C im Kühlfall)
- $\theta_e$  mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat, in °C
- $t$  monatliche Gesamtzeit, in h/M, ergibt sich aus der Multiplikation der Nutzungstage mal der Nutzungsstunden (siehe dazu Tabelle 10)
- $L_V$  Lüftungs-Leitwert, in W/K

Da die Ermittlung des Transmissions-Leitwertes von mehreren Annahmen und Faktoren abhängt, wird sie an etwas späterer Stelle genauer erklärt. Für den Lüftungs-Leitwert für Wohngebäude bei natürlicher Lüftung gilt gemäß ÖNORM B 8110-6:2007:

$$L_V = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot v_V = 0,34 \cdot n_L \cdot V_V \quad (3.4.24)$$

- mit:  $L_V$  Lüftungs-Leitwert, in W/K
- $c_{p,L} \cdot \rho_L = 0,34 \text{ Wh}/(m^3 \cdot K)$  volumenbezogene Wärmespeicherfähigkeit der Luft
- $v_V$  Luftvolumenstrom, in  $m^3/h$
- $n_L$  energetisch wirksame Luftwechselrate gemäß ÖNORM B 8110-5:2007, in 1/h  
gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 für Wohngebäude:  $n_L = n_{L,FL} = 0,4 \text{ 1/h}$
- $V_V$  energetisch wirksames Luftvolumen, in  $m^3$

Die monatlichen Gesamtgewinne  $Q_g$  werden aus der Summe der monatlichen inneren Gewinne  $Q_i$  (abhängig von den Nutzerprofilen nach ÖNORM B 8110-5:2007) und den monatlichen solaren Gewinnen  $Q_s$  (abhängig von den transparenten Flächen = Fenster und der solaren Einstrahlung) ermittelt.

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad (3.4.25)$$

- mit:  $Q_g$  monatliche Gesamtwärmegewinne, in kWh/M
- $Q_i$  monatliche innere Wärmegewinne, in kWh/M
- $Q_s$  solare Wärmegewinne für Wohngebäude, in kWh/M

wobei:

$$Q_i = \frac{1}{1000} \cdot q_{i,h,n} \cdot BGF \cdot 0,8 \cdot t \quad (3.4.26)$$

- mit:  $q_{i,h,n}$  innere Wärmegewinne (Personen und Geräte) im Heizfall bezogen auf die Bezugsfläche BF, in  $W/m^2$   
gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 gilt für Wohngebäude  $q_{i,h,n} = 3,75 \text{ W}/m^2$
- $BGF \cdot 0,8 = BF$  Bezugsfläche, in  $m^2$
- $t$  monatliche Gesamtzeit, in h/M, ergibt sich aus der Multiplikation der Nutzungstage mal der Nutzungsstunden (siehe dazu Tabelle 10)

und: 
$$Q_s = \sum_j \left( I_{s,j} \cdot \sum_k A_{\text{trans},h,k,j} \right) \quad (3.4.27)$$

mit:  $I_{s,j}$  „Gesamtenergie der Globalstrahlung auf eine Flächeneinheit mit der Orientierung j während des jeweiligen Monats nach ÖNORM B 8110-5:2007, in kWh/m<sup>2</sup>“ (ÖNORM B 8110-6:2007, 2007 S. 42)

$A_{\text{trans},h,k,j}$  „solar wirksame Kollektorfläche der transparenten Oberfläche k mit der Orientierung j, in m<sup>2</sup>“ (ebd.)

### **Bisher identifizierte Einflussfaktoren**

Aus Kapitel 3.4.1 sowie der Betrachtung der thermischen Verluste und Gewinne des Gebäudes gemäß ÖNORM-Serie B 8110:2007 ergeben sich die folgenden variablen Einflussfaktoren:

- Temperaturdifferenz:  $\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$
- solare Einstrahlung:  $I_s$
- Flächen der transparenten Bauteile:  $A_{\text{trans},h,k,j}$
- Abmessungen des Gebäudes: BGF, BF, V
- Transmissions-Leitwerte:  $L_T$
- Lüftungs-Leitwerte:  $L_L$

Als Konstanten, welche aber mit variablen Faktoren multipliziert werden, treten folgende Werte auf:

- innere Wärmegewinne/ -quellen:  $q_{i,h,n}$
- Gesamtzeit der Nutzung (monatlich oder jährlich): t
- spezifischer Warmwasserwärmebedarf:  $wwwb$
- energetisch wirksame Luftwechselrate:  $n_L$
- innere Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes (Bauweise-Gebäudeschwere):  $f_{BW}$
- Bezugszeitkonstante:  $\tau_0$
- Bezugsparameter:  $a_0$

### **Berechnung der Transmissions-Leitwerte des Gebäudes**

ÖNORM B 8110-6:2007 bietet zwei Methoden zur Ermittlung des Transmissionsleitwert  $L_T$ :

- detaillierte Berechnung nach ÖNORM B 8110-6:2007, Kapitel 5.2, S. 11 ff.
- vereinfachte Berechnung nach ÖNORM B 8110-6:2007, Kapitel 5.3, S. 20 ff.

Die detaillierte Berechnung sieht eine Berücksichtigung der Wärmeverluste über unkonditionierte Räume, unterschiedliche Bodenaufbauten und eine genauere Betrachtung zwei- und dreidimensionaler Wärmebrücken vor. Die vereinfachte Methode bezieht sich auf die Gebäudehülle, welche direkt die konditionierten Räume umschließt. Die unterschiedlichen Flächen dieses Mantels werden, wenn nötig, mit Temperaturkorrekturfaktoren beaufschlagt, um angrenzende, unkonditionierte Räume (z. B. Keller, Dachböden, Garagen, Wintergärten, etc.) und Wärmebrücken zwischen den konditionierten Innenräumen und dem Außenklima zu berücksichtigen.

Da aus der Statistik keine Rückschlüsse auf den genauen Aufbau und die verwendeten Baustoffe der Gebäude möglich sind, ist in dieser Arbeit nur der vereinfachte Ansatz zur Berechnung der Referenzgebäude angewendet worden. Für die U-Werte der Bauteile und auch für die g-Werte der Fenster sind den Referenzgebäuden dem Baualter entsprechende Literaturwerte (vgl. (OIB, 2007a), (Schriefl, 2007), online im Internet - URL: [www.energyagency.at/\(de\)/enz/k-wert.htm](http://www.energyagency.at/(de)/enz/k-wert.htm) [Stand Sommer 2009]) angesetzt worden (siehe Tabelle 16).

Der Transmissionsleitwert nach ÖNORM B 8110-6:2007, Kap. 5.1 setzt sich aus mehreren Teilwerten zusammen.

$$L_T = L_e \cdot L_u \cdot L_g \cdot L_\psi \cdot L_\chi \tag{3.4.28}$$

- mit:
- $L_T$  „Transmissions-Leitwert eines Gebäudes, in W/K“ (ÖNORM B 8110-6:2007 S. 9)
  - $L_e$  „thermischer Leitwert für alle Bauteile, die den konditionierten Innenraum und die Außenluft thermisch verbinden, in W/K“ (ebd.)
  - $L_u$  „thermischer Leitwert der Bauteile, die den konditionierten Innenraum über unkon-ditionierte Räume mit der Außenluft thermisch verbinden, in W/K“ (ebd.)
  - $L_g$  „thermischer Leitwert für Bauteile, die den konditionierten Innenraum über den Boden mit dem Außenraum thermisch verbinden, in W/K“ (ebd.)
  - $L_\psi$  „Leitwertzuschlag für zweidimensionale Wärmebrücken, in W/K“ (ebd.)
  - $L_\chi$  „Leitwertzuschlag für dreidimensionale Wärmebrücken, in W/K“ (ebd.)

In Kapitel 5.2 der ÖNORM B 8110-6:2007 wird die detaillierte Berechnung des Transmissionsleitwertes gemäß Gleichung (3.4.28) beschrieben. Allerdings liegen üblicherweise die notwendigen Detailinformationen bezüglich des Aufbaus und der Gestaltung einzelner Komponenten eines bestehenden Gebäudes nicht vor (z. B.: Gestaltung der Dämmung von Bodenplatten, Kellern, etc.). Deshalb wird in Kapitel 5.3 der ÖNORM B 8110-6:2007 folgendes vereinfachtes Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Transmissionsleitwertes angeführt.

$$L_T = \begin{cases} \left( \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \right) + L_\psi + L_\chi & \text{im Heizfall} \\ \left( \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i \right) + L_\psi + L_\chi & \text{im Kühlfall} \end{cases} \tag{3.4.29}$$

- mit:
- $A_i$  „Fläche des Bauteils i der Gebäudehülle, in m<sup>2</sup>“ (ÖNORM B 8110-6:2007 S. 21)
  - $U_i$  „Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils i, in W/(m<sup>2</sup> · K)“ (ebd.)
  - $f_{FH,i}$  „Korrekturfaktor für Flächenheizung in der Gebäudehülle“ (ebd.)  
für Flächen ohne Flächenheizung:  $f_{FH,i} = 1,0$   
ansonsten gemäß Anhang A in ÖNORM B 8110-6:2007
  - $f_{i,h}$  „Temperaturkorrekturfaktor der Bauteile gegen Außenluft im Heizfall“ (ebd.) in den Tabellen 8,9,10 der ÖNORM B 8110-6 hinterlegt
  - $f_{i,c}$  „Temperaturkorrekturfaktor der Bauteile gegen Außenluft im Kühlfall“ (ebd.) in den Tabellen 8,9,10 der ÖNORM B 8110-6 hinterlegt
  - $L_\psi$  und  $L_\chi$  „Leitwertzuschlag für zwei- bzw. dreidimensionale Wärmebrücken in W/K“ (ebd.)

Bis zum Vorliegen eines Wärmebrückenkatalogs gilt für die Wärmebrücken:

$$L_\psi + L_\chi = \begin{cases} 0,2 \cdot \left( 0,75 - \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \underbrace{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}_{\text{therm. Leitwert der Gebäudehülle}} \geq 0,1 \cdot L_e & \text{im Heizfall} \\ 0,2 \cdot \left( 0,75 - \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \underbrace{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,c} \cdot A_i \cdot U_i}_{\text{therm. Leitwert der Gebäudehülle}} \geq 0,1 \cdot L_e & \text{im Kühlfall} \end{cases} \tag{3.4.30}$$

wobei:  $\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \hat{=} L_e + L_g + L_u \dots$  thermischer Leitwert der Gebäudehülle (3.4.31)

- mit:
- $A_i$  Fläche des Bauteils i der Gebäudehülle, in m<sup>2</sup>
  - $U_i$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils i, in W/(m<sup>2</sup> K)

Aus Gleichung (3.4.30) geht hervor, dass für die Wärmebrückenzuschläge in jedem Fall  $L_{\psi} + L_{\chi} = (0,1 \cdot L_e)$  eingesetzt werden muss. Sollte die Berechnung einen höheren Faktor ergeben, wäre dieser zu verwenden.

Die Gebäudehülle setzt sich aus allen Bauteilflächen  $A_i$  zusammen, die das konditionierte Bruttovolumen umschließen. Die Abminderungsfaktoren  $f_{i,h}$  und  $f_{i,c}$  verringern dabei die thermischen Leitwerte jener Bauteile der Gebäudehülle, die nicht direkt an die Außenluft grenzen, sondern mittelbar über den Boden oder über unkonditionierte Räume mit dem Außenraum verbunden sind.

Die thermischen Leitwerte der einzelnen Bauteile im Heizfall werden folgendermaßen ermittelt:

$$L_{T,i} = A_i \cdot U_i \cdot f_{i,h} \cdot f_{FH,i} \quad (3.4.32)$$

mit:  $L_{T,i}$  Transmissions-Leitwert des Bauteil  $i$ , in W/K  
 $A_i$  Fläche des Bauteils  $i$  der Gebäudehülle, in  $m^2$   
 $U_i$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils  $i$ , in  $W/(m^2 K)$   
 $f_{i,h}$  „Temperaturkorrekturfaktor der Bauteile gegen Außenluft im Heizfall“ (ÖNORM B 8110-6:2007 S. 21) in den Tabellen 8,9,10 der ÖNORM B 8110-6 hinterlegt  
 $f_{FH,i}$  „Korrekturfaktor für Flächenheizung in der Gebäudehülle“ (ebd.)

Die Referenzgebäude wurden vereinfacht als eine Zone angenommen und berechnet. Dabei werden die Fassaden und Dachelemente als Außenbauteile angenommen (daraus folgt der Leitwert der Außenbauteile  $L_e$  in W/K). Der Boden als Decke zu einen unkonditionierten und ungedämmten Kellergeschoss, welches nicht näher betrachtet wird, und die oberste Geschossdecke als Decke zu einem unbeheizten geschlossenen und gedämmten Dachraum (daraus folgt Leitwert der Innenbauteile zu unkonditionierten Räumen  $L_g$  in W/K).

Die Fenster sind Teil der Flächen, die den konditionierten Innenraum von dem Außenklima trennen. Üblicherweise werden aber die Flächen der Fassadenelemente nur grob mittels der Außenabmessungen der Gebäude berechnet. Deshalb müssen die Fenster von den Flächen, die zw. Innenraum und Außenluft stehen, abgezogen, und beide Flächenwerte mit den entsprechenden U-Werten wieder eingesetzt und addiert werden, um den Leitwert der Außenbauteile  $L_e$  zu ermitteln.

$$L_{e,i} = \left( A_{e,i} - \sum_{j=1}^n A_{FE,i,j} \right) \cdot U_{e,i} + \sum_{j=1}^n A_{FE,i,j} \cdot U_{FE,i,j} \quad (3.4.33)$$

mit:  $L_{e,i}$  thermischer Leitwert des Bauteils  $i$ , welches den konditionierten Innenraum mit dem Außenklima verbindet, in W/K  
 $A_{e,i}$  Fläche des Bauteils  $i$ , welches den konditionierten Innenraum mit dem Außenklima verbindet, in  $m^2$   
 $A_{FE,i,j}$  Fläche des Fensters  $j$ , welches im Bauteil  $i$  liegt, in  $m^2$   
 $U_{e,i}$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils  $i$ , in  $W/(m^2 K)$   
 $U_{FE,i,j}$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters  $j$ , welches im Bauteil  $i$  liegt, in  $W/(m^2 K)$

Der Leitwert aller Flächen (bzw. der Gebäudehülle), die den konditionierten Innenraum vom Außenklima trennen, ergibt sich wie folgt.

$$L_e = \sum_{i=1}^k \left( A_{e,i} \cdot U_{e,i} \right) - \sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^n \left( A_{FE,i,j} \cdot U_{e,i} \right) \right) + \sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^n \left( A_{FE,i,j} \cdot U_{FE,i,j} \right) \right) \quad (3.4.34)$$

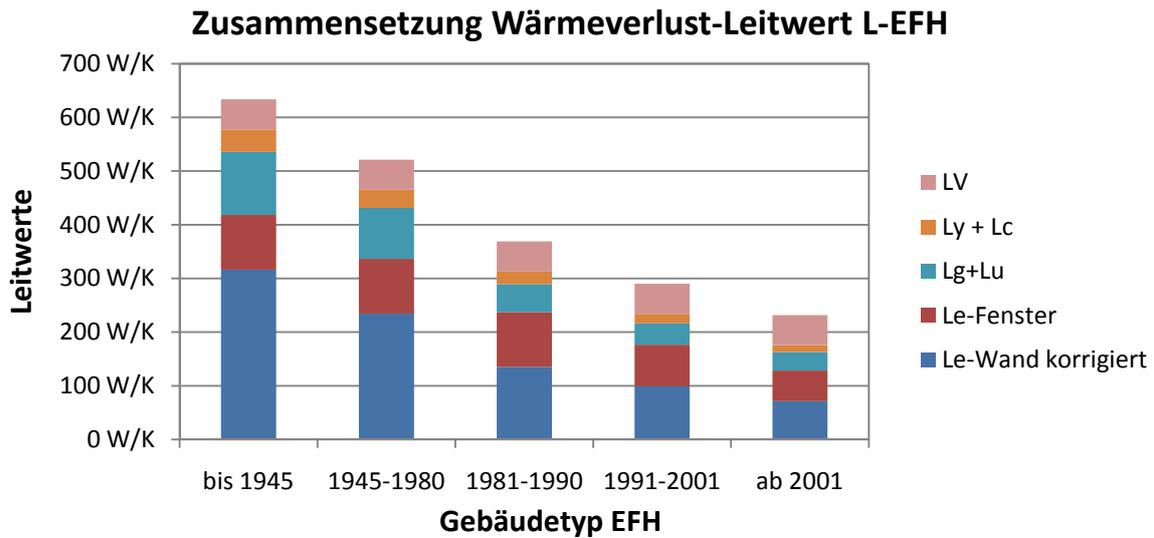
Mit den obigen Gleichungen wurden die Wärmeverlust-Leitwerte der Referenzgebäude bestimmt und in Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21:** Leitwerte gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 für die Referenzgebäude

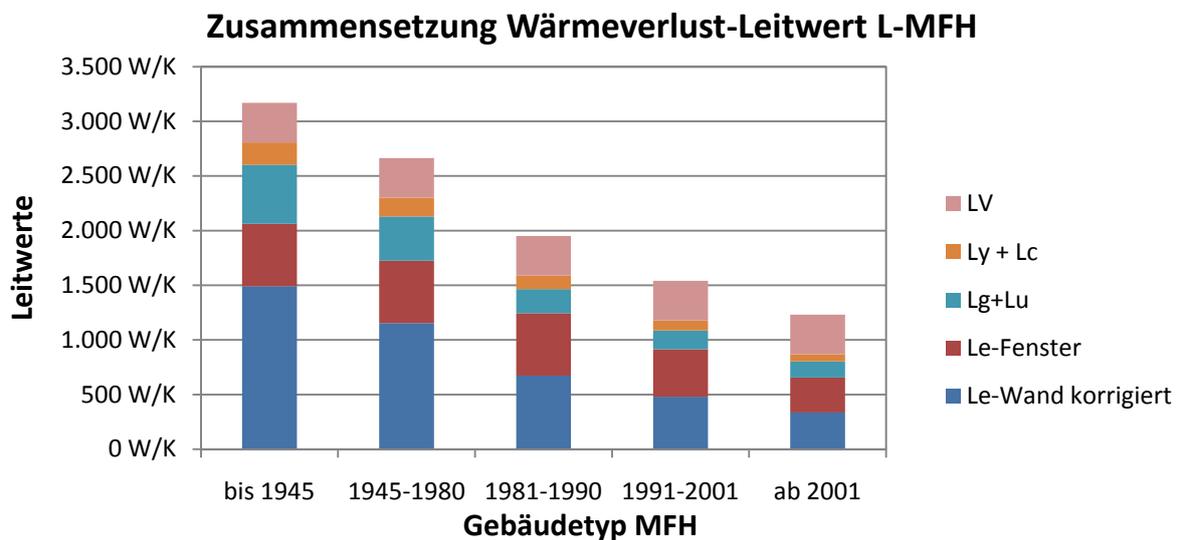
		Einfamilienhaus – EFH					Mehrfamilienhaus - MFH				
Leitwert	Einheit	bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001	bis 1945	1945-1980	1981-1990	1991-2000	ab 2001
$L_{e,BT}$	W/K	379,5	283,4	163,9	119,6	85,5	1.845,1	1.428,5	833,3	595,2	416,6
$L_{e,FE}$	W/K	102,0	102,0	102,0	77,5	57,1	570,4	570,4	570,4	433,5	319,4
$L_{e,Korr.}$	W/K	63,2	48,9	28,5	20,4	14,3	353,6	273,8	159,7	114,1	79,9
$L_{e,Wand\ korr.}$	W/K	316,3	234,5	135,3	99,2	71,2	1.491,5	1.154,7	673,6	481,1	336,8
$L_e$	W/K	418,2	336,5	237,3	176,7	128,3	2.061,9	1.725,1	1.244,0	914,6	656,2
$L_g + L_u$	W/K	117,5	95,1	51,9	39,7	34,6	539,2	404,8	220,8	172,8	147,2
$L_{\psi} + L_{\chi}$	W/K	41,8	33,6	23,7	17,7	12,8	206,2	172,5	124,4	91,5	65,6
$L_T$	W/K	577,5	465,2	312,9	234,1	175,7	2.807,3	2.302,4	1.589,2	1.178,9	869,0
$L_V$	W/K	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	362,1	362,1	362,1	362,1	362,1
$L = L_T + L_V$	W/K	633,5	521,2	368,9	290,1	231,7	3.169,3	2.664,5	1.951,3	1.541,0	1.231,1

- mit:
- $L_{e,BT}$  Summe der Leitwerte der Außenbauteile (Fassaden, Decken und Böden) auf Basis der Außenabmessungen
  - $L_{e,FE}$  thermischer Leitwert der Fenster und Türen, die den konditionierten Innenraum mit dem Außenklima verbinden
  - $L_{e,Korr.}$  Korrekturleitwert, auf Grund dessen die Leitwerte der Außenbauteile um die Ausnehmungen für Fenster und Türen vermindert werden
  - $L_{e,Wand\ korr}$  korrigierter Leitwert der Außenbauteile
  - $L_e$  gesamter Leitwert der Gebäudehülle, die den konditionierten Innenraum mit dem Außenklima verbindet
  - $L_g + L_u$  Leitwert aller Bauteile die den konditionierten Innenraum mit unconditionierten Räumen verbinden
  - $L_{\psi} + L_{\chi}$  Leitwertzuschläge für mehrdimensionale Wärmebrücken (in Diagrammen  $L_y + L_c$ )
  - $L_T$  Transmissions-Leitwert des Gebäudes
  - $L_V$  Lüftungs-Leitwert des Gebäudes
  - $L$  Wärmeverlust-Leitwert des Gebäudes

In Abbildung 39 und Abbildung 40 ist die Zusammensetzung der Wärmeverlust-Leitwerte für die Referenzgebäude dieser Arbeit dargestellt. Die Geometrien der EFH und MFH bleiben für dieses Beispiel gleich. Somit ist die Änderung an die verwendeten Bauteile (Dämmstärken und -materialien, Fenster, Türen, etc.) geknüpft. Es handelt sich also um eine Parametervariation der verwendeten Materialien und Aufbauten, das Gebäude selbst bleibt gleich. Wie nicht anders zu erwarten, bleibt der Lüftungsleitwert über die Jahre konstant. Am meisten Einfluss auf die Minderung des Wärmeverlust-Leitwertes haben die verbesserten U-Werte und somit die Leitwerte der Bauteile, die den konditionierten Innenraum mit dem Außenklima ( $L_{e,Wand\ korrigiert}$ ) oder unconditionierten Räumen bzw. Erdreich ( $L_g + L_u$ ) verbinden. Die Leitwertzuschläge für mehrdimensionale Wärmebrücken ( $L_{\psi} + L_{\chi}$  bzw. in den Diagrammen  $L_y + L_c$ ) werden von dieser positiven Entwicklung direkt beeinflusst. Eine Änderung der Leitwerte der Fenster ist erst ab den Referenzgebäuden der Jahrgänge 1991-2001 vorgesehen. Die Leitwerte der Fenster und die damit verbundenen Verluste sinken ab dann ebenfalls, haben aber keinen derartig großen Einfluss wie die Verbesserung der U-Werte. Da aber der thermische Leitwert der Fenster relativ um ca. 50 % gegenüber dem Ausgangswert des Jahrgangs bis 1945 sinkt, soll dessen Bedeutung und somit die Wichtigkeit der thermischen Sanierung von Fenstern nicht unterschätzt werden. Zur Verbesserung der thermischen Randbedingungen eines Gebäudes sollten alle Faktoren berücksichtigt und optimiert werden. Die Summe der Leitwerte  $L_{e,Wand\ korrigiert}$ ,  $L_{e-Fenster}$ ,  $L_g$ ,  $L_u$ ,  $L_y$  und  $L_c$  ergeben den Transmissions-Leitwert  $L_T$ .



**Abbildung 39:** Zusammensetzung des Wärmeverlust-Leitwertes L der Referenz EFH in dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 40:** Zusammensetzung des Wärmeverlust-Leitwertes L der Referenz MFH in dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung)

#### Berechnung der Fensterflächen und solaren Durchlassgrade

Glasfläche des Fensters ergibt sich nach ÖNORM B 8110-6:2007 Gleichung (50):

$$A_g = f_g \cdot A_w \tag{3.4.35}$$

mit :  $A_g$  Glasfläche des Fensters, in  $m^2$

$A_w$  Architekturlichte des Fensters, in  $m^2$

$f_g = 0,7$  pauschaler Glasanteil der Architekturlichte, der mit 0,7 anzusetzen ist (eigene Stichproben haben Werte zwischen 0,64 – 0,65 ergeben)

$f_g = 0,7$  bedeutet 70 % der Fläche der Architekturlichte werden von Glas bedeckt, die restlichen 30 % werden von opaken Träger- und Rahmenelementen verdeckt

Für die Berechnungen der passiven solaren Gewinne gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 wird die wirksame Kollektorfläche der Fenster  $A_{\text{trans,h}}$  benötigt.

$$A_{\text{trans,h}} = A_g \cdot F_{\text{S,h}} \cdot g_w = A_w \cdot f_g \cdot F_{\text{S,h}} \cdot 0,9 \cdot 0,98 \cdot g \quad (3.4.36)$$

mit:  $A_{\text{trans,h}}$  wirksame Kollektorfläche der Fenster, in  $\text{m}^2$   
 $F_{\text{S,h}}$  dimensionsloser Verschattungsfaktor  
 $g_w$  dimensionsloser effektiv wirksamer Gesamtenergie-Durchlassgrad der Verglasung  
 $g$  dimensionsloser solarer Gesamtenergie-Durchlassgrad senkrecht auf die Verglasungsflächen

Der Verschattungsfaktor  $F_{\text{S,h}}$ , kann gemäß ÖNORM B 8110-6; S. 37 in der vereinfachten Berechnungsmethode für Ein-, Zweifamilien- und Reihenhäuser im Heizfall mit 0,85 angesetzt werden; für alle anderen Gebäude mit 0,75 im Heizfall; im Kühlfall generell mit 1,00.

Der effektiv wirksame Gesamtenergie-Durchlassgrad der Verglasung ergibt sich aus:

$$g_w = 0,9 \cdot 0,98 \cdot g \quad (3.4.37)$$

mit:  $g$  solarer Gesamtenergie-Durchlassgrad senkrecht auf die Verglasungsfläche der Tabelle 20 in ÖNORM B 8110-6; S.53 entnommen wird  
 0,9 Berücksichtigung des Strahlungsdurchgangs (90 % der  $I_s$  gehen durch)  
 0,98 Berücksichtigung der Glasverschmutzung (98 % der  $I_s$  gehen durch)

Die Fensterflächen haben nicht nur einen wesentlichen Einfluss auf die passiven solaren Gewinne und somit auf die Wärmegewinne der Gebäude. Die Untersuchung der Wärmeverlust-Leitwerte zeigt, dass die Entwicklung von Fenstern mit besseren thermischen Leitwerten nicht so schnell voranschreitet wie die Verbesserung anderer Bauteile. Nach wie vor verursachen der Rahmen und die tragenden Elemente der Fenster die höchsten relativen Verluste. Der Anteil dieser opaken Bestandteile steigt mit größer werdenden transparenten Bauteil-Abmessungen. Dazu kommt im Sommer auch eine größere Überhitzungsgefahr der Gebäude. Der technischen und planerischen Optimierung der Fenster wird demnach auch in Zukunft große Bedeutung zukommen.

#### ***Einflussfaktoren auf den Transmissionsleitwert:***

- opake Bauteile der Gebäudehülle:  $A, U, f_{\text{FH,ir}}, f_{\text{i,h}}, f_{\text{i,c}}$
- transparente Bauteile der Gebäudehülle;  $A, U, g, F_{\text{S,h}}, f_g$
- Aufbau des Gebäudes; d. h. unconditionierte Räume, die zwischen dem konditionierten Innenraum und dem Außenklima stehen (Keller, Dachboden, Garagen, etc.):  $A, U, f_{\text{FH,ir}}, f_{\text{i,h}}, f_{\text{i,c}}$
- mehrdimensionale Wärmebrüchen:  $L_\psi + L_\chi$  mit  $f_{\text{FH,ir}}, f_{\text{i,h}}, f_{\text{i,c}}$
- Bauteile => Einfluss auf Geometrie:  $A = \text{BGF}$  und  $V$ ; sowie auf die Transmissionsleitzahl  $L_T$

### ***Grenzen der Berechnungsmethode für den Heizwärme- und Kühlbedarf nach ÖNORM B 8110-6***

ÖNORM B 8110-6 geht sowohl bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs als auch des Kühlbedarfs von gegebenen und konstanten Innenraumtemperaturen von minimal 20 °C im Heizfall bzw. maximal 26 °C im Kühlfall aus. Die Berechnung der thermischen Gesamtverluste mittels der Leitwerte für Transmission und Lüftung greift immer auf die als konstant angenommene Innenraumtemperatur und die mittlere Monatsaußentemperatur zurück. Mit diesem Rechenmodell kann also die Innenraumtemperatur, abhängig von den Umweltparametern und den inneren Lasten, nicht ermittelt werden.

Bei einer mittleren Monatsaußentemperatur von 20 °C ergibt sich für die Temperaturdifferenz zw. Innen- und Außenraum und auch für die Gesamtwärmeverluste der Wert Null. Somit werden die thermischen Verluste und der Heizwärmebedarf des Gebäudes negativ. Dies erscheint trivial, weil niemand bei 20 °C Außentemperatur ein Gebäude beheizen würde. Als Heizgrenztemperatur wird in unseren Breitengraden sogar nur 12 °C angenommen. Trotzdem ergibt sich hier aus dem Berechnungszeitschritt eines Monats ein Problem. Denn es wird die mittlere monatliche Außentemperatur in die Berechnung eingesetzt. Würden die Monate mit einer Außentemperatur über 12 °C aus der Ermittlung des Heizwärmebedarfs genommen, wäre dies zwar auf Basis der Heizgrenztemperatur argumentierbar, allerdings nicht mit den realen Außentemperaturen und dem tatsächlichen Wärmebedarf vereinbar. Denkt man an die Tagesschwankungen der Außentemperaturen oder deren Anstieg bzw. Abfall im Verlauf eines Monats wird jedem klar, dass eine mittlere Monatsaußentemperatur über 12 °C noch kein Kriterium zum Abschalten der Raumheizsysteme sein kann. Deshalb werden nach ÖNORM B 8110-6 alle monatlichen thermischen Verluste des Gebäudes in den Heizwärmebedarfs eingerechnet. In den Monaten zu Anfang und zu Ende der Heizperiode, weisen die Monatsbilanzen große relative Abweichungen auf (vgl. (ÖNORM EN ISO 13790:2008, 2008)). Hierbei handelt es sich zumeist um Monate, in denen die mittlere Außentemperatur nahe an den 12 °C der Heizgrenztemperatur liegt. Außentemperaturen über 20 °C haben zur Folge, dass der Heizwärmebedarf eines solchen Monats negativ in die Jahresbilanz eingeht. Dadurch wird der jährliche Heizwärmebedarf sogar verringert. Die Klimadaten nach ÖNORM B 8110-5:2007 ergeben zwar nur für Sonderfälle mittlere Monatsaußentemperaturen über 20 °C (siehe dazu Anhang A), aber es ist durchaus möglich, dass lokal erhobene Messreihen der Außentemperaturen von der Norm abweichen.

Der Aufbau der Berechnung des Kühlbedarfs gleicht der des Heizwärmebedarfs. Den größten Einfluss auf den Kühlbedarf in Österreich bei der Berechnung mittels eines Monatsbilanzenverfahrens hat die solare Einstrahlung. Ab einer mittleren Monatsaußentemperatur von 26 °C versagt das Verfahren zur Berechnung des Kühlbedarfs. Wird die mittlere Monatsaußentemperatur mit 26 °C angesetzt, steht für die Temperaturdifferenz des zu kühlenden Innenraums zur Außentemperatur 0 °C. (Standardmäßig wird eine Kühlgrenztemperatur von 26 °C in Österreich angenommen) Werte der Außentemperatur über 26 °C führen wieder zu negativen Temperaturdifferenzen und Kühlbedarfsmengen (Die Grenze der Innentemperatur ist nun ja bei 26 °C und nicht mehr bei 20 °C). Dieser Vorzeichenwechsel bedeutet qualitativ eine Richtungsumkehr des Wärmeflusses über die Gebäudeoberfläche bzw. durch die Lüftung. Die Wärme geht nicht mehr vom konditionierten Innenraum an den Außenraum verloren, sondern der Außenraum heizt über die Transmissions- und Lüftungsverluste den Innenraum, welcher eine Solltemperatur von 26 °C anstrebt, auf. Somit gibt es keine monatlichen Wärmeverluste  $Q_i$  mehr, sondern nur Wärmegewinne ( $Q_{g,c} + Q_T + Q_L$ ). Damit ist das Verhältnis der Wärmegewinne zu den Wärmeverlusten nicht mehr berechenbar (eine Division durch den Wert Null ist mathematisch nicht definiert). Wird in diesem Fall für das Verhältnis  $\gamma$  der Wert Null ( $\gamma=0$ ) angesetzt, ergibt sich für den Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heiz- und im Kühlfall der Wert Eins ( $\eta_h = 1$  und  $\eta_c = 1$ ). Für den Heizwärmebedarf ergeben sich daraus die bereits erwähnten negativen Werte. Da  $\eta_c$  im Kühlfall mit dem Ausdruck  $(1 - \eta_c)$  in eine Multiplikation zur Berechnung des Kühlbedarfs  $Q_c$  eingeht, wird der Wert für  $Q_c$  zu Null. Die Berechnungsvorschrift versagt also unter derartigen Bedingungen.

### 3.4.3 Einbindung des Nutzenergiebedarfs in Polysun

Grundsätzlich trennt das Programm Polysun (Version 5.2.0.12) den Warmwasserwärmebedarf vom Raumwärmebedarf. Beide Größen bzw. die Randbedingungen zur Ermittlung dieser Werte müssen vor den Simulationen getrennt voneinander definiert werden.

#### **Definition des Warmwasserwärmebedarfs in Polysun (Version 5.2.0.12)**

Zur Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs müssen vorab die täglich benötigte Warmwassermenge in Litern, die mittlere Temperatur des Warmwassers in Grad Celsius und das Tageszapfprofil angegeben werden. Alternativ können auch vordefinierte Verbrauchsprofile (z. B. gemäß VDI 6002) ausgewählt werden, dann entfällt die Eingabe der vorher erwähnten drei Parameter. Es ist auch möglich eigene Verbrauchsprofile im Dateiformat „.csv“ abzurufen. Die Einbindung der Warmwasserbedarfsmengen gemäß den Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5:2007 ist am einfachsten mit der ersten Methode durchführbar. Dazu ist es notwendig den täglichen Warmwasserwärmebedarf der Gebäude in kWh/d (siehe Tabelle 20) auf die tägliche Wassermenge in l/d rückzurechnen. Dazu soll für das Wasser vereinfachend eine konstante, spezifische Wärmekapazität von 4,2 kJ/(kg·K) angenommen werden. Dem Frischwasser wird eine Zulauftemperatur von 10 °C und dem gezapften Warmwasser eine mittlere Temperatur von 55 °C unterstellt, woraus sich eine Temperaturdifferenz von 45 K ergibt. Daraus folgt gemäß Gleichung (3.4.38) ein Umrechnungsfaktor  $f_u$  von 52,5 Wh/l.

$$f_u = c_{p,H_2O} \cdot \Delta T = 4200 \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \cdot 1 \left[ \frac{\text{kg}_{H_2O}}{\text{l}_{H_2O}} \right] \cdot \frac{1}{3600} \left[ \frac{\text{Wh}}{\text{J}} \right] \cdot 45 [\text{K}] = 52,5 \left[ \frac{\text{Wh}}{\text{l}} \right] \quad (3.4.38)$$

Für das EFH ist ein täglicher Warmwasserwärmebedarf von 6.930 Wh/d und für das MFH 44.800 Wh/d in Kapitel 3.4.1 berechnet worden. Mit dem Umrechnungsfaktor  $f_u$  ergibt sich somit ein täglicher Warmwasserbedarf von ca. 132 l/d für ein EFH und ca. 853 l/d für ein MFH. Diese Werte und die oben angenommene mittlere Zapftemperatur von 55 °C können in Polysun eingegeben werden, um für die Referenzgebäude dieser Arbeit den Warmwasserwärmebedarf gemäß dem Nutzungsprofil der ÖNORM B 8110-5:2007 vorzugeben. Diese Norm beinhaltet keine Tageszapfprofile, deshalb ist für die Simulationen mit dem Programm Polysun im Rahmen des Projektes ReCO2NWK das voreingestellte Profil „Tagesspitzen“ verwendet worden.

#### **Berechnung oder Vorgabe des Heizwärmebedarfs**

Das Programm Polysun (Version 5.2.0.12) bietet zwei Varianten, den Nutzenergiebedarf der Referenzgebäude in die Anlagenberechnungen einzubinden. Einerseits besteht die Möglichkeit Geometrie- und Bauteilkennwerte eines Gebäudes vorzugeben und Polysun den Heizwärmebedarf mit einem eigenen Modell berechnen zu lassen, andererseits können die jährlichen Transmissions- und Lüftungsverluste in kWh/a sowie der jährliche Gesamtheizwärmebedarf des Gebäudes in kWh/a eingegeben werden, welche dann vom Programm auf die Monatswerte aufgeteilt werden. Im Zuge dieser Arbeit sind beide Varianten getestet worden.

Die erste Methode ist mit den Geometrie- und Bauteilkennwerten der Referenzgebäude (siehe Tabelle 16) getestet worden. Die Simulationsergebnisse des Heizwärmebedarfs stimmten aber in keinem Fall auch nur annähernd mit jenen gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 überein. Weder eine Literaturrecherche noch eine direkte Anfrage an die Firma Vela Solaris konnten helfen, die Eingaben so weit zu korrigieren, dass eine Verbesserung der Übereinstimmung erreicht wurde. Deshalb ist in diesem Fall die Methode der direkten Eingabe der jährlichen Wärmeverluste und des jährlichen Heizwärmebedarfs vorzuziehen. Gemäß der Benutzerdokumentation zum Programm Polysun (vgl. (Vela, 2009a)) wird ein im Programm vordefiniertes Referenzgebäude mit den zwei eingegebenen Größen beaufschlagt. Eine Recherche brachte keine Erkenntnisse zu diesem Referenzgebäude oder

der gesamten Methodik. Aber es können die Ergebnisse des monatlichen Heizwärmebedarfs des Gebäudes aus Polysun mit jenen der ÖNORM B 8110-2007 verglichen werden.

Dazu soll das Referenzgebäude „EFH bis 1945“ für alle 14 Höhenstufen aus Kapitel 3.2.2 in der Klimaregion ZA gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 und an den zwei Standorten Murau und Liezen gemäß Polysun betrachtet werden. In Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 sind die Ergebnisse der jährlichen und monatlichen Heizwärmebedarfswerte zusammengefasst. Da die Jahressummen der Tabelle 24 gemeinsam mit den Wärmeverlusten der Gebäude als Ausgangswerte in das Programm Polysun (Version 5.2.0.12) eingegeben worden sind, stimmen die jährlichen Heizwärmebedarfswerte in allen drei Fällen überein. In den Wintermonaten und den Übergangszeiten unterscheiden sich die Werte gemäß Polysun im Mittel um ca. 1,5 %-Punkte bis 8 %-Punkte (bezogen auf die Ausgangswerte der Tabelle 24) von den Ergebnissen gemäß ÖNORM B 8110-6:2007. In den Wintermonaten unterstellt Polysun den Gebäuden einen geringeren Heizwärmebedarf als die ÖNORM, im restlichen Jahr dafür einen höheren. In den Monaten Juli, August und September treten im Mittel Abweichungen des Heizwärmebedarfs von 22 %-Punkten bis 94 %-Punkten (wieder bezogen auf die Ausgangswerte der Tabelle 24) auf. Diese hohen relativen Abweichungen resultieren vor allem aus der Änderung der Bezugsbasis. Im Sommer sind die Werte des Heizwärmebedarfs viel zu gering, deshalb wirken sich die Abweichungen, welche absolut betrachtet denen der Wintermonate entsprechen, prozentuell wesentlich stärker aus. Die Verläufe der Monatsaußentemperaturen sind demnach trotzdem gut vergleichbar; der einzige auffällige Unterschied ist, dass Polysun die niedrigsten Heizwärmebedarfswerte im August ansetzt, aber ÖNORM B 8110-6:2007 im Juli. Da die Ergebnisse dieser Methode geprüft und nachvollzogen werden können, und auch eine viel bessere Übereinstimmung mit der ÖNORM vorliegt, wird diese Variante zur Definition des Gebäudes empfohlen.

**Tabelle 22:** jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß Polysun am Standort Murau

Höhenstufen	Heizwärmebedarf EFH bis 1945 gemäß Polysun (verteilt) am Standort Murau												
	Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	kWh/a	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M
300 m	51.732	9.207	7.336	6.172	4.121	1.906	871	527	454	2.197	3.950	6.271	8.721
400 m	54.053	9.495	7.588	6.337	4.344	2.093	988	628	555	2.381	4.164	6.504	8.977
500 m	56.568	9.718	7.807	6.581	4.584	2.328	1.143	798	712	2.574	4.387	6.707	9.230
600 m	59.145	9.686	7.738	6.792	4.933	2.723	1.525	1.221	1.137	2.935	4.601	6.745	9.110
700 m	61.769	9.938	8.027	7.036	5.185	2.951	1.681	1.346	1.247	3.100	4.833	7.003	9.422
800 m	63.409	9.937	8.143	7.156	5.364	3.215	1.838	1.528	1.378	3.250	5.007	7.173	9.420
900 m	64.542	10.053	8.265	7.282	5.449	3.284	1.909	1.594	1.444	3.325	5.094	7.275	9.568
1.000 m	65.686	9.764	8.196	7.349	5.633	3.598	2.203	1.935	1.750	3.519	5.180	7.198	9.361
1.100 m	66.840	9.466	8.125	7.425	5.830	3.892	2.526	2.246	2.047	3.693	5.267	7.115	9.208
1.200 m	68.001	9.624	8.176	7.617	5.937	3.948	2.579	2.319	2.171	3.811	5.375	7.244	9.201
1.300 m	69.052	9.604	8.248	7.791	6.077	4.057	2.689	2.435	2.270	3.928	5.456	7.322	9.174
1.800 m	81.033	9.909	9.070	8.870	7.490	5.490	4.037	3.782	3.445	4.976	6.231	8.161	9.572
2.300 m	97.364	11.085	10.377	10.406	9.136	7.044	5.385	5.086	4.764	6.267	7.565	9.407	10.844
2.800 m	113.737	12.364	11.462	11.862	10.421	8.585	6.883	6.668	6.242	7.704	8.853	10.603	12.093

**Tabelle 23:** jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß Polysun am Standort Liezen

Höhenstufen	Heizwärmebedarf EFH bis 1945 gemäß Polysun (verteilt) am Standort Liezen												
	Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	kWh/a	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M
300 m	51.732	8.812	7.067	6.358	4.278	2.090	1.098	738	549	2.319	4.062	6.301	8.061
400 m	54.053	9.044	7.288	6.644	4.567	2.344	1.247	880	680	2.484	4.207	6.433	8.235
500 m	56.568	9.321	7.493	6.785	4.726	2.540	1.485	1.175	1.015	2.753	4.302	6.484	8.489
600 m	59.145	9.719	7.700	6.941	4.915	2.693	1.595	1.329	1.203	2.984	4.521	6.704	8.840
700 m	61.769	9.983	7.952	7.164	5.133	2.874	1.693	1.465	1.321	3.184	4.783	6.981	9.236
800 m	63.409	9.883	8.082	7.410	5.312	3.057	1.928	1.668	1.478	3.316	4.921	7.100	9.254
900 m	64.542	9.932	8.165	7.520	5.379	3.153	1.980	1.772	1.592	3.350	5.063	7.255	9.383
1.000 m	65.686	9.886	8.209	7.594	5.556	3.358	2.124	1.944	1.706	3.488	5.170	7.289	9.364
1.100 m	66.840	9.378	8.065	7.587	5.879	3.856	2.532	2.327	2.104	3.726	5.293	7.156	8.939
1.200 m	68.001	9.354	8.189	7.715	6.036	3.981	2.646	2.454	2.236	3.827	5.389	7.238	8.937
1.300 m	69.052	9.437	8.235	7.821	6.153	4.098	2.797	2.518	2.332	3.934	5.447	7.291	8.989
1.800 m	81.033	9.818	9.078	8.934	7.547	5.524	4.048	3.778	3.457	4.900	6.253	8.149	9.546
2.300 m	97.364	11.107	10.391	10.388	9.139	7.060	5.463	5.160	4.726	6.140	7.557	9.430	10.805
2.800 m	113.737	12.309	11.549	11.800	10.430	8.564	6.901	6.670	6.284	7.702	8.889	10.569	12.070

**Tabelle 24:** jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 in der Klimaregion ZA

Höhenstufen	Heizwärmebedarf EFH bis 1945 gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 in der Klimaregion ZA												
	Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	kWh/a	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M	kWh/M
300 m	51.732	9.711	7.589	6.342	3.843	1.759	603	147	249	1.475	4.131	6.778	9.103
400 m	54.053	9.867	7.749	6.558	4.103	2.026	815	279	409	1.657	4.295	6.954	9.342
500 m	56.568	10.055	7.928	6.780	4.363	2.288	1.040	443	596	1.845	4.474	7.156	9.599
600 m	59.145	10.244	8.107	7.003	4.623	2.552	1.276	633	803	2.036	4.653	7.358	9.857
700 m	61.769	10.432	8.287	7.226	4.883	2.818	1.520	842	1.025	2.228	4.833	7.561	10.114
800 m	63.409	10.434	8.353	7.398	5.113	3.071	1.740	1.031	1.206	2.378	4.908	7.611	10.167
900 m	64.542	10.379	8.406	7.544	5.322	3.297	1.931	1.179	1.344	2.483	4.942	7.619	10.095
1.000 m	65.686	10.325	8.460	7.691	5.530	3.524	2.124	1.331	1.484	2.589	4.977	7.628	10.023
1.100 m	66.840	10.270	8.514	7.837	5.739	3.751	2.319	1.487	1.627	2.696	5.012	7.638	9.950
1.200 m	68.001	10.215	8.568	7.984	5.948	3.978	2.514	1.645	1.773	2.804	5.047	7.648	9.877
1.300 m	69.051	10.162	8.609	8.123	6.145	4.201	2.690	1.798	1.918	2.918	5.059	7.662	9.765
1.800 m	81.032	10.762	9.382	9.254	7.448	5.605	3.988	3.041	3.109	3.950	5.877	8.387	10.228
2.300 m	97.364	11.901	10.499	10.657	8.961	7.202	5.566	4.631	4.669	5.308	7.160	9.534	11.276
2.800 m	113.737	13.026	11.623	12.071	10.467	8.794	7.132	6.240	6.269	6.687	8.449	10.686	12.294

### 3.4.4 Berechnung der Wärmeverluste des Gebäudes mittels Heizgradtagen

Von Seite der Auftraggeber im Projekt ReCO2NWK ist die Forderung einer Berechnungsmethode des Nutzenergiebedarfs mittels der Heizgradtage HGT gestellt worden. Dieser Algorithmus sollte in eine erste Version des GIS eingearbeitet werden. Die obigen Berechnungen der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste auf Monatsbasis können relativ einfach auf Heizgradtage bezogen werden.

In Gleichung (3.4.22) und Gleichung (3.4.23) kommt die Temperaturdifferenz des konditionierten Innenraums zur mittleren monatlichen Außentemperatur vor. Anschließend wird der Ausdruck mit den monatlichen Nutzungsstunden multipliziert. Für die Umrechnung in Heizgradtage auf Monatsbasis ist lediglich eine Division durch den Wert 24 h/d nötig. Bei einem auf diese Weise ermittelten

Wert der HGT handelt es sich lediglich um eine Näherung. Auch Pöhn macht von dieser Methode Gebrauch (vgl. (Pöhn, 2008a))

$$(\theta_i - \theta_e) \cdot \frac{t}{24} = \text{HGT} \quad (3.4.39)$$

mit:  $\theta_i$  mittlere Innentemperatur, in °C (20 °C im Heizfall)  
 $\theta_e$  mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat, in °C  
 $t$  monatliche Gesamtzeit, in h/M, ergibt sich aus der Multiplikation der Nutzungstage mal der Nutzungsstunden (siehe dazu Tabelle 10)  
**HGT** Heizgradtage (K·d) des Monats, hier in (K·d)/M

Die Berechnung der thermischen Verluste ist demnach mit Heizgradtagen auf Monatsbezug möglich.

$$Q_i = Q_T + Q_V = \frac{1}{1000} \cdot (L_T + L_V) \cdot \text{HGT} \cdot 24 \quad (3.4.40)$$

mit:  $Q_i$  monatliche Gesamtwärmeverluste, in kWh/M  
 $Q_T$  Transmissionswärmeverlust, in kWh/M  
 $Q_V$  Lüftungswärmeverlust, in kWh/M  
 $L_T$  Transmissions-Leitwert, in W/K  
 $L_V$  Lüftungs-Leitwert, in W/K  
**HGT** Heizgradtage (K·d) des Monats, hier in (K·d)/M

Die thermischen Gewinne hängen aber im Wesentlichen von der Sonneneinstrahlung ab. Somit ist eine Verknüpfung mit den HGT schwierig. Andere HGT-Modelle versuchen durch Faktoren den Einfluss der inneren und solaren Gewinne in die Berechnung mit einzubeziehen. Der Warmwasserwärmebedarf ist an die Geschossflächen und Tage geknüpft. Da diese Parameter in jedem Fall bekannt sind, ergibt es keinen Sinn die Berechnung über HGT zu komplizieren.

In einer frühen Phase des Projektes ReCO2NWK ist vom Institut für Wärmetechnik eine vereinfachte Berechnungsmethode des spezifischen Heizwärmebedarfs mittels Heizgradtagen und Heizlast vorgeschlagen worden.

$$\text{HWB}_{\text{Monat}} = \frac{\dot{q}_h \cdot 24 \cdot \text{HGT}_{\text{Monat}} \cdot f}{1000 \cdot (\theta_i - \theta_{ne})} \quad (3.4.41)$$

mit:  $\text{HWB}_{\text{Monat}}$  spezifischer monatlicher Heizwärmebedarf, in kWh/(m<sup>2</sup>·M)  
 $\dot{q}_h = \dot{q}_{HL}$  spezifische Heizlast des Gebäudes, in W/m<sup>2</sup>  
 $\text{HGT}_{\text{Monat}}$  Heizgradtage (K·d) des Monats, hier in (K·d)/M  
 $\theta_i$  mittlere Innentemperatur, in °C (20 °C im Heizfall)  
 $\theta_{ne}$  Normaußentemperatur am jeweiligen Standort, in °C  
 $f$  dimensionsloser, standortabhängiger Faktor (gemittelte Näherungswerte je Gebäudetyp, je Klimazone, je Monat und auf die Seehöhe bezogen)

In Kapitel 3.4.5 wird eine vereinfachte Abschätzung der Heizlast vorgestellt. Ohne Berücksichtigung von Aufheizphänomenen reduziert sich die Abhängigkeit der Heizlast auf die Wärmeverlust-Leitwerte und die Normaußentemperatur. Dies bedeutet für Gleichung (3.4.41), dass die spezifische Heizlast und die Temperaturdifferenz zwischen konditioniertem Innenraum und Normaußentemperatur durch die Leitwerte ersetzt werden kann. Der Bezug auf die Fläche kann jederzeit mit einer Division durch die BGF in die Gleichung implementiert werden.

$$\text{HWB}_{\text{Monat}} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{(L_T + L_V)}{\text{BGF}} \cdot 24 \cdot \text{HGT}_{\text{Monat}} \cdot f \quad (3.4.42)$$

Dem Faktor  $f$  kommt große Bedeutung zu, weil er die inneren Wärmequellen, die solaren Gewinne sowie Aufheiz- und Speicherphänomene berücksichtigen soll. Für die erste Umsetzung im Projekt sind gemittelte Näherungswerte des Faktors angesetzt worden. Um aber auf eine höhere Genauigkeit dieses Modellansatzes zu kommen, müsste der Faktor weiterentwickelt werden. Der damit verbundene Aufwand steht in keinem Verhältnis, weil in dieser Arbeit der Nutzenergiebedarf aller Referenzgebäude (einschließlich des Warmwasserwärmebedarfs) mit den Methoden des Energieausweises ermittelt worden ist. Deshalb wird der Ansatz mittels HGT hier nicht weiter verfolgt.

### 3.4.5 Heizlastabschätzung

Zur Auslegung und Dimensionierung der Heiztechnik ist eine Kalkulation der Heizlast des Gebäudes notwendig. Sie beeinflusst das Heizungssystem in folgenden Punkten:

- Größe der Wärmeerzeuger/ -wandler
- Größe des Wärmeabgabesystems
- Größe des Wärmeverteilsystems
- Investitionskosten
- Platzbedarf

Eine exakte Berechnung der Norm-Heizlast erfolgt gemäß ÖNORM EN 12831:2003. In der Literatur und vielen technischen Berichten wird nach wie vor häufig ÖNORM B 8135 und ÖNORM M 7500 zur Berechnung der Heizlast verwendet. Diese sind aber mit 1. März 2004 zurückgezogen und durch die ÖNORM EN 12831:2003 und dem nationalen Beiblatt ÖNORM H 7500:2006 ersetzt worden. Diese bilden die Grundlage des vereinfachten Ansatzes zur Ermittlung der Heizlast in dieser Arbeit.

Die Norm-Heizlast gemäß ÖNORM EN 12831:2003 setzt sich aus den Transmissions- und Lüftungsverlusten sowie der notwendigen Aufheizleistung, nach unterbrochenem Betrieb des Heizsystems, zusammen.

$$\Phi_{HL} = \sum_{i=1}^n \Phi_{T,i} + \sum_{i=1}^n \Phi_{V,i} + \sum_{i=1}^n \Phi_{RH,i} \quad (3.4.43)$$

mit:  $\Phi_{HL}$  Norm-Heizlast des Gebäudes, in W  
 $\sum \Phi_{T,i}$  Summe der Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume, in W  
 $\sum \Phi_{V,i}$  Summe der Lüftungswärmeverlust aller beheizten Räume, in W  
 $\sum \Phi_{RH,i}$  Summe der zusätzlich benötigten Aufheizleistung, zum Ausgleich der Auswirkungen einer unterbrochenen Beheizung (z. B. Nachtabenkung) aller konditionierten Räume, in W

Die Heizlast wird für jeden Raum gesondert ermittelt; durch Aufsummieren der einzelnen Ergebnisse wird die Heizlast des Gebäudes berechnet. Die Verlustleistungen in Gleichung (3.4.43) werden gemäß ÖNORM EN 12831:2003 (vereinfachtes Verfahren) über die Differenz zwischen der jeweiligen Raumtemperatur und der Normaußentemperatur sowie Kennwerten, die den Wärmeverlust-Leitwerten der ÖNORM B 8110-6:2007 gleichen, für jeden Raum einzeln berechnet.

Der Transmissionswärmeverlust hängt neben der Temperaturdifferenz von den Abmessungen der begrenzenden Bauteile und deren Wärmedurchgangswiderstände (U-Werte) ab.

$$\Phi_{T,i} = \sum_{k=1}^m f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{i,i} - \theta_{ne}) \quad (3.4.44)$$

mit:  $\Phi_{T,i}$  Transmissionswärmeverlust des beheizten Raums  $i$ , in W  
 $f_k$  dimensionsloser Temperaturkorrekturfaktor für ein Bauelement  $k$  des Raums  $i$   
 $A_k$  Fläche des Bauelementes ( $k$ ), in  $m^2$   
 $U_k$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauelementes ( $k$ ), in  $W/(m^2 \cdot K)$   
 $\theta_{i,i}$  Innentemperatur im Raum  $i$ , in  $^{\circ}C$   
 $\theta_{ne}$  Normaußentemperatur am Standort, in  $^{\circ}C$

Gleichung (3.4.44) ähnelt in ihrem Aufbau sehr stark Gleichung (3.4.32) im Zuge der Betrachtung des Transmissions-Leitwertes gemäß ÖNORM B 8110-6:2007. Der Transmissionsleitwert setzt sich ebenfalls aus den Flächen der Bauteile und deren U-Werten sowie ergänzenden Faktoren zusammen. Der Faktor  $f_k$  in Gleichung (3.4.44) erhöht oder mindert die Transmissionsverluste der Bauteile. Anhaltswerte für  $f_k$  sind in Tabelle D.11 in Anhang D.7.2 der ÖNORM EN 12831:2003 hinterlegt. Der Faktor  $f_{i,h}$  in Gleichung (3.4.32) hat die gleiche Funktion. Da für die Referenzgebäude dieser Arbeit keine Flächenheizungen in der Gebäudehülle vorgesehen sind, wird für den Faktor  $f_{FH,i}$  in Gleichung (3.4.32) der Wert Eins angesetzt. In Tabelle 25 werden die Temperaturkorrekturfaktoren der beiden Normen gegenübergestellt. Die Größenordnungen ähneln sich größtenteils. Es sollte also möglich sein, mit den bereits berechneten Transmissions-Leitwerten (siehe Tabelle 21) ähnliche Ergebnisse zu erzielen.

**Tabelle 25:** Vergleich der Temperaturkorrekturfaktoren gemäß ÖNORM EN 12831:2003 und ÖNORM B 8110-6:2007

Wärmeverlust	ÖNORM EN 12831:2003	ÖNORM B 8110-6:2007
	$f_k$	$f_{i,h}$
direkt nach außen	1,00	1,00
	1,40	
an einen unbeheizten Raum	0,80	0,50
	1,12	0,70
		0,80
an das Erdreich	0,30	0,50
		0,60
	0,42	0,70
		0,80
über das Dach (den Dachraum)	0,90	0,90
	1,26	1,00
über die aufgeständerte Bodenplatte	0,90	
	1,26	
an ein angrenzendes Gebäude	0,50	
	0,70	
an eine angrenzende Gebäudeeinheit	0,30	
	0,42	

Die Norm-Lüftungswärmeverluste eines Raumes gemäß ÖNORM EN 12831:2003 ergeben sich wiederum aus der Temperaturdifferenz zwischen dem konditionierten Innenraum und der Normaußentemperatur. An Stelle der Bauteilkennwerte sind noch das Raumvolumen und die Luftwechselzahlen zur Berechnung der Lüftungsverluste notwendig.

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\min,i} \cdot (\theta_{i,i} - \theta_{ne}) \quad (3.4.45)$$

mit:  $\Phi_{V,i}$  Lüftungswärmeverlust des beheizten Raums i, in W

$\dot{V}_{\min,i}$  hygienisch erforderlicher Mindest-Luftvolumenstrom des beheizten Raums (i), in m<sup>3</sup>/h

wobei:  $\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i$  (3.4.46)

mit:  $n_{\min}$  Mindest-Außenluftwechselzahl, in 1/h; Anhaltswerte in Anhang D.5.1 der ÖNORM EN 12831:2003 und in Tabelle 2 – Nutzungsprofile der ÖNORM B 8110-5:2007

$V_i$  Raumvolumen des beheizten Raumes (i), in m<sup>3</sup>, wird aufgrund der Innenabmessungen ermittelt. In erster Näherung darf angenommen werden, dass dieses Volumen das 0,8-fache des Volumens nach Außenmaßen ist.

Ein Vergleich mit Gleichung (3.4.24) zeigt, dass der Lüftungs-Leitwert der ÖNORM B 8110 direkt in Gleichung (3.4.45) eingesetzt werden kann. Der Faktor 0,34 in Gleichung (3.4.45) entspricht dem Produkt der spezifischen Wärmekapazität und der Dichte von Luft ( $c_{p,l} \cdot \rho_l$ ).

ÖNORM EN 12831:2003 sieht eine zusätzliche Aufheizleistung zum Ausgleich der Auswirkung durch unterbrochenes Heizen (z. B. Nachtabsenkung) eines beheizten Raumes vor. Diese Leistung ergibt sich aus der Fußbodenfläche (entspricht der NGF oder NF) des Raumes und einem in Tabellen hinterlegten Aufheizfaktor.

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \tag{3.4.47}$$

mit:  $A_i$  Fläche des beheizten Raumes (i) (Fußbodenfläche), in  $m^2$   
 $f_{RH}$  dimensionsloser Aufheizfaktor, abhängig vom Gebäudetyp, der Baukonstruktion, der Aufheizzeit und dem Abfall der Innentemperatur während der Temperaturabsenkung; Anhaltswerte für den Wiederaufheizfaktor sind in Tabelle 26 angeführt.

**Tabelle 26:** Wiederaufheizfaktor  $f_{RH}$ , in  $W/m^2$  für Wohngebäude bei einer maximalen Nachtabsenkung von 8 h (Quelle: ÖNORM EN 12831:2003 Anhang D.6, Tabelle D.10b, Seite73)

Wiederaufheizzeit in h	$f_{RH}$ in $W/m^2$		
	Angenommener Innentemperaturabfall während der Nachtabsenkung <sup>a)</sup>		
	1 K	2 K	3 K
	Gebäudemasse		
	leicht	mittelschwer	schwer
1 h	11	22	45
2 h	6	11	22
3 h	4	9	16
4 h	2	7	13

<sup>a)</sup> Bei gut wärmegeprägten und luftdichten Gebäuden tritt während der Nachtabsenkung üblicherweise kein größerer Temperaturabfall von 2 K bis 3 K auf. Dies hängt von den klimatischen Verhältnissen und der thermischen Masse des Gebäudes ab.

Aus Tabelle 26 geht hervor, dass die Aufheizfaktoren nur von der Gebäudemasse (Bautyp) oder dem angenommenen Innentemperaturabfall während der Nachtabsenkung abhängig sind.

Wird angenommen, dass diese Einflüsse sich über das gesamte Gebäude gleichmäßig verteilen, kann die Aufheizleistung des Gebäudes mit guter Näherung wie folgt angesetzt werden:

$$\Phi_{RH} = \underbrace{BGF \cdot 0,8}_{NGF} \cdot f_{RH} \tag{3.4.48}$$

mit:  $\Phi_{RH}$  Aufheizleistung, in W, des gesamten Gebäudes nach einer maximalen Nachtabsenkung von 8 h

$NGF = BGF \cdot 0,8$  Nettogrundfläche des Gebäudes (Fußboden), in  $m^2$ ; der Faktor 0,8 zieht sich in diesem Zusammenhang durch die gesamte ÖNORM

$f_{RH}$  Aufheizfaktor, in  $W/m^2$ , für Wohngebäude nach Tabelle 26

Auf Grund der fehlenden Daten bzgl. der Raumaufteilung und -verwendung in den Gebäuden der Rasterzellen ist eine genaue Beschreibung und anschließende Berechnung der Referenzgebäude in diesem Projekt nicht sinnvoll. Um trotzdem die Heizlast der Referenzgebäude abschätzen zu können, werden die Gebäude als eine Zone (ein Raum) modelliert. Da ÖNORM B 8110-6:2007 grundsätzlich nach dieser Methode vorgeht, scheint dies auch für einen vereinfachten Ansatz zur Berechnung der Heizlast gerechtfertigt zu sein. An dieser Stelle wird angenommen, dass sich von den üblichen 20 °C abweichende Temperaturen der konditionierten Räume (z. B. Bad oder Stiegenhaus) in der Zone gegenseitig aufheben. Die Transmissions- und Lüftungs-Leitwerte werden direkt in die Algorithmen der Heizlastabschätzung eingesetzt. Für alle Referenzgebäude dieser Arbeit werden eine mittelschwere Bauweise und eine repräsentative Aufheizzeit von 3 Stunden angenommen. Somit ergibt sich für alle Fälle ein Aufheizfaktor von 9  $W/m^2$ .

Aus diesen Annahmen kann eine vereinfachte zonenbezogene Heizlastabschätzung angesetzt werden.

$$\Phi_{HL} = \dot{Q}_{HL} = \frac{1}{1000} \left[ (L_T + L_V) \cdot (\theta_i - \theta_{ne}) + \text{NGF} \cdot f_{RH} \right] \quad (3.4.49)$$

- Mit:  $\Phi_{HL} = \dot{Q}_{HL}$  Gebäudeheizlast, in kW  
 $L_T$  Transmissionsleitwert, in W/K  
 $L_V$  Lüftungsleitwert, in W/K  
 $\theta_i$  Temperatur der konditionierten Innenräume, in °C, hier mit 20 °C angenommen  
 $\theta_{ne}$  Normaußentemperatur des Standorts, in °C  
 NGF Netto-Geschossfläche, in m<sup>2</sup>  
 $f_{RH}$  Aufheizfaktor, in W/m<sup>2</sup>, für Wohngebäude nach Tabelle 26

Die Normaußentemperaturen der steirischen Katastralgemeinden sollen gemäß Tabelle 7 in einem Bereich zwischen -21 °C und -10 °C angenommen werden. Die Wärmeverlust-Leitwerte der Referenzgebäude werden Tabelle 21 entnommen. Der Aufheizfaktor wird für alle Referenzgebäude auf 9 W/m<sup>2</sup> gesetzt. Mit diesen Randbedingungen und Gleichung (3.4.49) sind die Werte der Heizlast für alle Referenzgebäude für die Steiermark abgeschätzt worden. Die Ergebnisse dieser Berechnung finden sich in Tabelle 27.

**Tabelle 27:** Ergebnisse der Heizlastabschätzung für die steirischen Referenzgebäude (eigene Berechnungen); die dreifachen Linien grenzen die Nutzleistungsklassen ein.

Norm- außen- temp. $\theta_{ne}$ °C	Heizlast $\Phi_{HL}$									
	EFH					MFH				
	bis1945	1945- 1980	1981- 1990	1991- 2001	nach2001	bis1945	1945- 1980	1981- 1990	1991- 2001	nach2001
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
-10	20,4	17,1	12,5	10,1	8,4	104,3	89,2	67,8	55,4	46,1
-11	21,1	17,6	12,9	10,4	8,6	107,5	91,8	69,7	57,0	47,4
-12	21,7	18,1	13,2	10,7	8,8	110,6	94,5	71,7	58,5	48,6
-13	22,3	18,6	13,6	11,0	9,1	113,8	97,1	73,6	60,1	49,8
-14	23,0	19,1	14,0	11,3	9,3	117,0	99,8	75,6	61,6	51,1
-15	23,6	19,7	14,3	11,6	9,5	120,1	102,5	77,5	63,2	52,3
-16	24,2	20,2	14,7	11,9	9,8	123,3	105,1	79,5	64,7	53,5
-17	24,9	20,7	15,1	12,2	10,0	126,5	107,8	81,4	66,2	54,8
-18	25,5	21,2	15,4	12,4	10,2	129,7	110,5	83,4	67,8	56,0
-19	26,1	21,8	15,8	12,7	10,5	132,8	113,1	85,3	69,3	57,2
-20	26,8	22,3	16,2	13,0	10,7	136,0	115,8	87,3	70,9	58,5
-21	27,4	22,8	16,5	13,3	10,9	139,2	118,5	89,2	72,4	59,7

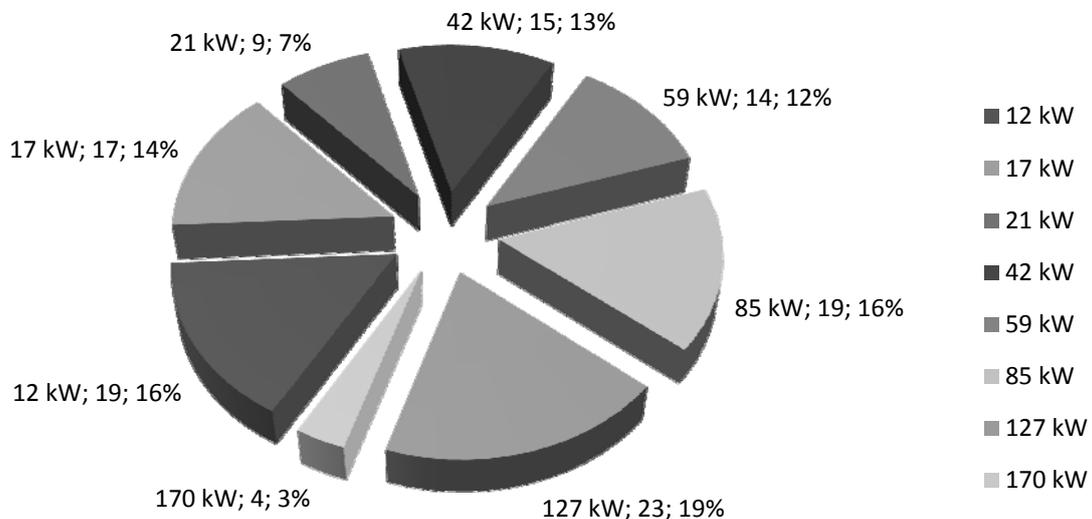
Aus der Datenbank des Programmpaketes Polysun sind die gängigsten Leistungsgrößen der Wärmeerzeuger extrahiert und in Leistungsklassen eingeteilt worden. Erste Anlagensimulationen mit Polysun beziffern die Gesamtverluste des Heizsystems (Wärmeerzeuger, -speicher und -verteilssystem) mit ca. 15 % der Leistung der Wärmeerzeuger. Somit lassen sich mittels des Faktors 0,75 den Leistungsgrößen der Wärmeerzeuger passende Nutzleistungsklassen der Gebäude zuordnen. In Tabelle 28 sind die Leistungsklassen und deren Auftrittshäufigkeit dargestellt (siehe dazu auch Abbildung 41). Die dreifachen Linien in Tabelle 27 grenzen die Nutzleistungsklassen ein. An einigen Stellen sind Abweichungen bis zu 1 kW (nur für Leistungsklassen > 20 kW) in Kauf genommen worden, um das System der Referenzen einfach zu halten. Wie zu erwarten, sind die Leistungsklassen nicht

allein an die Gebäude sondern auch an das Klima gebunden. Z. B. benötigt ein Einfamilienhaus des Jahrgangs 1981-1990 bei einer Normaußentemperatur von -10 °C das gleiche Heizungssystem wie ein Einfamilienhaus der Generation 1991-2001 bei einer Normaußentemperatur von -18 °C. Die Ergebnisse in Tabelle 27 zeigen, dass eine Änderung der Normaußentemperatur um 1 K zu eine Änderung der Heizlast um ca. 0,2 kW bis ca. 0,6 kW bei den EFH und um ca. 1,2 kW bis 3,2 kW bei den MFH führt. Dies entspricht Steigerungen der Heizlast um ca. 2 %-Punkten bis ca. 3 %-Punkten.

**Tabelle 28:** Leistungsklassen der Wärmeerzeuger und die dazu passenden Nutzleistungsklassen der Gebäude, sowie deren Auftrittshäufigkeit in Tabelle 27 (eigene Berechnungen)

Leistungsklasse Heizkessel	Verlustannahme von 15% bezogen auf Heizkessel und abgerundet	Leistungsklasse der Nutzenergie nach 15% Speicher- und Verteilverlusten und abgerundet	Häufigkeit der Nutzleistungsklassen in der Steiermark (Tabelle 27)
15 kW	=> mit 15% Verlusten	12 kW	19
20 kW	=> mit 15% Verlusten	17 kW	17
25 kW	=> mit 15% Verlusten	21 kW	9
50 kW	=> mit 15% Verlusten	42 kW	15
70 kW	=> mit 15% Verlusten	59 kW	14
100 kW	=> mit 15% Verlusten	85 kW	19
150 kW	=> mit 15% Verlusten	127 kW	23
200 kW	=> mit 15% Verlusten	170 kW	4

**Häufigkeit der Nutzleistungsklassen in der Steiermark**



**Abbildung 41:** Häufigkeit der Nutzleistungsklassen in Tabelle 27 (eigene Berechnungen und Darstellung); Notiz zur Beschriftung: [Leistungsklasse]; [absolute Häufigkeit]; [relative Häufigkeit in %]

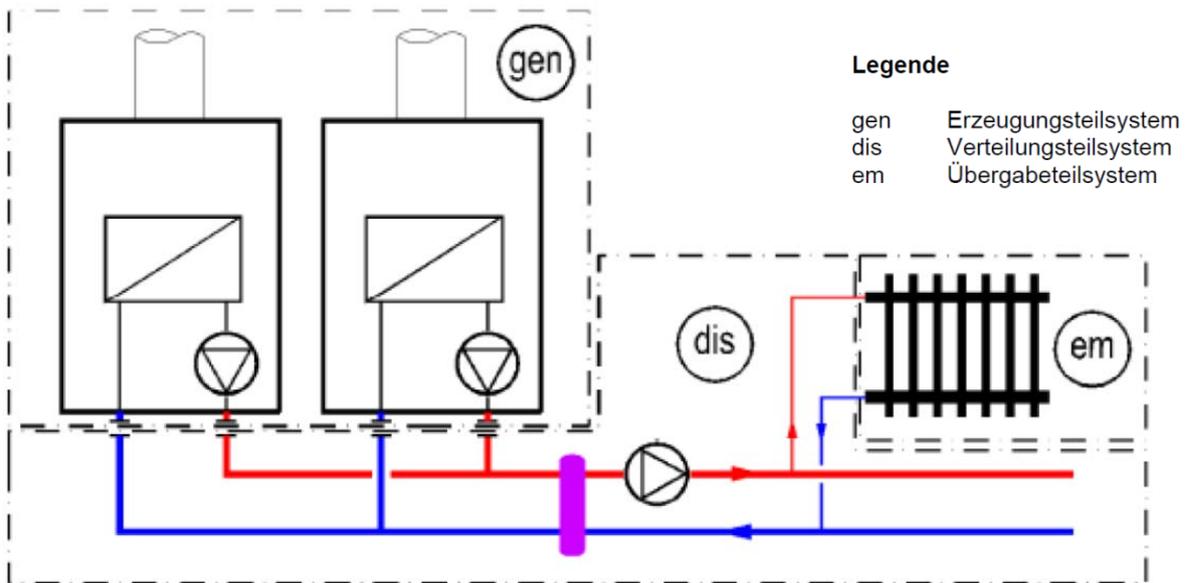
Basierend auf diesen Annahmen und Abschätzungen sollen in den nächsten Kapiteln passende Heizsysteme aufgebaut und berechnet werden.

### 3.5 Heiz- und Warmwassersysteme

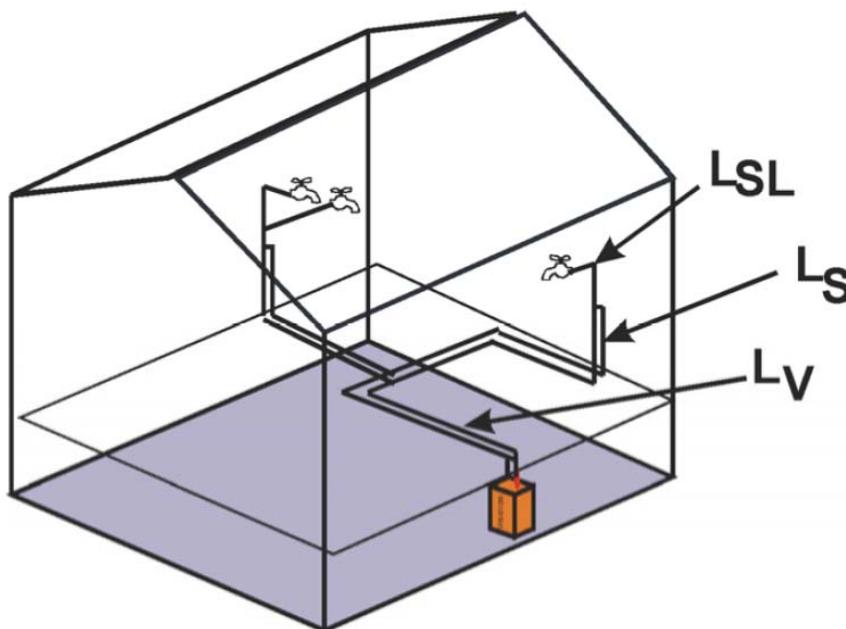
In Kapitel 3.4 sind die Berechnungen des Heiz- und Warmwasserwärmebedarfs ( $Q_h$  und  $Q_{tw}$ ) sowie eine Abschätzung der Heizlast ( $\Phi_{HL} = \dot{Q}_{HL}$ ) für die Referenzgebäude und -nutzer aus Kapitel 3.3 gearbeitet worden. Diese Ergebnisse beschreiben die notwendige Nutzenergie zur Gebäudekonditionierung im Heizfall ( $Q_h$ ) und Warmwasserbereitung ( $Q_{tw}$ ). In diesem Kapitel werden nun die Komponenten und Referenzsysteme für die Umwandlung, die Speicherung und den Transport der Endenergie  $Q_{EE}$  hin zur Nutzenergie beschrieben und für einige Referenzsysteme die thermischen Verluste ermittelt. Dabei werden auch die Hilfssysteme zum Betrieb des Heiz- bzw. Warmwassersystems ( $Q_{H,HE}$  und  $Q_{TW,HE}$ ) berücksichtigt. Aus der Kombination des Hilfsenergiebedarfs  $Q_{HE}$ , des Nutzenergiebedarfs  $Q_h$  und  $Q_{tw}$ , der Systemverluste  $Q_H$  und  $Q_{TW}$ , der thermischen Gewinne des Gebäudes  $Q_g$  sowie der thermischen Verluste des Gebäudes  $Q_\ell$  können der Heizenergiebedarf  $Q_{HEB}$  und der Heiztechnik-Energiebedarf  $Q_{HTEB}$  ermittelt werden. Diese beiden Kennwerte beschreiben den Endenergiebedarf  $Q_{EE}$ . Dieser wird in Kapitel 3.6 ausführlich erklärt.

#### **Systematik und Einteilung der Bestandteile eines Heiz- bzw. Warmwassersystem**

Basierend auf der Normenserie EN 15316 werden Heizsysteme in die drei Bereiche Erzeugungsteilsystem, Verteilungsteilsystem sowie Übergabeteilsystem gegliedert und noch um die Regelung ergänzt (siehe Abbildung 42 und Abbildung 43). Die Wärmeerzeugung findet im Primärheizkreislauf statt und umfasst den eigentlichen Wärmeerzeuger bzw. -wandler, interne Pumpen, kurze Rohrleitungen und, bei Bedarf, eine hydraulische Trennung (Weiche) in Form eines Speichers, Wärmeübertragers oder hydraulischer Verschaltungen. An dieser Stelle wird dem Heizsystem die Endenergie bzw. der Endenergieträger übergeben, in Wärme umgewandelt und, falls vorgesehen, in einem Lastausgleichspeicher (Pufferspeicher) oder Trinkwasserspeicher auf Abruf bereitgestellt. In dieser Arbeit wird der Begriff Primärheizwärme  $Q_{prim}$  für die thermische Energie eingeführt, welche vom Wärmeerzeuger bzw. -wandler an das Heizsystem abgegeben wird. Die Verteil- und Speicherverluste des Primärheizkreislaufs reduzieren die Primärheizwärme zur Sekundärheizwärme  $Q_{sek}$ , welche an der hydraulischen Trennung dem Sekundärheizkreislauf übergeben wird. Dieser beinhaltet sämtliche Rohrleitungen (Verteil-, Steig-, Anschluss-, Stich und Zirkulationsleitungen), Pumpen, Ventile und Armaturen. Auf Grund der Verteilverluste im Rohrleitungsnetz wird die Sekundärheizwärme zur Tertiärheizwärme  $Q_{ter}$  reduziert. Diese wird den Wärmeemittern und den Warmwasserzapfstellen in den Räumen weitergegeben. Die Wärmeabgabe in Form von Nutzenergie wird dem Raum selbst zugeordnet und umfasst sowohl den Heizwärmebedarf als auch den Warmwasserwärmebedarf. Der Raum steht hier stellvertretend für alle Nutzer. Da an dieser Stelle der Energieumwandlungskette, abgesehen von ein paar Ausnahmen (Zirkulationsleitung, Wärmerückgewinnung etc.), der Heiz- bzw. Warmwasserkreislauf unterbrochen wird, ist die Bezeichnung Tertiärheizkreislauf irreführend, und wird deshalb nicht verwendet. Eine Besonderheit der Trinkwarmwassersysteme stellen Zirkulationsleitungen dar, welche vor allem in Mehrfamilienhäusern und modernen Einfamilienhäusern eingesetzt werden. Die Rohrleitungen der klassischen Warmwassersysteme werden nur in der Richtung vom Wärmeerzeuger und -speicher hin zur Zapfstelle aufgebaut. Es ist also kein Kreislauf vorhanden. Mit den Zirkulationsleitungen wird ein solcher Kreis für die Verteil- und Steigleitungen des Warmwassersystems, angetrieben von einer Umwälzpumpe, eingeführt.



**Abbildung 42:** Schematische Darstellung der Grenzen zwischen den Teilsystemen des Raumheizsystems (Bildquelle: (EN 15316-4-1:2008 D, 2008 S. 22))



**Abbildung 43:** Schematische Darstellung eines Warmwasserverteilsystems mit Zirkulationskreis (Bildquelle: (DIN V 18599:2007))

### **Referenzsysteme dieser Arbeit**

In den folgenden Kapiteln werden Referenzsysteme zu den Modulen der Heizsysteme (Wärmeabgabe, -verteilung, -speicherung, und -bereitstellung) mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM bzw. den Vorschlägen des OIB Leitfadens (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)) entwickelt. Die thermischen Verluste der Wärmeabgabe, -verteilung und -speicherung können für die Referenzsysteme berechnet werden, und eine Methode zur Berechnung der Verluste der Wärmeerzeuger gemäß ÖNORM H 5056:2007 wird vorgestellt. Es wird beschrieben, warum diese für das Projekt ReCO2NWK nicht geeignet ist, weil sie zu viele Randbedingungen bezüglich Klima, Standort, Gebäude und zu viele Variationen verbindet. Die Methode ist zur Berechnung einer bestimmten Anlage konzipiert und

nicht als Modellbasis für den makroskopischen Rahmen des Projekts ReCO<sub>2</sub>NWK. Da ÖNORM H 5056:2007 noch im VORNORM-Stadium steht, ergeben sich bei der Umsetzung auch einige Probleme, die in Folge an passender Stelle erwähnt werden. Eine Entwicklung der Referenzsysteme ist für die Wärmeerzeuger und -wandler trotzdem möglich (nur die Berechnung der Verluste nicht), sie werden gemeinsam mit den Verteilsystemen der Raumheizung in ein Hochtemperatursystem HT-1 (90/70), ein Niedertemperatursystem NT-1 (70/55) sowie zwei Tieftemperatursysteme TT-1 (55/45) und TT-2 (40/30) eingeteilt. Die Wärmeerzeuger gliedern sich nicht nur nach den Systemtemperaturen, sondern auch nach den Nennleistungen. Für die Wärmebereitstellung der Raumheizung und der kombinierten Raumheizungs-Warmwassersysteme werden die Leistungsklassen aus Tabelle 28 übernommen, die um weitere zwei mit Anlagen zu 35 kW und 220 kW ergänzt werden, welche für eine direkte Warmwasserbereitstellung ohne Speicher notwendig sind.

Die Verteilung der Raumheizwärme könnte neben den Systemtemperaturen noch in Ein- und Zweirohranlagen gegliedert werden, aber mit der Abschätzung der Rohrleitungslängen gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM ist dies nicht möglich, deshalb werden nur die Werte gemäß der Norm angesetzt. Der OIB Leitfaden sieht für die Warmwasserversorgung ausschließlich Zirkulationssysteme vor. Für die Wärmeabgabe der Raumwärme sollen gemäß OIB-Leitfaden nur Radiatoren und Flächenheizungen angenommen werden (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)). Einzelöfen können im Zuge des Projekts ReCO<sub>2</sub>NWK nicht berücksichtigt werden, weil keine Daten vorliegen, mit denen sie den Gebäuden und Rasterzellen des Geoinformationssystems zugeordnet werden könnten. Das gleiche gilt für die Wärmeabgabe über Konvektoren und Luftheizsysteme, deshalb werden sie in dieser Arbeit nicht behandelt. Sie könnten aber in der Szenarientwicklung noch von Bedeutung werden.

Die Wärmespeicher (Warmwasser-, Lastausgleich und Pufferspeicher) werden zwar den Primärheizkreisläufen zugeordnet, sollen hier aber als eigenes Modul betrachtet werden, weil deren Aufstellung und Größe von unterschiedlichen Parametern abhängt und nicht nur vom Typ des Wärmeerzeugers.

### **Heiztage und Nutzungstage**

Der Nutzenergiebedarf der Referenzgebäude hängt neben den Wärmeverlust-Leitwerten (bezogen auf die Temperaturdifferenz  $\theta_i - \theta_e$ ) von der Nutzungsdauer ab. Gemäß den Nutzungsprofilen der ÖNORM B 8110-5:2007 (siehe dazu Kapitel 3.3.1) wird den Wohngebäuden eine ganzjährige (365 Tage) und gantztägige (24 Stunden) Auslastung unterstellt; das Gleiche gilt für die Heizung. Die Berechnung der monatlichen und jährlichen Heizsystemverluste gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM beruht zu einem großen Teil auf in Tabellen hinterlegten, spezifischen Wärmeverlustleistungen einzelner Systemkomponenten, aus denen durch Multiplikation mit Geometrie Kennwerten bzw. Temperaturdifferenzen die Wärmeverlustleistungen folgen. Zur Berechnung der Verlustenergien werden diese Leistungszahlen mit Zeitintervallen multipliziert. Die ÖNORM ist so aufgebaut, dass die Kennzahlen zur Berechnung aller Energieströme des Warmwassers auf die Nutzungstage der ÖNORM B 8110-5:2007 bezogen werden können. Die Verluste aller Komponenten der Raumheizsysteme hängen aber von den Heiztagen ab, die sich in den Sommermonaten wesentlich von den Nutzungstagen unterscheiden. Für die Raumheizung stimmen die jährlichen 365 Betriebstage der Heizung ( $d_{h,a}$ ) aus ÖNORM B 8110-5:2007 nicht mehr; und auch in der Nomenklatur der Heiztage in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM wird dieser Unterschied kenntlich gemacht ( $d_{Heiz}$ ).

Die Heiztage sind als „Anzahl der Tage, an welchen die Tagesmitteltemperatur unter der Heizgrenztemperatur liegt“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 9) definiert. Weder in ÖNORM B 8110-5:2007, ÖNORM B 8110-6:2007 noch in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM ist ein Berechnungsanhalt für diese Größe gegeben. Das Klimamodell gemäß ÖNORM versagt bei der Bestimmung der Heiztage. An dieser Stelle wären ein Klimamodell oder Klimadaten auf Tagesbasis nötig. Pöhn schlägt in seinem Energieausweis Excel-Tool (vgl. (Pöhn, 2008a)) eine Berechnung der monatlichen Heiztage mittels der Nutzungstage, der Wärmeverluste und der Wärmegewinne des Gebäudes vor. Leider fehlt eine Dokumentation dieser Methode, deshalb kann hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Eine Auswertung der Ergebnisse dieses Modells zur Heiztageberechnung für die drei

Klimaregionen und die jeweiligen Obergrenzen der 14 Höhenklassen für die Steiermark lässt primär eine Höhenabhängigkeit des Modells vermuten. Bei der Obergrenze der letzten Höhenklasse (2.800 m) versagt das Modelle allerdings, aber es wird angenommen, dass diese letzte Stufe für die Hauptsiedlungsräume ohnehin irrelevant ist. Die Unterschiede zwischen den Klimaregionen belaufen sich im Höchstfall auf sechs Tage im Monat und sollen hier vernachlässigt werden. Ab einer Höhe von 1.300 m treten Unregelmäßigkeiten in einzelnen Klimaregionen auf, die mit den bekannten Randbedingungen und Parametern derzeit nicht nachvollziehbar sind. Am IWT-Graz und im Zuge dieser Arbeit sind immer wieder kleine Programmierfehler in (Pöhn, 2008a) evaluiert worden. Da seitens des IWT eine produktive Zusammenarbeit mit Herrn Pöhn herrscht, werden solche Informationen weitergeleitet und in die neuen Versionen eingearbeitet. Auch hier scheint dies angebracht.

Um trotzdem brauchbare Daten für die Heiztage abzuleiten, sind die Werte der drei Klimaregionen für jede der 14 Höhenstufen zu Mittelwerten zusammengefasst worden (siehe Tabelle 29). Angelehnt an die drei Höhengschichten des Regressionsmodells für die mittlere monatliche Außentemperatur gemäß ÖNORM H 8110-6:2007 sind auch hier drei passende Höhengschichten ausgewählt worden. Die Bereiche von 300 m bis 700 m, von 701 m bis 1200 m und von 1201 m bis 2800 m werden erneut durch Mittelwertbildung zusammengefasst (siehe Tabelle 30). Für diese drei Höhenintervalle sollen die Heiztage als konstant angenommen und in der Berechnung der Heizsysteme angewendet werden. Zum Vergleich soll auch eine Berechnung mit einer durchgehenden, ganzjährigen Beheizung angesetzt werden. Der Nomenklatur dieser vier Referenzen für die Heiztage  $d_{\text{Heiz}}$  soll als Index die Anzahl der jährlichen Heiztage beigefügt werden. Für den Höhenbereiche von 300 m bis 700 m folgt mit 256 Heiztagen pro Jahr  $d_{\text{Heiz},256}$ ; das Intervall von 701 m bis 1200 m mit 303 jährlichen Heiztagen soll mit  $d_{\text{Heiz},303}$  und die Höhengschicht von 1201 m bis 2800 m mit 337 Heiztagen pro Jahr mit  $d_{\text{Heiz},337}$  bezeichnet werden. Die durchgehende, ganzjährige Beheizung wird in Folge  $d_{\text{Heiz},365}$  genannt.

Für die tägliche Betriebsdauer der Heizung  $t_{h,d}$  werden 24 Stunden pro Tag gemäß dem Nutzungsprofil für Wohngebäude aus ÖNORM B 8110-5:2007 angesetzt. Andere Normen gehen davon aus, dass die Heizungsanlagen nicht Tag und Nacht durchlaufen, was der Realität entspricht. Somit ist zu erwarten, dass bei gleicher Verlustleistung die Berechnung mittels der österreichischen Norm höhere Ergebnisse für die Verlustenergie liefert als die anderen Berechnungsmethoden.

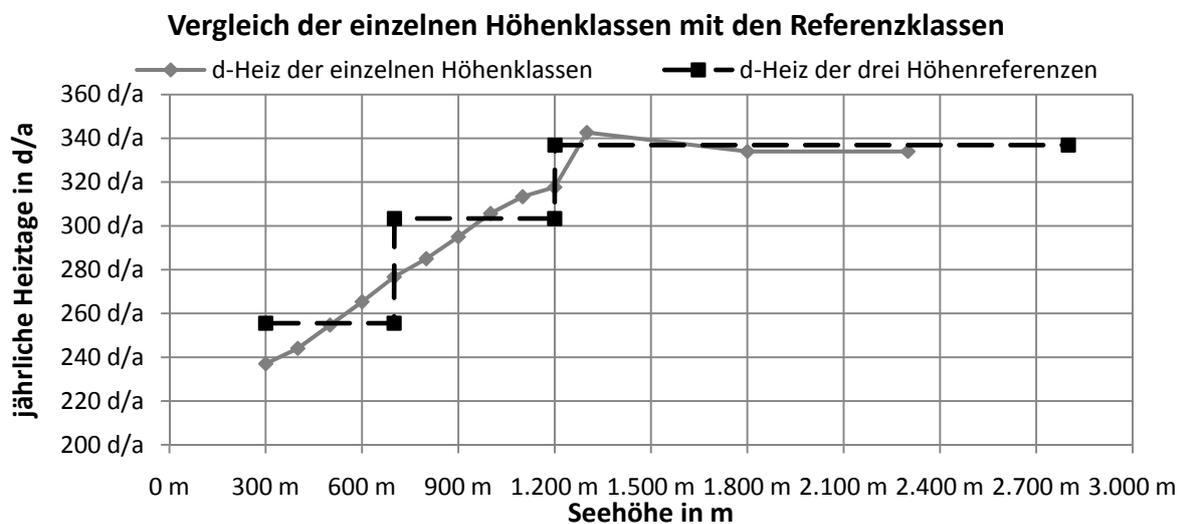
**Tabelle 29:** Über die drei Klimaregionen gemittelte  $d_{\text{Heiz}}$  an den Obergrenzen der Höhenklassen

Seehöhe	Einheit	Über die drei Klimaregionen gemittelte $d_{\text{Heiz}}$ an den Obergrenzen der Höhenklassen												
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1800	2300
Jänner	d/M	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Februar	d/M	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
März	d/M	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
April	d/M	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mai	d/M	12	17	24	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Juni	d/M	0	0	0	1	7	13	19	26	30	30	30	30	30
Juli	d/M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
August	d/M	0	0	0	0	0	1	3	7	11	15	31	31	31
September	d/M	13	15	18	22	27	29	30	30	30	30	30	30	30
Oktober	d/M	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
November	d/M	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Dezember	d/M	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Jahr	d/a	237	244	255	265	277	285	295	306	313	318	343	334	334

**Tabelle 30:** angenommene Heiztage  $d_{\text{Heiz}}$  in den Intervallen der Referenzhöhenklassen

Seehöhe	Einheit	Referenzhöhenklassen für Heiztage $d_{\text{Heiz}}$		
		300 m-700 m	701 m-1.200 m	1.201 m-2.800 m
		$d_{\text{Heiz},256}$	$d_{\text{Heiz},303}$	$d_{\text{Heiz},337}$
Jänner	d/M	31	31	31
Februar	d/M	28	28	28
März	d/M	31	31	31
April	d/M	30	30	30
Mai	d/M	23	31	31
Juni	d/M	2	23	30
Juli	d/M	0	0	3
August	d/M	0	7	31
September	d/M	19	30	30
Oktober	d/M	31	31	31
November	d/M	30	30	30
Dezember	d/M	31	31	31
Jahr	d/a	256	303	337

In Abbildung 44 wird der Verlauf der Heiztage für die einzelnen Werte der 14 Höhenklassen gemäß dem Heiztage-Modell von Pöhn (vgl. (Pöhn, 2008a)) und die Geraden der drei gemittelten Heiztage in den Intervallen der Referenzhöhenklassen gegenübergestellt.



**Abbildung 44:** Vergleich der jährlichen Heiztage an den Obergrenzen der 14 Höhenklassen mit den Mittelwerten der Referenzintervalle (eigene Berechnungen und Darstellung)

### 3.5.1 Übergabe-/Abgabeteilsystem – Raumwärme und Warmwasserzapfstellen

#### Verluste des Wärmeabgabesystems

Die monatlichen Verluste der Wärmeabgabe für Raumwärme folgen aus der Heizdauer in Stunden, der Netto-Fläche und einem vom Wärmeabgabesystem abhängigen Wärmeverlustkennwert.

$$Q_{H,WA} = \frac{1}{1000} \cdot q_{H,WA} \cdot d_{Heiz} \cdot t_{h,d} \cdot BF \quad (3.5.1)$$

mit:	$Q_{H,WA}$	monatlicher Wärmeverlust des Raumwärmeabgabesystems, in kWh/M
	$q_{H,WA}$	Wärmeabgabe des Raumwärmeabgabesystems, in W/m <sup>2</sup>
	$d_{Heiz}$	Anzahl der monatlichen Heiztage, in d/M
	$t_{h,d}$	tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 für WG $t_{h,d} = 24$ h/d
	BF	konditionierte Bezugsfläche des Gebäudes, in m <sup>2</sup>

Der spezifische Wärmeverlust setzt sich aus den drei Komponenten Regelung, Wärmeabgabesystem und Wärmeverbrauchsfeststellung zusammen. Als Flächenbezug gilt die Bezugsfläche BF also die Netto-Geschossfläche für Nichtwohngebäude oder der Nutzfläche für Wohngebäude.

$$q_{H,WA} = q_{H,WA,1} + q_{H,WA,2} + q_{H,WA,3} \quad (3.5.2)$$

mit:	$q_{H,WA}$	Wärmeabgabe des Wärmeabgabesystems, in W/m <sup>2</sup>
	$q_{H,WA,1}$	Wärmeabgabe im Bereich Regelfähigkeit des Wärmeabgabesystems, in W/m <sup>2</sup>
	$q_{H,WA,2}$	Wärmeabgabe im Bereich Anpassungsfähigkeit des Wärmeabgabesystems, in W/m <sup>2</sup>
	$q_{H,WA,3}$	Wärmeabgabe im Bereich Heizkostenberechnung des Wärmeabgabesystems, in W/m <sup>2</sup> , in dieser Arbeit 0 W/m <sup>2</sup>

Da Daten zu den Heizsystemen der realen Bestandsgebäude zur Gänze fehlen, ist es wieder nur über das Baualter möglich, Annahmen zu den Systemen zu treffen. Deshalb werden für die spezifischen Wärmeverluste im Bereich der Regelfähigkeit nur drei unterschiedliche Kennwerte gemäß dem OIB-Leitfaden (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)) angesetzt, welche den Altersklassen der Gebäude grob zugeordnet werden können. Der schlechteste Fall im Bereich der Regelung soll ein von Hand betätigtes Heizkörper-Regulierventil mit einem  $q_{H,WA,1}$ -Wert von 1,83 W/m<sup>2</sup> für die ältesten, unsanierten Gebäude sein. Objekten mittleren Baualters und sanierten Anlagen wird eine Einzelraumregelung mit Thermostatventilen unterstellt, womit sich ein  $q_{H,WA,1}$  von 1,25 W/m<sup>2</sup> ergibt. Für neue Gebäude und Anlagen sowie Flächenheizsysteme wird eine zeitgesteuerte Raumthermostat-Zonenregelung mit einem  $q_{H,WA,1}$  von 0,88 W/m<sup>2</sup> angenommen. ÖNORM H 5056:2007 VORNORM schlägt auch noch Anhaltswerte für elektronische Regelungen vor, aber es ist nicht möglich, sie im Zuge dieser Arbeit den Gebäuden zuzuordnen. Ungeregelte Systeme werden ausgeschlossen. Im Bereich der Anpassungsfähigkeit soll nur zwischen kleinflächiger Wärmeabgabe (Radiatoren und Einzelraumheizer) mit einem  $q_{H,WA,2}$  von 0,25 W/m<sup>2</sup> und Flächenheizung mit einem  $q_{H,WA,2}$  von 0,5 W/m<sup>2</sup> unterschieden werden. Da für alle Fälle eine individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung angenommen wird, geht der Wert für  $q_{H,WA,3}$  gegen Null W/m<sup>2</sup>. Alle Annahmen sind in Tabelle 31 zusammengefasst.

**Tabelle 31:** Annahmen und spezifische Werte der Wärmeverluste der Wärmeabgabe an den Raum gemäß (OIB, 2007a) und (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007)

Art der Verluste (Regelung, Wärmeabgabesystem, Wärmeverbrauchsfeststellung)		Wärmeverluste der Wärmeabgabe an den Raum		
		spezifisch	EFH	MFH
			BF = 158,4 m <sup>2</sup>	BF = 1.024 m <sup>2</sup>
		W/m <sup>2</sup>	W	W
q <sub>H,WA,1</sub>	Raumthermostat-Zonenregelung mit Zeitsteuerung	0,88	139,39	901,12
	Einzelraumregelung mit Thermostatventilen	1,25	198,00	1.280,00
	Heizkörper-Reguliertventile, von Hand betätigt	1,83	289,87	1.873,92
q <sub>H,WA,2</sub>	kleinflächige Wärmeabgabe	0,20	31,68	204,80
	Flächenheizung	0,50	79,20	512,00
q <sub>H,WA,3</sub>	Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung	0,00	0,00	0,00
q <sub>H,WA,1</sub> ... Wärmeabgabe im Bereich Regelfähigkeit des Wärmeabgabesystems				
q <sub>H,WA,2</sub> ... Wärmeabgabe im Bereich Anpassungsfähigkeit des Wärmeabgabesystems				
q <sub>H,WA,3</sub> ... Wärmeabgabe im Bereich Heizkostenberechnung des Wärmeabgabesystems				

Aus den obigen Annahmen ergeben sich vier plausible Referenzsysteme zur Wärmeabgabe der Raumwärme (H,WA-1, H,WA-2, H,WA-3 und H,WA-4 siehe dazu Tabelle 32). Die neuesten, technisch möglichen Systeme fehlen in diesen Annahmen, weil sie den Bestandsgebäuden nicht zuordenbar sind. Deshalb soll hier von den weniger effizienten Varianten ausgegangen werden. Für die vier Referenzsysteme ergeben sich die spezifischen Wärmeverluste der Wärmeabgabesysteme q<sub>H,WA</sub> zu 2,08 W/m<sup>2</sup>, 1,50 W/m<sup>2</sup>, 1,13 W/m<sup>2</sup> und 1,38 W/m<sup>2</sup>. Die Werte können sich demnach im Extremfall in etwa um den Faktor 2,0 unterscheiden.

**Tabelle 32:** Referenzsysteme der Wärmeabgabe für Raumwärme dieser Arbeit und deren flächen-spezifischen Wärmeverluste gemäß (OIB, 2007a) und (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007)

Referenzsystem der Wärmeabgabe für Raumwärme	Regelung		Wärmeabgabesystem		Wärmeverbrauchs-feststellung		q <sub>H,WA</sub>
	Typ	W/m <sup>2</sup>	Typ	W/m <sup>2</sup>	Typ	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
H,WA-1	Heizkörper-Reguliertventil	1,83	kleinflächig	0,25	individuell	0,00	2,08
H,WA-2	Einzelraumregelung-Thermostatventil	1,25	kleinflächig	0,25	individuell	0,00	1,50
H,WA-3	Raumthermostat-Zonenregelung	0,88	kleinflächig	0,25	individuell	0,00	1,13
H,WA-4	Raumthermostat-Zonenregelung	0,88	Flächenheizung	0,50	individuell	0,00	1,38

Da sich die spezifischen Wärmeverluste der Wärmeabgabesysteme nur auf die Nettoflächen beziehen, ansonsten aber keinen weiteren Einflüssen unterliegen, sind die vier Referenzheizsysteme aus Tabelle 32 für alle EFH und MFH gültig. Durch Multiplikation mit der Bezugsfläche in m<sup>2</sup> und der Heizdauer in Stunden können die täglichen, monatlichen oder jährlichen Verluste der Wärmeabgabesysteme in den Referenzgebäuden bestimmt werden. Da die monatliche oder jährliche Nutzungsdauer im Fall der Raumheizung von den Heiztagen abhängt, sind die täglichen, monatlichen und jährlichen Verluste von H,WA-1, H,WA-2, H,WA-3, und H,WA-4 mit d<sub>Heiz,365</sub>, d<sub>Heiz,337</sub>, d<sub>Heiz,303</sub> und d<sub>Heiz,256</sub> für

die EFH und MFH berechnet worden (siehe Anhang F). Die Ergebnisse belegen den starken Einfluss der Heiztage auf die Wärmeverluste.

### Verluste Wärmeabgabe Warmwasser

Die monatlichen Verluste des Wärmeabgabesystems für Warmwasser ergeben sich aus der Nutzungszeit des Gebäudes, in Stunden, den Netto-Flächen und Wärmeverlustkennwerten.

$$Q_{TW,WA} = \frac{1}{1000} \cdot (q_{TW,WA,1} + q_{TW,WA,2}) \cdot d_{Nutz} \cdot t_{h,d} \cdot BF \quad (3.5.3)$$

- mit:
- $Q_{TW,WA}$  monatlicher Wärmeverlust des Warmwasserabgabesystems, in kWh/M
  - $q_{TW,WA,1}$  Wärmeabgabe im Bereich Regelfähigkeit der Warmwasserabgabe, in W/m<sup>2</sup>, in dieser Arbeit 0,083 W/m<sup>2</sup> für Zweigriffarmaturen
  - $q_{TW,WA,2}$  spezifischer Wärmeverlust im Bereich der Warmwasser-Verbrauchserfassung, in W/m<sup>2</sup>, in dieser Arbeit 0,00 W/m<sup>2</sup>
  - $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M
  - $t_{h,d}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - BF konditionierte Bezugsfläche des Gebäudes, in m<sup>2</sup>

Für alle Referenzanlagen in dieser Arbeit wird für  $q_{TW,WA,1}$  der Werte für Zweigriffarmaturen mit 0,083 W/m<sup>2</sup> angesetzt. Aus der Annahme einer individuellen Warmwasser-Verbrauchsermittlung und -abrechnung folgt für  $q_{TW,WA,2}$  ein Wert von 0,00 W/m<sup>2</sup>. Beide Kennzahlen entsprechen den Vorgaben der ÖNORM H 5056:2007 und beziehen sich auf die Bezugsfläche BF. Die monatlichen Nutzungstage  $d_{Nutz,i}$  und die tägliche Betriebsdauer der Heizung  $t_{h,d}$  folgen aus ÖNORM B 8110-5:2007. Die relevanten Daten sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 des Kapitels 3.3.1 hinterlegt. Aus diesen Annahmen lassen sich die Wärmeverluste bei der Wärmeabgabe des Trinkwarmwassers berechnen. Die Ergebnisse in Tabelle 33 gelten für alle Standorte, weil der Warmwasserwärmeverbrauch der Referenznutzer gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 unabhängig von Klima- und Standorteinflüssen berechnet wird.

**Tabelle 33:** Verluste bei der Wärmeabgabe der Trinkwarmwassersysteme (Zapfstellen) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude dieser Arbeit

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe Warmwasser $Q_{TW,WA}$		
			Einheit	EFH BF = 158,4 m <sup>2</sup>	MFH BF = 1.024,0 m <sup>2</sup>
Tag	$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	0,316	2,040
Januar	$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
Februar	$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	8,835	57,115
März	$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
April	$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	9,466	61,194
Mai	$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
Juni	$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	9,466	61,194
Juli	$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
August	$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
September	$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	9,466	61,194
Oktober	$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
November	$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	9,466	61,194
Dezember	$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	9,782	63,234
Jahr	$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	115,169	744,530
Konstanten:			$q_{TW,WA,1} = 0,083 \text{ W/m}^2$		
			$q_{TW,WA,2} = 0,000 \text{ W/m}^2$		

### 3.5.2 Verteilungsteilsystem – Sekundärheizkreislauf und Warmwasserverteilung

#### Verluste der Wärmeverteilung Raumheizung

Die monatlichen Verluste des Wärmeverteilsystems der Raumheizung folgen aus der Heizdauer und der Wärmeabgabe der Rohrleitungen in beheizten und unbeheizten Räumen.

$$Q_{H,WV} = \frac{1}{1000} \cdot (q_{H,ro,beh}^* + q_{H,ro,u}^*) \cdot d_{Heiz} \cdot t_{h,d} \quad (3.5.4)$$

mit:	$Q_{H,WV}$	monatliche Verluste des Wärmeverteilsystems der Raumheizung, in kWh/M
	$q_{H,ro,beh}^*$	In der Norm wird diese Größe als „monatliche Wärmeabgabe der Rohrleitung der Raumheizung in beheizten Räumen“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 22) in W deklariert; da es sich aber um eine Leistungsangabe handelt, soll in dieser Arbeit nur der Begriff „Wärmeabgabe“ der Rohrleitungen des Raumheizsystems in beheizten Räumen in W verwendet werden.
	$q_{H,ro,u}^*$	Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems in unbeheizten Räumen, in W
	$d_{Heiz}$	Anzahl der monatlichen Heiztage, in d/M
	$t_{h,d}$	tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d

In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM wird der Index „ro“ und „Ro“ des Öfteren vermischt, es sind aber immer die Rohrleitungen damit gemeint. In der Norm wird „ro“ an manchen Stellen für Rohrleitungen des Heizsystems verwendet. Im Verzeichnis der Formelzeichen findet sich nur der Index „Ro“. In dieser Arbeit wird die Unterscheidung zwischen den Rohrleitungen des Heizsystems mit „ro“ und den Rohrleitungen des Warmwassersystems mit „Ro“ durchgehend beibehalten.

Die monatliche Wärmeabgabe der Rohrleitungen für Raumheizung hängen von den Rohrleitungslängen, den spezifischen Wärmeverlusten der Rohre und den Verlusten von Einbauten (Armaturen und Pumpen) ab, die durch äquivalente Rohrleitungslängen berücksichtigt werden können. Die Temperaturdifferenz zwischen Heizkreistemperatur und Rauminnentemperatur ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Verteilverluste der Raumheizung in beheizten (Gleichung (3.5.5) und Gleichung (3.5.7)) und unbeheizten Räumen (Gleichung (3.5.6) und Gleichung (3.5.8)).

$$q_{H,ro,beh}^* = \Delta\theta_{H,m,beh} \cdot \left[ \ell_{H,ro,Verteil,beh} \cdot q_{H,ro,Verteil} \cdot f_{ero,1} + \left( \ell_{H,ro,Steigl,beh} \cdot q_{H,ro,Steigl} + \ell_{H,ro,Anbindel} \cdot q_{H,ro,Anbindel} \right) \cdot f_{ero,2} \right] \quad (3.5.5)$$

mit:	$q_{H,ro,beh}^*$	Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems in beheizten Räumen, in W
	$\Delta\theta_{H,m,beh}$	monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in beheizten Räumen, in K
	$\ell_{H,ro,Verteil,beh}$	Länge der Verteilleitung der Raumheizung in beheizten Räumen, in m
	$q_{H,ro,Verteil}$	längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Verteilleitungen, in W/(m·K)
	$f_{ero,1}$	dimensionsloser Faktor für äquivalente Verteilleitungslängen für Einbauten (z. B. Pumpen, Armaturen)
	$\ell_{H,ro,Steigl,beh}$	Länge der Steigleitung der Raumheizung in beheizten Räumen, in m
	$q_{H,ro,Steigl}$	längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Steigleitungen, in W/(m·K)
	$\ell_{H,ro,Anbindel}$	Länge der Anbindeleitung der Raumheizung in beheizten Räumen, in m
	$q_{H,ro,Anbindel}$	längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Anbindeleitungen, in W/(m·K)
	$f_{ero,2}$	dimensionsloser Faktor für äquivalente Steig- und Anbindeleitungslängen für Einbauten (z. B. Pumpen, Armaturen)

$$q_{H,ro,u}^* = \Delta\theta_{H,m,u} \cdot (\ell_{H,ro,Verteil,u} \cdot q_{H,ro,Verteil} \cdot f_{ero,1} + \ell_{H,ro,Steigl,u} \cdot q_{H,ro,Steigl} \cdot f_{ero,2}) \quad (3.5.6)$$

mit:	$q_{H,ro,u}^*$	Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems in unbeheizten Räumen, in W
	$\Delta\theta_{H,m,u}$	monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in unbeheizten Räumen, in K
	$\ell_{H,ro,Verteil,u}$	Länge der Verteilleitung der Raumheizung in unbeheizten Räumen, in m
	$q_{H,ro,Verteil}$	längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Verteilleitungen, in W/(m·K)
	$f_{ero,1}$	dimensionsloser Faktor der äquivalente Verteilleitungslängen für Einbauten (z. B. Pumpen, Armaturen)
	$\ell_{H,ro,Steigl,u}$	Länge der Steigleitung der Raumheizung in unbeheizten Räumen, in m
	$q_{H,ro,Steigl}$	längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Steigleitungen, in W/(m·K)
	$f_{ero,2}$	dimensionsloser Faktor der Äquivalenten Steig- und Anbindeleitungslängen der Einbauten (z. B. Armaturen, Pumpen)

Die Algorithmen zur Abschätzung der Rohrleitungslängen zur Verteilung von Raumwärme gemäß der aktuellen Normung sind in Tabelle 41 dokumentiert. In Tabelle 42 sind die Ergebnisse für die Referenzgebäude dieser Arbeit dargestellt. In diesen Tabellen werden die beiden gültigen Normen ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3:2007 verglichen. Zur Berechnung der Wärmeverluste der Rohrleitung werden an dieser Stelle nur die Längeneinschätzungen der ÖNORM H 5056:2007 VOR-NORM weiter verwendet.

Monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in beheizten Räumen:

$$\Delta\theta_{H,m,beh} = \theta_{H,m} - \theta_{i,h} \quad (3.5.7)$$

mit:	$\Delta\theta_{H,m,beh}$	monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in beheizten Räumen, in K
	$\theta_{H,m}$	mittlere monatliche Heizkreistemperatur, in °C
	$\theta_{i,h}$	Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C

Die Temperatur konditionierter Räume wird für den Heizfall mit 20 °C angenommen.

Monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in unbeheizten Räumen:

$$\Delta\theta_{H,m,u} = \theta_{H,m} - \theta_{i,u} \quad (3.5.8)$$

mit:	$\Delta\theta_{H,m,u}$	monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Heizkreistemperatur und der Temperatur in unbeheizten Räumen, in K
	$\theta_{H,m}$	mittlere monatliche Heizkreistemperatur, in °C
	$\theta_{i,u}$	Solltemperatur des unbeheizten Raumes, in °C

Die Temperatur nicht konditionierter Räume wird für den Heizfall mit 13 °C angenommen.

Die mittlere Heizkreistemperatur bei konstanter Betriebsweise folgt aus dem Mittelwert der mittleren monatlichen Vorlauftemperatur und der mittleren monatlichen Rücklauftemperatur. Die gleitende Betriebsweise wird in dieser Arbeit vernachlässigt, weil die Betriebsweisen der realen Gebäude nicht bekannt sind. Für das Modell sollte die einfachere Berechnung bei konstanter Betriebsweise ausreichen.

$$\theta_{H,m} = 0,5 \cdot (\theta_{VL,ne} + \theta_{RL,ne}) \tag{3.5.9}$$

mit:  $\theta_{H,m}$  mittlere monatliche Heizkreistemperatur, in °C  
 $\theta_{VL,ne}$  Vorlauftemperatur bei Normaußentemperatur, in °C  
 $\theta_{RL,ne}$  Rücklauftemperatur bei Normaußentemperatur, in °C

Die Nenntemperaturen (Solltemperaturen) des Vorlaufs und Rücklaufs sind in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hinterlegt. In Tabelle 34 ist die Auswahl der Systemtemperaturen für diese Arbeit aufgelistet, welche um die mittleren Heizkreistemperaturen gemäß Gleichung (3.5.9) und die dazu passenden Wärmeabgabesysteme ergänzt worden sind. Die Heizkörperexponenten sind für den Fall der konstanten Betriebsweise bei einer Berechnung gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht notwendig. In Tabelle 34 werden den Heizsystemen HT-1, NT-1, TT-1 und TT-2 entsprechend dem OIB-Leitfaden und eigenen Annahmen (System 55/45) Dämmstärken der Rohrleitungen und Armaturen der Verteilsysteme zugeordnet.

**Tabelle 34:** Systemtemperaturen der Referenzheizsysteme dieser Arbeit

Heizsystem		$\theta_{VL,ne}$	$\theta_{RL,ne}$	$\theta_{H,m}$	Wärmeabgabesystem (Heizflächen)
		°C	°C	°C	
Hochtemperatur HT	HT-1	90	70	80	kleinflächige Wärmeabgabe
					ungedämmte Rohrleitungen & Armaturen
Niedertemperatur NT	NT-1	70	55	62,5	kleinflächige Wärmeabgabe
					ungedämmte Rohrleitungen Armaturen
Tieftemperatur TT	TT-1	55	45	50	kleinflächige Wärmeabgabe und Flächenheizung
					Dämmdicke = 1/3-Rohrdurchmesser ungedämmte Armaturen
	TT-2	40	30	35	kleinflächige Wärmeabgabe und Flächenheizung
					Dämmdicke = 2/3-Rohrdurchmesser ungedämmte Armaturen

Aus den Dämmdicken der Rohrleitungen in Tabelle 34 und den Empfehlungen des OIB-Leitfadens zur Dämmung der Armaturen folgen die Defaultwerte der äquivalenten Rohrleitungslängen  $f_{ero,1}$  und  $f_{ero,2}$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM (siehe Tabelle 35). Für unbekannte Systeme schreibt auch die Norm ungedämmte Armaturen, Pumpen und der Gleichen vor.

**Tabelle 35:** Faktoren für äquivalente Rohrleitungen (Raumheizung) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Faktoren für äquivalente Rohrleitungslängen	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Armaturen, Pumpen, etc. ungedämmt
$f_{ero,1}$	2/3	1,40
	1/3	1,25
	0	1,20
$f_{ero,2}$	2/3	1,20
	1/3	1,13
	0	1,10

Die spezifische Wärmeabgabe der einzelnen Rohrleitungen ist entsprechend ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für die Referenzgebäude dieser Arbeit ausgewählt und in Tabelle 36 dokumentiert worden.

**Tabelle 36:** auf Rohrleitungslänge und Temperaturdifferenz bezogene Wärmeabgabe  $q_{ro}$  der Rohrleitungen für Raumheizung, Solaranlagen und Trinkwarmwasser gemäß ÖNORM H 5056:2007

Art der Rohrleitung (Dämmung)	Wärmeabgabe $q_{ro}$ der Rohrleitungen für RH, Sol und TW					
	Berechnungsgrundlage		EFH		MFH	
	W/(m·K)		W/(m·K)		W/(m·K)	
Dämmdicke = $d_{ro}$	0,24		0,24		0,24	
Dämmdicke = $\frac{2}{3} \cdot d_{ro}$ oder Unterputzverlegung	0,30		0,30		0,30	
Dämmdicke = $\frac{1}{3} \cdot d_{ro}$	0,45		0,45		0,45	
Ungedämmte Rohrleitungen	$24,9 \cdot 10^{-3} \cdot d_{ro} + 3,44 \cdot 10^{-1}$		$d_{ro}$	W/(m·K)	$d_{ro}$	W/(m·K)
	RH + Sol Anbindeleitung		20 mm	0,842	20 mm	0,842
	Steigleitung		20 mm	0,842	40 mm	1,340
	Verteilleitung		20 mm	0,842	70 mm	2,087
	TW Stichleitung		20 mm	0,842	20 mm	0,842
	TW Zirkulationsleitung		20 mm	0,842	25 mm	0,967
RH ... Raumheizung						
Sol ... Solaranlage						
TW ... Trinkwarmwasser						
$d_{ro}$ ... Außendurchmesser der Rohrleitung						

Für die Lage der Rohrleitungen (beheizter/unbeheizter Raum) werden die Empfehlungen des OIB-Leitfadens übernommen. Die Verteil- und Steigleitungen werden in unkonditionierten Zonen angenommen, die Anbinde- und Stichleitungen sollen in konditionierten Bereichen liegen (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)). Im Unterschied dazu werden in der EN 15316-2-3:2007 und der EN 15316-3-2:2007 die Steigleitungen im konditionierten Bereich angenommen. Hier soll aber der österreichische Anhalt verwendet werden.

Die Ergebnisse für die monatliche Wärmeabgabe der Rohrleitungen (Raumheizung) in konditionierten und unkonditionierten Räumen sind in Tabelle 37 dargestellt. Die Werte ergeben sich in Watt, entsprechen demnach einer Verlustleistung und sind jeweils für Einfamilien- und für Mehrfamilienhäuser berechnet worden. Weiters sind die unterschiedlichen Rohrleitungslängen auf Grund kleinflächiger Wärmeemitter bzw. Flächenheizungen berücksichtigt worden. Die Temperaturdifferenzen ergeben sich aus den Systemtemperaturen der vier Referenzheizsysteme HT-1, NT-1, TT-1 und TT-2.

**Tabelle 37:** Wärmeabgabe (Verlustleistung) der Rohrleitungen Raumheizung  $q_{H,ro}^*$  - Wärmeabgabe der Rohrleitungen Raumheizung, in W, gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Referenzheizsystem		mittlere Temperatur Differenz Heizkreis-Räume			$q_{H,ro}^* = q_{H,ro,beh}^* + q_{H,ro,u}^*$			
					EFH		MFH	
		$\theta_{H,m}$	$\Delta\theta_{H,m,beh}$	$\Delta\theta_{H,m,u}$	kleinflächige Wärmeemitter	Flächenheizung	kleinflächige Wärmeemitter	Flächenheizung
Heizsystem	Dämmung	°C	°C	°C	W	W	W	W
HT-1	keine	80,0	60,0	67,0	8.167	-	59.452	-
NT-1	keine	62,5	42,5	49,5	5.846	-	42.710	-
TT-1	$\frac{1}{3} d_{ro}$	50,0	30,0	37,0	2.304	1.458	14.040	8.573
TT-2	$\frac{2}{3} d_{ro}$	35,0	15,0	22,0	864	564	5.205	3.270
$d_{ro}$ ... Außendurchmesser der Rohrleitungen								
$q_{H,ro}^*$ ... Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems								
$q_{H,ro,beh}^*$ ... Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems in beheizten Räumen								
$q_{H,ro,u}^*$ ... Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Raumheizsystems in unbeheizten Räumen								

Die monatlichen und jährlichen Verluste der Wärmeverteilung der Raumheizung sind für die Referenzsysteme der Tabelle 37 und für  $d_{\text{Heiz},365}$ ,  $d_{\text{Heiz},337}$ ,  $d_{\text{Heiz},303}$  und  $d_{\text{Heiz},356}$  berechnet worden. Die Ergebnisse sind in Anhang G dokumentiert. Eine Zusammenfassung der jährlichen Verluste der Wärmeverteilung der Raumheizung für die Referenzsysteme dieser Arbeit findet sich in Tabelle 38. Die Höchsten Verluste entstehen in den Anbindeleitungen, deshalb sind 53 % bis 78 % der Verluste des Wärmeverteilsystems der Raumheizung für die Referenzen dieser Arbeit rückgewinnbar. Die Tief-temperatursysteme liefern dabei weniger rückgewinnbare Verluste als die Restlichen.

**Tabelle 38:** jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$

Heiztage			jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$					
jährliche Verluste Rohrnetz Raumwärme EFH			EFH - kleinflächige Wärmeemitter				EFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$d_{h,a}$	365 d/a	kWh/a	71.543	51.212	20.181	7.566	12.772	4.944
$d_{h,a}$	337 d/a	kWh/a	66.033	47.267	18.627	6.984	11.789	4.563
$d_{h,a}$	303 d/a	kWh/a	59.456	42.559	16.771	6.288	10.614	4.109
$d_{h,a}$	256 d/a	kWh/a	50.087	35.853	14.1289	5.297	8.942	3.461
jährliche Verluste Rohrnetz Raumwärme MFH			MFH - kleinflächige Wärmeemitter				MFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$d_{h,a}$	365 d/a	kWh/a	520.803	374.139	122.994	45.597	75.100	28.644
$d_{h,a}$	337 d/a	kWh/a	480.696	345.324	113.522	42.086	69.316	26.438
$d_{h,a}$	303 d/a	kWh/a	432.814	310.928	102.214	37.894	62.412	23.804
$d_{h,a}$	256 d/a	kWh/a	364.610	261.932	86.107	31.922	52.5767	20.053

### Verluste der Warmwasserverteilung

Die monatlichen Verluste der Warmwasserverteilung folgen aus der Nutzungsdauer, der Wärmeabgabe der Verteil- und Steigleitungen in beheizten und unbeheizten Räumen sowie den Aufheiz-/Abkühlverluste der Stichleitungen.

$$Q_{TW,WV} = \frac{1}{1000} \cdot (q_{TW,Ro,beh}^* + q_{TW,Ro,u}^*) \cdot d_{Nutz} \cdot t_{h,d} + Q_{TW,WV,A} \quad (3.5.10)$$

- mit:
- $Q_{TW,WV}$  monatliche Wärmeverluste des Warmwasserwärmeverteilsystems, in kWh/M
  - $q_{TW,Ro,beh}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Warmwassersystems in beheizten Räumen, in W
  - $q_{TW,Ro,u}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Warmwassersystems in unbeheizten Räumen, in W
  - $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M
  - $t_{h,d}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - $Q_{TW,WV,A}$  monatliche Aufheiz-/Abkühlverluste der Stichleitung des Warmwasserwärmeverteilsystems, in kWh/M

Die monatliche Wärmeabgabe der Rohrleitungen zur Warmwasserverteilung hängt von den Rohrleitungslängen, den spezifischen Wärmeverlusten der Rohre und den Verlusten von Einbauten (Armaturen, Pumpen, etc.), die durch äquivalente Rohrleitungslängen berücksichtigt werden können, ab. Die Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser-Rohrnetz und Rauminnentemperatur ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Verteilverluste der Warmwasserverteilung in beheizten (Gleichung (3.5.11) und Gleichung (3.5.13)) und unbeheizten Räumen (Gleichung (3.5.12) und (3.5.14)).

$$q_{TW,Ro,beh}^* = \Delta\theta_{TW,m,beh} \cdot \left[ \left( \ell_{TW,Ro,Verteil,beh} \cdot q_{TW,Ro,Verteil} + \ell_{TW,Ro,Zirkul-V,beh} \cdot q_{TW,Ro,Zirkul-V} \right) \cdot f_{ero,1} + \left( \ell_{TW,Ro,Steigl,beh} \cdot q_{TW,Ro,Steigl} + \ell_{TW,Ro,Zirkul-S,beh} \cdot q_{TW,Ro,Zirkul-S} \right) \cdot f_{ero,2} \right] \quad (3.5.11)$$

- mit:
- $q_{TW,Ro,beh}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Warmwassersystems in beheizten Räumen, in W
  - $\Delta\theta_{TW,m,beh}$  monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur des Warmwasserrohrleitungsabschnittes und der Temperatur in beheizten Räumen, in K
  - $\ell_{TW,Verteil,beh}$  Länge der Warmwasser-Verteilleitung in beheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Verteil}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Verteilleitungen, in W/(m·K)
  - $\ell_{TW,Ro,Zirkul-V,beh}$  Länge der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Verteilleitung in beheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Zirkul-V}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Verteilleitung, in W/(m·K)
  - $f_{ero,1}$  dimensionsloser Faktor der äquivalente Verteilleitungslängen für Einbauten (z. B. Pumpen, Armaturen)
  - $\ell_{TW,Ro,Steigl,beh}$  Länge der Warmwasser-Steigleitung in beheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Steigl}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Steigleitung, in W/(m·K)
  - $\ell_{TW,Ro,Zirkul-S,beh}$  Länge der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Steigleitung in beheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Zirkul-S}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Steigleitung, in W/(m·K)
  - $f_{ero,2}$  dimensionsloser Faktor der Äquivalenten Steig- und Anbindeleitungslängen der Einbauten (z. B. Armaturen, Pumpen)

$$q_{TW,Ro,u}^* = \Delta\theta_{TW,m,u} \cdot \left[ \left( \ell_{TW,Ro,Verteil,u} \cdot q_{Ro,Verteil} + \ell_{TW,Ro,Zirkul-V,u} \cdot q_{Ro,Zirkul-V} \right) \cdot f_{ero,1} + \left( \ell_{TW,Ro,Steigl,u} \cdot q_{Ro,Steigl} + \ell_{TW,Ro,Zirkul-S,u} \cdot q_{Ro,Zirkul-S} \right) \cdot f_{ero,2} \right] \quad (3.5.12)$$

- mit:
- $q_{TW,Ro,u}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Warmwassersystems in unbeheizten Räumen, in W
  - $\Delta\theta_{TW,m,u}$  monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur des Warmwasserrohrleitungsabschnittes und der Temperatur in unbeheizten Räumen, in K
  - $\ell_{TW,Ro,Verteil,u}$  Länge der Warmwasser-Verteilleitung in unbeheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Verteil}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Verteilleitungen, in W/(m·K)
  - $\ell_{TW,Ro,Zirkul-V,u}$  Länge der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Verteilleitung in unbeheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Zirkul-V}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Verteilleitung, in W/(m·K)
  - $f_{ero,1}$  dimensionsloser Faktor der äquivalente Verteilleitungslängen für Einbauten (z. B. Pumpen, Armaturen)
  - $\ell_{TW,Ro,Steigl,u}$  Länge der Warmwasser-Steigleitung in unbeheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Steigl}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Steigleitung, in W/(m·K)
  - $\ell_{TW,Ro,Zirkul-S,u}$  Länge der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Steigleitung in unbeheizten Räumen, in m
  - $q_{TW,Ro,Zirkul-S}$  spezifische Wärmeabgabe der Warmwasser-Zirkulations-Rücklauf-Steigleitung, in W/(m·K)
  - $f_{ero,2}$  dimensionsloser Faktor der Äquivalenten Steig- und Anbindeleitungslängen der Einbauten (z. B. Armaturen, Pumpen)

Monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur des Warmwasserrohrleitungsnetzes und der Temperatur in beheizten Räumen:

$$\Delta\theta_{\text{TW,m,beh}} = \theta_{\text{TW,m}} - \theta_{\text{i,h}} \quad (3.5.13)$$

mit:  $\Delta\theta_{\text{TW,m,beh}}$  Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser-Rohrnetz in diesem Bereich und beheizten Raum, in °C  
 $\theta_{\text{TW,m}}$  mittlere Temperatur des Warmwasser-Rohrnetzes in diesem Bereich, in °C  
 $\theta_{\text{i,h}}$  Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C

Monatliche Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur des Warmwasserrohrleitungsnetzes und der Temperatur in unbeheizten Räumen:

$$\Delta\theta_{\text{TW,m,u}} = \theta_{\text{TW,m}} - \theta_{\text{i,u}} \quad (3.5.14)$$

mit:  $\Delta\theta_{\text{TW,m,u}}$  Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser-Rohrnetz in diesem Bereich und unbeheizten Raum, in °C  
 $\theta_{\text{TW,m}}$  mittlere Temperatur des Warmwasser-Rohrnetzes in diesem Bereich, in °C  
 $\theta_{\text{i,u}}$  mittlere Temperatur des unbeheizten Raumes, in °C

Die mittlere Temperatur in den Warmwasserrohrleitungen  $\theta_{\text{TW,m}}$  kann gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für Stichleitungen mit 25 °C und für Verteil- und Steigleitungen mit Zirkulation mit 55 °C angenommen werden. Für die mittlere Temperatur in den Verteil- und Steigleitungen ohne Zirkulation wird in der Norm eine von der Bezugsfläche abhängige Abschätzung vorgeschlagen.

$$\theta_{\text{TW,m}} = 23 + 37 \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\text{BF}}{1550}} \right) \quad (3.5.15)$$

mit:  $\theta_{\text{TW,m}}$  mittlere Temperatur des Bereichs des Warmwasser-Rohrnetzes (hier für Verteil und Steigleitungen ohne Zirkulation), in °C  
 BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>

Aus Gleichung (3.5.15) folgt für die Einfamilienhäuser eine mittlere Temperatur des Warmwasserrohrnetzes ohne Zirkulation von ca. 27 °C und für Mehrfamilienhäuser von ca. 41 °C.

Die monatlichen Aufheiz-/Abkühlverluste der Stichleitung ergeben sich aus den Leitungslängen, der Nutzungsdauer und den spezifischen Aufheiz-/Aus Kühlverlusten, welche vom Rohrmaterial abhängen und in Tabellenform in der Norm hinterlegt sind.

$$Q_{\text{TW,WV,A}} = \frac{1}{1000} \cdot \ell_{\text{TW,Stichl}} \cdot q_{\text{Ro,A}} \cdot d_{\text{Nutz}} \cdot t_{\text{h,d}} \quad (3.5.16)$$

mit:  $Q_{\text{TW,WV,A}}$  längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Stichleitung durch Aufheizung-/Abkühlung, in W/m  
 $\ell_{\text{TW,Stichl}}$  Länge der Stichleitung für Warmwasser, in m  
 $q_{\text{Ro,A}}$  längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Stichleitung durch Aufheizung/Auskühlung, in W/m  
 $d_{\text{Nutz}}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M  
 $t_{\text{h,d}}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d

Die Abschätzungsmethoden der Rohrleitungslängen zur Verteilung von Trinkwarmwasser gemäß ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-3-2:2007 werden in Tabelle 43 gegenübergestellt. Derzeit sind beide Normen gültig. In Tabelle 44 sind die Ergebnisse dieser Methoden für die Referenzgebäude dieser Arbeit dargestellt. Die Wärmeverluste der Warmwasserrohrleitung sind nur gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM ermittelt worden. Die Einbaulage der Rohrleitungen (Bezug zur Raumtemperatur) wird wieder nach den Empfehlungen des OIB-Leitfadens angenommen. Dieser schlägt für die Warmwassersysteme Zirkulationsleitungen vor, woraus auf Grund der höheren

Temperaturdifferenz zwischen den Rohrleitungen und den Räumen größere Wärmeverluste folgen als bei einfachen Systemen ohne Zirkulation. Für die Referenzsysteme dieser Arbeit steigt deshalb die Verlustleistung des Warmwasser-Verteilsystems um ca. 45 %-Punkte bis ca. 88 %-Punkte an. Die Verteil- und Steigleitungen verlaufen durch unkonditionierte Zonen, die Stichleitungen sollen in konditionierten Bereichen liegen (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)). Aus diesen Bedingungen folgt, dass Gleichung (3.5.11) nicht benötigt wird. Die Wärmeverluste der Stichleitungen werden nur in Gleichung (3.5.16) berücksichtigt, die Temperaturdifferenz zwischen dem Medium in der Stichleitung und der Umgebung spielt demnach zur Berechnung der Aufheiz-/ Abkühlverluste gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM keine Rolle. Die Norm schreibt für unbekanntes Rohrmaterial eine längenbezogene spezifische Wärmeabgabe der Stichleitung durch Aufheizung-/Abkühlung von 2,42 W/m (Wert für Stahlrohre) vor (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 37)). Aus diesen Annahmen folgt die Verlustleistung der Warmwasserverteilung (siehe Tabelle 39). Durch Multiplikation mit der Nutzungszeit können die täglichen, monatlichen oder jährlichen Wärmeverluste der Warmwasserverteilung ermittelt werden (siehe Tabelle 40).

**Tabelle 39:** Wärmeverluste (Verlustleistung) der Warmwasserverteilung  $q^*_{TW,RO}$  - Wärmeabgabe der Rohrleitungen Warmwasserverteilung in W unter Einbeziehung der äquivalenten Rohrleitungslängen für Einbauten gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Teil der Warmwasserrohrleitung		$\Delta\theta_{TW,m,u}$ °C	Wärmeabgabe der Trink-Warmwasserrohrleitungen $q^*_{TW,RO}$							
			EFH				MFH			
			Rohr-länge m	Dämmung			Rohr-länge m	Dämmung		
				keine	1/3 $d_{RO}$	2/3 $d_{RO}$		keine	1/3 $d_{RO}$	2/3 $d_{RO}$
Haupt - Verteilleitung		42	9	384	214	160	20	2.136	480	358
Haupt - Steigleitung		42	8	308	169	120	51	3.170	1.093	774
Zirkulations- leitung	Rücklauf- Verteilleitung	42	8	322	179	134	16	791	384	286
	Rücklauf- Steigleitung	42	8	354	169	120	51	2.286	492	774
Stichleitung	Wohngebäude	-	32	77			205	496		
gesamtes Rohrleitungsnetz		-	64	1.445	808	610	344	8.879	2.945	2.689

$d_{ro}$  ... Außendurchmesser der Rohrleitungen

**Tabelle 40:** täglicher, monatlicher und jährlicher Verlust der Warmwasserrohrleitungen  $Q_{TW,RO}$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Nutzungszeit		Einheit	Wärmeverlust der Rohrleitungen Warmwasser $Q_{TW,WW}$					
			EFH			MFH		
			Dämmung			Dämmung		
			keine	1/3	2/3	keine	1/3	2/3
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	34,7	19,4	14,6	213,1	51,2	64,5
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	971	543	410	5.967	1.979	1.807
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	1.040	582	439	6.393	2.120	1.936
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	1.040	582	439	6.393	2.120	1.936
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	1.040	582	439	6.393	2.120	1.936
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	1.040	582	439	6.393	2.120	1.936
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	1.075	601	454	6.606	2.191	2.000
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	12.654	7.079	5.341	77.779	25.795	23.553

**Rohrleitungslängen**

In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM und EN 15316-2-3:2007 werden unterschiedliche Methoden zur Abschätzung der Rohrleitungslängen für Raumheizsysteme angesetzt. Diese Methoden sollen hier verglichen werden. In Tabelle 41 werden die Algorithmen der beiden Normen gegenübergestellt.

**Tabelle 41:** Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Raumheizsystemen

Rohrleitungslänge Raumheizsystem		ÖNORM H 5056:2007	EN 15316-2-3:2007	
			Lage der Rohrleitungsschächte	
			Außenwänden	Im Gebäudes
Verteilleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	$7,5 + 0,048 \cdot BF$	$2L_L + 0,01625 \cdot L_L \cdot L_W^2$	$2L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_W + 6$
	1 Rohrsystem		-	$2L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_W + 6$
Steigleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	$0,10 \cdot BF$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$
	1 Rohrsystem		-	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev} + 2(L_L + L_W) \cdot N_{lev}$
Anbindeleitung Raumheizung	kleinfl. Wärmeemitter oder 2 Rohrsystem	$0,70 \cdot BF$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$
	Flächenheizung oder 1 Rohrsystem	$0,35 \cdot BF$	-	$0,1 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$

In Tabelle 42 sind die Ergebnisse der Abschätzungen der Rohrleitungslängen des Heizsystems gemäß ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3:2007 dargestellt. Die Geometrien<sup>1</sup> ergeben sich aus den Definitionen der Referenzgebäude dieser Arbeit (siehe dazu Tabelle 16). In der EN 15316-2-3:2007 werden die Längen der Rohrleitungen noch um äquivalente Ventillängen ergänzt. Die Verluste der Ventile können auf diese Art, einfach durch eine rechnerisch verlängerte Rohrleitung berücksichtigt werden. Die äquivalenten Ventillängen liegen zwischen 1,5 m und 6 m (siehe dazu EN 15316-2-3:2007; Tabelle A.7 – Äquivalente Ventillängen; S. 43). Der quantitative Vergleich der Berechnungsmethoden zeigt ein sehr hohes Maß an Übereinstimmung für die Längen der Anbindeleitungen und Steigleitungen für 2-Rohrsysteme bzw. kleinflächige Wärmeemitter. Gemäß der ÖNORM werden die Verteilleitungen nur halb so lang aber die Anbindeleitungen der 1-Rohrsysteme dreimal so lang als gemäß EN angenommen. Die außergewöhnlich langen Steigleitungen von 1 Rohrsystemen gemäß der EN stechen besonders hervor. Auf Grund dessen unterscheiden sich die Gesamtlängen der Rohrnetze für Raumwärme der 1-Rohrsysteme bzw. Flächenheizungen deutlich. Die Ergebnisse der 2-Rohrsysteme bzw. kleinflächiger Wärmeemitter stimmen dagegen sehr gut miteinander überein.

<sup>1</sup> Hier sind die Gebäudegeometrien gemeint: Länge  $L_L$ , Breite  $L_W$ , Geschosshöhe  $h_{lev}$  und Geschossanzahl  $N_{lev}$ .

**Tabelle 42:** Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Raumheizsystemen mit Zahlenwerten für EFH

Rohrleitungslänge Heizsystem; Referenz EFH		ÖNORM H 5056:2007	EN 15316-2-3:2007	
		Bezugsfläche 158,4 m <sup>2</sup> BF = NF = NGF	Lage der Rohrleitungsschächte Außenwände BGF	im Gebäude BGF
Verteilleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	15,10 m	36,5 m	31,2 m
	1 Rohrsystem		-	31,2 m
Steigleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	15,84 m	15,4 m	15,4 m
	1 Rohrsystem		-	95,4 m
Anbindeleitung Raumheizung	2 Rohrsystem od. kl.-fl. Wärmeemitter	110,88 m	108,9 m	108,9 m
	1 Rohrsystem od. Flächenheizung	55,44 m	-	19,8 m
gesamte Rohrlei- tungslänge	2 Rohrsystem od. kl.-fl. Wärmeemitter	141,82 m	160,8 m	155,5 m
	1 Rohrsystem od. Flächenheizung	86,38 m	-	146,4 m
Rohrleitungslänge Heizsystem; Referenz MFH		1.024 m <sup>2</sup> BF = NF = NGF	Außenwände BGF	im Gebäude BGF
Verteilleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	56,7m	121,6 m	96,4 m
	1 Rohrsystem		-	96,4 m
Steigleitung Raumheizung	2 Rohrsystem	102,4 m	99,2 m	99,2 m
	1 Rohrsystem		-	483,2 m
Anbindeleitung Raumheizung	2 Rohrsystem od. kl.-fl. Wärmeemitter	716,8 m	704,0 m	704,0 m
	1 Rohrsystem od. Flächenheizung	358,4 m	-	128,0 m
gesamte Rohrlei- tungslänge	2 Rohrsystem od. kl.-fl. Wärmeemitter	875,9 m	924,8 m	899,6m
	1 Rohrsystem od. Flächenheizung	517,5 m	-	707,6 m

Die Abschätzung der Leitungslängen von Warmwasserrohrnetzen ist gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM oder EN 15316-3-2:2007 möglich. In Tabelle 43 werden die Algorithmen der beiden Normen gegenübergestellt.

**Tabelle 43:** Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-3-2 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Warmwassersystemen

Warmwasserrohrleitungslänge		ÖNORM H5056:2007	EN 15316-3-2
ohne Zirkulation	Haupt - Verteilleitung	$7,0 + 0,013 \cdot BF$	$L_L + 0,0625 \cdot L_L \cdot L_W$
	Haupt - Steigleitung	$0,05 \cdot BF$	$0,038 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$
Zirkulationsleitung	Rücklauf-Verteilleitung	$6 + 0,01 \cdot BF$	$2L_L + 0,0125 \cdot L_L \cdot L_W$
	Rücklauf-Steigleitung	$0,05 \cdot BF$	$0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$
Stichleitung	Wohngebäude	$0,20 \cdot BF$	$0,075 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$

Der quantitative Vergleich der Berechnungsergebnisse für die Referenzgebäude EFH und MFH gemäß ÖNORM H 5056:2007 und EN 1531-3-2:2007, zeigt, dass sich die Annahmen für die Teilbereiche zwar deutlich unterscheiden, aber die gesamte Warmwasserrohrleitungslänge für Systeme ohne Zirkulationskreise nahe nebeneinander liegen. Gemäß der EN wären aber die Warmwasserrohrnetze mit Zirkulation doppelt so lang als auf Basis der ÖNORM.

**Tabelle 44:** Quantitativer Vergleich der Warmwasserrohrleitungslängen berechnet nach ÖNORM H 5056:2007 und ÖNORM EN 15316-3-2:2007

Warmwasserrohrleitungslängen, Referenz-EFH		ÖNORM H 5056:2007	EN 15316-3-2:2007
		Bezugsfläche: 158,4 m <sup>2</sup>	Bezugsfläche: 198,0 m <sup>2</sup>
		BF = NF = NGF	BGF
ohne Zirkulation	Haupt - Verteilleitung	9,06 m	17,19 m
	Haupt - Steigleitung	7,92 m	23,32 m
Zirkulationsleitung	Rücklauf-Verteilleitung	7,58 m	23,34 m
	Rücklauf-Steigleitung	7,92 m	46,04 m
Stichleitung	Wohngebäude	31,68 m	14,85 m
gesamte Rohrleitungslängen	ohne Zirkulation	48,66 m	55,36 m
	mit Zirkulation	64,16 m	124,74 m
Warmwasserrohrleitungslängen, Referenz-MFH		Bezugsfläche: 1024,0 m <sup>2</sup>	Bezugsfläche: 1280,0 m <sup>2</sup>
		BF = NF = NGF	BGF
		ohne Zirkulation	Haupt - Verteilleitung
Haupt - Steigleitung	51,20 m		150,78 m
Zirkulationsleitung	Rücklauf-Verteilleitung	16,24 m	84,00 m
	Rücklauf-Steigleitung	51,20 m	297,60 m
Stichleitung	Wohngebäude	204,80 m	96,00 m
gesamte Rohrleitungslängen	ohne Zirkulation	276,31 m	306,78 m
	mit Zirkulation	343,75 m	688,38 m

### Rohrdurchmesser

Das vereinfachte Verfahren und das Tabellenverfahren zur Berechnung der Energieanforderung der Wärmeverteilungssysteme nach EN 15316-2-3:2007 und EN 15316-3-2:2007 sind so aufgebaut, dass die Rohrdurchmesser für keinen Berechnungsschritt notwendig sind. Die einzigen Ausnahmen stellen die exakte Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangs  $\Psi$  in  $W/(m \cdot K)$  im Zuge des ausführlichen Berechnungsverfahrens gemäß EN 15316-2-3:2007 und die genaue Bestimmung des linearen Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  in  $W/(m \cdot K)$  gemäß EN 15316-3-2:2007 dar. Diese Verfahren setzen eine detaillierte Kenntnis des Rohrleitungssystems voraus. Dies ist für die Referenzgebäude in dieser Arbeit nicht der Fall und übersteigt die notwendige bzw. mögliche Genauigkeit bei weitem, weil im Modell nur gemittelte Werte einzelner Referenzsystemen angesetzt werden können. Stattdessen werden an dieser Stelle Defaultwerte verwendet, die für Auslegungsfälle bei unklaren Randbedingungen in den Tabellen der Normen hinterlegt sind.

ÖNORM H 5056:2007 sieht derartige Defaultwerte zur Abschätzung der Rohrdurchmesser vor. Diese werden in weiterer Folge nur zur Berechnung der Wärmeabgabe ungedämmter Rohrleitungen (Warmwasser und Raumheizung) benötigt.

### 3.5.3 Erzeugungsteilsystem – Primärheizkreislauf und Warmwasserbereitung

Gemäß Normenserie EN 15316 setzt sich der Primärheizkreislauf aus den Einheiten zur Wärmebereitstellung und den Speichereinheiten zusammen.

#### 3.5.3.1 Wärmespeicher

##### **Dimensionierung der Speichergröße gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM**

Der Nenninhalt von Wärmespeichern für Raumheizung folgt gemäß ÖNORM H 5056:2007 aus der Leistungsgröße des Wärmeerzeugers (z. B. des Heizkessels). Hier sollen die in Kapitel 3.4.5 entwickelten Nennleistungsklassen der Wärmeerzeuger für die Referenzgebäude dieser Arbeit eingesetzt werden. Die Norm schlägt Varianten für Pufferspeicher und Lastausgleichspeicher reiner Raumheizsysteme sowie kombinierter Raumheizungs- und Trinkwarmwassersysteme vor. Für beide Systeme wird die gleiche Nennleistung angenommen. Die Algorithmen und Ergebnisse sind in Tabelle 45 dargestellt. Die berechneten Volumina entsprechen fast alle gängigen Standardgrößen. Trotzdem sind aus der Datenbank der Berechnungssoftware Polysun passende Speichergrößen ausgewählt worden, um einerseits die Anzahl der Varianten zu senken, und andererseits um später einen plausiblen Vergleich zwischen den Ergebnissen der Berechnung gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM und den Simulationen mittels Polysun zu ermöglichen. Die Abweichungen der gewählten Speichergrößen von den berechneten betragen im Höchstfall ca. 33 %-Punkte (von 375 l auf 500 l), gefolgt von ca 20 %-Punkten (625 l auf 750 l), ca. 14 %-Punkten (1.750 l auf 2.000 l), ca. 13 %-Punkten (2.650 l auf 3.000 l) und ca. 11 %-Punkten (900 l auf 1.000 l). Alle weiteren Änderungen liegen unter 3 %-Punkten.

**Tabelle 45:** Defaultwerte für den Nenninhalt von Wärmespeichern (Raumheizung) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM (eigene Berechnungen)

Art des Wärmespeichers	Berechnungsgrundlage		Nenninhalt $V_{H,WS}$							
			$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$	$P_{KN}$
			15 kW	20 kW	25 kW	50 kW	70 kW	100 kW	150 kW	200 kW
			l	l	l	l	l	L	l	l
Pufferspeicher <sup>1)</sup>	$200 + 35 \cdot P_{KN}$	berechnet	725	900	1.075	1.950	2.650	3.700	5.450	7.200
		gewählt	750	1.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.650	7.000
Lastausgleichspeicher	$25 \cdot P_{KN}$	berechnet	375	500	625	1.250	1.750	2.500	3.750	5.000
		gewählt	500	500	750	1.250	2.000	2.500	4.000	5.000
<sup>1)</sup> für händisch beschickte Festbrennstoff-Heizungen										
$P_{KN}$ ... Nennwärmeleistung des Heizkessels, in KW (für Raumheizung und kombinierte Wärmebereitstellung)										

Die Defaultwerte der Nenninhalte von Trinkwasserwärmespeichern reiner Trinkwarmwassersysteme folgen gemäß ÖNORM H 5056:2007 aus der Bezugsfläche der Referenzgebäude. In Tabelle 46 sind sowohl die Berechnungsalgorithmen als auch die Ergebnisse dieser Algorithmen für die Referenzgebäude dieser Arbeit dargestellt. Gemäß den Berechnungsergebnissen sind passende reale Speichervolumina ausgewählt worden (siehe ebenfalls Tabelle 46).

**Tabelle 46:** Defaultwerte für den Nenninhalt von Trinkwasserwärmespeichern gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM (eigene Berechnungen)

Art des Wärmespeichers		Nenninhalt $V_{TW,WS}$				
		Berechnungs- Grundlage	EFH mit BF = 158,4 m <sup>2</sup>		MFH mit BF = 1.024 m <sup>2</sup>	
			berechnet	ausgewählt	berechnet	ausgewählt
indirekt beheizte Warmwasserspeicher	Öl, Gas, fest, FW	$1,75 \cdot BF \geq 175$	277	300	1.792	1800
	Solar, WP	$2,50 \cdot BF \geq 250$	396	400	2.560	2500
direkt beheizte Warm- wasserspeicher	gasbeheizt	$1,75 \cdot BF \geq 175$	277	300	1.792	1800
	strombeheizt	$1,5 \cdot BF \geq 175$	238	250	1.536	1500
FW ... Fernwärme						
WP ... Wärmepumpe						
BF ... Bezugsfläche = NGF = NF						

### Referenzsysteme der Speicher gemäß OIB-Leitfaden und ÖNORM H 5056:2007

Der OIB-Leitfaden (OIB, 2007a S. 12-14) bietet keinen Anhalt für die Größen der Speicher, deshalb sollen die ausgewählten Speicher in Tabelle 45 und Tabelle 46 beibehalten werden.

Gemäß dem OIB-Leitfaden (ebd.) werden durchgehend indirekt beheizte Warmwasserspeicher angenommen. Daraus folgt, dass nur die Volumina von 300 l, 400 l, 1800 l und 2500 l für die Berechnung relevant sind. In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM wird auch eine Berechnung der Warmwasserbereitung mittels elektrischer Energie vorgeschlagen. Da für Gebäude mit sehr niederem Heizwärmebedarf die Warmwasserbereitung und Raumwärmebereitstellung mittels Strom auf Grund der niederen Verbrauchswerte attraktiv werden kann, sollen hier auch direkt mit Strom beheizte Warmwasserspeicher berücksichtigt werden, allerdings wird diesen Systemen unterstellt, dass die Speicher in der Wohneinheit installiert werden. Aber es wird nur die Variante des 250-l-Speichers berechnet und den Mehrfamilienhäusern werden sechs dieser getrennt aufgestellten Speichereinheiten zugeordnet. Die daraus resultierenden Referenzsysteme der Warmwasserwärmespeicher sollen in weiterer Folge mit TW-WS-250, TW-WS-300, TW-WS-400, TW-WS-6x250, TW-WS-1800 und TW-WS-2500 bezeichnet werden. Heizsysteme mit Gaskombithermen oder Nah-/Fernwärme sollen gar keine Warmwasserspeicher beinhalten; somit wird in diesen Fällen den Systemen eine direkte Warmwasserwärmebereitstellung (Durchlauferhitzer) unterstellt, was zur Folge hat, dass die Nennleistung der Wärmeerzeuger auch für den Fall einer kombinierten Wärmebereitstellung vom Leistungsbedarf der Warmwassererzeugung abhängt.

Der Leitfaden sieht nur für Wärmepumpen Wärmespeicher der Raumheizung vor (Tieftemperaturheizsysteme 40°C/30°C). In dieser Arbeit sollen aber gemäß der Norm Biomasseheizsysteme ebenfalls mit Lastausgleich- oder Pufferspeichern ausgestattet werden. Davon betroffen sind die Hoch- und Niedertemperaturheizsysteme (90°C/70°C bzw. 70°C/55°C) sowie das erste Tieftemperaturheizsystem (55°C/45°C) mit Stückholz, Hackgut und Holz-Pellets als Brennstoff. Gemäß dem OIB-Leitfaden (ebd.) sind thermische Solaranlagen nur als Kombisysteme in Verbindung mit Hoch- und Niedertemperatursystemen vorgesehen. In dieser Arbeit wird zwar die Größe der Speicher für Solaranlagen definiert und ihre Verluste berechnet, aber sie werden nicht in die Systembetrachtungen miteinbezogen, weil eine eigene Arbeitsgruppe im Zuge des Projektes ReCO2NWK dafür zuständig ist. Die hier erarbeiteten Ergebnisse zu den Speichern sind dieser Arbeitsgruppe zur weiteren Verwendung übergeben worden. Aus den in Tabelle 45 ausgewählten realen Speichervolumen ergeben sich folgende Referenzspeichersysteme für die Raumheizung, wobei nicht zwischen Lastausgleich- und Pufferspeichern unterschieden wird: H-WS-500, H-WS-750, H-WS-1000, H-WS-1250, H-WS-2000, H-WS-2500, H-WS-3000, H-WS-4000, H-WS-5000, H-WS-5650, H-WS-7000. Die wesentlich höhere Anzahl an Referenzsystemen der Wärmespeicher der Raumheizung gegenüber der Warmwasserwärmebereitstellung liegt darin begründet, dass die Warmwasserwärmespeicher vom

Nutzungsprofil (siehe Kapitel 3.3.1) abhängen, während die Wärmespeicher der Raumheizung auf die Nennleistung des Wärmeerzeugers Bezug nehmen, somit von der Heizlast und in weiterer Folge vom Standort und vom Klima abhängen.

Es wird angenommen, dass die Speicher in unkonditionierten Räumen aufgestellt werden. Eine Ausnahme sollen die direkt mit Strom beheizten 250-l-Speicher sein. Ihnen wird unterstellt, dass sie auf Grund der kleinen Baugröße und der einfachen Anschlussmöglichkeit des Endenergieträgers (Stromleitung) direkt in den Wohneinheiten und somit in beheizten Räumen aufgestellt werden. Darauf beruht auch die Einteilung, dass in den Mehrfamilienhäusern sechs 250-l-Speicher anstatt eines 1500-l-Speichers im Falle der direkt mit Strom beheizten Warmwasserwärmespeicher angenommen werden. In Folge dessen steigt der Energieverlust, weil die sechs einzelnen Speicher höhere Verluste erzielen als ein gemeinsamer, dafür sind die Wärmeverluste der kleineren Speicher zur Gänze rückgewinnbar, weil sie in beheizten Räumen aufgestellt werden können (z. B. Bad). Alle Anschlusssteile sollen gemäß OIB-Leitfaden als ungedämmt ausgeführt werden.

### **Verluste des Wärmespeichers für Raumwärme gemäß ÖNORM H 5056:2007**

In die monatlichen Verluste des Wärmespeichers der Raumheizung werden auch die Verluste der Anschlusssteile (z. B. Rohrleitungen, E-Patronen) einbezogen.

$$Q_{H,WS} = \left( \frac{q_{b,WS}}{24 \cdot \Delta\theta_{WS,Pb}} + \frac{1}{1000} \cdot \sum q_{at} \right) \cdot \Delta\theta_{H,WS,m} \cdot d_{Heiz} \cdot 24 \quad (3.5.17)$$

mit:	$Q_{H,WS}$	monatliche Verluste des Wärmespeichersystems der Raumheizung, in kWh/M
	$q_{b,WS}$	tägliche Bereitschaftsverluste des Wärmespeichers, in kWh/d
	$\Delta\theta_{WS,Pb}$	Temperaturdifferenz des Wärmespeichers bei Prüfbedingungen, in K
	$q_{at}$	spezifische Wärmeverluste der Anschlusssteile (z. B. Pumpen), in W/K
	$\Delta\theta_{H,WS,m}$	Temperaturdifferenz zwischen der Betriebstemperatur des Heizungsspeichers und der mittleren Innentemperatur bei Betriebsbedingungen, in K
	$d_{Heiz}$	Anzahl der monatlichen Heiztage, in d

Wobei für  $\Delta\theta_{H,WS,m}$  die zwei Fälle einer Aufstellung des Speichers in beheizten und unbeheizten Räumen unterschieden wird. In dieser Arbeit wird vorausgesetzt, dass alle Wärmespeicher der Raumheizung in unbeheizten Räumen (13 °C) aufgestellt sind.

$$\Delta\theta_{H,WS,m} = \begin{cases} \Delta\theta_{H,WS,m,h} = \theta_{H,WS,m} - \theta_{i,h} \\ \Delta\theta_{H,WS,m,u} = \theta_{H,WS,m} - \theta_{i,u} \end{cases} \quad (3.5.18)$$

mit:	$\Delta\theta_{H,WS,m}$	Temperaturdifferenz zwischen der Betriebstemperatur des Heizungsspeichers und der mittleren Innentemperatur bei Betriebsbedingungen, in K
	$\Delta\theta_{H,WS,m,h}$	$\Delta\theta_{H,WS,m}$ für beheizte Räume, in K
	$\Delta\theta_{H,WS,m,u}$	$\Delta\theta_{H,WS,m}$ für unbeheizte Räume, in K
	$\theta_{H,WS,m}$	mittlere Betriebstemperatur des Wärmespeichers, in °C
	$\theta_{i,h}$	Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C (gemäß ÖNORM 20 °C)
	$\theta_{i,u}$	mittlere Innentemperatur in unbeheizten Räumen, in °C (gemäß ÖNORM 13°C)

Die jährlichen Verluste der Wärmespeicher sind für die Referenzsysteme in Tabelle 47 bis Tabelle 50 zusammengefasst worden. Diese Ergebnisse beruhen auf Monatswerten, die für die Systemvarianten in einer Exceldatei „Heizsysteme.xls“ gemäß den hier getroffenen Annahmen berechnet worden sind. Die Ergebnistabellen der Monatswerte sind in dieser Datei hinterlegt und den Projektpartnern übergeben worden. Eine Darstellung der Ergebnisse in dieser Arbeit würde den grafischen Umfang sprengen.

**Tabelle 47:** Auswertung der jährlichen Verluste der Pufferspeicher (händisch beschickte Heizkessel)

Betriebszeit	Gebäudebaujahr EFH & MFH	H-WS-750	H-WS-1000	H-WS-2000	H-WS-3000	H-WS-4000	H-WS-5650	H-WS-7000
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
365 d/a	ab 1991	2.410	2.574	3.057	3.408	3.693	4.083	4.353
	1981-1990	2.571	2.755	3.296	3.689	4.009	4.445	4.748
	vor 1980	4.300	4.801	6.349	7.536	8.538	9.947	10.951
337 d/a	ab 1991	2.224	2.376	2.821	3.145	3.409	3.769	4.018
	1981-1990	2.373	2.543	3.042	3.405	3.700	4.103	4.382
	vor 1980	3.969	4.431	5.860	6.956	7.880	9.180	10.108
303 d/a	ab 1991	2.003	2.139	2.540	2.832	3.069	3.393	3.618
	1981-1990	2.137	2.290	2.739	3.066	3.332	3.694	3.946
	vor 1980	3.573	3.990	5.276	6.263	7.095	8.266	9.101
256 d/a	ab 1991	1.687	1.802	2.140	2.386	2.586	2.858	3.048
	1981-1990	1.800	1.929	2.307	2.582	2.807	3.112	3.324
	vor 1980	3.010	3.361	4.445	5.276	5.977	6.963	7.667

**Tabelle 48:** Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher (Heizkessel)

Betriebszeit	Gebäudebaujahr EFH & MFH	H-WS-500	H-WS-750	H-WS-1250	H-WS-2000	H-WS-2500	H-WS-4000	H-WS-5000
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
365 d/a	ab 1991	1.175	1.282	1.444	1.626	1.725	1.965	2.095
	1981-1990	1.248	1.368	1.550	1.753	1.864	2.132	2.279
	vor 1980	1.971	2.287	2.788	3.377	3.709	4.541	5.011
337 d/a	ab 1991	1.084	1.183	1.333	1.501	1.592	1.813	1.934
	1981-1990	1.152	1.262	1.430	1.618	1.720	1.968	2.103
	vor 1980	1.819	2.111	2.573	3.117	3.423	4.192	4.625
303 d/a	ab 1991	976	1.065	1.200	1.351	1.433	1.633	1.741
	1981-1990	1.037	1.137	1.288	1.457	1.549	1.772	1.894
	vor 1980	1.638	1.901	2.317	2.806	3.082	3.774	4.164
256 d/a	ab 1991	822	897	1.011	1.138	1.208	1.375	1.467
	1981-1990	873	958	1.085	1.227	1.305	1.493	1.595
	vor 1980	1.380	1.601	1.952	2.364	2.596	3.179	3.508

**Tabelle 49:** Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher Wärmepumpe TT-2 (40/30) (ohne Warmwasserbereitung)

Betriebszeit	Gebäudebaujahr EFH & MFH	H-WS-500	H-WS-750	H-WS-1250	H-WS-2000	H-WS-2500	H-WS-4000	H-WS-5000
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
365 d/a	ab 1991	705	769	866	975	1.035	1.179	1.257
	1981-1990	749	821	930	1.052	1.118	1.279	1.367
	vor 1980	1.183	1.372	1.673	2.026	2.225	2.725	3.006
337 d/a	ab 1991	650	710	800	900	955	1.088	1.160
	1981-1990	691	757	858	971	1.032	1.181	1.262
	vor 1980	1.092	1.267	1.544	1.870	2.054	2.515	2.775
303 d/a	ab 1991	586	639	720	811	860	980	1.045
	1981-1990	622	682	773	874	929	1.063	1.136
	vor 1980	983	1.140	1.390	1.684	1.849	2.264	2.498
256 d/a	ab 1991	493	538	607	683	725	825	880
	1981-1990	524	575	651	736	783	896	957
	vor 1980	828	961	1.171	1.418	1.558	1.908	2.105

**Tabelle 50:** Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher Solar (ohne Warmwasserbereitung)

Betriebszeit	Gebäudebaujahr EFH & MFH	H-WS-500	H-WS-750	H-WS-1250	H-WS-2000	H-WS-2500	H-WS-4000	H-WS-5000
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
365 d/a	ab 1991	1.973	2.153	2.426	2.731	2.898	3.300	3.520
	1981-1990	2.096	2.298	2.603	2.945	3.131	3.582	3.828
	vor 1980	3.312	3.842	4.684	5.673	6.231	7.629	8.418
337 d/a	ab 1991	1.821	1.988	2.239	2.521	2.675	3.046	3.249
	1981-1990	1.935	2.121	2.403	2.718	2.890	3.307	3.533
	vor 1980	3.057	3.547	4.323	5.236	5.751	7.042	7.770
303 d/a	ab 1991	1.640	1.790	2.016	2.270	2.408	2.743	2.925
	1981-1990	1.742	1.910	2.163	2.448	2.602	2.977	3.181
	vor 1980	2.752	3.193	3.893	4.715	5.178	6.340	6.996
256 d/a	ab 1991	1.381	1.508	1.699	1.912	2.029	2.311	2.464
	1981-1990	1.467	1.609	1.823	2.062	2.192	2.508	2.680
	vor 1980	2.319	2.690	3.279	3.972	4.362	5.341	5.893

### Verluste des Warmwasserspeichers

Bei der Berechnung der monatlichen Verluste des Warmwasserspeichers werden neben den Anschlussteilen auch etwaige E-Patronen oder Heizregister für Solaranlagen berücksichtigt. Gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM unterscheiden sich auch die mittleren Speichertemperaturen der Warmwasserspeicher von denen der Raumheizsysteme.

$$Q_{TW,WS} = \left( \frac{q_{b,WS}}{24 \cdot \Delta\theta_{WS,Pb}} + \frac{1}{1000} \cdot \sum q_{at} \right) \cdot \Delta\theta_{TW,WS,m} \cdot d \cdot 24 \quad (3.5.19)$$

- mit:
- $Q_{TW,WS}$  monatlicher Verlust des Warmwasserspeichers, in kWh/M
  - $q_{b,WS}$  tägliche Bereitschaftsverluste des Wärmespeichers bei Prüfbedingungen, in kWh/d
  - $\Delta\theta_{WS,Pb}$  Temperaturdifferenz des Wärmespeichers bei Prüfbedingungen, in K
  - $\Delta\theta_{TW,WS,m}$  Temperaturdifferenz des Warmwasserspeichers zwischen mittlerer Betriebstemperatur und mittlerer Raumtemperatur in unbeheizten Räumen, in K
  - $d$  Tage im jeweiligen Monat, in d/M (ansonsten meist mit Nutzungstage  $d_{Nutz}$  bezeichnet)

Wobei sich die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Betriebstemperatur des Warmwasserspeichers und der mittlerer Speicherrauminnentemperatur bei Betriebstemperatur des Speichers nach Gleichung (3.5.20) ergibt.

$$\Delta\theta_{TW,WS,m} = \begin{cases} \Delta\theta_{TW,WS,m,h} = \theta_{TW,WS,m} - \theta_{i,h} \\ \Delta\theta_{TW,WS,m,u} = \theta_{TW,WS,m} - \theta_{i,u} \end{cases} \quad (3.5.20)$$

- mit:
- $\Delta\theta_{TW,WS,m}$  Temperaturdifferenz des Warmwasserspeichers zwischen mittlerer Betriebstemperatur und mittlerer Raumtemperatur bei Betriebsbedingungen, in K
  - $\Delta\theta_{TW,WS,m,h}$   $\Delta\theta_{TW,WS,m}$  für beheizte Räume
  - $\Delta\theta_{TW,WS,m,u}$   $\Delta\theta_{TW,WS,m}$  für unbeheizte Räume
  - $\theta_{TW,WS,m}$  mittlere Betriebstemperatur des Warmwasserspeichers, in °C
  - $\theta_{i,h}$  Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C
  - $\theta_{i,u}$  mittlere Innentemperatur in unbeheizten Räumen, in °C

Die täglichen Bereitschaftsverluste der Warmwasserspeicher bei Prüfbedingungen können gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM als Funktion der Speichervolumina für verschieden Altersklassen berechnet werden. Die Altersklassen der direkt und indirekt beheizten Warmwasserspeicher unterscheiden sich sowohl untereinander als auch von den Baualtern der Referenzgebäude dieser Arbeit. Deshalb können die Warmwasserspeicher nur grob den Baualtern der Referenzgebäude zugeordnet werden. In dieser Einteilung wird die Vorgabe des OIB-Leitfadens berücksichtigt, dass die Baujahre der Heizsysteme den Baualtern der Gebäude entsprechen. Sehr alten Gebäuden sind die Daten der ältesten in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hinterlegten Wärmespeicher unterstellt worden. Alle Annahmen im Zuge der Berechnung der Wärmeverluste eines Warmwasserspeichers sind in Tabelle 51 zusammengefasst. Die Ergebnisse der jährlichen Verluste werden in Tabelle 52 dargestellt, die täglichen, monatlichen und jährlichen Verluste sind in Anhang H Tabelle 115 bis Tabelle 121 hinterlegt.

**Tabelle 51:** Verluste der Warmwasserwärmespeicher gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Art des Warmwasserspeichers		Zuordnung zum Gebäudebaualter EFH & MFH	Q <sub>b,ws</sub>	Q <sub>at</sub>	
			tägliche Bereitschaftsverluste bei Prüfbedingungen	Verluste der Basisanschlüsse (ungedämmt)	Verluste sonstige Anschlusssteile (ungedämmt)
indirekt beheizt	ab 1994	ab 2001	$0,4+0,2 \cdot V_{TW,WS}^{0,4}$	1,32 <sup>1)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>
	1986 - 1994	1991 - 2001	$0,4+0,21 \cdot V_{TW,WS}^{0,4}$	1,32 <sup>1)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>
	1978 - 1986	1981 – 1990	$0,4+0,23 \cdot V_{TW,WS}^{0,4}$	1,32 <sup>1)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>
	vor 1978	vor 1980	$0,4+0,27 \cdot V_{TW,WS}^{0,5}$	1,32 <sup>1)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>
direkt elektrisch beheizt	ab 1994	ab 2001	$0,29+0,019 \cdot V_{TW,WS}^{0,8}$	0,96 <sup>2)</sup>	0,38 <sup>4)</sup>
	1989 - 1994	1991 - 2001	$1,25 \cdot (0,29+0,019 \cdot V_{TW,WS}^{0,8})$	0,96 <sup>2)</sup>	0,38 <sup>4)</sup>
	vor 1989	vor 1990	$1,4 \cdot (0,29+0,019 \cdot V_{TW,WS}^{0,8})$	0,96 <sup>2)</sup>	0,38 <sup>4)</sup>
<sup>1)</sup> Verluste der indirekten Basisanschlüsse					
<sup>2)</sup> Verluste der direkten Basisanschlüsse					
<sup>3)</sup> Verluste im Falle eines angeschlossenen Heizregisters einer Solaranlage (ungedämmt)					
<sup>4)</sup> Verluste im Falle einer direkt angeschlossenen E-Patrone (ungedämmt)					

**Tabelle 52:** berechnete jährliche Verluste der Warmwasserwärmespeicher gemäß ÖNORM H 5056 VORNORM

Q <sub>TW,WS</sub> jährliche Verluste der Warmwasserwärmespeicher in kWh/a								
Art des Wärmespeichers		Zuordnung zum Gebäudebaualter EFH & MFH	direkt beheizt		Indirekt beheizt			
			TW-WS-250	TW-WS-6x250	TW-WS-300	TW-WS-400	TW-WS-1800	TW-WS-2500
			kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
indirekt beheizter Warmwasserspeicher	ab 1994	ab 2001	-	-	1.583	-	2.282	-
	1986 - 1994	1991 - 2001	-	-	1.617	-	2.351	-
	1978 - 1986	1981 - 1990	-	-	1.683	-	2.487	-
	vor 1978	vor 1980	-	-	2.509	-	4.819	-
indirekt beheizter Solarspeicher mit Anschlüssen Heizregister Solaranlage	ab 1994	ab 2001	-	-	-	1.493	-	2.109
	1986 - 1994	1991 - 2001	-	-	-	1.521	-	2.169
	1978 - 1986	1981 - 1990	-	-	-	1.578	-	2.287
	vor 1978	vor 1980	-	-	-	2.324	-	4.426
indirekt beheizter Wärmepumpenspeicher	ab 1994	ab 2001	-	-	-	1.268	-	1.885
	1986 - 1994	1991 - 2001	-	-	-	1.297	-	1.944
	1978 - 1986	1981 - 1990	-	-	-	1.354	-	2.063
	vor 1978	vor 1980	-	-	-	2.100	-	4.202
direkt elektrisch beheizter Warmwasserspeicher	ab 1994	ab 2001	1.209	7.252	-	-	-	-
	1989 - 1994	1991 - 2001	1.379	8.273	-	-	-	-
	vor 1989	vor 1990	1.481	8.886	-	-	-	-

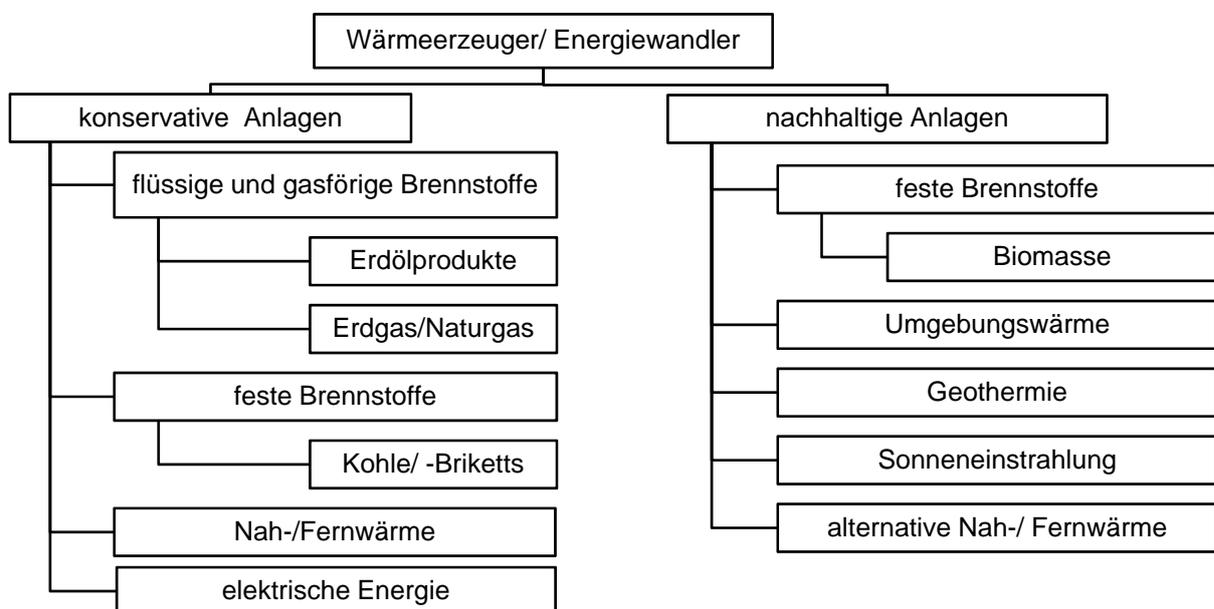
Wie zu erwarten gewesen ist, steigen die Verluste der sechs einzeln beheizten 250-l-Wärmespeicher unverhältnismäßig hoch an, selbst die Verluste jener Speicher (1.800 l und 2.500 l), welche wesentlich mehr Fassungsvermögen als die sechs mal 250 l beinhalten, liegen unter der Hälfte. Die geringsten Verluste treten bei den Wärmepumpenspeichern aufgrund der niederen Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Speichertemperatur (45 °C) und Innenraum (unkonditioniert mit 13 °C) auf. Die Solarspeicher arbeiten zwar beim selben Temperaturgefälle, aber die Anschlüsse der Heizregister der Solaranlagen erhöhen die Verluste gegenüber den Wärmepumpenspeichern um ca. 5 %- bis ca. 18 %-Punkte. Die höchste Betriebstemperatur der Speicher (65 °C) tritt bei den direkt mit Strom beheizten Warmwasserspeichern auf, weil deren Aufstellung aber in beheizten Räumen angenommen worden ist, wirkt sich der Unterschied aufgrund der Temperaturdifferenz gegenüber den regulären indirekt beheizten Warmwasserspeichern (55 °C) kaum aus. Da weiters die Wärmeverluste der Basisanschlüsse um ca. 30 % niedriger sind als die der regulären Warmwasserspeicher, sind die Gesamtverluste eines direkt mit Strom beheizten Warmwasserspeichers um ca. 4 %- bis 18 %-Punkte geringer als jene eines gleich großen regulären indirekt beheizten Warmwasserwärmespeichers.

### 3.5.3.2 Wärmerezeuger- und Wandler

#### Allgemeines zu Wärmerezeugern und -wandlern

Eine Einteilung der unterschiedlichen Technologien zur Wärmeerzeugung bzw. -wandlung ist nach vielen Gesichtspunkten möglich. Traditionell beruhen die Wärmerezeuger auf Verbrennungsprozessen. In diesem Fall ist eine Einteilung der Brennstoffe in fest, flüssig und gasförmig sinnvoll. Die Wärme- bzw. Energiewandler können nach den Wärme- oder Energiequellen wie z. B. Strom, Umgebungswärme und Solarstrahlung eingeteilt werden.

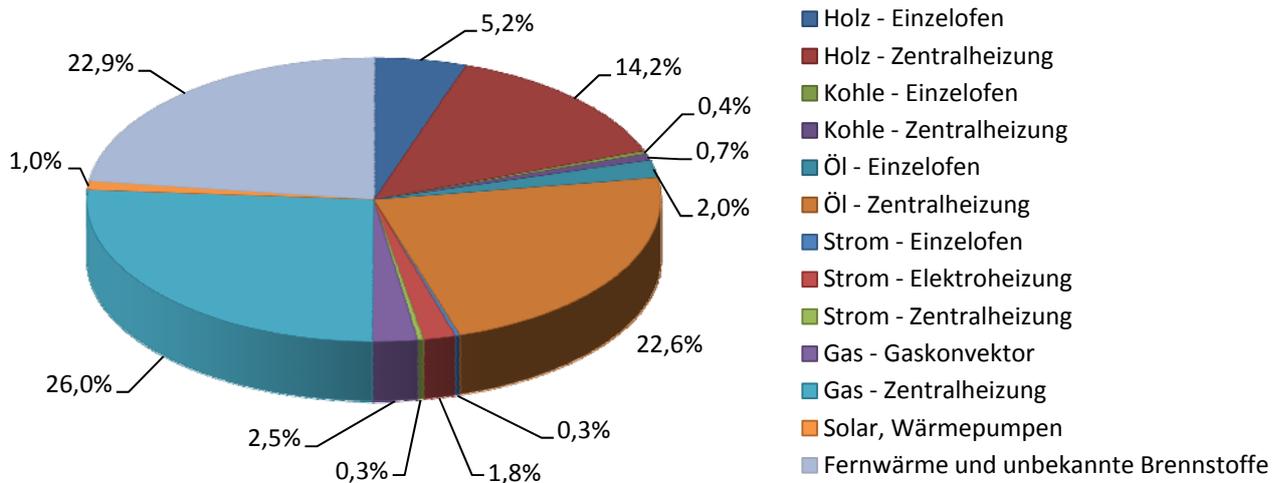
Ziel des Projektes ReCO<sub>2</sub>NWK ist es, die Möglichkeiten einer CO<sub>2</sub>-neutralen Wärmebedarfsdeckung und die Potenziale entsprechender Energieträger aufzuzeigen. Deshalb ist hier eine Einteilung in konservative Anlagen, welche auf fossilen Energieträgern basierende CO<sub>2</sub>-Lasten emittieren, und nachhaltige Anlagen, die keine oder CO<sub>2</sub>-neutrale Lasten ausstoßen, vorgenommen worden (siehe Abbildung 45). Es werden auch die einzelnen Energieträger den Kategorien der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM zugeordnet. In Abbildung 46 ist die Häufigkeit der in Österreich verwendeten Heizungs-systeme und Energieträger dargestellt.



**Abbildung 45:** Einteilung der Wärmerezeuger und Energiewandler

Fern- und Nahwärmenetze nehmen eine Sonderstellung ein. Sie werden hier gesondert angeführt, weil in den Gebäuden an der Übergabestation eine Energiewandlung stattfindet. Aus welcher Primär- oder Sekundärenergie in den Heizwerken Endenergie in Form von Wärme erzeugt wird, ist von der Anlage abhängig. Ganz gleich wird die elektrische Energie gesehen. Um eine Zuordnung vornehmen zu können, wäre es notwendig, den Anteil der nachhaltig und nicht nachhaltig erzeugten Strommengen aus dem österreichischen Strommix hoch zu rechnen, und entsprechend zu verteilen. Elektrische Energie zur Raumkonditionierung oder Warmwasserbereitung zu benutzen, ist nach wie vor eine gängige Lösung. Der geringe Wärmebedarf der modernen Niedrigstenergie- und vor allem der Passivhäuser verhilft dieser Form der Wärmeerzeugung zu einer Renaissance, weil die niederen Investitionskosten der elektrischen Wärmewandler und der geringe Heizwärmebedarf (und somit auch die niederen Betriebskosten) ein solches System wieder attraktiv erscheinen lassen. Zu dem kommt der einfache Einbau in bestehende, sanierte Gebäude, weil nur ein entsprechend dimensionierter Stromanschluss notwendig ist. Besondere bauliche Maßnahmen auf Grund der Feuerungsanlagenverordnungen der Länder oder Kamin entfallen. Auch die Rohrleitungen können durch entsprechende Positionierung der Wärmequelle im Gebäude minimiert werden.

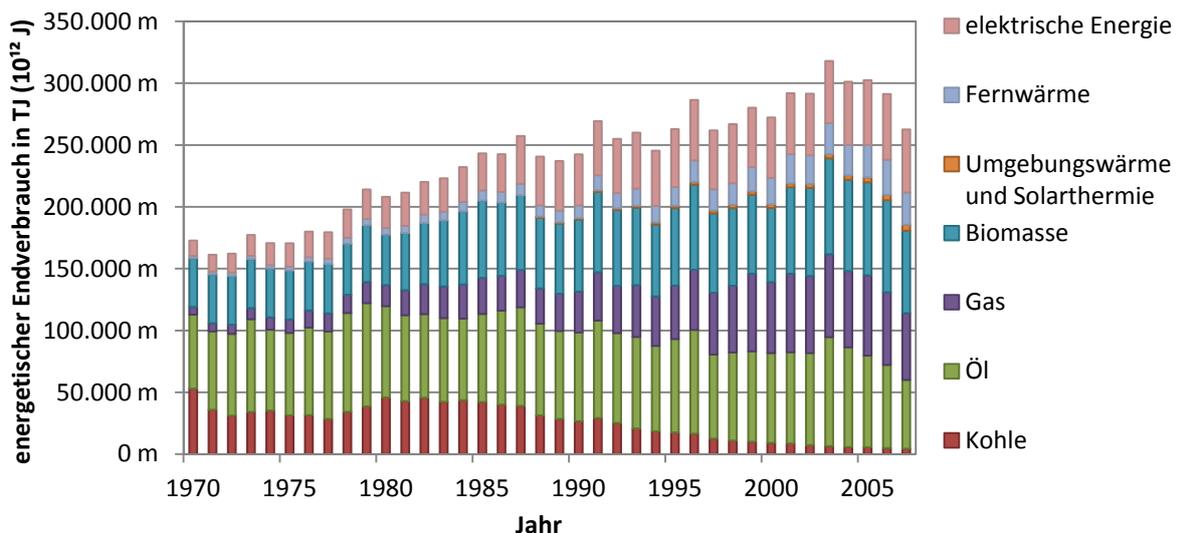
### Heizungssysteme der österreichischen Privathaushalte (2006)



**Abbildung 46:** Heizungssysteme der österreichischen Privathaushalte im Jahr 2006 (eigene Darstellung; Datenquelle: Online im Internet – URL: [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/index.html) [Stand: 05-04-2009])

Ungefähr 3.510.000 Heizungsanlagen (Datengrundlage der Abbildung 46) setzten im Jahr 2006 ca. 300 PJ Endenergie (Quelle siehe Abbildung 47) zur Raumheizung und Klimatisierung in den österreichischen Privathaushalten um. Abbildung 47 zeigt, dass Öl und Gas immer noch einen großen Einfluss haben. Aber es fällt positiv auf, dass seit 2006 am meisten Endenergie aus Biomasse (ca. 25 %) erzeugt wird. Kohle verliert an Bedeutung, aber der Anteil der aus Kohle erzeugten Endenergie liegt immer noch gleich hoch wie jener der Umgebungswärme und Solarthermie zusammen (1 - 2 %).

### energetischer Endverbrauch der Privathaushalte in Österreich von 1970 bis 2007



**Abbildung 47:** Bilanz des energetischen Endverbrauch der österreichischen Privathaushalte von 1970 bis 2007 (eigene Darstellung; Datenquelle: Online im Internet – URL: <http://www.energiestrategie.at/daten-fakten>. [Stand: 05-04-2009])

**Berechnung der Wärmebereitstellungssysteme gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM**

ÖNORM H 5056:2007 VORNORM bietet die Möglichkeit, Heizkessel mit oder ohne Modulierungsmöglichkeit zu berechnen. In dieser Arbeit werden nur Kessel ohne Modulierungsmöglichkeit behandelt. Für alle Kesseltypen wird der gleiche Berechnungsalgorithmus angesetzt. Eine Unterscheidung erfolgt nur mittels der Wirkungsgrade und der Systemtemperaturen. Die Norm untergliedert die Kessel gemäß den Brennstoffen in folgende Kategorien:

- flüssige und gasförmige Brennstoffe
- feste Brennstoffe, händisch beschickt
- feste Brennstoffe, automatisch beschickt
- Kombithermen und Durchlauferhitzer

Für diese Gruppen sind Wirkungsgrade für zwei oder drei unterschiedliche Baualter hinterlegt.

Neben den Algorithmen der Kessel werden in der ÖNORM Berechnungsmethoden für Raumheizgeräte und Herde, Heizungen mit elektrischer Energie, Nah-/Fernwärme bzw. sonstige Wärmetauscher, Wärmepumpen und thermische Solaranlagen angeführt. Für diese Arbeit ist angenommen worden, dass in Einfamilienhäusern Kessel zur kombinierten Wärmebereitstellung von Raumwärme und Warmwasserwärme verwendet werden und in Mehrfamilienhäuser eine getrennte Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung üblich ist. Luftheizungen werden im Projekt ReCO2NWK nicht berücksichtigt, Wärmepumpen- und Solarthermieanlagen sind dagegen sehr wichtig, weil sie fossile Energieträger substituieren sollen.

Mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM ist nur die Einbindung einer fertig dimensionierten Solaranlage in die Heizungstechnik möglich, diese Norm ist weder als Auslegungs- oder Berechnungsanhalt für Solaranlagen noch als Abschätzung zu den Erträgen bestehender Systeme gedacht. Aber diese Norm bietet grundsätzlich einen Berechnungsanhalt zur Abschätzung der Netto-Wärmeerträge einer Wärmepumpe (Außenluft/Wasser, Luft/Luft, Wasser/Wasser, Sole/Wasser), der auf den Nennleistungen der Wärmeerzeuger, einer Gewichtung der Heizgradtage und den mittleren Temperaturen der Quellmedien beruht. Die Gewichtung der HGT basiert auf dem in Kapitel 3.2.1 vorgestellten Verfahren zur Berechnung der Stundenwerte der Außentemperatur. Die auf diese Weise berechneten Maxima und Minima der Außentemperatur jedes Heztages werden zu der Größe „monatliche Heizgradtage innerhalb der betrachteten Temperaturintervalle“ zusammengefasst und mit den monatlichen Heizgradtagen in ein Verhältnis gesetzt, um eine Gewichtung zu erreichen. Mit dieser wird die notwendige monatliche Heizenergie beaufschlagt, um den Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe, für das betrachtete Temperaturintervall berechnen zu können. Diese Erträge der Temperaturintervalle werden schließlich zu Monatswerten aufsummiert. Die Gewichtung hat aber keinen Einfluss auf die Temperatur des Quellemediums, die von der Norm entweder als konstant vorgegeben wird (Grundwasser und tief verlegte Erdreichsonden) oder über die Tagesaußentemperatur berechnet werden kann (Außenluft Wärmepumpen und oberflächennahe Erdreichkollektoren). Aus den Quellmedien können die Leistungszahlen (COP) der Wärmepumpen abgeschätzt werden. Bereits in Kapitel 3.2.1 ist erwähnt worden, dass das Modell zur Berechnung der Stundenwerte der Außentemperatur voraussichtlich noch geändert wird, weil der Verlauf der Außentemperatur mit dieser Methode nur bedingt an einen realen heranreicht. Auffällig ist die einzigartige Methode der Gewichtung der Heizgradtage, und dass zur Ermittlung der monatlichen Netto-Wärmeerträge der Wärmepumpe die Gewinne in den einzelnen Temperaturintervallen berechnet werden und in Bezug zu den Leistungszahlen (bei Teillast) gesetzt werden, anstatt Nutzungsgrade zu definieren.

Solaranlagen und Wärmepumpen sind bei der Entwicklung der bisherigen Referenzen (Wärmeabgabe, -verteilung und -speicherung) berücksichtigt worden, und in weiterer Folge wird ihr Einfluss in den Gleichungen erwähnt, eine Berechnung dieser Systeme ist im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr möglich. Im Zuge des Projektes ReCO2NWK sind die Referenzsysteme und Algorithmen dieser Arbeit anderen Arbeitsgruppen übergeben worden, die ausschließlich Solarthermie- und Wärmepumpenanlagen bearbeiten.

**Rückgewinnbare Verluste für Raumheizung gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM**

Die rückgewinnbaren Verluste der Heizsysteme wirken sich auf den Heizwärmebedarf und den Heizenergiebedarf der Raumheizung aus ( $Q_{\text{HEB}}$  und  $Q_{\text{HEB,H}}$  bzw.  $Q_{\text{H}}^*$ ). Leitungen, die in konditionierten Räumen oder in den Wänden konditionierter Räume verlaufen, geben die Wärme direkt oder indirekt an die Räume ab. Deshalb geht die Energie nicht einfach verloren. Im Falle der Warmwasserleitungen wird so zwar den Räumen zusätzliche Energie zur Verfügung gestellt, allerdings fehlt diese an den Zapfstellen des Warmwassers. Dies zeigt sich z. B. bei zentraler Warmwasserbereitung durch längere Wartezeiten an den Zapfstellen bis das Wasser die gewünschte Temperatur erreicht. Durch die Wärmeabgabe in den Rohrleitungen während der Bereitschaft kühlt dieses Wasser aus und muss bei der Zapfung abgelassen werden, bis ausreichend warmes Wasser nach kommt. Die Verluste der Wärmeabgabesysteme dienen im jeden Fall der Raumkonditionierung und können deshalb auch vollständig zurück gewonnen werden. Ob thermische Speicherverluste für die Raumheizung zurückgewonnen werden können, hängt alleine davon ab, ob die Speicher in konditionierten oder nicht konditionierten Zonen aufgestellt werden. Somit ergeben sich die rückgewinnbaren monatlichen Verluste der Raumheizung in beheizten Räumen aus der Summe der Verluste der bisher behandelten Teilsysteme Wärmeabgabe, -verteilung und -speicherung.

$$Q_{\text{H,beh}} = Q_{\text{H,WA}} + \frac{1}{1000} \cdot q_{\text{H,ro,beh}}^* \cdot d_{\text{Heiz}} \cdot t_{\text{h,d}} + Q_{\text{H,WS}} \quad (3.5.21)$$

- mit:
- $Q_{\text{H,beh}}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M
  - $Q_{\text{H,WA}}$  monatliche Verluste des Wärmeabgabesystems der Raumheizung, in kWh/M
  - $q_{\text{H,ro,beh}}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen in beheizten Räumen, in W
  - $d_{\text{Heiz}}$  Anzahl der monatlichen Heiztage, in d/M
  - $t_{\text{h,d}}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - $Q_{\text{H,WS}}$  monatliche Verluste des Wärmespeichersystems der Raumheizung, in kWh/M

Die Verluste des Wärmespeichers dürfen in die Bilanz nur dann als rückgewinnbar eingebunden werden, wenn er in einem beheizten Raum aufgestellt ist. Somit fallen alle Referenzspeicher des Raumheizsystems aus der Betrachtung. Als einzige durch beheizte Räume verlaufende Rohrleitungen sollen nur die Anbindeleitungen berücksichtigt werden. Die Wärmeabgabe erfolgt immer in den beheizten Räumen und kann somit vollständig in die rückgewinnbaren Verluste einbezogen werden.

Die rückgewinnbaren monatlichen Verluste der Warmwasserbereitung in beheizten Räumen, ergeben sich wieder aus den thermischen Verlusten der bisher behandelten Teilsysteme. Diese Einbußen können wieder nur für die Raumkonditionierung im Heizfall zurück gewonnen werden, für das Warmwassersystem sind sie endgültig verloren und müssen ersetzt werden.

$$Q_{\text{TW,beh}} = Q_{\text{TW,WA}} + \frac{1}{1000} \cdot q_{\text{TW,ro,beh}}^* \cdot d_{\text{Heiz}} \cdot t_{\text{h,d}} + Q_{\text{TW,WV,A}} + Q_{\text{TW,WS}} \quad (3.5.22)$$

- mit:
- $Q_{\text{TW,beh}}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste der Warmwasser-Bereitstellung, in kWh/M
  - $Q_{\text{TW,WA}}$  monatliche Wärmeverluste der Warmwasserabgabesysteme, in kWh/M
  - $q_{\text{TW,ro,beh}}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Warmwassersystems in beheizten Räumen, in W
  - $d_{\text{Heiz}}$  Anzahl der monatlichen Heiztage, in d/M
  - $t_{\text{h,d}}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - $Q_{\text{TW,WV,A}}$  monatliche Aufheiz-/Abkühlverluste der Stichleitung des Wärmeverteilsystems der Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $Q_{\text{TW,WS}}$  monatliche Verluste des Warmwasserspeichers, in kWh/M

Die Verluste der direkt mit Strom beheizten Warmwasserspeicher können in die Bilanz implementiert werden, weil angenommen worden ist, dass sie in beheizten Räumen aufgestellt werden. Alle anderen Speicher sollen wieder in unkonditionierten Räumen positioniert sein. Den Zapfstellen wird unterstellt, dass sie sich nur in konditionierten Räumen befinden, deshalb können ihre Verluste vollständig in die Bilanz übernommen werden. Nur die Stichleitungen sollen in beheizten Zonen liegen, die Verluste aller anderen Leitungen dürfen deshalb nicht berücksichtigt werden.

Es fällt auf, dass die Wärmeverluste der Warmwasserrohrleitungen als einzige des Warmwassersystems auf die Heiztage bezogen werden und nicht auf die Nutzungstage. Grundsätzlich ist der Gedanke richtig, dass nur an Heiztagen die Verluste zurück gewonnen werden, weil aber die gesamten rückgewinnbaren Verluste des Warmwassersystems  $Q_{TW,beh}$  in weiterer Folge mit dem Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne  $\eta_{HT}$  multipliziert werden, würde in Gleichung (3.5.22) ein Bezug zu den Nutzungstagen sinnvoller erscheinen. Pöhn zitiert zu diesem Thema einerseits die Norm (vgl. (Pöhn, et al., 2007 S. 71)), andererseits setzt er in seinem Excel-Tool zur Erstellung des Energieausweises für Nichtwohngebäude die Nutzungstage (vgl. (Pöhn, 2008a)) ein. Es bleibt zu hoffen, dass die Endversion der ÖNORM H 5056:2007 auf einer klareren Nomenklatur basiert.

Sollten Rohrleitungen einer Solaranlage in beheizten Räumen verlegt werden, können diese in die Betrachtung der zurückgewinnbaren monatlichen Verluste der Rohrleitungen zwischen Solarkollektor und Speicher innerhalb der Heizperiode in beheizten Räumen einbezogen werden. In dieser Arbeit wird aber kein gebrauch davon gemacht.

$$Q_{Sol,beh} = \frac{1}{1000} \cdot q_{Sol,ro,beh}^* \cdot t_{Sol,p} \cdot \frac{S}{S_{ges}} \quad (3.5.23)$$

- mit:  $Q_{Sol,beh}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste der Rohrleitungen zwischen Solarkollektor und Speicher, in kWh/M  
 $q_{Sol,ro,beh}^*$  Wärmeabgabe der Rohrleitungen des Kollektorkreises in beheizten Räumen, in W  
 $t_{Sol,p}$  jährliche Laufzeit der Solarkreispumpe, in h/a  
 $S$  monatliche Globalstrahlung auf die horizontale Fläche, in kWh/(m<sup>2</sup>·M); entspricht dem Wert  $I_s$  gemäß ÖNORM B 8110-5:2007  
 $S_{ges}$  Globalstrahlung auf die horizontale Fläche im gesamten Jahr, in kWh/(m<sup>2</sup>·a); entspricht der Summe aller  $I_s$  gemäß ÖNORM B 8110-5:2007

In Tabelle 53 sind die jährlich rückgewinnbaren Verluste der Referenz-Raumheizsysteme dieser Arbeit dargestellt. Sie wurden aus der Summe der monatlichen Verluste berechnet. Diese Zwischenergebnisse werden hier nicht mehr dokumentiert, sind aber in einer Excel-Datei „Heizsysteme.xls“ hinterlegt. Die täglich, monatlich und jährlich rückgewinnbaren Verluste der Referenz-Warmwassersysteme sind in Tabelle 54 aufgelistet. Hier ergeben sich wesentlich weniger Varianten. Die meisten Systeme können mit einer einfachen Unterscheidung zwischen EFH und MFH beurteilt werden. Die direkt mit Strom beheizten Warmwasserspeicher werden in beheizten Räumen angenommen, deshalb erhöhen sich in diesem Fall die rückgewinnbaren Verluste der Warmwassersysteme. Für diese Variante erfolgt eine Zuordnung zu den Gebäude-Baualtern gemäß den Baualtern der Wärmespeicher. Der Vergleich der Jahresergebnisse zeigt, dass die rückgewinnbaren Verluste der Warmwassersysteme derartig gering gegenüber jenen der Raumheizsysteme sind, dass sie vernachlässigt werden könnten. Einzig bei den Tieftemperatur-Heizsystemen könnte der Wärmeintrag durch das Warmwassersystem in Kombination mit einem Niedrigstenergie- oder Passivhaus an Bedeutung gewinnen, aber diese Fälle werden im Projekt ReCO2NWK nicht berücksichtigt.

**Tabelle 53:** jährlich rückgewinnbare Verluste der Referenz-Raumheizsysteme dieser Arbeit (eigene Berechnungen)

Kombination Wärmeabgabe und Wärmeverteilung		jährlich rückgewinnbare Verluste der Referenz-Raumheizsysteme							
		EFH				MFH			
		$d_{\text{Heiz},365}$	$d_{\text{Heiz},337}$	$d_{\text{Heiz},303}$	$d_{\text{Heiz},256}$	$d_{\text{Heiz},365}$	$d_{\text{Heiz},337}$	$d_{\text{Heiz},303}$	$d_{\text{Heiz},256}$
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
H,WA-1	HT-1	56.864	52.484	47.257	39.810	367.604	339.292	305.497	257.356
	NT-1	41.120	37.953	34.173	28.788	265.828	245.355	220.917	186.104
	TT-1	17.703	16.340	14.712	12.394	114.447	105.632	95.111	80.123
	TT-2	8.131	7.505	6.757	5.693	52.566	48.517	43.685	36.801
H,WA-2	HT-1	56.059	51.741	46.588	39.246	362.401	334.490	301.174	253.714
	NT-1	40.315	37.211	33.504	28.225	260.625	240.553	216.593	182.462
	TT-1	16.899	15.597	14.044	11.831	109.244	100.830	90.787	76.481
	TT-2	7.326	6.762	6.089	5.129	47.363	43.715	39.361	33.158
H,WA-3	HT-1	55.546	51.268	46.161	38.887	359.082	331.427	298.415	251.390
	NT-1	39.802	36.737	33.078	27.865	257.306	237.489	213.835	180.138
	TT-1	16.385	15.123	13.617	11.471	105.925	97.767	88.029	74.157
	TT-2	6.813	6.288	5.662	4.770	44.044	40.652	36.603	30.835
H,WA-4	TT-1	9.324	8.605	7.748	6.527	60.273	55.631	50.090	42.197
	TT-2	4.537	4.188	3.771	3.177	29.333	27.074	24.377	20.536

Die Jahreswerte ergeben sich aus der Summe der Monatsergebnisse. Diese sind in einem eigenen Excel-Tool „Heizsysteme.xls“ berechnet und dokumentiert worden.

**Tabelle 54:** täglich, monatlich und jährlich rückgewinnbare Verluste der Referenz-Warmwassersysteme dieser Arbeit (eigene Berechnungen)

Zusammenfassung - rückgewinnbare Verluste - Warmwassersystem										
Betriebszeit der Heizung		Einheit	Leitung & Wärmeabgabe		Leitung & Wärmeabgabe & direkt mit Strom beheizte Wärmespeicher					
			EFH	MFH	EFH			MFH		
					ab 2001	1991-2001	vor 1990	ab 2001	1991-2001	vor 1990
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	2	14	5	6	6	34	37	38
$d_{\text{Nutz},1}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},2}$	28 d/M	kWh/M	11	71	104	117	125	627	706	753
$d_{\text{Nutz},3}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},4}$	30 d/M	kWh/M	12	76	111	125	133	672	756	806
$d_{\text{Nutz},5}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},6}$	30 d/M	kWh/M	12	76	111	125	133	672	756	806
$d_{\text{Nutz},7}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},8}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},9}$	30 d/M	kWh/M	12	76	111	125	133	672	756	806
$d_{\text{Nutz},10}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{\text{Nutz},11}$	30 d/M	kWh/M	12	76	111	125	133	672	756	806
$d_{\text{Nutz},12}$	31 d/M	kWh/M	12	79	115	129	138	695	781	833
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	143	925	1.352	1.522	1.624	8.178	9.198	9.811

### Heizenergie

Die Heizenergie<sup>2</sup>  $Q_{Hr}^*$ ,  $Q_{TW}^*$  oder  $Q_{kom}^*$  wird auf Monatsbasis berechnet. Es handelt sich dabei um die Menge an Wärme, welche vom Wärmeerzeuger dem Heizsystem übergeben werden muss, um den Raum- oder/und Warmwasserwärmebedarf zu decken. Sie stellt somit die Verbindung zwischen dem Nutzenergiebedarf (Warmwasser und Raumwärme), dem Heizsystem und den Endenergieträgern dar.

Die Heizenergie der Warmwasserbereitstellung  $Q_{TW}^*$  hängt von den Nutzungsprofilen, den Warmwasserspeichern, den Wärmeverteilsystemen, den Wärmeabgabesystemen und etwaigen Erträgen aus Umweltwärme und Solarthermie ab. Aus den bisher getroffenen Annahmen und entwickelten Referenzen folgen 30 unterschiedliche Fälle (ohne Einbindung von Wärmepumpen oder Solaranlagen), die in Folge berechnet werden.

Die monatliche Heizenergie, die vom Wärmebereitstellungssystem zur Deckung des Warmwasserwärmebedarfs zu erbringen ist, folgt aus dem Warmwasserwärmebedarf und den Verlusten des Warmwassersystems. Netto-Erträge implementierter Wärmepumpen oder thermischer Solarkollektoren senken wiederum die Heizenergie. Da die zeitliche Bezugsbasis die Nutzungstage sind, und die thermischen Gewinne und Verluste des Gebäudes nicht einfließen, ergeben sich weniger Varianten als bei der Raumheizung.

$$Q_{TW}^* = Q_{tw} + Q_{TW,WA} + Q_{TW,WV} + Q_{TW,WS} - Q_{Sol,TW} - Q_{Umw,WP,TW} - 0,5 \cdot Q_{TW,ZP,HE} \quad (3.5.24)$$

mit:	$Q_{TW}^*$	bereitzustellende monatliche Heizenergie der Warmwasserbereitung, in kWh/M
	$Q_{tw}$	monatlicher Warmwasser-Wärmebedarf (siehe Kapitel 3.4.1), in kWh/M
	$Q_{TW,WA}$	monatliche Wärmeverluste des Wärmeabgabesystems der Warmwasserbereitung, in kWh/M
	$Q_{TW,WV}$	monatliche Wärmeverluste des Wärmeverteilsystems der Warmwasserbereitung, in kWh/M
	$Q_{TW,WS}$	monatliche Verluste des Warmwasserspeichers, in kWh/M
	$Q_{Sol,TW}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag des Solarkollektors der Warmwasserbereitung, in kWh/M
	$Q_{Umw,WP,TW}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe der Warmwasserbereitung aus Umweltwärme, in kWh/M
	$Q_{TW,ZP,HE}$	monatlicher Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpen, in kWh/M

Alle Werte des Warmwasserwärmebedarfs können unabhängig vom Raumwärmebedarf ermittelt werden. Der einzige Bezug zu den Gebäuden ergibt sich mittelbar über die Nutzungsprofile gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 zu den Grundflächen. Eine Betrachtung des Einflusses eines Solarkollektors entfällt, wie es bereits bei der Heizenergie der Raumheizung der Fall gewesen ist. Vorerst soll auch die Wärmepumpe unberücksichtigt bleiben. In Tabelle 55 sind die Ergebnisse für die Heizenergie der Warmwasser-Wärmebereitstellung  $Q_{TW}^*$  für indirekt beheizte und direkt beheizte Warmwasserspeicher und der Dämmdicke der Rohrleitungen zusammengefasst. Eine Zuordnung zu den Gebäudebualtern ist über das Alter der Wärmespeicher möglich. Die unterschiedlichen Dämmungen der Rohrleitungen hängen gemäß dem OIB-Leitfaden (vgl. (OIB, 2007a S. 12-14)) von den Systemtemperaturen des Heizsystems ab.

<sup>2</sup> In der Einleitung des Kapitels 3.5 wird für diese Wärme der Begriff „Primärheizwärme“ angeführt.

**Tabelle 55:** jährlich benötigte Heizenergie der Warmwasserbereitstellung  $Q_{TW}^*$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Q <sub>TW</sub> <sup>*</sup> jährlich benötigte Heizenergie der Warmwasserbereitstellung in kWh/a									
Art des Wärmespeichers	Gebäudebualter	direkt		indirekt					
				Rohre ungedämmt		Rohre 1/3 gedämmt		Rohre 2/3 gedämmt	
		EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH
		250 l	6-250 l	300 l	1800 l	300 l	1800 l	300 l	1800 l
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
indirekt beheizter Warmwasserspeicher (Öl, Gas, Fest, FW)	ab 2001	-	-	16.882	97.158	11.307	45.174	9.569	42.931
	1991 - 2001	-	-	16.916	97.226	11.340	45.242	9.602	43.000
	1981 – 1990	-	-	16.982	97.363	11.407	45.379	9.669	43.136
	vor 1980	-	-	17.808	99.694	12.233	47.710	10.495	45.468
direkt elektrisch beheizter Warmwasserspeicher	ab 2001	4.525	28.690	-	-	-	-	-	-
	1991 - 2001	4.695	29.711	-	-	-	-	-	-
	vor 1990	4.797	30.324	-	-	-	-	-	-

Die Heizenergie der Raumheizung  $Q_H^*$  hängt nicht mehr von Nutzungsprofilen, sondern von den monatlichen Wärmeverlusten und -gewinnen der Referenzgebäude ab. Selbst wenn die Berechnungen auf die in Kapitel 3.2.2 entwickelten Höhenklassen reduziert werden, folgen aus den zehn Referenzgebäuden und 14 Höhenschichten 140 Varianten von Seite der Gebäude, die nur sehr grob den vier bisher angenommenen Referenzen der jährlichen Heiztage zugeordnet werden können. Aus den anderen bisher entwickelten Referenzsystemen folgen weiters vier Wärmeabgabesysteme<sup>3</sup>, vier Wärmeverteilsysteme<sup>4</sup> sowie elf Wärmespeicher<sup>5</sup>, dazu kommen noch sieben Kesseltypen<sup>6</sup> (nur Verbrennungssysteme zur Wärmeerzeugung) sowie optionale Wärmepumpensysteme und solarthermische Anlagen. Die Varianten können unterschiedlich miteinander kombiniert werden, und zur Berechnung der Energieströme (z. B. Verluste) muss in jedem Fall ein Bezug zu den Heiztagen und in einigen Fällen zu den unterschiedlichen Nennleistungen hergestellt werden. Die unterschiedlichen Altersklassen müssen auch noch berücksichtigt werden, was aber dazu führt, dass einige Varianten sich gegenseitig ausschließen.

Das größte Problem stellt die Zuordnung der Kesselnennleistungen zu den Höhenklassen und somit zu den thermischen Verlusten und Gewinnen des Gebäudes dar. Es ist möglich, diese Größen für jede Rasterzelle im Geoinformationssystem zu ermitteln, wenn der Rechenaufwand in Kauf genommen wird. Da die monatlichen Verluste/Gewinne des Gebäudes von der mittleren monatlichen Außentemperatur und der mittleren monatlichen Globalstrahlung abhängen, aber die Heizlast und in weiterer Folge die Nennleistung der Wärmeerzeuger über die Normaußentemperatur bestimmt werden, ist es nicht möglich, diese Größen mit den Methoden der ÖNORM-Serie B 8110:2007 oder der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM in einen Bezug zueinander zu setzen. Dazu kommt, dass in diesen Normen kein Modell zur Abschätzung der Heiztage angeführt wird, was dazu führt, dass trotz des großen Aufwands, die Berechnungen der Referenzsysteme mit bedeutenden Unsicherheiten behaftet sind.

<sup>3</sup> D. h. je vier für EFH und vier für MFH.

<sup>4</sup> D. h. je vier für EFH und vier für MFH.

<sup>5</sup> Zu jedem Speicher liegen drei unterschiedliche Bualter vor.

<sup>6</sup> Für acht unterschiedliche Nennleistungen und je drei unterschiedliche Bualter.

Der fehlende Bezug zwischen den Nutzungstagen, den Heiztagen, der mittleren monatlichen Außentemperatur und der Nennleistung der Heizkessel – diese hängt auf Grund der Heizlast von der Normaußentemperatur ab – macht es zum jetzigen Zeitpunkt unmöglich die Energiebilanzen der Referenz-Wärmeerzeuger mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für das Simulationsmodell zu berechnen. Es wäre allerdings möglich, sie für jede Rasterzelle des Geoinformationssystems zu berechnen, weil über die Katastralgemeinden und Seehöhen ein Bezug zwischen der Normaußentemperatur und den thermischen Verlusten/Gewinnen des Gebäudes besteht. Aber dieser Rechenaufwand ist mit den derzeitigen Methoden des GIS voraussichtlich nicht bewältigbar. Sollte darauf bestanden werden mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM die Energiebilanzen der Referenzsysteme der Wärmeerzeuger zu ermitteln, müssen vorher Modelle entwickelt werden, die die mittlere monatliche Außentemperatur und Globalstrahlung mit der Normaußentemperatur und den Heiztagen in einen Zusammenhang setzen.

Trotzdem werden in dieser Arbeit weitere Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM vorgestellt, um Referenzsysteme der Wärmeerzeuger zu definieren, die Berechnung der Verluste für eine etwaige spätere Verwendung vorzubereiten, und Schwierigkeiten im Umgang mit dieser VORNORM zu dokumentieren.

Die monatliche Heizenergie, die vom Wärmebereitstellungssystem zur Deckung der Raumwärme zu bringen ist, ergibt sich aus den thermischen Verlusten des Gebäudes und des Heizsystems. Die thermischen Gewinne des Gebäudes, die zurück gewonnene Wärme des Heizsystems und die Nettoerträge etwaiger Wärmepumpen oder thermischer Solarkollektoren senken die Heizenergie. Da in dieser Arbeit Luftheizungen und raumluftechnischen Anlagen nicht behandelt werden, fällt deren Einfluss aus allen Betrachtungen heraus.

$$Q_H^* = Q_\ell + Q_{H,WA} + Q_{H,WV} + Q_{H,WS} - Q_{Sol,H} - \overbrace{Q_{Umw,WP,H} - Q_{el}}^{-Q_{H,WP}^*} - \eta_{HT} \cdot (Q_g + Q_{H,beh} + Q_{TW,beh} + Q_{Sol,beh}) \quad (3.5.25)$$

mit:	$Q_H^*$	bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_\ell$	monatliche Wärmeverluste des Gebäudes (siehe Kapitel 3.4.1), in kWh/M
	$Q_{H,WA}$	monatliche Verluste des Wärmeabgabesystems der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{H,WV}$	monatliche Verluste des Wärmeverteilsystems der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{H,WS}$	monatliche Verluste des Wärmespeichersystems der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{Sol,H}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag des Solarkollektors der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{Umw,WP,H}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe der Raumheizung aus Umweltwärme, in kWh/M
	$Q_{el}$	Differenz zwischen der von der Wärmepumpe bereitzustellenden monatlichen Heizenergie der Raumheizung $Q_{H,WP}^*$ und dem monatlichen Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe der Raumheizung $Q_{Umw,WP}$ , in kWh/M
	$Q_{H,WP}^*$	von der Wärmepumpe bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M
	$\eta_{HT}$	dimensionsloser monatlicher Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne
	$Q_g$	monatliche Wärmegewinne des Gebäudes (siehe Kapitel 3.4.1), in kWh/M
	$Q_{H,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{TW,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Warmwasserbereitung, in kWh/M
	$Q_{Sol,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Rohrleitung zwischen Solarkollektor und Speicher, in kWh/M

In der Gleichung der Norm (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 50)) wird nur  $Q_{U_{mw,WP}}$  angeschlossen, hier sollte aber, wie bei den anderen Wärmeerzeugern auch, nur der Anteil der Wärmepumpe für die Raumwärme einfließen.  $Q_{el}$  wird in der Liste der Formelzeichen der Norm nicht angeführt. Nur im Zuge der Wärmepumpen wird diese Bezeichnung im oben definierten Kontext verwendet. Die Einbindung der Wärmepumpe in die Berechnung der Heizenergie eines Heizkessels ist nur bei bivalentem Betrieb der Wärmepumpe sinnvoll; in der Norm finden sich dazu keine Anmerkungen. Für das Modell im GIS sollen aber nur monovalente Betriebsweisen berücksichtigt werden, um das volle Potenzial der Wärmepumpen zur Reduktion der konventionellen Endenergieträger aufzuzeigen. Deshalb wird in weiterer Folge die Wärmepumpe nicht mehr in die energetische Betrachtung der Heizkessel miteinbezogen. Der Vollständigkeit halber werden in den Gleichungen die Terme der Wärmepumpen angeführt, um an die Möglichkeit einer bivalenten Nutzung zu erinnern.

In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM werden nur die Verluste der Rohrleitungen und Speicher einer Solaranlage behandelt. Die Berechnungen beruhen zu einem großen Teil auf den monatlichen Netto-Wärmeerträgen der Solarkollektoren. Diese können allerdings nicht mit dieser Norm berechnet werden, sondern es wird auf eine detaillierte Berechnung gemäß ÖNORM EN 15316-4-3 verwiesen, auf eine Ermittlung mit Hilfe von Berechnungsprogrammen (Tsol oder Polysun) hingewiesen (aber nicht vorgeschrieben) oder eine vereinfachte Berechnung gemäß ÖNORM M 7701 vorgeschlagen (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 64)). Auf Grund des Arbeitsumfangs und der Wichtigkeit der Solarthermie ist im Projekt ReCO2NWK eine eigene Arbeitsgruppe dafür zuständig. In dieser vorliegenden Arbeit sind nur die Speichergrößen gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für bestehende Solarsysteme abgeschätzt worden, ansonsten werden Solaranlagen nicht weiter betrachtet. In allen Gleichungen dieser Arbeit werden aber die Formelzeichen der Solaranlagen beibehalten, um zu verdeutlichen, an welchen Stellen deren Einbindung notwendig ist. Die Ergebnisse des Nutzenergiebedarfs und die Referenzheizsysteme (Wärmeabgabe, -verteilung, -speicherung und -bereitstellung) sind der Arbeitsgruppe für Solaranlagen übergeben worden, um eine Einbindung der Solarsysteme in die Wärmebereitstellung zu ermöglichen.

Auffällig sind die unterschiedlichen Zeitbezüge der Energiebedarfswerte in Gleichung (3.5.25). Den thermischen Verlusten und Gewinnen der Gebäude sowie den rückgewinnbaren thermischen Verlusten der Warmwasserleitungen wird eine ganzjährige Nutzung (365 Tage pro Jahr) unterstellt. Die Einbußen im Zuge der Wärmeabgabe, -verteilung und -speicherung des Raumheizsystems sind auf die Heiztage bezogen. Der Unterschied zwischen Nutzungstagen  $d_{Nutz}$  und Heiztagen  $d_{Heiz}$  ist bereits am Beginn des Kapitels 3.5 erklärt worden. Die ganzjährige Nutzung des Trinkwarmwassers erklärt sich von selbst und braucht nicht weiter diskutiert werden, aber der unterschiedliche Zeitbezug des Raumwärmebedarfs und der Raumheizung fällt auf. Die Berechnung des Raumwärmebedarfs basiert auf Monatsmittelwerten der Außentemperatur, dadurch werden die dem System 365 Heiztage unterstellt. Die Näherung an die realen Energiebedarfswerte erfolgt nicht mittels einer Minderung der Heiztage, sondern über eine Berücksichtigung der Wärmegewinne mittels der Ausnutzungsgrade im Heizfall (vgl. Kapitel 3.4). Die Verluste des Heizsystems gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hängen aber direkt von den Heiztagen ab, deren Ermittlung wird – wie schon früherer erwähnt – allerdings an keiner Stelle der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM beschrieben. Einzig Gleichung (105) der Norm (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 59)) würde den Schluss zulassen, dass die Heiztage aus dem Modell des mittleren Tagesverlauf der Außentemperaturen folgen, welches in dieser Arbeit in Kapitel 3.2.1 vorgestellt worden ist. Aber die Norm selbst, gibt keinen weiteren Aufschluss darüber. Die Berechnung des Nettowärmeertrags der Wärmepumpe gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hängt ebenfalls von den Heiztagen ab, doch werden diese in eine Gewichtung der monatlichen Heizgradtage (HGT) umgerechnet. Diese Berechnungsmethode sticht aus der Norm hervor, weil es die einzige Anwendung der Heizgradtage ist.

Der monatliche Ausnutzungsgrad  $\eta_{HT}$  wird in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM gleich definiert wie der Ausnutzungsgrad des Heizwärmebedarfs in ÖNORM B 8110-6:2007. Dadurch ergeben sich die Probleme bei der Einbindung des Modells der Norm in das Simulationsmodell ReCO2NWK.

$$\text{(ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007)} \quad \eta_{HT} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad \text{wenn } \gamma_h \neq 1 \quad (3.5.26)$$

$$\text{(ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007)} \quad \eta_{HT} = \frac{a}{1+a} \quad \text{wenn } \gamma_h = 1 \quad (3.5.27)$$

mit:  $\eta_{HT}$  dimensionsloser monatlicher Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne  
 $\gamma$  monatliches Verhältnis der Wärmegewinne des Gebäudes und der rückgewinnbaren Wärmegewinne des Systems zu den Wärmeverlusten des Gebäudes, dimensionslos  
 $a$  numerischer Parameter für den Ausnutzungsgrad gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, siehe Kapitel 3.4.2, Gleichung (3.4.18)

Allerdings wird das Verhältnis  $\gamma$  der monatlichen Wärmegewinne und -verluste um die rückgewinnbaren Verluste ergänzt.

$$\gamma = \frac{Q_g + Q_{H,beh} + Q_{TW,beh} + Q_{Sol,beh}}{Q_\ell} \quad (3.5.28)$$

mit:  $\gamma$  monatliches Verhältnis der Wärmegewinne des Gebäudes und der rückgewinnbaren Wärmegewinne des Systems zu den Wärmeverlusten des Gebäudes, dimensionslos  
 $Q_g$  monatliche Wärmegewinne des Gebäudes gemäß, ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M  
 $Q_\ell$  monatliche Wärmeverluste des Gebäudes gemäß, ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M  
 $Q_{H,beh}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{TW,beh}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste für Warmwasser, in kWh/M  
 $Q_{Sol,beh}$  zurückgewinnbare monatliche Verluste der Rohrleitungen zwischen Solarkollektor und Speicher, in kWh/M

Der dimensionslose numerische Parameter für den Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne ( $a$ ) ist eine Funktion der Gebäudezeitkonstante ( $\tau$ ) und hängt somit von den Wärmeverlust-Leitwerten ( $L_T$  und  $L_V$ ) und der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit ( $C$ ) des Gebäudes (Gebäudeschwere) ab. Die Verluste der Warmwasser-, Puffer- und Lastausgleichspeicher sowie der in beheizten Räumen liegenden Rohrleitungen und Wärmeabgabesysteme können äquivalent zu den inneren Wärmegewinnen eines Gebäudes betrachtet werden. Deshalb ist die Verknüpfung dieser Verluste mit den Faktoren  $a$ ,  $\gamma$  und  $\eta_{HT}$  naheliegend. Unterputzverlegte Rohrleitungen wirken auf Grund der thermischen Trägheit des Gebäudes zeitverzögert auf die mittlere Rauminnentemperatur ein. Im Zuge einer Betrachtung auf Monats- und Jahresbasis, spielt dies aber keine Rolle, weil sich die instationären Vorgänge beim Laden und Entladen der thermischen Speichermassen (Mauern und Fußböden) bereits in einer Tagesbetrachtung gegenseitig aufheben.

Eine Verknüpfung der rückgewinnbaren Verluste des Raumheizsystems  $Q_{H,beh}$  mit dem monatlichen Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne, wie sie in Gleichung (3.5.25) durch die Multiplikation der beiden Größen vorgenommen wird, widerspricht allerdings der Definition des Ausnutzungsgrads der Wärmegewinne. Dieser soll den Einfluss der Wärmegewinne eines Gebäudes auf das zur Raumheizung nutzbare Maß der Selben abmindern. Demnach betrifft dies Wärmegewinne, die unabhängig von Heiz- und Kühlperiode im Gebäude anfallen wie etwa die solare Einstrahlung, innere Wärmegewinne auf Grund von Personen, Beleuchtung, elektrischer Geräte oder den Verlusten des ganzjährig in Betrieb befindlichen Warmwassersystems. Die monatliche und jährliche Wärmeabgabe des Raumheizsystems ist bereits auf die Heiztage, also jene Tage, an welchen die Raumheizung notwendig ist, bezogen; eine Bewertung auf Grund der Nutzbarkeit zum Zwecke der Raumheizung erübrigt sich, weil das Raumheizsystem zu 100 % dem Nutzen der Raumkonditionierung im Heizfall dient. Deshalb sollten die rückgewinnbaren Verluste der Raumheizung eigentlich nicht mit dem Ausnutzungsgrad multipliziert werden, und somit ist auch die Verbindung zwischen  $\gamma$  und den zurückgewonnenen Wärmeverlusten des Heizsystems zu hinterfragen. In dieser Arbeit soll aber die derzeit gültige Form (Gleichung (3.5.25)) weiterverwendet werden.

Werden die Ergebnisse der Gleichungen (3.5.25) und (3.5.24) aufsummiert, folgt daraus die monatliche Heizenergie, die vom Wärmebereitstellungssystem für kombinierte Erzeugung von Warmwasser und Raumwärme zu bringen ist.

$$Q_{\text{kom}}^* = Q_{\text{H}}^* + Q_{\text{TW}}^* \quad (3.5.29)$$

- mit:  $Q_{\text{kom}}^*$  vom Wärmeerzeuger bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $Q_{\text{H}}^*$  bereitzustellende monatliche Energie Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW}}^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie der Warmwasserbereitung, in kWh/M

### **Verluste der Wärmebereitstellung**

Die monatlichen Verluste der Wärmebereitstellung für Raumheizung ohne Warmwasser setzen sich aus den Verlusten der Heizkessel, der Einzelöfen (Raumheizgeräte), der elektrischen Wärmeerzeuger, der Wärmetauscher (Wärmenetze) und den zusätzlichen Verlusten durch Einschalthäufigkeit zusammen. In die Berechnung einer Anlage fließen nur jene Komponenten ein, die im Gebäude tatsächlich installiert sind.

$$Q_{\text{H,WB}} = Q_{\text{H,K}} + Q_{\text{H,R}} + Q_{\text{H,SH}} + Q_{\text{H,WT}} + Q_{\text{H,WB,eh}} \quad (3.5.30)$$

- mit:  $Q_{\text{H,WB}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{\text{H,K}}$  monatliche Verluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{\text{H,R}}$  monatliche Verluste der Raumheizgeräte und der Herde, in kWh/M  
 $Q_{\text{H,SH}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung durch elektrische Energie, in kWh/M  
 $Q_{\text{H,WT}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher, in kWh/M  
 $Q_{\text{H,WB,eh}}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung durch Einschalthäufigkeit, in kWh/M

Die monatlichen Verluste der Wärmebereitstellung für Warmwasser ohne Raumwärme ergeben sich aus der Summe der Kesselverluste, den Verlusten der Wärmebereitstellung mittels elektrischer Energie, der Wärmetauscherverluste von Wärmenetzen und den zusätzlichen Verlusten aufgrund der Einschalthäufigkeit. Wieder werden nur die Komponenten in die Berechnung einbezogen, die im Gebäude installiert sind.

$$Q_{\text{TW,WB}} = Q_{\text{TW,K}} + Q_{\text{TW,SH}} + Q_{\text{TW,WT}} + Q_{\text{TW,k,x}} \quad (3.5.31)$$

- mit:  $Q_{\text{TW,WB}}$  monatliche Wärmeverluste des Warmwasserwärmerebereitstellungssystems, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW,K}}$  monatliche Verluste des Heizkessels der Warmwasserwärmerebereitstellung, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW,SH}}$  monatliche Wärmeverluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch elektrische Energie (z. B. Elektrodurchlauferhitzer), in kWh/M  
 $Q_{\text{TW,WT}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW,k,x}}$  zusätzliche monatliche Verluste des Warmwasserwärmerebereitstellungssystems durch Einschalthäufigkeit, in kWh/M

Die monatlichen Verluste der kombinierten Wärmebereitstellung von Warmwasser und Raumheizung folgen aus den Verlusten der Kessel, der elektrischen Wärmeerzeugung, der Wärmetauscher von Wärmenetzen und der zusätzlichen Verluste aufgrund der Einschalthäufigkeit. Sind keine

Warmwasserspeicher vorgesehen, so muss die Nennleistung des Wärmetauschers auf jedem Fall größer oder gleich der notwendigen Nennleistung zur Warmwasserbereitstellung sein.

$$Q_{\text{kom,WB}} = Q_{\text{kom,K}} + Q_{\text{kom,SH}} + Q_{\text{kom,WT}} + Q_{\text{kom,K,x}} \quad (3.5.32)$$

- mit:
- $Q_{\text{kom,WB}}$  monatliche Verluste der kombinierten Wärmebereitstellung der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $Q_{\text{kom,K}}$  monatliche Verluste des Heizkessels für Raumheizung und Warmwasser, in kWh/M
  - $Q_{\text{kom,SH}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung und der Warmwasserbereitung durch eine Beheizung mit elektrischer Energie, in kWh/M
  - $Q_{\text{kom,WT}}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung und der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher, in kWh/M
  - $Q_{\text{kom,K,x}}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung und der Warmwasserbereitung durch die Einschalthäufigkeit, in kWh/M; in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM wird auch das Formelzeichen  $Q_{\text{kom,WB,eh}}$  für diese Größe verwendet.

### **Heizkessel zur Bereitung von Raumwärme (ohne Warmwasser) gemäß ÖNORM H 5056:2007**

Aus der Summe der monatlichen Betriebs- und Bereitschaftsverluste des Heizkessels folgen die monatlichen Verluste der Heizkessel der Raumheizung ohne Modulierungsmöglichkeit.

$$Q_{\text{H,K}} = Q_{\text{H,K,be}} + Q_{\text{H,K,bb}} \quad (3.5.33)$$

- mit:
- $Q_{\text{H,K}}$  monatliche Verluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M
  - $Q_{\text{H,K,be}}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M
  - $Q_{\text{H,K,bb}}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M

Zur Berechnung der monatlichen Betriebsverluste der Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit wird den Wärmeerzeugern während der Laufzeit  $t_{\text{H,K,be}}$  ein Betrieb unter Volllast unterstellt. Eine Beeinflussung der Energieströme ist deshalb nur durch ein- und ausschalten möglich. Die Differenz zwischen dem Wert Eins und dem abgeminderten Kesselwirkungsgrad bei Volllast unter Betriebsbedingungen beschreibt den Anteil der verloren gegangenen Energie in der thermischen Bilanz des Kessels. Eine Multiplikation mit der monatlichen Laufzeit und der Nennleistung des Kessels führt gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM zu den monatlichen Betriebsverlusten des Heizkessels (siehe Gleichung (3.5.34)). Da hier der Kessel immer unter Volllast läuft, gilt auch zu jedem Zeitpunkt der Wirkungsgrad für diesen Betriebspunkt. Auf Grund dessen ist die Ermittlung eines Ausnutzungsgrades hier nicht unbedingt notwendig, und die Berechnung der Energie mittels Nennleistung, Wirkungsgrad bei Volllast und Laufzeit ein sehr einfacher aber ausgesprochen brauchbarer Ansatz.

$$Q_{\text{H,K,be}} = P_{\text{H,KN}} \cdot (1 - \eta_{\text{be,100\%}}) \cdot t_{\text{H,K,be}} \quad (3.5.34)$$

- mit:
- $Q_{\text{H,K,be}}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M
  - $P_{\text{H,KN}}$  Nennwärmeleistung des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M
  - $\eta_{\text{be,100\%}}$  abgeminderter Kesselwirkungsgrad bei Volllast unter Betriebsbedingungen, dimensionslos
  - $t_{\text{H,K,be}}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung, in h/M

Da für Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit ein Betrieb bei Volllast angenommen wird, ergibt sich die monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung aus dem Quotienten der monatlichen Heizenergie in kWh/M geteilt durch die Nennleistung des Heizkessels in kW.

$$t_{H,K,be} = \frac{Q_H^*}{P_{H,KN}} \quad (3.5.35)$$

- mit:  $t_{H,K,be}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung, in h/M  
 $Q_H^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M  
 $P_{H,KN}$  des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M

Hier werden die Probleme der fehlenden Zusammenhänge zwischen der Nennleistung der Heizkessel und den monatlichen thermischen Verlusten/Gewinnen des Gebäudes wieder deutlich.

Die monatlichen Betriebsbereitschaftsverluste folgen aus der Kesselnennleistung, den spezifischen Betriebsbereitschaftsverlusten und der monatlichen Betriebsbereitschaft.

$$Q_{H,K,bb} = P_{H,KN} \cdot q_{bb} \cdot t_{H,K,bb} \quad (3.5.36)$$

- mit:  $Q_{H,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M  
 $P_{H,KN}$  des Heizkessels für Raumheizung, in kWh/M  
 $q_{bb}$  spezifische Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kWh/M  
 $t_{H,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsdauer des Heizkessels der Raumheizung, in h/M

Wird von der monatlichen Heizdauer (Raumwärme) in h/M die monatliche Laufzeit des Heizkessels abgezogen, folgt die monatliche Betriebsbereitschaftsdauer.

$$t_{H,K,bb} = d_{Heiz} \cdot t_{h,d} - t_{H,K,be} \geq 0 \quad (3.5.37)$$

- mit:  $t_{H,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsdauer des Heizkessels der Raumheizung, in h/M  
 $d_{Heiz}$  Anzahl der monatlichen Heiztage, in d/M  
 $t_{h,d}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d  
 $t_{H,K,be}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung, in h/M

Die spezifischen Betriebsbereitschaftsverlust des Kessels hängen von den Betriebsbereitschaftsverlusten bei Prüfbedingungen, der mittleren Kesseltemperatur im tatsächlichen Betrieb und der Temperatur am Aufstellungsort des Kessels ab.

$$q_{bb} = \begin{cases} q_{bb,h} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{H,K,m} - \theta_{i,h}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in beheizten Räumen} \\ q_{bb,u} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{H,K,m} - \theta_{i,u}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in unbeheizten Räumen} \end{cases} \quad (3.5.38)$$

- mit:  $q_{bb}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kW/KW  
 $q_{bb,h}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in beheizten Räumen, in kW/KW  
 $q_{bb,u}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in unbeheizten Räumen, in kW/KW  
 $q_{bb,Pb}$  Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Prüfbedingungen, in kW/kW  
 $\theta_{H,K,m}$  mittlere monatliche Temperatur des Heizkessels der Raumheizung, in °C  
 $\theta_{i,h}$  Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C  
 $\theta_{i,u}$  mittlere Innentemperatur in unbeheizten Räumen, in °C  
 $\theta_{Pb}$  Betriebstemperatur des Heizkessels bei Prüfbedingungen, in °C  
 $\theta_{UPb}$  Umgebungstemperatur bei Prüfbedingungen, in °C

Der abgeminderter Kesselwirkungsgrad bei Volllast unter Betriebsbedingungen ergibt sich aus der Subtraktion eines Korrekturwertes  $k_r$  vom Kesselwirkungsgrad bei Volllast unter Prüfbedingungen.

$$\eta_{be,100\%} = \eta_{100\%} - k_r \tag{3.5.39}$$

- mit:  $\eta_{be,100\%}$  abgeminderter Kesselwirkungsgrad bei Volllast unter Betriebsbedingungen, dimensionslos
- $\eta_{100\%}$  Kesselwirkungsgrad bei Volllast entsprechend des Prüfberichts, dimensionslos
- $k_r$  Korrekturwert des Wärmebereitstellungssystems, dimensionslos

Für den Faktor  $k_r$  sind Fixwerte geordnet nach Typ und Nennleistung der Feuerungsanlagen in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hinterlegt. Die abgeminderten Kesselwirkungsgrade bei Volllast sind für Wärmebereitstellungssysteme, die mit Erdgas, Erdöl und Festbrennstoffe (automatisch und nicht automatisch) betrieben werden, gemäß den Nennleistungen der Referenzen dieser Arbeit berechnet worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 56 zusammengefasst.

**Tabelle 56:** abgeminderte Kesselwirkungsgrade bei Volllast  $\eta_{be,100\%}$  unter Betriebsbedingungen gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für die Referenzennleistungen der Heizkessel in dieser Arbeit

Energie-träger	Kesseltyp	Baujahr	Nennleistung Heizkessel								
			15 kW	20 kW	25 kW	50 kW	70 kW	100 kW	150 kW	200 kW	
			$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	$\eta_{be,100\%}$	
gasförmige Brennstoffe (Erdgas)	Zentralheizgerät (Standardkessel)	vor 1978	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	
		1978 - 1994	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	
		nach 1994	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	
	Niedertemperatur-Zentralheizgerät	1978 - 1994	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	
		nach 1994	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	
	Brennwertgeräte	vor 1987	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	
		1987 - 1994	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	
		nach 1994	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	
	Kombitherme, Durchlauferhitzer	bis 1987	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	
		ab 1988	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	
		ab 1994	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	
	flüssige Brennstoffe (Erdöl)	Zentralheizgerät (Standardkessel)	vor 1978	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83
1978 - 1994			0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	
nach 1994			0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	
Niedertemperatur-Zentralheizgerät		1978 - 1994	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	
		nach 1994	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	
Brennwertgeräte		vor 1987	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	
		1987 - 1994	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	
		nach 1994	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	
Kombitherme, Durchlauferhitzer		bis 1987	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	
		ab 1988	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	
		ab 1994	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	
feste Brennstoffe		händisch beschickt	vor 1978	0,64	0,65	0,66	0,70	0,71	0,73	0,75	0,76
	1978 - 1994		0,67	0,68	0,69	0,73	0,74	0,76	0,78	0,79	
	nach 1994		0,69	0,70	0,71	0,75	0,76	0,79	0,80	0,81	
	automatisch beschickt	Pellets	1994 - 2004	0,80	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,86
			nach 2004	0,83	0,83	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88
		sonstige Brennstoffe	vor 1978	0,71	0,72	0,72	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80
			1978 - 1994	0,74	0,75	0,75	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83
			nach 1994	0,76	0,77	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85

Die Kesselwirkungsgrade bei Volllast (100 %) und Teillast (30 %) können für unterschiedliche Baualter mit Hilfe von in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hinterlegten Faktoren (A, B, C, D) gemäß Gleichung (3.5.40) und Gleichung (3.5.41) berechnet werden. Die Teillastzustände werden gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nur für die Berechnung der Wärmeerzeuger mit Modulierungsmöglichkeiten benötigt, welche in dieser Arbeit nicht behandelt werden. Trotzdem wurden die Wirkungsgrade bei Teillast ermittelt um sie in einer späteren Phase des Projekts ReCO2NWK in die Betrachtungen mit ein beziehen zu können. Die Ergebnisse dieser Berechnungen für die Nennleistungsklassen der Wärmeerzeuger sind in Tabelle 57 dargestellt.

$$\eta_{100\%} = \frac{(A + B \cdot \log(P_{KN}))}{100} \tag{3.5.40}$$

$$\eta_{30\%} = \frac{(C + D \cdot \log(P_{KN}))}{100} \tag{3.5.41}$$

- mit:  $\eta_{100\%}$  Kesselwirkungsgrad bei Volllast entsprechend des Prüfberichts, dimensionslos
- $\eta_{30\%}$  Kesselwirkungsgrad bei 30 % Teillast entsprechend des Prüfberichts, dimensionslos
- A, B, C, D Faktoren aus Tabelle 62 der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM
- $P_{KN}$  Nennleistung des Heizkessels

**Tabelle 57:** gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM berechnete Wirkungsgrade der Heizkessel

Energie-träger	Kesseltyp	Baujahr	P <sub>KN</sub>															
			15 kW		20 kW		25 kW		50 kW		70 kW		100 kW		150 kW		200 kW	
			$\eta_{100\%}$	$\eta_{30\%}$	$\eta_{100\%}$	$\eta_{30\%}$												
flüssige und gasförmige Brenn-stoffe	Zentral-heiz-gerät (Standard-kessel)	vor 1978	0,81	0,79	0,82	0,79	0,82	0,79	0,82	0,80	0,83	0,81	0,83	0,81	0,83	0,82	0,84	0,82
		1978 - 1994	0,84	0,81	0,85	0,81	0,85	0,81	0,85	0,82	0,86	0,83	0,86	0,83	0,86	0,84	0,87	0,84
		nach 1994	0,86	0,84	0,87	0,84	0,87	0,84	0,87	0,85	0,88	0,86	0,88	0,86	0,88	0,87	0,89	0,87
	Niedertem-peratur-Zentral-heizgerät	1978 - 1994	0,86	0,87	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
		nach 1994	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Brennwert-geräte	vor 1987	0,89	0,95	0,89	0,95	0,89	0,95	0,90	0,96	0,90	0,96	0,90	0,96	0,90	0,96	0,90	0,96
		1987 - 1994	0,91	0,98	0,91	0,98	0,91	0,98	0,92	0,98	0,92	0,98	0,92	0,99	0,92	0,99	0,92	0,99
		nach 1994	0,92	0,98	0,92	0,98	0,92	0,98	0,93	0,99	0,93	0,99	0,93	0,99	0,93	0,99	0,93	0,99
	feste Brennstoffe, händisch beschickt	vor 1978	0,69	-	0,70	-	0,71	-	0,73	-	0,74	-	0,75	-	0,77	-	0,78	-
1978 - 1994		0,72	-	0,73	-	0,74	-	0,76	-	0,77	-	0,78	-	0,80	-	0,81	-	
nach 1994		0,74	-	0,75	-	0,76	-	0,78	-	0,80	-	0,81	-	0,82	-	0,83	-	
fest. Brennstoffe autom. beschickt	Pellets	1994 - 2004	0,83	0,81	0,83	0,82	0,84	0,82	0,85	0,84	0,86	0,85	0,87	0,85	0,87	0,86	0,88	0,87
		nach 2004	0,86	0,83	0,86	0,83	0,86	0,84	0,88	0,85	0,88	0,86	0,89	0,86	0,89	0,87	0,90	0,88
	sonstige Brennstoffe	vor 1978	0,74	0,72	0,75	0,73	0,75	0,74	0,77	0,76	0,78	0,77	0,79	0,78	0,81	0,80	0,81	0,81
		1978 - 1994	0,77	0,75	0,78	0,76	0,78	0,77	0,80	0,79	0,81	0,80	0,82	0,81	0,84	0,83	0,84	0,84
		nach 1994	0,79	0,77	0,80	0,78	0,81	0,79	0,83	0,81	0,84	0,83	0,85	0,84	0,86	0,85	0,87	0,86
Kombitherme, Durchlauferhitzer	bis 1987	0,87	0,85	0,87	0,85	0,87	0,85	0,88	0,86	0,88	0,86	0,88	0,86	0,88	0,86	0,88	0,86	
	ab 1988	0,89	0,85	0,89	0,85	0,89	0,85	0,90	0,86	0,90	0,86	0,90	0,86	0,90	0,86	0,90	0,86	
	ab 1994	0,90	0,85	0,90	0,85	0,90	0,85	0,91	0,86	0,91	0,86	0,91	0,86	0,91	0,86	0,91	0,86	

Da in dieser Arbeit ausschließlich Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit vorausgesetzt werden, erlangt die Ermittlung der zusätzlichen Verluste in Folge der Einschalthäufigkeit  $Q_{H,WB,eh}$  eine wesentliche Bedeutung. Aber aus Sicht des Simulationsmodells ReCO2NWK stoßen die Methoden der Norm an ihre Grenzen, weil wieder ein Bezug zur Heizenergie der Raumheizung vorliegt.

$$Q_{H,WB,eh} = f_{et} \cdot f_{\ddot{u}w} \cdot f_{eh} \cdot \frac{\sum_n Q_H^* \cdot d_{Heiz}}{\sum_n d_{Heiz}} \quad (3.5.42)$$

- mit:  $Q_{H,WB,eh}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung auf Grund der Einschalthäufigkeit, in kWh/M  
 $f_{et}$  Energieträgerfaktor  
 $f_{\ddot{u}w}$  Faktor für nicht nutzbare Überwärme bei Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit  
 $f_{eh}$  Faktor zur Bewertung der Einschalthäufigkeit des Wärmebereitschaftssystems  
 $Q_H^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M  
 $d_{Heiz}$  Heiztage des Monats, in d/M

Obwohl in mehreren Literaturquellen (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 52), (Pöhn, et al., 2007 S. 57))  $Q_{H,WB,eh}$  als zusätzliche monatliche Verluste des Raumheizsystems auf Grund der Einschalthäufigkeit bezeichnet werden, würde man mit Gleichung (3.5.42) den jährlichen Verlust berechnen. In seinem Exceltool zur Erstellung des Energieausweises (vgl. (Pöhn, 2008a)) verzichtet Pöhn auf die Summe oberhalb des Bruchs und bezieht in den Dividenten immer nur die Monatswerte der Heizenergie und Heiztage ein, um so auch die monatlichen Verluste aufgrund der Einschalthäufigkeit berechnen zu können. Somit müsste Gleichung (3.5.42) korrekterweise folgendermaßen angeschrieben werden:

$$Q_{H,WB,eh} = f_{et} \cdot f_{\ddot{u}w} \cdot f_{eh} \cdot \frac{Q_H^* \cdot d_{Heiz}}{\sum_{n=1}^{12} d_{Heiz}} \quad (3.5.43)$$

mit: Zur Erklärung der Formelzeichen siehe Gleichung (3.5.42).

Zur Berechnung von  $f_{eh}$  muss die Zeit zur Überbrückung der Schaltdifferenzen ermittelt werden.

$$t_{SD} = \frac{V_{H,WS} \cdot \Delta\theta_{SD} \cdot 60}{P_{H,KN} \cdot 860} \quad (3.5.44)$$

- mit:  $t_{SD}$  Zeit zur Überbrückung der Schaltdifferenz, in min  
 $V_{H,WS}$  Nenninhalt des Heizungsspeichers, in l  
 $\Delta\theta_{SD}$  Schaltdifferenz, in K  
 $P_{H,KN}$  Nennwärmeleistung des Heizkessels der Raumheizung, in kW

Die Werte der Faktoren  $f_{et}$  und  $f_{\ddot{u}w}$  sind in Tabellen in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hinterlegt. Auch die Algorithmen zur Berechnung von  $f_{et}$  finden sich in diesen Tabellen (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 52-53))

**Verluste weiterer Heizsysteme zur Bereitstellung von Raumwärme (ohne Warmwasser)**

Die monatlichen Verluste einer Heizung mit elektrischer Energie können sehr einfach auf Monatsbasis über den Heizwärmebedarf und einen angenommenen Verlust von 0,5 % berechnet werden.

$$Q_{H,SH} = 0,005 \cdot Q_h \quad (3.5.45)$$

mit:  $Q_{H,SH}$  monatliche Wärmeverluste der Bereitstellung der Raumwärme durch elektrische Energie, in kWh/M  
 $Q_h$  monatlicher Heizwärmebedarf, in kWh/M

Die Berechnung der Verluste durch Wärmenetze oder sonstige Wärmetauscher setzt sich aus den Abschlägen im Sekundär- und Tertiärkreis des Systems zusammen.

$$Q_{H,WT} = Q_{H,WT,s} + Q_{H,WT,t} \quad (3.5.46)$$

mit:  $Q_{H,WT}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumwärme durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher, in kWh/M  
 $Q_{H,WT,s}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumwärme durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Sekundärkreis, in kWh/M  
 $Q_{H,WT,t}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Raumwärme durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Tertiärkreis, in kWh/M

In der Norm wird an manchen Stellen der Index RH statt H verwendet. Im Sinne einer durchgehenden Systematik in der Nomenklatur werden in dieser Arbeit nur die Indizes mit H verwendet.

Die Verluste des Sekundärkreises werden auf die Heizenergie bezogen.

$$Q_{H,WT,s} = 0,02 \cdot Q_H^* \quad (3.5.47)$$

mit:  $Q_{H,WT,s}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Sekundärkreis, in kWh/M  
 $Q_H^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie für Raumheizung, in kWh/M

Die Verluste des Tertiärkreises hängen dagegen von der Nennleistung des Wärmetauschers und den Nutzungstagen ab.

$$Q_{H,WT,t} = q_{b,WT} \cdot P_{H,WT} \cdot 45 \cdot d_{Nutz} \cdot \frac{1}{1000} \quad (3.5.48)$$

mit:  $Q_{H,WT,t}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Tertiärkreis, in kWh/M  
 $q_{b,WT}$  täglicher Bereitschaftsverlust des Wärmetauschers, in Wh/(kW·d)  
 $P_{H,WT}$  Nennwärmeleistung des Wärmetauschers der Raumheizung, in kW  
 $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M

Es ist anzunehmen, dass hier nicht die Nutzungstage  $d_{Nutz}$ , sondern die Heiztage des jeweiligen Monats  $d_{Heiz,i}$  gemeint sind. Die Nutzungstage werden in der ÖNORM H 5056:2007 ansonsten nur zur Berechnung des Warmwassersystems verwendet, weil aus ihnen eine durchgehende, ganzjährige Nutzung folgt. Die Raumheizung läuft aber nur an Heiztagen, eine Bilanzierung mittels der Nutzungstage würde hier die monatlichen Verluste wesentlich erhöhen. Es ist nicht nachvollziehbar, ob die 2 %-Verluste für eine ständige Verbindung zwischen dem Wärmenetz und dem -tauscher oder nur für eine Verbindung an den Heiztagen konzipiert worden sind. Defaultwerte für die täglichen Bereitschaftsverluste sind in der Norm für vier Leistungsklassen hinterlegt. Hierfür sollen wärmegegedämmte Wärmetauscher und Anschlussarmaturen angenommen werden.

**Heizkessel zur Warmwasserbereitung (ohne Raumheizung) gemäß ÖNORM H 5056:2007**

In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM sind Algorithmen zur Abschätzung der Nennleistung der Warmwasserbereitung hinterlegt. Demnach ergibt sich die Nennleistung der Warmwasserbereitung mit einem Warmwasserwärmespeicher gemäß Gleichung (3.5.49) (Default-Formel) und jene ohne Warmwasserwärmespeicher gemäß Gleichung (3.5.50) (Default-Formel).

$$P_{TW,KN} = P_{TW,WT} = 0,10 \cdot \left( \frac{wwwb}{1000} \cdot \frac{BF}{0,036} \right)^{0,7} \quad (3.5.49)$$

mit:  $P_{TW,KN}$  Nennleistung des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW  
 $P_{TW,WT}$  Nennwärmeleistung des Wärmetauschers der Warmwasserbereitung, in kW  
 wwwb spezifischer täglicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/(m<sup>2</sup>·a)  
 BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>

$$P_{TW,KN} = P_{TW,WT} = \left( \frac{wwwb}{1000} \cdot BF \cdot 6 \right) \quad (3.5.50)$$

mit:  $P_{TW,KN}$  Nennleistung des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW  
 $P_{TW,WT}$  Nennwärmeleistung des Wärmetauschers der Warmwasserbereitung, in kW  
 wwwb spezifischer täglicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/(m<sup>2</sup>·a)  
 BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>

Die Berechnung ergibt für die EFH dieser Arbeit eine Nennleistung der Wärmebereitstellung von ca. 3,4 kW mit und ca. 33,3 kW ohne Warmwasserspeicher; weiters folgen für die MFH Nennleistungen der Wärmebereitstellung von ca. 12,6 kW mit und ca. 215 kW ohne Warmwasserspeicher. Im Bereich der EFH wird grundsätzlich eine kombinierte Warmwasser- und Raumwärmebereitstellung angenommen. Für die MFH soll aber auch die Option einer getrennten Wärmebereitung offen gehalten werden, wodurch auch eine Warmwasserbereitung und -speicherung in den einzelnen Wohneinheiten möglich ist. Wird den Wohneinheiten die Geschossfläche der Einfamilienhäuser unterstellt, können die Werte der Nennleistungen direkt übernommen werden. Aus der Datenbank der Berechnungssoftware Polysun können passende reale Nennleistungen ausgewählt werden, womit sich für eine Bezugsfläche von 158,4 m<sup>2</sup> die Nennleistung der Wärmeerzeuger von 4 kW mit Speicher und 35 kW ohne Warmwasserspeicher ergibt; für eine Bezugsfläche von 1024 m<sup>2</sup> folgen 15 kW mit und 220 kW ohne Warmwasserspeicher.

Die monatliche Laufzeit des Heizkessels der Warmwasserbereitung ergibt sich aus der Division der notwendigen monatlichen Heizenergie der Wärmebereitstellung und der Nennleistung des Wärmeerzeugers. Somit stoßen wir wieder an eine der Anwendungsgrenzen der Methoden gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM im Kontext des Simulationsmodells ReCO2NWK. Für die kombinierte Wärmebereitstellung von Warmwasser- und Raumwärme müssten die Nennleistungen der Referenzheizkessel dieser Arbeit eingesetzt werden.

$$t_{TW,K,be} = \frac{Q_{TW}^*}{P_{TW,KN}} \quad (3.5.51)$$

mit:  $t_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsdauer des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in h/M  
 $Q_{TW}^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $P_{TW,KN}$  Nennleistung des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW

Aus der monatlichen Laufzeit des Heizkessels zur Warmwasserbereitung und der monatlichen Nutzungsdauer in Stunden folgt die monatliche Dauer der Betriebsbereitschaft.

$$t_{TW,K,bb} = d_{Nutz} \cdot t_{h,d} - t_{TW,K,be} \geq 0 \quad (3.5.52)$$

- mit:  $t_{TW,K,bb}$  monatliche Dauer der Betriebsbereitschaft des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in h/M  
 $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M  
 $t_{h,d}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d  
 $t_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsdauer des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in h/M

Die monatlichen Verluste der Heizkessel der Warmwasserbereitung ohne Modulierungsmöglichkeit ergeben sich aus der Summe der monatlichen Betriebsverluste und der monatlichen Betriebsbereitschaftsverluste.

$$Q_{TW,K} = Q_{TW,K,be} + Q_{TW,K,bb} \quad (3.5.53)$$

- mit:  $Q_{TW,K}$  monatliche Wärmeverluste der Heizkessel der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $Q_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $Q_{TW,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M

Die monatlichen Betriebsverluste hängen von der Nennleistung des Wärmeerzeugers, dessen Betriebsdauer und dem abgeminderten Kesselwirkungsgrad ab.

$$Q_{TW,K,be} = P_{TW,KN} \cdot (1 - \eta_{be,100\%}) \cdot t_{TW,K,be} \quad (3.5.54)$$

- mit:  $Q_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $P_{TW,KN}$  Nennleistung des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW  
 $\eta_{be,100\%}$  abgeminderter Kesselwirkungsgrad bei Vollast, dimensionslos  
 $t_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsdauer des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in h/M

Die monatlichen Betriebsbereitschaftsverluste des Wärmeerzeugers folgen wieder aus der Kessel-nennleistung nun aber auf die monatliche Bereitschaftsdauer und die spezifischen Bereitschaftsverluste bezogen, welche von den Systemtemperaturen bei Prüf- und Realbedingungen beeinflusst werden.

$$Q_{TW,K,bb} = P_{TW,KN} \cdot q_{bb} \cdot t_{TW,K,bb} \quad (3.5.55)$$

- mit:  $Q_{TW,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $P_{TW,KN}$  Nennleistung des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW  
 $q_{bb}$  spezifische Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kW/kW  
 $t_{TW,K,bb}$  monatliche Dauer der Betriebsbereitschaft des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in h/M

Wobei die Betriebsbereitschaftsverluste des Kessels von dessen Aufstellung (beheizter oder unbeheizter Raum) abhängen.

$$q_{bb} = \begin{cases} q_{bb,h} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{TW,K,m} - \theta_{i,h}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in beheizten Räumen (zentral)} \\ q_{bb,u} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{TW,K,m} - \theta_{i,u}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in unbeheizten Räumen (dezentral)} \end{cases} \quad (3.5.56)$$

mit:	$q_{bb}$	spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kW/KW
	$q_{bb,h}$	spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in beheizten Räumen, in kW/KW
	$q_{bb,u}$	spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in unbeheizten Räumen, in kW/KW
	$q_{bb,pb}$	Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Prüfbedingungen, kW/kW
	$\theta_{TW,K,m}$	mittlere Temperatur des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in °C
	$\theta_{i,h}$	Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C
	$\theta_{i,u}$	mittlere Innentemperatur in unbeheizten Räumen, in °C
	$\theta_{pb}$	Betriebstemperatur des Heizkessels bei Prüfbedingungen, in °C
	$\theta_{UPb}$	Umgebungstemperatur bei Prüfbedingungen, in °C

Die zusätzlichen Verluste auf Grund der Einschalthäufigkeit werden mittels desselben Algorithmus und der selben Kennzahlen berechnet, die schon bei der Bilanzierung im Zuge der Wärmebereitstellung für Raumheizung zur Anwendung gekommen sind. Allerdings werden die Verlustfaktoren nun direkt auf den monatlichen Trinkwasserwärmebedarf bezogen. Dieser kann auch im Kontext des Simulationsmodells ReCO2NWK einfach berechnet werden.

$$Q_{TW,WB,eh} = f_{et} \cdot f_{\dot{u}w} \cdot f_{eh} \cdot Q_{TW}^* \quad (3.5.57)$$

mit:	$Q_{TW,WB,eh}$	zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems des Warmwassers auf Grund der Einschalthäufigkeit, in kWh/M
	$f_{et}$	Energieträgerfaktor
	$f_{\dot{u}w}$	Faktor für nicht nutzbare Überwärme bei Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit
	$f_{eh}$	Faktor zur Bewertung der Einschalthäufigkeit des Wärmebereitschaftssystems
	$Q_{TW}^*$	bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung, in kWh/M
	$d_{Heiz}$	Heiztage des Monats, in d/M

Wobei zur Berechnung von  $f_{eh}$  wieder die Zeit zur Überbrückung der Schaltdifferenzen ermittelt werden muss. Die Faktoren und Algorithmen sind in ÖNORM H 5056:2007 S. 43 in Tabellen hinterlegt.

$$t_{SD} = \frac{V_{TW,WS} \cdot \Delta\theta_{SD} \cdot 60}{P_{TW,KN} \cdot 860} \quad (3.5.58)$$

mit:	$t_{SD}$	Zeit zur Überbrückung der Schaltdifferenz, in min
	$V_{H,WS}$	Nenninhalt des Heizungsspeichers, in l
	$\Delta\theta_{SD}$	Schaltdifferenz, in K
	$P_{TW,KN}$	Nennleistung des Heizkessels für Warmwasser, in kW

### **Weitere Heizsysteme zur Bereitstellung von Warmwasserwärme (ohne Raumwärme)**

Die Berechnung der monatlichen Verluste einer Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie (Elektrodurchlauferhitzer) beruht wie schon bei der Raumwärme auf einem Verlustfaktor von 0,5% und einem Bezug zum monatlichen Warmwasserwärmebedarf.

$$Q_{TW,SH} = 0,005 \cdot Q_{tw} \quad (3.5.59)$$

mit:	$Q_{TW,SH}$	monatliche Wärmeverluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch elektrische Energie, in kWh/M
	$Q_{tw}$	monatlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/M

Verluste der Wärmenetze oder sonstiger Wärmetauscher werden auch wieder in jene des Sekundär- und Tertiärkreises untergliedert.

$$Q_{TW,WT} = Q_{TW,WT,s} + Q_{TW,WT,t} \quad (3.5.60)$$

mit:  $Q_{TW,WT}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher, in kWh/M

$Q_{TW,WT,s}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Sekundärkreis, in kWh/M

$Q_{TW,WT,t}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige

Die Verluste des Sekundärkreises ergeben sich aus der Heizenergie der Warmwasserbereitung und einem Verlustfaktor von 2 %.

$$Q_{TW,WT,s} = 0,02 \cdot Q_{TW}^* \quad (3.5.61)$$

mit:  $Q_{TW,WT}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Sekundärkreis, in kWh/M

$Q_{TW}^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie für Warmwasser, in kWh/M

Die Verluste des Tertiärkreises aus den täglichen Verlusten des Wärmetauschers (in Tabellen hinterlegt vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 44)), der Nennleistung des Wärmetauchers und der Nutzungszeit.

$$Q_{TW,WT,t} = q_{b,WT} \cdot P_{TW,WT} \cdot 45 \cdot d_{Nutz} \cdot \frac{1}{1000} \quad (3.5.62)$$

mit:  $Q_{TW,WT,t}$  monatliche Verluste der Wärmebereitstellung der Warmwasserbereitung durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher im Tertiärkreis, in kWh/M

$q_{b,WT}$  täglicher Bereitschaftsverlust des Wärmetauschers, in Wh/(kW·d)

$P_{TW,WT}$  Nennwärmeleistung des Wärmetauschers der Warmwasserbereitung, in kW

$d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M

### **Heizkessel zur kombinierten Wärmebereitstellung von Warmwasser und Raumheizung gemäß ÖNORM H 5056:2007**

Auch hier werden die monatlichen Verluste der Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit aus der Summe der monatlichen Betriebsverluste und der monatlichen Betriebsbereitschaftsverluste berechnet und nicht aus der Summe der Gleichungen (3.5.29) und (3.5.53).

$$Q_{kom,K} = Q_{kom,K,be} + Q_{kom,K,bb} \quad (3.5.63)$$

mit:  $Q_{kom,K}$  monatliche Verluste des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M

$Q_{kom,K,be}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M

$Q_{kom,K,bb}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M

Die monatlichen Betriebsverluste hängen von der Nennleistung des kombinierten Wärmeerzeugers, dessen Betriebsdauer und dem abgeminderten Kesselwirkungsgrad ab.

$$Q_{\text{kom,K,be}} = P_{\text{kom,KN}} \cdot (1 - \eta_{\text{be,100\%}}) \cdot t_{\text{kom,K,be}} \quad (3.5.64)$$

- mit:
- $Q_{\text{kom,K,be}}$  monatliche Betriebsverluste des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $P_{\text{kom,KN}}$  Nennwärmeleistung des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $\eta_{\text{be,100\%}}$  abgeminderter Kesselwirkungsgrad bei Vollast, dimensionslos
  - $t_{\text{kom,K,be}}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in h/M

Die monatlichen Betriebsbereitschaftsverluste des Wärmeerzeugers folgen wieder aus der Kessel-nennleistung der monatlichen Bereitschaftsdauer und den spezifischen Bereitschaftsverlusten, welche von den Systemtemperaturen bei Prüf- und Realbedingungen beeinflusst werden.

$$Q_{\text{kom,K,bb}} = P_{\text{kom,KN}} \cdot q_{\text{bb}} \cdot t_{\text{kom,K,bb}} \quad (3.5.65)$$

- mit:
- $Q_{\text{kom,K,bb}}$  monatliche Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $P_{\text{kom,KN}}$  Nennleistung des Heizkessels der kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $q_{\text{bb}}$  spezifische Betriebsbereitschaftsverluste des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kWh/M
  - $t_{\text{kom,K,bb}}$  monatliche Betriebsbereitschaftsdauer des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in h/M

Bei der Ermittlung der monatlichen Laufzeit des Heizkessels kombinierter Wärmebereitstellung ist erneut eine Grenze der Anwendungsmöglichkeit der Methoden gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM im Kontext des Modells ReCO2NWK erreicht, weil in die kombinierte Heizenergie die Heizenergie des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung direkt einfließt.

$$t_{\text{kom,K,be}} = \frac{Q_{\text{kom}}^*}{P_{\text{kom,KN}}} \quad (3.5.66)$$

- mit:
- $t_{\text{kom,K,be}}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in h/M
  - $Q_{\text{kom}}^*$  bereitzustellende monatliche Heizenergie der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in kWh/M
  - $P_{\text{kom,KN}}$  Nennwärmeleistung des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in kWh/M

Die monatliche Dauer der Betriebsbereitschaft der kombinierten Wärmebereitstellung folgt aus den Nutzungstagen, Nutzungsstunden und der monatlichen Laufzeit des Heizkessels.

$$t_{\text{kom,K,bb}} = d_{\text{Nutz}} \cdot t_{\text{h,d}} - t_{\text{kom,K,be}} \geq 0,0 \quad (3.5.67)$$

- mit:
- $t_{\text{kom,K,bb}}$  monatliche Betriebsbereitschaftsdauer des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in h/M
  - $d_{\text{Nutz}}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M
  - $t_{\text{h,d}}$  tägliche Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - $t_{\text{kom,K,be}}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in h/M

Wobei die Betriebsbereitschaftsverluste des Kessels wieder von dessen Positionierung (beheizte oder unbeheizte Zone) abhängen.

$$q_{bb} = \begin{cases} q_{bb,h} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{kom,K,m} - \theta_{i,h}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in beheizten Räumen} \\ q_{bb,u} = q_{bb,Pb} \cdot \frac{\theta_{kom,K,m} - \theta_{i,u}}{\theta_{Pb} - \theta_{UPb}} & \text{in unbeheizten Räumen} \end{cases} \quad (3.5.68)$$

- mit:
- $q_{bb}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen, in kW/KW
  - $q_{bb,h}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in beheizten Räumen, in kW/KW
  - $q_{bb,u}$  spezifischer Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Betriebsbedingungen in unbeheizten Räumen, in kW/KW
  - $q_{bb,Pb}$  Betriebsbereitschaftsverlust des Heizkessels bei Prüfbedingungen, kW/kW
  - $\theta_{kom,K,m}$  mittlere Temperatur des Heizkessels der Raumheizung und der Warmwasserbereitung, in °C
  - $\theta_{i,h}$  Solltemperatur des beheizten Raumes, in °C
  - $\theta_{i,u}$  mittlere Innentemperatur in unbeheizten Räumen, in °C
  - $\theta_{Pb}$  Betriebstemperatur des Heizkessels bei Prüfbedingungen, in °C
  - $\theta_{UPb}$  Umgebungstemperatur bei Prüfbedingungen, in °C

Die zusätzlichen Verluste auf Grund der Einschalthäufigkeit folgen aus jenen der Wärmebereitstellung des Warmwassers und der Raumheizung sowie einem konstanten Faktor.

$$Q_{kom,WB,eh} = 0,6 \cdot (Q_{TW,WB,eh} + Q_{H,WB,eh}) \quad (3.5.69)$$

- mit:
- $Q_{kom,WB,eh}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung und für Warmwasser durch die Einschalthäufigkeit, in kWh/M
  - $Q_{TW,WB,eh}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems für Warmwasser auf Grund der Einschalthäufigkeit, in kWh/M
  - $Q_{H,WB,eh}$  zusätzliche monatliche Verluste des Wärmebereitstellungssystems der Raumheizung auf Grund der Einschalthäufigkeit, in kWh/M

### 3.5.4 Hilfsenergie aller Systemkomponenten

In dieser Arbeit sind keine Hilfsenergiebedarfswerte berechnet worden (mit Ausnahme der Zirkulationspumpe des Warmwasserkreislaufs), aber die Methode und die Algorithmen gemäß ÖNORM H 5056:2007 sollen hier vorgestellt werden.

Der gesamte monatliche Hilfsenergiebedarf (ohne Lüftungsanlagen) setzt sich aus den Hilfsenergiebedarfswerten der Raumheizung der Warmwasserbereitung, der Wärmepumpe und/oder der solarthermischen Anlage zusammen.

$$Q_{\text{ges,HE}} = Q_{\text{H,HE}} + Q_{\text{TW,HE}} + Q_{\text{H,WP,HE}} + Q_{\text{Sol,HE}} \quad (3.5.70)$$

mit:

- $Q_{\text{ges,HE}}$  gesamter monatlicher Hilfsenergiebedarf, in kWh/M
- $Q_{\text{H,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Raumheizung, in kWh/M
- $Q_{\text{TW,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zur Warmwasserbereitstellung, in kWh/M
- $Q_{\text{H,WP,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Wärmepumpe der Raumheizung, in kWh/M (ausgenommen Direkt-Verdampfer-Anlagen)
- $Q_{\text{Sol,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Solaranlage, in kWh/M

Warum für die Wärmepumpe nur der monatliche Hilfsenergiebedarf für Raumheizung bilanziert wird geht weder aus der Norm noch aus der Sekundärliteratur (z. B. (Pöhn, et al., 2007)) hervor. Es bleibt zu hoffen, dass in der Endversion der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, auch der Hilfsenergiebedarf der Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung implementiert wird. Zu dem sind in der Norm nur Anhaltswerte für Sole- und Grundwasserumwälzpumpen vorgesehen. Der Hilfsenergiebedarf der Gebläse und Lüfter von Außenluftwärmepumpen wird nicht gesondert berücksichtigt. Gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006 S. 405 f.) wirkt sich der Strombedarf der Lüfter direkt auf die Leistungszahl der Wärmepumpe aus. Aus der österreichischen Norm geht aber nicht hervor, ob dieser Ansatz gewählt worden ist. Deshalb sollte eine Einbindung der Außenluftwärmepumpen in Zukunft die Betrachtung des Hilfsenergiebedarfs überlegt werden.

#### Hilfsenergiebedarf der Raumheizung

Aus der Summe des monatlichen Hilfsenergiebedarfs der Gebläsekonvektoren, der Umwälzpumpen des Wärmeverteilsystems, des Ladevorgangs eines indirekt beheizten Heizungsspeichers und der Wärmepumpe ergibt sich der monatliche Hilfsenergiebedarf der Raumheizung.

$$Q_{\text{H,HE}} = Q_{\text{H,WA,HE}} + \underbrace{Q_{\text{H,WV,HE}} + Q_{\text{H,WS,HE}}}_{Q_{\text{H,Vp,HE}}} + Q_{\text{H,WB,HE}} \quad (3.5.71)$$

mit:

- $Q_{\text{H,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Raumheizung, kWh/M
- $Q_{\text{H,WA,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Gebläsekonvektoren, in kWh/M
- $Q_{\text{H,WV,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf für die Umwälzpumpe der Wärmeverteilung der Raumheizung, in kWh/M
- $Q_{\text{H,WS,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Heizungsspeichers, in kWh/M
- $Q_{\text{H,WB,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Wärmepumpe der Raumheizung, in kWh/M
- $Q_{\text{H,Vp,HE}}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Verteilpumpen der Raumheizung, in kWh/M

Nur die tatsächlich im Gebäude installierten Komponenten werden in die Bilanz einbezogen, d. h. die Konvektoren und Wärmepumpen können in dieser Arbeit vernachlässigt werden.

Der Hilfsenergiebedarf der Wärmeverteilung der Raumheizung hängt von der elektrischen Leistungsaufnahme der Umwälzpumpe bzw. Umwälzpumpen und der Betriebszeit des Heizsystems ab.

$$Q_{\text{H,WV,HE}} = P_{\text{H,WV,p}} \cdot t_{\text{H,WV,HE}} = P_{\text{H,WV,p}} \cdot t_{\text{H,K,be}} \quad (3.5.72)$$

- mit:  $Q_{H,WV,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf für die Umwälzpumpe der Wärmeverteilung der Raumheizung, in kWh/M  
 $P_{H,WV,p}$  elektrische Nennleistung der Umwälzwärmepumpe, in kW  
 $t_{H,WV,HE}$  monatliche Betriebsdauer einzelner Komponenten der Wärmeverteilung der Raumheizung mit Hilfsenergiebedarf, in h/M  
 $t_{H,K,be}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels für Raumheizung, in h/M

Sollte die elektrische Leistung der Umwälzpumpe der Wärmeverteilung unbekannt sein, bietet die Norm auf die Bezugsfläche BF basierende Berechnungsanhalte für unterschiedliche Wärmeabgabeflächen und System- (Heizkreis-) Temperaturen (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 75)).

Der Hilfsenergiebedarf des Heizungsspeichers ergibt sich aus der Nennleistung der Speicherladepumpe und ihrer Betriebszeit. Sollte die Leistung unbekannt sein, ist gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM eine Abschätzung möglich.

$$Q_{H,WS,HE} = P_{H,WS,p} \cdot t_{H,WS,HE} = 0,001 \cdot (44 + 0,076 \cdot BF) \cdot t_{H,K,be} \quad (3.5.73)$$

- mit:  $Q_{H,WS,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Heizungsspeichers, in kWh/M  
 $P_{H,WS,p}$  elektrische Nennleistung der Heizungsspeicherpumpe, in kW  
 $t_{H,WS,HE}$  monatliche Betriebsdauer einzelner Komponenten der Wärmespeicherung der Raumheizung mit Hilfsenergiebedarf, in h/M  
BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>  
 $t_{H,K,be}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung, in h/M

Der monatliche Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Heizungsspeichers fasst alle Hilfsenergien zur Aufrechterhaltung des Betriebs der Wärmebereitstellung zusammen. Dadurch werden Heizkessel, Fördereinrichtungen, Gebläse und sogar eine Ölvorwärmung berücksichtigt. Dieser Hilfsenergiebedarf muss demnach auch bilanziert werden, wenn in das Heizsystem kein Wärmespeicher eingegliedert sein sollte aber die angeführten Komponenten der Wärmebereitstellung.

$$Q_{H,WS,HE} = Q_{H,K,HE} + Q_{H,ÖV,HE} + Q_{H,BE,HE} + Q_{H,Geb,HE} \quad (3.5.74)$$

- mit:  $Q_{H,WS,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Heizungsspeichers, in kWh/M  
 $Q_{H,K,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Heizkessels für Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{H,ÖV,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Ölvorwärmung des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{H,BE,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Fördereinrichtung für Biomasse, in kWh/M  
 $Q_{H,Geb,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Gebläses des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M

Wobei der monatliche Hilfsenergiebedarf eines Heizkessels der Raumheizung über die Nennleistung der elektrischen Komponenten und die Laufzeit ermittelt werden kann.

$$Q_{H,K,HE} = P_{H,K,HE} \cdot t_{H,K,HE} = P_{H,K,HE} \cdot f_{F2} \cdot t_{H,K,be} \quad (3.5.75)$$

- mit:  $Q_{H,K,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Heizkessels der Raumheizung, in kWh/M  
 $P_{H,K,HE}$  elektrische Gesamtleistung der Komponenten mit Hilfsenergiebedarf des Heizkessels der Raumheizung, in kW  
 $t_{H,K,HE}$  monatliche Betriebsdauer einzelner Komponenten des Heizkessels der Raumheizung mit Hilfsenergiebedarf, in h/M  
 $f_{F2}$  Laufzeitfaktor = 1,0 für nicht modulierende Kessel  
 $t_{H,K,be}$  monatliche Laufzeit des Heizkessels der Raumheizung, in h/M

Die elektrische Gesamtleistung eines Heizkessels folgt aus den Nennleistungen integrierter Pumpen und Gebläse.

$$P_{H,K,HE} = P_{H,K,p} + P_{H,K,Ölp} + P_{H,K,Geb} \quad (3.5.76)$$

- mit:  $P_{H,K,HE}$  elektrische Gesamtleistung der Komponenten mit Hilfsenergiebedarf des Heizkessels der Raumheizung, in kW  
 $P_{H,K,p}$  elektrische Nennleistung der Pumpe des Heizkessels der Raumheizung, in kW  
 $P_{H,K,Ölp}$  elektrische Nennleistung der Ölpumpe des Heizkessels für Raumheizung, in kW  
 $P_{H,K,Geb}$  elektrische Nennleistung des Gebläses des Heizkessels für Raumheizung, in kW

### Hilfsenergiebedarf der Warmwasserbereitung

Der monatliche Hilfsenergiebedarf der Warmwasserbereitung setzt sich aus dem Energiebedarf der Zirkulations- und Verteilpumpen sowie dem Hilfsenergiebedarf der Wärmebereitstellung zusammen.

$$Q_{TW,HE} = \underbrace{Q_{TW,WV,HE} + Q_{TW,WS,HE}}_{Q_{TW,Vp,HE}} + Q_{TW,WB,HE} \quad (3.5.77)$$

- mit:  $Q_{TW,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $Q_{TW,WV,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpen, in kWh/M  
 $Q_{TW,WS,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Warmwasserspeichers, in kWh/M  
 $Q_{TW,Vp,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Verteilpumpen der Warmwasserbereitung, in kWh/M  
 $Q_{TW,WB,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Warmwasserwärmebereitstellungssystems, in kWh/M

In ÖNORM H 5056:2007 findet sich keine Definition des Hilfsenergiebedarfs der Warmwasserverteilung. Allerdings wird unter dem Punkt „13.2.2 Hilfsenergiebedarf für Warmwasserverteilung“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 72) der monatliche Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpen des Wärmeverteilsystems angeführt. In dieser Arbeit wird dieser Wert dem Hilfsenergiebedarf der Warmwasserverteilung gleichgesetzt. Sollte die Nennleistung der Zirkulationspumpe nicht bekannt sein, ergibt er sich gemäß ÖNORM H 5056:2007 aus konstanten Faktoren, der Bezugsfläche und der Nutzungszeit in Stunden. Die Ergebnisse der Referenzsysteme dieser Arbeit sind in Tabelle 58 zusammengefasst.

$$Q_{TW,ZP,HE} = P_{TW,WV,p} \cdot t_{TW,WV,HE} = \frac{1}{1000} \cdot (27 + 0,011 \cdot BF) \cdot t_h \cdot d_{Nutz} \quad (3.5.78)$$

- mit:  $Q_{TW,ZP,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe, in kWh/M; in dieser Arbeit wird angenommen, dass dieser Wert dem monatlichen Hilfsenergiebedarf des Wärmeverteilsystems entspricht  
 $P_{TW,WV,p}$  elektrische Nennleistung der Zirkulationspumpe, in kW  
 $t_{TW,WV,HE}$  monatliche Betriebsdauer der Komponenten der Warmwasserverteilung mit Hilfsenergiebedarf, in h/M  
 $BF$  Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>  
 $t_h$  in ÖNORM H 5056:2007 nicht definiert; Annahme in dieser Arbeit:  $t_h$  entspricht  $t_{h,d}$ , der täglichen Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d  
 $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M

Der monatliche Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Trinkwarmwasserspeichers kann bei unbekannter Nennleistung der Ladepumpe wieder mittels konstanten Faktoren, der Bezugs-

fläche des Gebäudes und der Nutzungsdauer ermittelt werden. Die Ergebnisse der Berechnung von  $Q_{TW,WS,HE}$  sind in Tabelle 58 zusammengefasst worden.

$$Q_{TW,WS,HE} = P_{TW,WS,p} \cdot t_{TW,WS,HE} = \frac{1}{1000} \cdot (44 + 0,076 \cdot BF) \cdot t_h \cdot d_{Nutz} \quad (3.5.79)$$

- mit:
- $Q_{TW,WS,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf zum Laden eines indirekt beheizten Warmwasserspeichers, in kWh/M
  - $P_{TW,WS,p}$  elektrische Nennleistung der Warmwasserspeicher-Ladepumpe, in kW
  - $t_{TW,WS,HE}$  monatliche Betriebsdauer der Komponenten des Warmwasserspeichers mit Hilfsenergiebedarf, in h/M
  - BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>
  - $t_h$  in ÖNORM H 5056:2007 nicht definiert; Annahme in dieser Arbeit:  $t_h$  entspricht  $t_{h,d}$ , der täglichen Betriebsdauer der Raumheizung, in h/d
  - $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M

Der monatliche Hilfsenergiebedarf für den Betrieb eines Warmwasser-Wärmetauschers wird in Gleichung (3.5.77) nicht angeführt. Da die Wärmetauscher in ÖNORM H 5056:2007 Vornorm ansonsten in die Kategorie Wärmebereitstellung mittels Nah-/Fernwärme und sonstigen Wärmetauschern fallen, wird in dieser Arbeit angenommen, dass dies auch hier der Fall ist und  $Q_{TW,WT,HE}$  zu  $Q_{TW,WB,HE}$  in Gleichung (3.5.77) gehört. Die Berechnungsergebnisse für die Referenzsysteme dieser Arbeit sind in Tabelle 58 hinterlegt.

$$Q_{TW,WT,HE} = P_{TW,WT,p} \cdot t_{TW,WT,HE} = 0,005 \cdot (44 + 0,076 \cdot BF) \cdot t_{WT,p} \cdot d_{Nutz} \quad (3.5.80)$$

- mit:
- $Q_{TW,WT,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf für den Betrieb des Warmwasser-Wärmetauschers, in kWh/M
  - $P_{TW,WT,p}$  elektrische Nennleistung der Wärmetauscher-Ladepumpe, in W
  - $t_{TW,WT,HE}$  „tägliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 24), in h/d; in dieser Arbeit wird angenommen, dass die Definition der Norm falsch ist, und dieser Wert für die monatliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe steht.
  - BF Bezugsfläche, in m<sup>2</sup>
  - $t_{WT,p}$  In ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht definiert, in dieser Arbeit wird aus dem Kontext angenommen, dass  $t_{WT,p}$  der täglichen Betriebsdauer Wärmetauscher-Ladepumpe in h/d entspricht.
  - $d_{Nutz}$  Anzahl der monatlichen Nutzungstage, in d/M

Der Faktor 0,005 ist hier zu hinterfragen. Pöhn zitiert ihn einerseits (vgl. (Pöhn, et al., 2007 S. 65)), aber andererseits verwendet er in seinem Excel-Tool zur Berechnung des Energieausweises von Nichtwohngebäuden (vgl. (Pöhn, 2008a)) nicht den Faktor 0,005, sondern den Faktor 0,001. Dies würde der Division durch 1000 in den Gleichungen (3.5.78) und (3.5.79) entsprechen, um von Wh/M auf die Einheit kWh/M zu kommen. Deshalb wird in dieser Arbeit auch gemäß Pöhn (vgl. (Pöhn, 2008a)) nicht der Faktor 0,005, sondern der Faktor 0,001 verwendet. Somit verändert sich obige Gleichung zu:

$$Q_{TW,WT,HE} = P_{TW,WT,p} \cdot t_{TW,WT,HE} = 0,001 \cdot (44 + 0,076 \cdot BF) \cdot t_{WT,p} \cdot d_{Nutz} \quad (3.5.81)$$

Aus dem ersten Teil der Gleichung kann kein monatlicher Energiebedarf berechnet werden, sondern nur der tägliche Energiebedarf  $\left(W \cdot \frac{h}{d} = \frac{Wh}{d}\right)$ . Es fehlt demnach der Bezug zu den monatlichen Nutzungstagen. Die Nennleistung der Wärmetauscher-Ladepumpe ist auch die einzige Leistung in der gesamten Norm, die in Watt und nicht in Kilowatt angegeben wird. Deshalb sollte  $P_{TW,WT,p}$  mittels einer Division durch 1000 zu Kilowatt gewandelt werden. Die Zeit  $t_{WT,p}$  wird in ÖNORM H 5056:2007

VORNORM nicht definiert. Aus dem Kontext wäre es möglich, dass  $t_{WT,p}$  die tägliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe ist und nicht der Wert  $t_{TW,WT,HE}$ , der eigentlich der monatlichen Betriebsdauer der Wärmetauscherladepumpe entsprechen sollte. Somit wären nur die Bezeichnungen vertauscht worden, und die zeitlichen Bezüge zu den Leistungsgrößen würden auch wieder stimmen. Würden diese Annahmen berücksichtigt, ergäbe sich die tägliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe gemäß Gleichung (3.5.82).

$$t_{WT,p} = 2,5 \cdot \frac{Q_{tw,d}}{P_{TW,WT}} \quad (3.5.82)$$

mit:  $t_{WT,p}$  tägliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe, in h/d  
 $Q_{tw,d}$  täglicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/d  
 $P_{TW,WT}$  Nennwärmeleistung des Wärmetauschers der Warmwasserbereitung, in kW

Für die Referenzgebäude sind gemäß Gleichung (3.5.50) die Nennleistungen der Wärmeerzeuger ohne Warmwasserspeicher berechnet und dazu passende reale Leistungsgrößen aus der Datenbank der Berechnungssoftware Polysun ausgewählt worden. Für die EFH ergeben sich somit Durchlauf-erhitzer mit 35 kW und für die MFH 220 kW. Auf Basis dieser Leistungsgrößen der Wärmetauscher folgt eine tägliche Betriebsdauer der Wärmetauscher-Ladepumpe von 0,5 h/d im Falle der EFH und 0,32 h/d für die MFH. Mit diesen Annahmen kann der Hilfsenergiebedarf der Wärmetauscher-Ladepumpe berechnet werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 58 dargestellt.

**Tabelle 58:** Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe der Warmwasserverteilung, der Ladepumpe des Warmwasserspeicher und der Wärmetauscher-Ladepumpe gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für die Referenzgebäude dieser Arbeit

Nutzungszeit		Einheit	$Q_{TW,ZP,HE}$		$Q_{TW,WS,HE}$		$Q_{TW,ZP,HE}+Q_{TW,WS,HE}$		$Q_{TW,WT,HE}$	
			EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH
$t_{h,d}$	24 h/d	Wh/d	0,69	0,92	1,34	2,92	2,0	3,8	0,67	0,93
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	Wh/M	19	26	38	82	57	108	19	26
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	Wh/M	21	28	40	88	61	115	20	28
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	Wh/M	21	28	40	88	61	115	20	28
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	Wh/M	21	28	40	88	61	115	20	28
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	Wh/M	21	28	40	88	61	115	20	28
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	Wh/M	21	28	42	91	63	119	21	29
$d_{Nutz,a}$	365 d/a	Wh/a	252	335	491	1.067	743	1.402	243	340

Der monatliche Hilfsenergiebedarf eines Heizkessels der Warmwasserwärmebereitstellung setzt sich wie schon bei den Raumheizsystemen aus der Hilfsenergie des Heizkessels, der Ölvorwärmung, der Brennstoffförderung und der Gebläse zusammen.

$$Q_{TW,WB,HE} = Q_{TW,K,HE} + Q_{TW,ÖV,HE} + Q_{TW,BE,HE} + Q_{TW,Geb,HE} \quad (3.5.83)$$

mit:  $Q_{TW,WB,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Warmwasserwärmebereitstellung, in kWh/M  
 $Q_{TW,K,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M

- $Q_{TW,\ddot{O}V,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Ölvorwärmung eines Öl-Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M
- $Q_{TW,BE,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf der Biomassefördereinrichtung, in kWh/M
- $Q_{TW,Geb,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Gebläses der Heizkessel der Warmwasserbereitung, in kWh/M

Aus der elektrischen Gesamtleistung der Hilfssysteme eines Heizkessels folgt der monatliche Hilfsenergiebedarf eines Heizkessels für Warmwasserbereitung.

$$Q_{TW,K,HE} = P_{TW,K,HE} \cdot t_{TW,K,HE} = (P_{TW,K,p} + P_{TW,K,\ddot{O}p} + P_{TW,K,Geb}) \cdot f_{F1} \cdot t_{TW,K,be} \quad (3.5.84)$$

- mit:  $Q_{TW,K,HE}$  monatlicher Hilfsenergiebedarf des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kWh/M
- $P_{TW,K,HE}$  elektrische Gesamtleistung der Komponenten des Hilfsenergiebedarfs der Warmwasser-Wärmebereitstellung, in kW
- $t_{TW,K,HE}$  monatliche Betriebsdauer der Komponenten des Heizkessels der Warmwasserbereitung mit Hilfsenergiebedarf, in h/M
- $P_{TW,K,p}$  elektrische Nennleistung der Pumpe des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW
- $P_{TW,K,\ddot{O}p}$  elektrische Nennleistung der Ölpumpe des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW
- $P_{TW,K,Geb}$  elektrische Nennleistung der Gebläses des Heizkessels der Warmwasserbereitung, in kW
- $f_{F1}$  Laufzeitfaktor = 1,0 für nicht modulierende Heizkessel, in kWh/M
- $t_{TW,K,be}$  monatliche Betriebsdauer des Heizkessels für Warmwasserbereitung, in h/M

Da in dieser Arbeit ausschließlich nicht modulierte Kessel angenommen werden, ergibt sich für den Laufzeitfaktor  $f_{F1}$  der Wert 1,0.

### 3.6 Endenergiebedarf - Heiz- und Heiztechnikenergiebedarf

#### Vereinfachter Ansatz zur Berechnung des Endenergiebedarfs über die Heizgradtage und Heizlast

Die Grundidee eines vereinfachten Verfahrens zur Berechnung der Endenergie mittels der HGT beruht darauf, dass „ (...) der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Abhängigkeit vom Energiedienstleistungsbedarf und Effizienz des Wärmeerzeugungssystems abgebildet (...)“ wird (Schriefl, 2007 S. 57). In Kapitel 3.4.2 ist die gleiche Idee als vereinfachter Ansatz zur Berechnung des Nutzenergiebedarfs vorgestellt worden. Ein ähnlicher Ansatz zur Berechnung des jährlichen theoretischen Endenergiebedarfs mittels HGT findet sich z. B. bei (Schriefl, 2007 S. 57-58). Neben einem dimensionslosen Faktor  $f_s$ , der dem Faktor  $f$  aus Kapitel 3.4.2 gleicht, schlägt Schriefl einen Nutzungsgrad zur Berücksichtigung der Verluste des Heizsystems vor.

$$Q_{EE} = \frac{Q_{NE}}{\eta} \quad (3.6.1)$$

mit:  $Q_{EE}$  Endenergiebedarf, in kWh oder kJ  
 $Q_{NE}$  Nutzenergiebedarf, in kWh oder kJ  
 $\eta$  dimensionsloser Nutzungsgrad bzw. Effizienz des Wärmeabgabesystems

Aus der allgemeinen Form der Gleichung (3.6.1) folgt gemäß (Schriefl, 2007) der theoretische Endenergiebedarf der Raumheizung.

$$Q_{EE,RH,th} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{\dot{q}_0}{\eta_{RH}} \cdot HGT \cdot 24 \cdot BGF \quad (3.6.2)$$

mit:  $Q_{EE,RH,th}$  theoretischer Endenergiebedarf der Raumheizung, in kWh/a  
 $\dot{q}_0$  spezifische Heizlast eines Gebäudes bezogen auf die BGF, in W/(m<sup>2</sup>·K)  
HGT Heizgradtage, in (K·d)  
BGF Bruttogeschossfläche, in m<sup>2</sup>  
 $\eta_{RH}$  dimensionsloser Jahresnutzungsgrad des Raumheizsystems, Def.: von den Wärmeabgabeflächen abgegebene Energie in Relation zum Endenergieeinsatz für die Raumheizung (vgl. (Schriefl, 2007))

wobei:  $\eta_{RH} = \frac{Q_{NE,RH}}{Q_{EE,RH}} \quad (3.6.3)$

mit:  $Q_{NE,RH}$  Nutzenergie der Raumheizung; d. h. von der Wärmeabgabefläche abgegebene Energie inklusive der Verteilung und etwaiger Speicherverluste, die der Raumheizung zu Gute kommen, in kWh/a  
 $Q_{EE,RH}$  Endenergieverbrauch der Raumheizung, in kWh/a

Der Jahresnutzungsgrad  $\eta_{RH}$  gemäß Schriefl ist mit dem Ausnutzungsgrade  $\eta_{HT}$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht vergleichbar, weil sie nicht nur aus unterschiedlichen Bezugswerten ermittelt werden, sondern die Berechnungsansätze und die Aussagen dieser Nutzungsgrade nichts miteinander zu tun haben. Schriefl gibt die Jahresnutzungsgrade der Heizsysteme direkt an und nicht die Werte des Nutzenergie- und Endenergiebedarfs (vgl. (Schriefl, 2007 S. 60)). Die Jahresnutzungsgrade der Zentral- und Etagenheizungen (ohne Wärmepumpen) sollten demnach ab 1985 zwischen ca. 60 % bis ca. 90 % und ab 2000 zwischen ca. 70 % und 90 % liegen.

Das tatsächliche Nutzerverhalten kann mittels eines Benutzungsfaktors  $f_s$  in Gleichung (3.6.3) implementiert werden. Diese Faktoren sind in der Literatur in Tabellen hinterlegt (sieh z. B. (Schriefl, 2007 S. 58))

$$Q_{EE,RH} = \frac{24 \cdot \dot{q}_0 \cdot HGT \cdot BGF \cdot f_s}{1000 \cdot \eta_{RH}} \quad (3.6.4)$$

mit:  $Q_{EE,RH}$  tatsächlicher Endenergiebedarf der Raumheizung, in kWh/a  
 $\dot{q}_0$  spezifische Heizlast eines Gebäudes bezogen auf die BGF, in W/(m<sup>2</sup>·K)  
 HGT Heizgradtage, in (K·d)  
 BGF Bruttogeschossfläche, in m<sup>2</sup>  
 $\eta_{RH}$  dimensionsloser Jahresnutzungsgrad des Raumheizsystems  
 $f_s$  dimensionsloser Benutzungs- bzw. Servicefaktor

wobei: 
$$f_s = \frac{Q_{RH,pr}}{Q_{RH,th}} \quad (3.6.5)$$

mit:  $Q_{RH,pr}$  tatsächlich gemessener Energieverbrauch, in kWh  
 $Q_{RH,th}$  theoretische berechneter Endenergiebedarf, in kWh

Die von Schrieffl angegebene spezifische Heizlast  $\dot{q}_0$  ist nicht nur auf die Fläche bezogen, sondern auch auf eine Temperatur bzw. Temperaturdifferenz. Aus der, in dieser Arbeit entwickelten Heizlast-einschätzung geht hervor, dass in die Heizlast die Verluste bei Normaußentemperatur und die Aufheizleistung eingehen (siehe Gleichung (3.4.49)). Werden nur die Transmissions- und Lüftungsverluste berücksichtigt, ergibt sich gemäß ÖNORM H 7500:2007 VORNORM die Netto-Heizlast.

$$\Phi_{HL,Netto} = \Phi_T + \Phi_V \quad (3.6.6)$$

mit:  $\Phi_{HL,Netto}$  Netto-Heizlast, in kW  
 $\Phi_T$  Transmissionswärmeverluste der beheizten Zonen, in kW  
 $\Phi_V$  Lüftungswärmeverluste der beheizten Zonen, in kW

Aus den Annahmen der Heizlastabschätzung dieser Arbeit (Gleichung (3.4.49)) folgt aus Gleichung (3.6.6).

$$\Phi_{HL,Netto} = \dot{Q}_{HL,Netto} = \frac{1}{1000} (L_T + L_V) \cdot (\theta_i - \theta_{ne}) \quad (3.6.7)$$

mit:  $\Phi_{HL,Netto} = \dot{Q}_{HL,Netto}$  Netto-Heizlast, in kW  
 $L_T$  Transmissions-Leitwert, in W/K  
 $L_V$  Lüftungsleitwert, in W/K  
 $\theta_i$  Temperatur der konditionierten Innenräume, in °C, hier 20°C  
 $\theta_{ne}$  Normaußentemperatur am Standort, in °C

Zur Abschätzung der Nutzenergie mittels der Heizgradtage in Kapitel 3.4.2 ist auch die Nettoheizlast verwendet worden. In Gleichung (3.4.41) ist der Standortbezug zur Normaußentemperatur durch Division der Temperaturdifferenz zwischen den konditionierten Innenräumen und der Normaußentemperatur verloren gegangen. Aber die Einheit Kelvin im Divisor der spezifischen Heizlast bei Schrieffel stammt vermutlich von dieser Temperaturdifferenz. Basierend auf diesen Annahmen müsste sich die spezifische Heizlast  $\dot{q}_0$  wie folgt herleiten lassen.

$$\dot{q}_0 = \frac{1}{1000} \cdot \frac{(L_T + L_V)}{BGF} \quad (3.6.8)$$

Der spezifische Warmwasserwärmebedarf ist für alle Referenzgebäude dieser Arbeit bekannt (siehe Tabelle 20). Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung kann dasselbe Prinzip wie in Gleichung (3.6.1) angewendet werden. Dazu müssen die Verluste des Systems bestimmt werden, um einen Nutzungsgrad abzuleiten.

**Berechnung des Endenergiebedarfs gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM - Heizenergiebedarf**

Der Heizenergiebedarf  $Q_{\text{HEB}}$  steht für die Wärmemenge, die einem Gebäude zugeführt werden muss, um den Heiz- und Warmwasserwärmebedarf decken zu können, und entspricht somit einem Endenergiebedarf. Wird vom  $Q_{\text{HEB}}$  der Heizwärmebedarf ( $Q_{\text{h}}$  und  $Q_{\text{tw}}$ ) abgezogen, aber die etwaigen Gewinne aus Umgebungswärme (d. h. über Wärmepumpensysteme), Solarthermie (d. h. die Netto-Wärmeerträge der Solarkollektoren) oder elektrischen Zusatzsystemen hinzuaddiert, ergibt sich der Heiztechnikenergiebedarf  $Q_{\text{HTEB}}$ . Der Hilfsenergiebedarf  $Q_{\text{HE}}$  ermöglicht eine quantitative Aussage über die benötigte Arbeit (elektrische Energie), um den Betrieb der Heiztechnik- und Warmwassersysteme aufrecht zu erhalten.

Gemäß ÖNORM H5056:2007 wird der Heizenergiebedarf auf Monatsbasis ermittelt und die einzelnen Ergebnisse zum jährlichen Heizenergiebedarf aufsummiert.

$$Q_{\text{HEB}} = \sum_{i=1}^{12} Q_{\text{HEB},i} \quad (3.6.9)$$

mit:  $Q_{\text{HEB}}$  jährlicher Heizenergiebedarf, in kWh/a  
 $Q_{\text{HEB},i}$  monatlicher Heizenergiebedarf im Monat  $i$ , in kWh/M

Der spezifische jährliche Heizenergiebedarf ergibt sich aus der Division des jährlichen Heizenergiebedarfs durch die Brutto-Geschossfläche.

$$\text{HEB} = \frac{Q_{\text{HEB}}}{\text{BGF}} \quad (3.6.10)$$

mit: HEB spezifischer, jährlicher Heizenergiebedarf, in kWh/(m<sup>2</sup>·a)  
 $Q_{\text{HEB}}$  jährlicher Heizenergiebedarf, in kWh/a  
 BGF Brutto-Geschossfläche, in m<sup>2</sup>

Der monatliche Heizenergiebedarf setzt sich aus allen Gewinnen und Verlusten des Gebäudes und des Heizsystems zusammen. Besondere Bedeutung gewinnen die rückgewinnbaren Verluste des Heizsystems. Systemverluste innerhalb der konditionierten Zonen gehen nicht verloren, sondern können direkt der Raumkonditionierung dienen. Auf Grund dieses Sachverhaltes sinken die tatsächlichen Verluste der Wärmeverteil- und Wärmeabgabesysteme erheblich. Ob die Speicherverluste auch rückgewinnbar sind, hängt davon ab, wo die Speicher aufgestellt werden.

$$Q_{\text{HEB},i} = Q_{\ell} + Q_{\text{tw}} + Q_{\text{H}} + Q_{\text{TW}} + Q_{\text{LH}} - Q_{\text{Sol},N} - Q_{\text{Umw},\text{WP},\text{H}} - Q_{\text{Umw},\text{WP},\text{TW}} + Q_{\text{ges,HE}} - \eta_{\text{HT}} \cdot (Q_{\text{g}} + Q_{\text{H,beh}} + Q_{\text{TW,beh}} + Q_{\text{Sol,beh}} + Q_{\text{LH,beh}}) \quad (3.6.11)$$

mit:  $Q_{\text{HEB},i}$  monatlicher Heizenergiebedarf im Monat  $i$ , in kWh/M  
 $Q_{\ell}$  monatliche Wärmeverluste des Gebäudes gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M  
 $Q_{\text{tw}}$  monatlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/M  
 $Q_{\text{H}}$  monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW}}$  monatliche Verluste der Warmwasser-Bereitung, in kWh/M  
 $Q_{\text{LH}}$  monatliche Verluste der Luftheizung, in kWh/M  
 $Q_{\text{Sol},N}$  monatlicher Netto-Wärmeertrag des Solarkollektors, in kWh/M  
 $Q_{\text{Umw},\text{WP},\text{H}}$  monatlicher Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe für Raumheizung aus Umweltwärme, in kWh/M  
 $Q_{\text{Umw},\text{WP},\text{TW}}$  monatlicher Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe für Warmwasser aus Umweltwärme, in kWh/M  
 $Q_{\text{ges,HE}}$  gesamter monatlicher Hilfsenergiebedarf, in kWh/M  
 $\eta_{\text{HT}}$  monatlicher Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne, dimensionslos

$Q_g$	monatliche Wärmegewinne des Gebäudes gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M
$Q_{H,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M
$Q_{TW,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste für Warmwasser, in kWh/M
$Q_{sol,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Rohrleitungen zwischen Solarkollektor und Speicher, in kWh/M
$Q_{LH,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Lüftungsleitung in beheizten Räumen, in kWh/M

Die Ermittlung des Ausnutzungsgrads der Wärmegewinne ist bereits in Kapitel 3.5.3.2 ausführlich beschrieben worden und entfällt daher an dieser Stelle. In Kapitel 3.5.3.2 ist im Zuge der Betrachtungen zur Heizenergie bereits auf die zu hinterfragende Sinnhaftigkeit einer Multiplikation der rückgewinnbaren Verluste der Raumheizung mit einem Ausnutzungsgrad gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM hingewiesen worden. Luftheizsysteme werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, weil sie im Wohngebäudesektor vor allem in neueren Gebäuden auf Niedrigstenergie- und Passivhausniveau auftreten, welche im Projekt ReCO2NWK noch nicht abgebildet werden. In allen weiteren Betrachtungen wird die Luftheizung deshalb nicht mehr angeführt. In weiterer Folge wird wie in ÖNORM H 5056:2007 auf den Index  $i$  für die Monatswerte verzichtet, um eine einfachere Nomenklatur zu erreichen.

Wie schon bei der Heizenergie stoßen die Methoden der ÖNORM H 5056:2007 VORNORM zur Berechnung des Heiz-/Endenergiebedarfs als Basis eines Simulationsmodell im Kontext eines Geoinformationssystems an ihre Grenzen. Für den Einzelfall (Gebäude) oder eine Rasterzelle des GIS können die Berechnungen ausgeführt werden, aber die Entwicklung von Referenzen und Kennzahlen zum Endenergiebedarf ist auf Grund fehlender Modelle zur Beschreibung eines Zusammenhangs zwischen der monatlichen mittleren Außentemperatur und Globalstrahlung, der Normaußentemperatur sowie den Heiztagen derzeit nicht möglich. Deshalb können in dieser Arbeit noch keine Ergebnisse zum Endenergiebedarf im Kontext des Projekts ReCO2NWK präsentiert werden. Trotzdem sollen die Berechnungsmethoden gemäß ÖNORM H 5056:2007 vorgestellt werden.

Trennt man den Heizenergiebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung, ergeben sich die folgenden zwei Gleichungen. Dabei geht der Einfluss des Hilfsenergiebedarfs verloren.

$$Q_{HEB,H} = Q_\ell + Q_H - Q_{Sol,H} - Q_{Umw,WP,H} - \eta_{HT} \cdot (Q_g + Q_{H,beh} + Q_{TW,beh} + Q_{Sol,beh}) \quad (3.6.12)$$

mit:	$Q_{HEB,H}$	monatlicher Heizenergiebedarf für Raumheizung, in kWh/M
	$Q_\ell$	monatliche Wärmeverluste des Gebäudes gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M
	$Q_H$	monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{Sol,H}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag des Solarkollektors für Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{Umw,WP,H}$	monatlicher Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe für Raumheizung aus Umweltwärme, in kWh/M
	$\eta_{HT}$	monatlicher Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne, dimensionslos
	$Q_g$	monatliche Wärmegewinne des Gebäudes gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, in kWh/M
	$Q_{H,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Raumheizung, in kWh/M
	$Q_{TW,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste für Warmwasser, in kWh/M
	$Q_{sol,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Rohrleitungen zwischen Solarkollektor und Speicher, in kWh/M
	$Q_{LH,beh}$	zurückgewinnbare monatliche Verluste der Lüftungsleitung in beheizten Räumen, in kWh/M

$$Q_{\text{HEB,TW}} = Q_{\text{tw}} + Q_{\text{TW}} - Q_{\text{Sol,TW}} - Q_{\text{Umw,Wp,TW}} \quad (3.6.13)$$

- mit:  $Q_{\text{HEB,TW}}$  monatlicher Heizenergiebedarf für Warmwasser, in kWh/M  
 $Q_{\text{tw}}$  monatlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/M  
 $Q_{\text{TW}}$  monatliche Verluste der Warmwasser-Bereitung, in kWh/M  
 $Q_{\text{Sol,TW}}$  monatlicher Netto-Wärmeertrag des Solarkollektors für Warmwasser, in kWh/M  
 $Q_{\text{Umw,Wp,TW}}$  monatlicher Netto Wärmeertrag der Wärmepumpe für Warmwasser aus Umweltwärme, in kWh/M

Der jährliche Heiztechnik-Energiebedarf folgt aus der Differenz zwischen dem Heizenergiebedarf mit etwaigen Netto-Erträgen der Wärmepumpe oder Solaranlage und dem jährlichen Nutzwärmebedarf (Raumheizung und Warmwasser).

$$Q_{\text{HTEB}} = Q_{\text{HEB}} - Q_{\text{h,a}} - Q_{\text{tw,a}} + Q_{\text{Umw,H}} + Q_{\text{Umw,TW}} + Q_{\text{Sol}} + Q_{\text{el}} \quad (3.6.14)$$

- mit:  $Q_{\text{HTEB}}$  jährlicher Heiztechnik-Energiebedarf, in kWh/a  
 $Q_{\text{HEB}}$  jährlicher Heizenergiebedarf, in kWh/a  
 $Q_{\text{h,a}}$  jährlicher Heizwärmebedarf des Gebäudes, in kWh/a (Index a selbstständig ergänzt)  
 $Q_{\text{tw,a}}$  jährlicher Warmwasser-Wärmebedarf, in kWh/a (Index a selbstständig ergänzt)  
 $Q_{\text{Umw,H}}$  in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht definiert; es wird in dieser Arbeit angenommen, dass an dieser Stelle die Summe der monatlichen Netto-Wärmeerträge der Wärmepumpe der Raumheizung aus Umweltwärme  $\Sigma Q_{\text{Umw,Wp,H}}$  einzusetzen ist  
 $Q_{\text{Umw,TW}}$  in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht definiert; es wird in dieser Arbeit angenommen, dass an dieser Stelle die Summe der monatlichen Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe der Warmwasserbereitung aus Umweltwärme  $\Sigma Q_{\text{Umw,Wp,TW}}$  einzusetzen ist  
 $Q_{\text{Sol}}$  in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM nicht definiert; es wird in dieser Arbeit angenommen, dass hier die Summe der monatlichen Netto-Wärmeerträge des Solarkollektors  $\Sigma Q_{\text{Sol,N}}$  in kWh/a einzusetzen ist  
 $Q_{\text{el}}$  Summe der Differenz zwischen der von der Wärmepumpe bereitzustellenden monatlichen Heizenergie der Raumheizung  $Q_{\text{H,WP}}^*$  und dem monatlichen Netto-Wärmeertrag der Wärmepumpe der Raumheizung  $Q_{\text{Umw,WP}}$ , in kWh/a

Durch die Division mit der Brutto-Geschossfläche lässt sich der spezifische, jährliche Heiztechnik-Energiebedarf berechnen.

$$\text{HTEB}_{\text{BGF}} = \frac{Q_{\text{HTEB}}}{\text{BGF}} \quad (3.6.15)$$

- mit:  $\text{HTEB}_{\text{BGF}}$  spezifischer, jährlicher Heiztechnik-Energiebedarf, in kWh/(m<sup>2</sup>·a)  
 $Q_{\text{HTEB}}$  jährlicher Heiztechnik-Energiebedarf, in kWh/a  
 $\text{BGF}$  Brutto-Geschossfläche, in m<sup>2</sup>

### 3.7 Primärenergiebedarf

In dieser Arbeit ist mit der End- und Nutzenergie nur der Letzte Teil der Energieumwandlungskette betrachtet worden. Die Primär-, Sekundär- und Endenergie-Potenziale der Sonneneinstrahlung, der Umgebungswärme und der Biomasse werden im Zuge des Projekts ReCO2NWK in eigenen Arbeitsgruppen erarbeitet, und Kennzahlen abgeleitet.

Für eine erste Einschätzung des Primärenergiebedarfs, oder der technischen/wirtschaftlichen Potenziale, könnte eine Methode gemäß DIN V 18599-1:2007 (vgl. (DIN V 18599:2007)) verwendet werden. Mittels Primärenergiefaktoren  $e_p$  kann vom Endenergiebedarf auf den Primärenergiebedarf geschlossen werden. Die in dieser Norm vorgeschlagenen Werte des Primärenergiefaktors für unterschiedliche Energieträger sind in Tabelle 59 zusammengefasst.

$$Q_{PE} = Q_{EE} \cdot e_p \quad (3.6.16)$$

mit:  $Q_{PE}$  Primärenergiebedarf, in kWh  
 $Q_{EE}$  Endenergiebedarf, in kWh  
 $e_p$  dimensionsloser Primärenergiefaktor

**Tabelle 59:** Primärenergiefaktoren gemäß DIN V 18599-1:2007-02 S.59 (vgl. (DIN V 18599:2007))

Energieträger bezogen auf Endenergie (Heizwert)		Primärenergiefaktoren $f_p$	
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK	fossile Brennstoffe	0,7	0,7
	erneuerbare Brennstoffe	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossile Brennstoffe	1,3	1,3
	erneuerbare Brennstoffe	1,3	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0	2,7
Umweltenergie	Solarenergie-Umgebungswärme	1,0	0,0

Auch im Entwurf der EN 15315:2005 sind derartige Faktoren vorgesehen (siehe Tabelle 60), die sich weitgehend mit jenen der DIN V 18599-1:2007 decken (vgl. auch (Pöhn, et al., 2007 S. 138)).

**Tabelle 60:** Primärenergiefaktoren gemäß DIN V 18599-1:2007

Energieträger		Primärenergiefaktor	Primärressourcen-Energiefaktor
Brennstoffe	Braunkohle	1,3	1,3
	Steinkohle	1,2	1,2
	Öl	1,1	1,1
	Erdgas	1,1	1,1
	regenerative Energien (z.B. Holz)	1,1	0,1
Nah-/Fernwärme	Abwärme	1,05	0,05
Strom	elektrische Leistung (national üblicher Energiemix)	2,8	2,6

## 4 Möglicher Ansatz zu Emissionen

In den Gemis-A-Berichten des Joaneum-Research (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a)) werden Tabellen und Werte zu den Emissionen unterschiedlicher Energieträger und Heizsysteme veröffentlicht. Es liegen Emissionsfaktoren zu Holz (Scheitholz, Briketts, Pellets und Hackgut), Stroh, Biogas (für BHKW), Kohle (Steinkohle, Steinkohle-Briketts, Steinkohle-Koks, Braunkohle und Braunkohle-Briketts), Heizöl-extra leicht, Erdgas und Flüssiggas vor. Die Daten sind für Raumheizung und Warmwasser getrennt aufbereitet worden und werden einerseits in Einzelöfen, Etagen- und Zentralheizungen, andererseits in drei Altersklassen, Altanlagen (vor 1986), Bestandsanlagen (1986-1995) und Neuanlagen (nach 1995) gegliedert. Diese Altersklassen decken sich weitgehend mit jenen der ÖNORM H 5056 VORNORM für Kesselwirkungsgrade. Eine Zuordnung zu den Baualtern der Kessel und Gebäude ist demnach möglich. Die Werte der Emissionen finden sich in Anhang der Gemis-A-Studie zum Teilbereich „Emissionsfaktoren und energietechnische Parameter im Prozesskettenbereich Endenergie - Nutzenergie“ (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a)).

## 5 Auffälligkeiten der ÖNORM H 5056:2007

Die Nomenklaturen (vor allem die Indizes) unterliegen keiner einheitlichen und durchgängigen Form. In mehreren Fällen bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den, in der Tabelle „Formelzeichen, Namen und Einheiten“ (vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 13-30)) erklärten und den in den Gleichungen tatsächlich verwendeten Bezeichnungen. An mehreren Stellen wird sogar die Nomenklatur gewechselt, ohne die neu eingeführten Bezeichnungen zu erklären, oder auf die ursprünglichen Namen hinzuweisen. Dies erschwert den Umgang mit der Norm wesentlich. Derartige Wechsel, so trivial und unbedeutend sie erscheinen mögen, haben zur Folge, dass eine korrekte Anwendung der Norm nicht möglich ist, weil nicht dokumentiert ist, welche Größen tatsächlich eingesetzt werden sollen. Der Ingenieur muss an diesen Stellen eigene Annahmen treffen, welche Größen und Bezüge einzusetzen sind, wodurch eine einheitliche Anwendung der Norm nicht gewährleistet wird. Da die Berechnung der meisten Defaultwerte auf Faktoren beruht, und nicht bekannt ist, wie diese ermittelt und auf welche Größen diese ursprünglich bezogen worden sind, ergeben sich durch falsche Bezüge in der Folge auch verfehlte Ergebnisse. Die fehlende durchgängige Systematik in der Nomenklatur der ÖNORM H 5056:2007 führt dazu, dass selbst klar definierte Gleichungen und Formelzeichen zu hinterfragen sind, weil sie in weiterer Folge wieder von unklaren Bezügen abhängen bzw. einige Bezüge nur für diese Gleichungen gelten, ansonsten aber nicht mehr in der Norm auftreten. Die gesamte Vornorm hinterlässt den Eindruck, dass unterschiedliche Personen an ihrer Entstehung beteiligt waren, aber vor der Veröffentlichung darauf verzichtet wurde, die einzelnen Teile auch inhaltlich abzugleichen.

Ein Beispiel einer verfehlten Bezeichnung stellt die Beschreibung der längen- und temperaturbezogenen Wärmeverluste der Rohrleitungen der Raumheizsysteme dar. Mittels Defaultwerten, welche auf den Dämmdicken der Rohrleitungen basieren, wird die abgegebene thermische Leistung in Watt abhängig von der Leitungslänge in Metern und der Temperaturdifferenz zwischen dem in der Leitung befindlichen Medium und der Umgebung berechnet. Die Norm bezeichnet diese Leistungsgröße mehrmals als „monatliche Wärmeabgabe der Rohrleitungen (...)“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 22 und 46).

Gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 beträgt die tägliche Betriebszeit der Heizung  $t_{n,d}$  24 h. In ÖNORM H 5056:2007 wird diese Nomenklatur übernommen, aber nicht weiter definiert. Der Wert der ÖNORM B 8110-5:2007 dient ursprünglich als Grundlage zur Berechnung des Heizwärmebedarfs. Die 24 Stunden unterstellen somit den Gebäuden, dass sie an Heiztagen den ganzen Tag beheizt werden müssen, unter Einbeziehung einer Nachtabsenkung und der Heizungsspeicher, bedeutet dies aber nicht, dass deshalb die Raumheizung 24 h in Betrieb ist. Andere Normen (z. B. (DIN V 18599:2007, 2007)) geben für die Heizung kürzere tägliche Laufzeiten an.

Weder in der ÖNORM B 8110-5:2007 noch in der ÖNORM H 5056:2007 wird eine Abschätzung der monatlichen Heiztage  $d_{\text{Heiz}}$  vorgeschlagen. Das Klimamodell der ÖNORM B 8110-2007 basiert auf Monatswerten und versagt deshalb bei einer zeitlichen Auflösung auf Tagesbasis. Die Anzahl der Heiztage hängt sehr stark von lokalen Phänomenen (z. B. Verschattung, Kältesenken) ab. Das Gleiche gilt auch für die Normaußentemperaturen. Deshalb bleibt zu hoffen, dass für die Heiztage in Zukunft ein Modell ähnlich dem der Normaußentemperaturen (vgl. (Pöhn, 2008b) und (ÖNORM B 8110-5:2009 Beiblatt)) zur Verfügung gestellt wird.

Nicht immer wird die Trennung der Nutzungstage  $d_{\text{Nutz}}$  von den Heiztagen  $d_{\text{Heiz}}$  korrekt vorgenommen. In der Regel werden die Trinkwarmwassersysteme auf Basis der 365 Nutzungstage pro Jahr, also einer täglichen Nutzung, berechnet. Die Systeme der Raumheizungen werden auf die monatlichen Heiztage bezogen, die in der Heizperiode das ganze Monat ausfüllen, aber im Sommer sogar gegen Null gehen können. Ein Beispiel für einen derartigen Fall ist die Berechnung der monatlichen Verluste der Wärmebereitstellung der Raumheizung mittels Nah-/Fernwärme oder sonstigen Wärmetauschern für den Tertiärkreis. Grundsätzlich wird in der gesamten Norm zwischen Warmwasserbereitung, Wärmebereitstellung der Raumheizung und kombinierter Wärmebereitstellung unterschieden, aber an dieser Stelle spricht die Norm im Fall der Raumheizsysteme von den monatlichen Verlusten „(...) der Wärmebereitstellung für Raumheizung und Warmwasser durch Nah-/Fernwärme oder sonstige Wärmetauscher (...)“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM S. 54). Der gleiche Bezug tritt später noch einmal für die kombinierten Systeme auf, wo er auch Sinn macht. Wenn schon zwischen den einzelnen Varianten unterschieden wird, sollte dies auch hier der Fall sein. Damit wäre auch der Bezug der ÖNORM zu den Nutzungstagen für die Berechnung der Verluste des Raumheizsystems in diesem Fall zu hinterfragen.

Ein fehlerhafter Zeitbezug tritt bei der Berechnung des monatlichen Hilfsenergiebedarfs des Betriebs eines Warmwasser-Wärmetauschers auf. Gemäß ÖNORM H 5056:2007 soll dieser mittels der elektrischen Nennleistung der Wärmetauscher-Ladepumpe und der täglichen Betriebsdauer derselben berechnet werden. Dass dabei ein täglicher Energiebedarf berechnet wird und kein monatlicher liegt auf der Hand. Es ist anzunehmen, dass hier der Bezug zu den monatlichen Nutzungstagen fehlt.

Die Algorithmen zur Berechnung der Verluste der Heizkessel und der Wärmetauscher beziehen sich auf die Nennleistung der Systeme zur Wärmeerzeugung bzw. -wandlung. Die Berechnung der Verluste anderer Wärmeerzeuger hängt vom monatlichen Nutzenergiebedarf (Raumwärme oder Warmwasser) ab.

Die Defaultwerte der Verluste der Wärmespeicher sind in Tabellen für mehrere Alterskategorien hinterlegt, aber die Stufen der Altersklassen sind nicht durchgängig. Es stellt sich die Frage ob, die Jahreszahlen immer einen markanten Technologiewechsel bei den einzelnen Speichersystemen markieren, oder ob hier basierend auf unterschiedlichen statistischen Daten Mittelwerte und ohne Abgleich der Zeitreihen in die Tabellen der Norm übertragen worden sind.

In der Berechnung der Heizenergie und des Heizenergiebedarfs ist vorgesehen, die thermischen Gewinne des Gebäudes und die rückgewinnbaren Wärmeverluste der Heizsysteme (Warmwasser, Raumheizung, Solaranlage) mit dem Ausnutzungsgrad zu multiplizieren. Da der Beitrag des Raumheizsystems nur an den Heiztagen geleistet werden kann, widerspricht diese Multiplikation der Definition der Ausnutzungsgrade (gilt nur für die Komponenten der Raumheizung).

Grundsätzlich erfüllt ÖNORM H 5056:2007 VORNORM die Funktion eines Dimensionierungsanhalts zur Abschätzung bestehender Heizsysteme, deren Detailaufbau aber nicht bekannt ist, im Rahmen einer Energieausweiserstellung gut. Referenzsysteme der Wärmeabgabe, -verteilung, -speicherung und -bereitstellung können für eine große Anzahl unterschiedlicher Fälle und Kombinationen abgeleitet werden. Wird der Rahmen des Energieausweises im Auge behalten, verwundert es aber, dass nicht mehr Monate als Zeitschritte verwendet werden, sondern mit den Heiztagen Tageswerte, die dann zu Monats- und Jahreswerten aufsummiert werden. Leider ist in ÖNORM H 5056:2007 VORNORM derzeit kein Modell zur Berechnung der Heiztage implementiert, es bleibt zu hoffen, dass entsprechende Algorithmen nachgetragen werden. Alternativ wäre auch wieder eine Berechnung auf

Basis von Monatswerten denkbar, die mit weiteren Ausnutzungsgraden oder Gewichtungen einen Ersatz für die Heiztage-Methode darstellen könnte.

## 6 Problematik der vereinfachten Ansätze mittels Heizlast und HGT

Zur Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfs sind in den Kapiteln 3.4.3 und 3.6 alternative und vereinfachte Ansätze mittels der Heizlast und der Heizgradtage vorgestellt worden. Die Heizlast kann für Referenzgebäude gemäß ÖNORM EN 12831:2003 sehr genau ermittelt werden, was den Schluss nahe legt, dass das gesamte Modell genauere Ergebnisse liefert. Die Heizgradtage beschreiben die Summe der täglichen Temperaturdifferenzen zwischen konditioniertem Innenraum und mittlerer Tagesaußentemperatur im Heizfall. Dadurch wird ein Zeitbezug auf Tagesbasis erreicht, und somit steigt erneut die Genauigkeit der Energiebedarfsermittlung gegenüber dem Bezug auf Monatsbasis gemäß ÖNORM B 8110-6:2007.

Aber in den HGT-Methoden fehlen die Einflüsse der solaren und inneren Wärmegewinne. Die inneren Gewinne können zwar in die Benutzungsfaktoren dieser Modelle eingebaut werden, jedoch die Ausnutzungsgrade der solaren Gewinne, welche vor allem von den Fenstern abhängen, und die rückgewinnbaren Verluste der Heizsysteme fließen in diese Modelle kaum bis gar nicht mit ein.<sup>7</sup> Die Genauigkeit der HGT selbst spielt ebenfalls eine große Rolle. Sollten nur Referenzwerte der Heizgradtage angesetzt werden, oder Heizgradtage, die aus Monatsmittelwerten der Außentemperatur berechnet werden (vgl. (Pöhn, 2008a)<sup>8</sup>), verliert die Methode den Vorteil der besseren zeitlichen Auflösung der Temperaturdifferenzen. Zu dem kommt, dass eine Methode basierend auf der Heizlast nur dann genauer sein kann, wenn diese für sehr gut recherchierte und ausgearbeitete Referenzgebäude ermittelt worden ist. Die Einfachheit des HGT-Modells verleitet dazu, bereits bestehende Referenzen aus der Literatur oder statische Daten für die Heizlast einzusetzen. Auf diese Weise können sehr schnell Ergebnisse berechnet werden, jedoch kann der Bezug zu den realen Gebäuden leicht verloren gehen. Werden korrekterweise eigene Referenzgebäude recherchiert und berechnet, kann der Aufwand zur Ermittlung der Heizlast<sup>9</sup> dem der Erstellung eines Energieausweises gemäß den vereinfachten Methoden der ÖNORM B 8110-6:2007 gleichgesetzt werden. Aber das Verfahren des Energieausweises berücksichtigt auch die solaren und inneren Gewinne eines Gebäudes, und mittlerweile steht eine Vielzahl von Softwarepaketen zur Energieausweiserstellung zur Verfügung, welche die Arbeit vereinfachen kann.

Es ist also zu hinterfragen, ob mit den Heizgradtagen tatsächlich eine höhere Genauigkeit mit weniger Aufwand (bei korrekter Arbeitsweise) erreicht werden kann.

---

<sup>7</sup> Dem Ansatz gemäß Schriefl (vgl. (Schriefl, 2007)) ist nicht zu entnehmen, ob oder wie die solaren Gewinne in sein Modell implementiert worden sind.

<sup>8</sup> Pöhn führt seiner Exceldatei zur Berechnung des Energieausweises die auf diese Art ermittelten Heizgradtage nur an, um einen Vergleich zu ermöglichen, sie werden von ihm an keiner Stelle zur Ermittlung des Energiebedarfs verwendet.

<sup>9</sup> Wenn ein vereinfachtes Zonen Verfahren angewendet wird. Sollte die Heizlast raumweise ermittelt werden, ist der Aufwand zur Heizlastermittlung höher einzuschätzen.

## 7 Zusammenfassung

Es hat sich gezeigt, dass die Methoden der aktuellen Normung (ÖNORM B 8110-6:2007 und ÖNORM H 5056:2007 VORNORM) geeignet sind um Referenzsysteme für ein Simulationsmodell, welches in ein Geoinformationssystem integriert werden soll, aufzubauen. Das Klimamodell gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 führt allerdings zu Problemen, weil es entwickelt worden ist um einen Vergleich des Heizwärmebedarfs zu ermöglichen ohne den Standort der Gebäude zu bewerten. Deshalb können lokale Einflüsse wie etwa die Verschattung durch Gebirge oder das Auftreten von Kältesenken (z. B. Gewässer) nicht berücksichtigt werden. Sollte im endgültigen Simulationsmodell das Klimamodell der ÖNORM B 8110-5:2007 durch ein genaueres Modell, welches regionale Einflüsse besser berücksichtigt, ersetzt oder ergänzt werden, muss eine Methode zur Korrektur der Ergebnisse der tatsächlich erhobenen Energieausweise entwickelt werden. Ansonsten würden die Referenzgebäude mit einem anderen Klimamodell berechnet werden, womit die Ergebnisse mit jenen des Energieausweises nur bedingt vergleichbar wären.

In dieser Arbeit sind Algorithmen vorgestellt worden, mit denen der Heizwärmebedarf und die Heizlast der Referenzgebäude für jede Rasterzelle des GIS ermittelt werden können. Sollte der dadurch entstehende Rechenaufwand für das Simulationsmodell zu groß werden, können alternativ die in Kapitel 3.4.1 berechneten Werte des Heizwärmebedarfs für die Referenzhöhenklassen aus Kapitel 3.2.2 und die Leitungsklassen aus Kapitel 3.4.5 zufolge der analysierten Normaußentemperaturen aus Kapitel 3.2.1 genutzt werden, um den Rechenaufwand zu minimieren. Allerdings würde dadurch der Vorteil des Geoinformationssystems, räumlich hoch aufgelöste Umweltbedingungen in das Modell einfließen zu lassen, nicht mehr genutzt. Die Verluste der Referenzsysteme im Zuge der Wärmeabgabe, der -verteilung und der -speicherung sind bereits berechnet worden und auf das Modell übertragbar, weil kein unmittelbarer Zusammenhang zu den Standort- bzw. Klimadaten vorliegt. Einzig die Heizlast bzw. die Nennleistung der Wärmeerzeuger ist von Bedeutung, aber dieser Bezug ist notwendig um die Heizsysteme mit dem restlichen Simulationsmodell in Zusammenhang zu bringen. Die Verluste der Wärmebereitstellung können mit den hier vorgestellten Algorithmen nur im GIS berechnet werden, weil nur über die Rasterzellen ein Zusammenhang zwischen der Normaußentemperatur, der mittleren monatlichen Außentemperatur und Globalstrahlung und den Heiztagen hergestellt werden kann. Das Gleiche gilt auch für den Hilfs- und Endenergiebedarf.

Die entwickelten Referenzen der Heizsysteme hängen vor allem vom Baualter, der Geschossfläche und der Heizlast der Gebäude ab. Die Anlagen sind allgemein gehalten und können daher auch in Verbindung mit gleichwertigen Gebäuden aus einer Energieausweisdatenbank gebracht werden. Die in dieser Arbeit entwickelten Kombinationsmöglichkeiten der Heizsysteme sind in Anhang I in Tabellenform dargestellt. Derzeit fehlen noch Daten im GIS die einen Rückschluss auf die Heizsysteme oder den Endenergieträgern zulassen.

Es bleibt abzuwarten wie sehr sich die ÖNORM H 5056:2007 VORNORM noch weiterentwickeln wird, bevor sie zu einer vollwertigen Norm wird. Die Berechnung der Wärmeabgabe-, der -verteilung und der -speicherung, sowie die Wärmebereitstellung mit Verbrennungskesseln wird vermutlich in ihrer derzeitigen Form beibehalten. Allerdings sollte dann auch eine Möglichkeit zur Abschätzung der Heiztage implementiert werden.

Von einer Modellierung des Nutz- oder Endenergiebedarfs mit Methoden der Heizgradtage ist dringend abzuraten. Die Analyse der Methoden der ÖNORM B 8110-6:2007 haben gezeigt, dass die passiven Wärmegewinne der Gebäude durch solare Einstrahlung einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Nutzenergiebedarfs leisten. Die Heizgradtage können diesen Effekt nicht oder nur bedingt berücksichtigen. Da Neubauten und sanierte Gebäude immer öfter als Niedrigstenergiegebäude oder Passivhäuser ausgeführt werden, steigt der Einfluss der passiven Solarerträge deutlich an. Im Projekt ReCO2NWK sollen auch die Potenziale der Wärmebereitstellung mittels solarthermischer Anlagen aufgezeigt werden, deshalb müssen in jedem Fall die Sonneneinstrahlung und die Sonnenstunden für

die Rasterzellen berechnet werden. Es wäre sinnvoll mit diesen Werten auch die passiven solaren Gewinne der Referenzgebäude zu ermitteln. Das Modell ReCO<sub>2</sub>NWK könnte somit erheblich an Aussagekraft als Simulationsmodell zur regionalen Energie- und Raumplanung gewinnen.

### ***Erkenntnisse zur Szenarien- und Prognosenentwicklung***

Am einfachsten könnten Sanierungen der Gebäude oder der Heizsysteme im Modell dargestellt werden, indem die Daten der älteren Gebäude und Anlagen durch die der neueren Referenzen ersetzt werden.

Heizwärmebedarf und Heizlast hängen von den Transmissions- und Lüftungsverlusten ab. In Sanierungsszenarien bzw. Prognosen können diese Werte korrigiert werden. Im Realfall wäre eine Verbesserung des Transmissionsleitwertes mit einer verbesserten Wärmedämmung und/oder einer Erneuerung der Fenster verbunden. Ein Austausch der Fenster und Außentüren würde sich bei den älteren Gebäuden auch positiv auf die Lüftungsverluste auswirken. Werden derartige Umbauten durchgeführt, folgt dass, die alten Heizungssysteme deutlich überdimensioniert wären. Deshalb müssten auch sie getauscht werden. Eine Änderung der Rohrleitungen und der Wärmeabgabeflächen würde aber zu einem kompletten Umbau der Gebäude führen. Derzeit ist diese Option nur in Sonderfällen zu erwarten. Im Regelfall ist mit einer Erneuerung der Regelung, des Wärmeerzeugers und der damit verbundenen Speicherumbauten zu rechnen. Sollte der Wärmeerzeuger nicht erneuert werden, könnte eine Installation größerer Puffer- oder Lastausgleichspeicher und eine Optimierung der Regelung zielführend sein.

Ein anderes Szenario könnte die Umstellung auf eine CO<sub>2</sub>-neutrale bzw. -freie Wärmebereitstellung darstellen, ohne dabei Eingriffe in das Gebäude vorzunehmen. Eine Energieeinsparung könnte dann nur im geringeren Ausmaß durch modernere Heizsysteme mit besseren Wirkungs- und Nutzungsgraden erreicht werden. Würde aber Sonnenenergie und Umgebungswärme als Endenergiequellen genutzt werden, könnte trotzdem eine erhebliche Reduktion fossiler Endenergieträger verwirklicht und ein deutlicher Beitrag zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und der Betriebskosten der Heizungsanlagen geleistet werden.

### ***Empfehlungen für die nächste Phase des Projekts ReCO<sub>2</sub>NWK***

- Ist es eine Verbesserung der Klimadaten gegenüber dem Klimamodell ÖNORM B 8110-5:2007 zu empfehlen. Die Möglichkeit, regionale und lokale Klimadaten und -modelle später noch zu integrieren, soll erhalten bleiben. Eine einmalige Berechnung der Abschattung und Verminderung der solaren Einstrahlung durch Reliefformen (Gebirge) ist dringend anzuraten, um die Potenziale der aktiven und passiven solaren Nutzung mit höherer Genauigkeit erfassen zu können. Schätzungen aus der Literatur zu Folge könnten in Österreich 20 % bis 25 % der Flächen von solchen lokalen Beschattungsphänomenen betroffen sein (vgl. (Remund, 2009)).
- Deshalb ist dringend zu empfehlen, lokal begrenzte Gebiete, welche potenziell vom regionalen Klimamodell gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 abweichen könnten (siehe Bsp. Nordhänge oder Gewässer), deutlich zu kennzeichnen und weitere Handlungsempfehlungen für die Verbesserung der Daten vorzuschlagen. Für diese Fälle wäre es sinnvoll, eine Ergänzung des regionalen Klimamodells mit lokalen Messdaten oder weiteren Modellen (z. B. Faktoren zur Minderung der Temperaturen und Sonneneinstrahlung) vorzusehen.
- Sollten in Zukunft Daten aus tatsächlich erhobenen Energieausweisen in das System integriert werden, müssen Modelle entwickelt werden, die nachträglich eine Korrektur der lokalen Umwelteinflüsse auf den Heizwärmebedarf ermöglichen.
- Recherchen zu typischen Gebäudeformen und -aufbauten in den Regionen, die mit dem Modell berechnet werden sollen, sind dringend zu empfehlen. Für jede Region sollte geprüft werden, ob die bereits dokumentierten Referenzgebäude noch ergänzt werden müssen.

- Es wird die Implementierung der Orientierung (Azimut) der Gebäude und Dachflächen in die Informationen pro Rasterzellen empfohlen. Die Dachflächen sollten quantitativ erfasst werden und auch deren Neigung.
- Falls auf dem HGT-Modell bestanden wird, ist eine Evaluierung der Faktoren für eine bessere Anpassung an die Klimazonen und Gebäude notwendig.
- Die Berechnung der energetischen Verluste der Heizsysteme hängt stark von der Anzahl der Heitztage ab. Deshalb wird dringend empfohlen, die Heitztage auf Monatsbasis zu recherchieren und in das Modell aufzunehmen. Für diese Daten ist ein sehr starker Standorteinfluss zu erwarten, deshalb sollten möglichst lokale Werte angesetzt werden. Eine Analyse der täglichen mittleren Außentemperaturen würde die notwendigen Ergebnisse liefern.
- Es können Referenzsysteme der Wärmeabgabe, -verteilung, -speicherung und -bereitstellung mit den Methoden der ÖNORM H 5056:2007 aufgestellt werden. Eine Berechnung der Wärmeverluste der Abgabe-, der Verteil- und der Speichersysteme ist sowohl im GIS als auch für die vom Geoinformationssystem gelösten Referenzen möglich. Im Einzelfall bzw. für die Rasterzellen des GIS (Gebäude, Standort, Klima) können die Energiebilanzen der Wärmebereitstellung berechnet und somit der Hilfs- und Endenergiebedarf ermittelt werden, weil ein Zusammenhang zwischen der Normaußentemperatur, der mittleren monatlichen Außentemperatur und Globalstrahlung und den Heitztagen über die Rasterzelle gegeben ist.
- Es ist nicht möglich mit den Methoden der derzeitigen Normen einen systematischen und für ein Simulationsmodell geeigneten Zusammenhang zwischen den monatlichen Verlusten/Gewinnen des Gebäudes, der Heizlast (Normaußentemperatur) und den Heitztagen zu schaffen. Sollten die Wirkungs- bzw. Nutzungsgrade der Referenzheizsysteme und der Endenergiebedarf nicht mit einer dynamischen Simulation im GIS realisierbar sein, und deshalb vorab eine Berechnung dieser Größen notwendig werden, ist es notwendig Modelle zu entwickeln, mit denen ein Zusammenhang zwischen der Normaußentemperatur, der mittleren monatlichen Außentemperatur und Globalstrahlung und den Heitztagen dargestellt werden kann.
- Derzeit fehlen räumlich aufgelöste Daten zur Deckung des Energiebedarfs. D. h., es liegen keine Informationen zu den verwendeten Endenergieträgern und Heizsystemen in den Gebäuden der Rasterzellen vor. Deshalb ist es noch nicht möglich die Referenzheizsysteme in Zusammenhang mit den Gebäuden zu setzen. Um das in dieser Arbeit entwickelte Modell voll ausschöpfen zu können, ist es notwendig den Gebäuden und Rasterzellen im GIS Daten zu den Endenergieträgern, zu den Systemtemperaturen (Kessel, Verteil oder Abgabesystem), zur Wärmeabgabe und zur Art der Heizungsregelung zuordnen zu können.
- Die derzeitigen Referenzbualter berücksichtigen keine Sanierungsmaßnahmen am Gebäude oder der Heiztechnik, weil dazu bisher keine Daten im GIS verfügbar gewesen sind. Es ist dringend zu empfehlen die Sanierungsraten georeferenziert in das GIS einzubinden. Für sanierte Gebäude oder Heizungsanlagen können dann die Werte der jüngeren Referenzen angesetzt werden.
- In zukünftigen Modellen wird es notwendig werden das GIS von Berechnungen zu trennen, weil die Simulationen zu anspruchsvoll werden. Das GIS kann als Input- und Output-Plattform genutzt werden, aber die Simulationen sollten mit einer eigenen Software vorgenommen werden.

## Glossar

### **Ausnutzungsgrad der haustechnischen Anlage:**

„Verhältnis der tatsächlichen zur theoretisch möglichen Ausnutzung von haustechnischen Systemen“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM).

### **Ausnutzungsgrad für die Heizperiode:**

„Anteile der in ein Gebäude gelangten solaren Wärmegewinne und der im Gebäude anfallenden inneren Wärmegewinne, die für Heizzwecke nach dem Monatsbilanzverfahren genutzt werden können“ (ÖNORM B 8110-6:2007).

### **Ausnutzungsgrad für die Kühlperiode:**

„Anteile der in ein Gebäude gelangten solaren Wärmegewinne und der im Gebäude anfallenden inneren Wärmegewinne, die nach dem Monatsbilanzverfahren noch nicht zu einer Kühlnotwendigkeit führen“ (ÖNORM B 8110-6:2007).

### **Auslastungsgrad:**

„Verhältnis der tatsächlichen zu den theoretisch möglichen Anforderungen von haustechnischen Systemen an das Wärmebereitstellungssystem“ (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM).

### **Bezugsfläche (BF)**

$0,8 \cdot \text{BGF}$ , in  $\text{m}^2$

### **Bruttogrundfläche (BGF):**

Definition gemäß ÖNORM B 1800 „Die Brutto-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes. Die Brutto-Grundfläche ist in Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche gegliedert.“

### **Endenergie:**

Auf Endenergie-Ebene werden zusätzlich zur erforderlichen Nutzenergie jene thermischen Verluste berücksichtigt, die bei der Bereitstellung dieser Nutzenergie auftreten. Diese Bereitstellung erfolgt ausschließlich über die im Gebäude vorhandene gebäudetechnische Ausrüstung. Es werden Bereitstellungs-, Speicherungs- und Verteilverluste berücksichtigt, die bei der Deckung des Nutzenergiebedarfs auftreten. Die erforderliche Endenergie ist somit jene Energiemenge, die dem Gebäude zugeführt werden muss, um den Heizwärme- und Kühlbedarf decken zu können. Dabei stellt die Grundgrenze die symbolische Bilanzierungsgrenze dar.

### **Endenergiebedarf (EEB oder QEE):**

Der Endenergiebedarf (EEB) stellt die Energiemenge dar, die dem Heizsystem und allen anderen energietechnischen Systemen zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf, den Kühlbedarf sowie die erforderlichen Komfortanforderungen an Belüftung und Beleuchtung decken zu können (vgl. ÖNORM H 5057:2007).

### **Heizenergiebedarf (HEB):**

Der Heizenergiebedarf ist der Endenergiebedarf des heiztechnischen Systems. Der HEB stellt die Wärmemenge dar, die, „... den Räumen des Gebäudes und dem Wasser zur Warmwasserbereitung zugeführt werden muss, um den Heizbedarf und den Warmwasser-Wärmebedarf decken zu können.“ (ÖNORM H 5056, 2007) Darin enthalten sind auch die Wärmegewinne aus Umweltwärme, die durch eine thermische Solaranlage oder eine Wärmepumpe gewonnen werden können (siehe (ÖNORM H 5056:2007)).

**Heizwärmebedarf (HWB):**

„Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegeben Solltemperatur einzuhalten“ (ÖNORM B 8110-1:2007).

Der Heizwärmebedarf ist die „rechnerisch ermittelte Wärmemenge (Nutzenergie), die zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Innentemperatur benötigt wird“ (im Heizfall) (ÖNORM B 8110-6:2007).

**Heizwärmebedarf für Nicht-Wohngebäude unter Wohngebäudebedingungen (HWB\*):**

„Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegeben Solltemperatur einzuhalten, wobei für die Luftwechselrate, die inneren Wärmelasten (ohne Berücksichtigung der Beleuchtung) die Bestimmungen für Wohngebäude herangezogen werden“ (ÖNORM B 8110-1:2007).

Um eine Vergleichbarkeit verschiedener Gebäudetypen mit unterschiedlichen Nutzungsprofilen herstellen zu können, wird im Energieausweis für jedes Gebäude der Heizwärmebedarf mit Nutzungsprofil Wohngebäude ausgewiesen. Dieser ist Grundlage für die Einordnung in die Effizienzklassen. Dazu wird jene Wärmemenge berechnet, die den →konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Raumsolltemperatur aufrechterhalten zu können, wobei für die Luftwechselraten und die inneren Wärmelasten (Beleuchtung nicht berücksichtigt) die Bestimmungen für Wohngebäude herangezogen werden (vgl. (ÖNORM B 8110-1:2007).

**Heizwärmebedarf, spezifisch (HWBBGF):**

Der spezifische Heizwärmebedarf dient zum Vergleich der Energiebedarfswerte verschiedener Gebäude durch Bezug des absoluten →Heizwärmebedarfs HWB auf die →konditionierte Brutto-Grundfläche BGF.

**Hilfsenergie**

„Energie, die nicht zur unmittelbaren Deckung des →Heizwärmebedarfs bzw. der Warmwasserbereitung eingesetzt wird. Als Hilfsenergieträger wird in der Regel elektrischer Strom eingesetzt.“ (ÖNORM H 5056:2007)

**Konditionierte Brutto-Grundfläche BGF:**

„Fläche, die vom konditionierten Brutto-Volumen umschlossen wird“ (ÖNORM B 8110-6, 2007).

**Konditioniertes Brutto-Volumen (V):**

„Summe der Brutto-Rauminhalte aller konditionierten Räume eines Gebäudes/Gebäudeteiles, über das eine Wärmebilanz mit einer bestimmten Raumtemperatur erstellt wird“ (ÖNORM B 8110-6:2007)

**Konditionierte Zone (beheizte Zone/Räume und gekühlte Zone/Räume):**

„Räume, die auf Grund bestimmungsgemäßer Nutzung unmittelbar oder über einen Raumverbund mittelbar konditioniert werden“ (ÖNORM B 8110-6, 2007).

**Lüftungsvolumen, energetisch wirksames (VV):**

Das energetisch wirksame Lüftungsvolumen ist jenes Luftvolumen im Gebäude, das im Zuge der Gebäudelüftung erneuert werden muss. Es errechnet sich durch die Multiplikation der Nettogrundfläche (NGF, bzw. 80% der Bruttogrundfläche BGF) mit einer festgelegten Höhe von 2,60 m. (siehe (Michlmair, 2008))

**Luftvolumenstrom:**

Der Luftvolumenstrom ist jene Menge an Luft, die einem Raum zugeführt werden muss, um die hygienischen Anforderungen der Benutzer einerseits und die Komfortanforderungen an die Rauminnentemperatur andererseits zu erfüllen.

**Luftwechselzahl:**

Die Luftwechselzahl gibt an, wie oft pro Stunde das energetisch wirksame Lüftungsvolumen erneuert werden muss, um die hygienischen Anforderungen der Benutzer einerseits und die Komfortanforderungen an die Rauminnentemperatur andererseits zu erfüllen. Sie ist der Quotient aus Lüftungsvolumen und Luftvolumenstrom.

**Monatsbilanzverfahren:**

Der Berechnungsalgorithmen des Energieausweises beruhen auf dem Monatsbilanzverfahren, das ein statisches Berechnungsverfahren mit dynamischen Elementen darstellt. Dabei wird der jährliche Heizwärmebedarf und Kühlbedarf als Summe aller Monatswerte des Heizwärmebedarfs mit tatsächlichem, rechnerisch vorliegendem Heizwärmebedarf bzw. Summe aller Monatswerte des Kühlbedarfs mit tatsächlichem, rechnerisch vorliegendem Kühlbedarf berechnet.

**Nutzungsprofil:**

Ein Nutzungsprofil enthält „Randbedingungen in Abhängigkeit der Gebäudenutzung zur Berechnung des Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs sowie energetischer Kennwerte des Haustechnik- und Heizsystems“ (ÖNORM B 8110-5:2007). Für die Berechnung sind Standard-Nutzungsprofile in der ÖNORM B 8110-5 definiert

**Nutzenergie:**

Auf Ebene der Nutzenergie wird abgebildet, welcher Energieeinsatz raumseitig erforderlich ist, um die zu konditionierenden Räume auf die gewünschte Temperatur zu klimatisieren. Man bezeichnet die erforderliche Energie dabei im Heizfall (Wintermonate) als → Heizwärmebedarf und im Kühlfall (Sommermonate) als → Kühlbedarf. Von entscheidender Bedeutung sind dabei die entstehenden Verluste und Gewinne des Gebäudes, die in der → Wärmebilanz abgebildet werden. Der Energiebedarf auf Nutzenergie-Ebene wird hauptsächlich durch bauplanerische und bautechnische Parameter bestimmt.

**Primärenergie:**

Je nach eingesetztem Energieträger unterscheidet sich die erforderliche Primärenergie, die zur Deckung des Endenergiebedarfs eines Gebäudes erforderlich ist. Die benötigte Primärenergie umfasst auch jene energetischen Aufwendungen, die bei Gewinnung und Transport des Primärenergieträgers (Rohöl, Erdgas, Biomasse etc.) und anschließender Umwandlung in eine nutzbare Energieträgerform (Heizöl, Hackschnitzel, Pellets, elektrischer Strom) anfallen. Der Primärenergiefaktor von elektrischem Strom ist besonders hoch, weil es sich dabei um einen besonders hochwertigen Energieträger handelt.

**Primärenergiebedarf (PEB oder QPE):**

Der Primärenergiebedarf eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen → Endenergiebedarf an einem Energieträger jene Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Grundstück“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt werden. Der Bedarfswert beruht grundsätzlich auf einer rechnerischen Ermittlung.

**Technikenergiebedarf:**

Der Technikenergiebedarf umfasst die Verluste des heiz- und kühltechnischen Systems für Abgabe, Verteilung, Speicherung und Bereitstellung der jeweils erforderlichen Nutzenergie.

**Unkonditionierte Zone; unkonditionierte Räume:**

„Räume, die nicht Teil der konditionierten Zone sind“ (ÖNORM B 8110-6:2007). (Meist Dachböden, Keller, Garagen, Wintergärten, etc.)

**Wärmebilanz:**

Die Wärmebilanz ist eine spezielle Form der Energiebilanz. Unter einer Energiebilanz versteht man allgemein die Bilanzierung der Energieströme eines offenen oder geschlossenen Systems, wobei eine negative Energiebilanz für einen Energieverlust und eine positive Energiebilanz für einen Energiegewinn des Systems stehen.

Im Fall der Wärmebilanz eines Gebäudes stellen die bilanzierten Energieströme Wärmeströme dar, das betrachtete System ist das jeweilige Gebäude, für das die Wärmebilanz aufgestellt wird.

**Wärmegewinne:**

Wärmemenge, die innerhalb der konditionierten Zone entsteht oder in diese eintritt und von den Wärmequellen des Heizsystems unabhängig sind.

**Wärmeverluste:**

Wärmemenge, die von der konditionierten Zone an die äußere Umgebung durch Wärmeübertragung oder Lüftung abgegeben wird.

## Literaturverzeichnis

**DIN V 18599:2007** Energietechnische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärwärmebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. - Berlin : DIN Deutsches Institut für Normungen e. V., Februar 2007.

**EN 15316-2-1:2007 D** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 2-1: Wärmeübergabesysteme für die Raumheizung;. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, Juli 2007.

**EN 15316-2-3:2007 D** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 2-3: Wärmeverteilungssysteme für die Raumheizung. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, Juli 2007.

**EN 15316-4-1:2008 D** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 4-1: Wärmeerzeugung für die Raumheizung, Verbrennungssysteme (Heizungskessel). - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, Mai 2008.

**EN 15316-4-4:2007 D** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 4-4: Wärmeerzeugungssysteme, gebäudeintegrierte KWK-Anlagen. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, Juli 2007.

**Fischer Heinz-Martin [et al.]** Lehrbuch der Bauphysik;. - [s.l.] : Vieweg + Teubner Verlag | GMV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 2008, 2008. - 6., aktualisierte und erweiterte Auflage.

**Hohenwarter Ulrich und Streicher Wolfgang** Wärmetechnik I; [Skriptum]. - Graz : TU Graz, Institut für Wärmetechnik, 2006/2007.

**IPCC** Klimaänderung 2007: Synthesbericht. - Berlin : Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, WMO/UNEP, Septmeber 2008.

**Jungmeier G. [et al.]** GEMIS-Österreich - Emissionsfaktoren und energietechnische Parameter im Prozesskettenbereich Endenergie - Nutzenergie [Bericht] / Joanneum Reearch; Institut für Energieforschung. - Graz : [s.n.], 1997b. - Projekt Nr.: IEF.96.015-01; Bericht Nr.: IEF-B-04/97.

**Jungmeier G. [et al.]** GEMIS-Österreich - Energietechnische Kennzahlen im Prozesskettenbereich Nutzenergie - Energiedienstleistung [Bericht] / Joanneum Reearch; Institut für Energieforschung. - Graz : [s.n.], 1997a. - Projekt Nr.: IEE96.016-01; Bericht Nr. IEF-B-05/97.

**Kaltschmitt Martin, Streicher Wolfgang und Wiese Andreas** Erneuerbare Energien;. - [s.l.] : Springer; Berlin - Heidelberg - New York, 2006. - 4., aktualisierte, korrigierte und ergänzte Auflage.

**Lettner Friedrich** Biomassetechnologien für eine nachhaltige Energieversorgung [Skriptum]. - [s.l.] : Institut für Wärmetechnik an der TU Graz, 2007.

**OIB** Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. - (Wien) : OIB Österreichisches Institut für Bautechnik, April 2007a. - OIB-300.6-039/07.

**OIB** Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz. - (Wien) : OIB Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007b. - OIB-300.6-038/07.

**ÖNORM B 8110-1:2007** Wärmeschutz im Hochbau Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühflbedarf. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. August 2007.

**ÖNORM B 8110-5:2007** Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Januar 2007.

**ÖNORM B 8110-5:2009 Beiblatt** Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Beiblatt1: Normaußentemperaturen - Entwurf/ Vorschau. - Wien : [s.n.], 01. Januar 2009.

**ÖNORM B 8110-6:2007** Wärmeschutz im Hochbau Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. - Wien : [s.n.], 01. August 2007.

**ÖNORM EN 12831:2003** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Dezember 2003.

**ÖNORM EN 15316-3-1:2008** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 3-1: Tinkwassererwärmung, Charakterisierung des Bedarfs (Zapfprogramm). - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Januar 2008.

**ÖNORM EN 15316-3-2:2008** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 3-2: Tinkwassererwärmung, Verteilung. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Februar 2008.

**ÖNORM EN 15316-3-3:2008** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 3-3: Tinkwassererwärmung, Erzeugung. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Januar 2008.

**ÖNORM EN 15316-4-2:2009** Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrad der Anlagen - Teil 4-2: Wärmeerzeugung für die Raumheizung, Wärmepumpensysteme. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Januar 2009.

**ÖNORM EN ISO 13790:2008** Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Oktober 2008.

**ÖNORM H 5056:2007 VORNORM** Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Heiztechnik-Energiebedarf. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. August 2007.

**ÖNORM H 5057:2007 VORNORM** Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Raumlufttechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. August 2007.

**ÖNORM H 5058:2007 VORNORM** Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Kühltechnik-Energiebedarf. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. August 2007.

**ÖNORM H 5059:2007 VORNORM** Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Beleuchtungsenergiebedarf. - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. August 2007.

**ÖNORM H 7500:2006** Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast (Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831). - Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 01. Januar 2006. - nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831.

**ÖWAV-Regelblatt 207** Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds - Heizen und Kühlen / Hrsg. Normungsinstitut In Kommission bei: ON Österreichisches. - Wien : Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Mai 2009. - In Kommission bei: ON Österreichisches Normungsinstitut.

**Panos Konstantin** Praxisbuch Energiewirtschaft. - Berlin - Heidelberg - New York : Springer, 2007. - 2. bearbeitete und aktualisierte Auflage.

**Pöhn Christian [et al.]** Baukonstruktionen Band 1/1;. - [s.l.] : Springer; Wien New York, 2007. - 1. Auflage.

**Pöhn Christian** EA-behNWGe-11-07-2008-V08e\_excel.xls, Datenfile zur Ermittlung der Normaußentemperatur. Online im Internet - URL: [http://www.oib.or.at/EA-behNWGe-11-07-2008-V08e\\_excel.xls](http://www.oib.or.at/EA-behNWGe-11-07-2008-V08e_excel.xls) [Stand 2010-30-01]. - 2008a.

**Pöhn Christian** NAT.xls, Datenfile zur Ermittlung der Normaußentemperatur. Online im Internet - URL: <http://www.oib.or.at/NAT.xls> [Stand 2010-02-02]. - 2008b.

**prEN 15316-1:2007 final draft** Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 1: General;. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN NORMALISATION, März 2007.

**prEN 15316-4-3:2007 final draft** Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN NORMALISATION, März 2007.

**prEN 15316-4-5:20087 final draft** Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-5:Space heating generation systems, the performance and quality of district heating and large volume systems;. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN NORMALISATION, März 2007.

**prEN 15316-4-6:2007 final draft** Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-6: Heat generation systems, photovoltaic systems;. - Brüssel : CEN COMITÉ EUROPÉEN NORMALISATION, März 2007.

**prEN 15316-4-7:2006 Approval** Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-7 Space heating generation systems, biomass combustion systems;. - [s.l.] : CEN COMITÉ EUROPÉEN NORMALISATION, August 2006.

**Remund Jan** Bodendaten im Vergleich zu generierten Zeitdaten. Präsentation METEOTEST im Rahmen der 13. Passivhauskonferenz Frankfurt 17.-18. April 2009. Online im Internet - URL: [http://www.meteororm.com/media/pdf/mn\\_try\\_vergl\\_passiv.pdf](http://www.meteororm.com/media/pdf/mn_try_vergl_passiv.pdf) [[Stand 2010-03-02]]. - Frankfurt : [s.n.], 2009.

**Remund Jan und Dällenbach Fredi** METEONORM Java-Plug-in für Polysun - Beschreibung des Programmyufbas und der Berechnungsalgorithmen. Online im Internet - URL: <http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=de&publication=8945> [Stand: 26.01.2010]. - 2004.

**Reuter Schmidt** Leitfaden für Energiebedarfsausweise im Nichtwohnungsbau. - Berlin : [s.n.], 2007.

**Rieberer René und Halozan Hermann** Heizungs-, Lüftungs- Klimatechnik; [Skriptum]. - [s.l.] : Institut für Wärmetechnik der TU Graz, 2005.

**Schriebl Ernst** Modellierung der Entwicklung von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im österreichischen Wohngebäudebestand unter der Annahme verschiedener Optimierungsziele. unveröffentlichte Dissertation. unveröffentlichte Dissertat. - Technischen Universität Wien Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik : Wien, 2007.

**SIA Merkblatt 2024:2006**, Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik. - Zürich : schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2006.

**Streicher Wolfgang** Sonnenenergienutzung [Skriptum]. - [s.l.] : Institut für Wärmetechnik der TU Graz, 2007.

**VDI 4640 Blatt 1** Thermische Nutzung des Untergrundes - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. - Düsseldorf : VDI Verein Deutscher Ingenieure, Dezember 2000.

**VDI 4640 Blatt 2** Thermische Nutzung des Untergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. - Düsseldorf : VDI Verein Deutscher Ingenieure, September 2001.

**VDI 4640 Blatt 3** Thermische Nutzung des Untergrundes - Unterirdische Thermische Energiespeicher. - Düsseldorf : VDI Verein Deutscher Ingenieure, Juni 2001.

**VDI 4640 Blatt 4** Thermische Nutzung des Untergrundes - Direkte Nutzungen. - Düsseldorf : VDI Verein Deutscher Ingenieure, September 2004.

**Vela Solaris** Benutzerdokumentation - polysun - simulation software [Bericht]. - 2009a.

**Vela Solaris** Hilfe - polysun - simulation software [Bericht]. - 2009b.

**Wegener Zentrum** WegenerNet Daten-Faktenblatt. Online im Internet - URL: [http://www.uni-graz.at/igam7www\\_wegenernet\\_datenfaktenblatt\\_v5-06apr09.pdf](http://www.uni-graz.at/igam7www_wegenernet_datenfaktenblatt_v5-06apr09.pdf) [Stand 2010-03-02]. - Graz : Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel Karl-Franzens-Universität Graz, 2009.

**Wegener Zentrum** WegenerNet Informationsblatt. Online im Internet - URL: [http://uni-graz.at/igam7www\\_wegenernet-allginfoblatt-v6-2.pdf](http://uni-graz.at/igam7www_wegenernet-allginfoblatt-v6-2.pdf) [Stand 2010-03-02]. - Graz : Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel Karl-Franzens-Universität Graz, 2007.

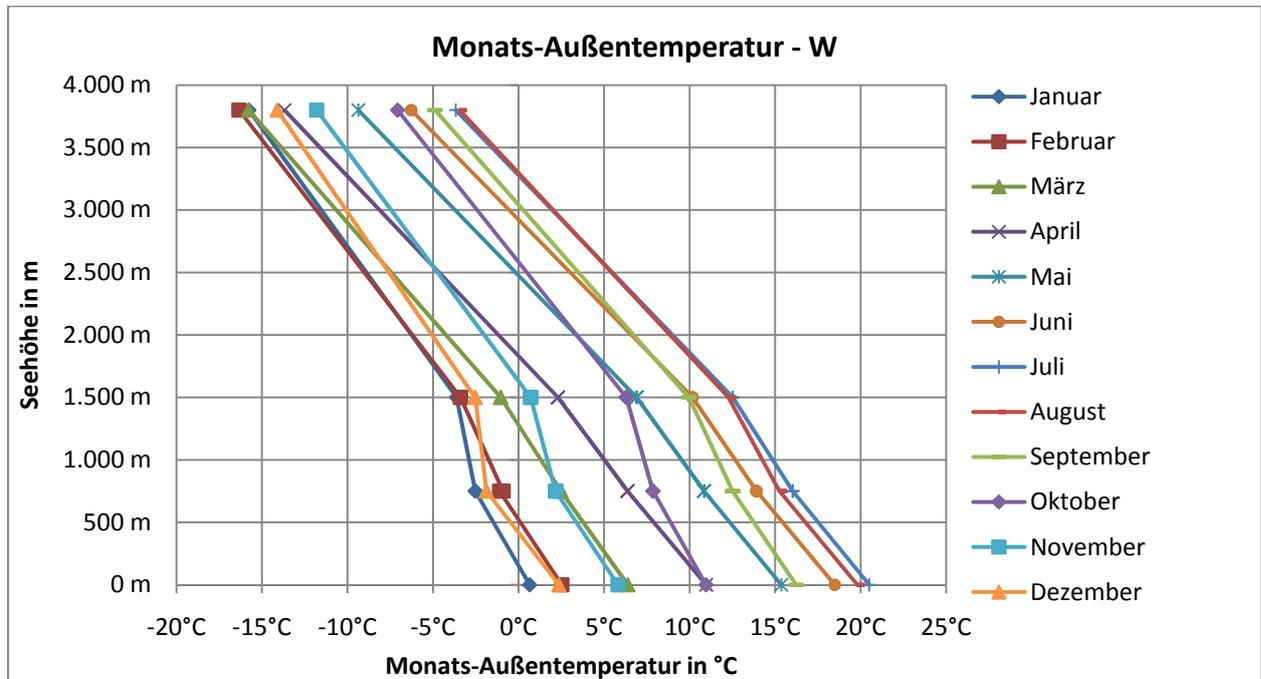
**Weigand Bernhard, Köhler Jürgen und Jens von Wolfersdorf** Thermodynamik kompakt [Kapitel 7 Technische Anwendungen]. - Berlin - Heidelberg : Springer, 2008.

**Zeisig Peter und Isamberth Renate** Ortsverzeichnis Steiermark 2001 / Hrsg. STATISTIK AUSTRIA Bundesanstalt Statistik Österreich. - [s.l.] : Verlag Österreich GmbH, 2005. - ISBN 3-902452-45-5.

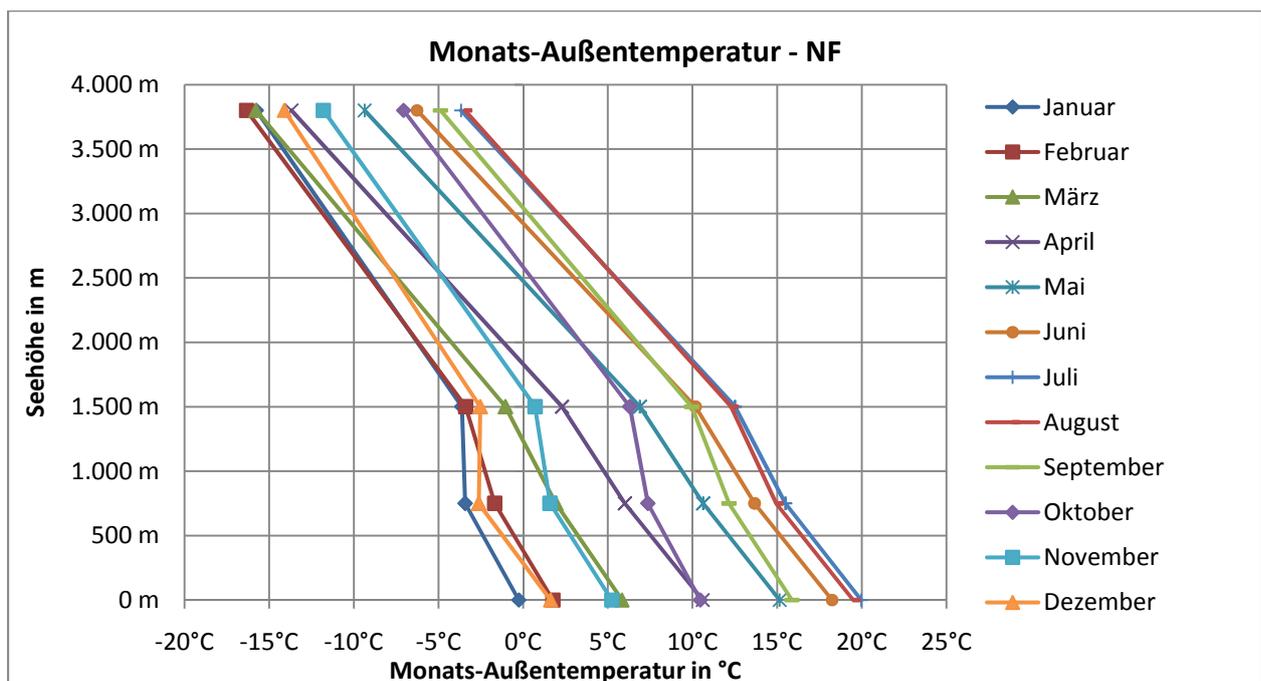
## Anhang

### Anhang A

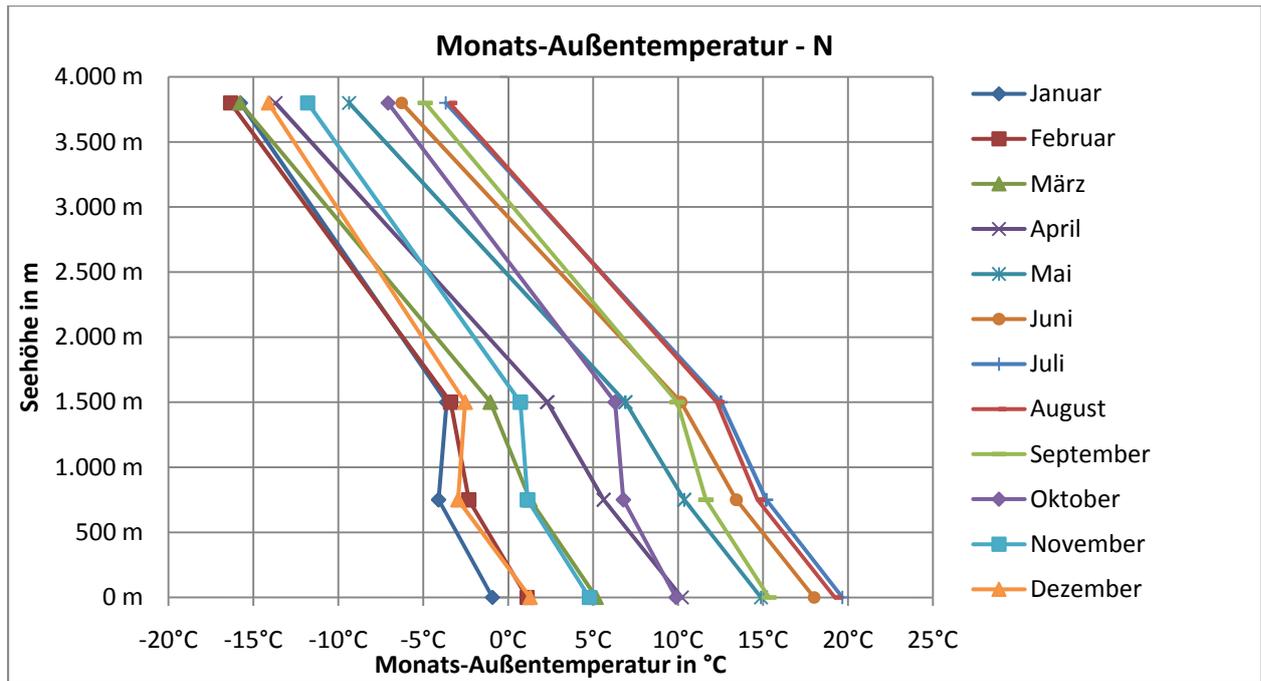
Darstellung der Verläufe der mittleren Monatsaußentemperaturen als Funktion der Seehöhe für die sieben Klimazonen der ÖNORM B 8110-5:2007



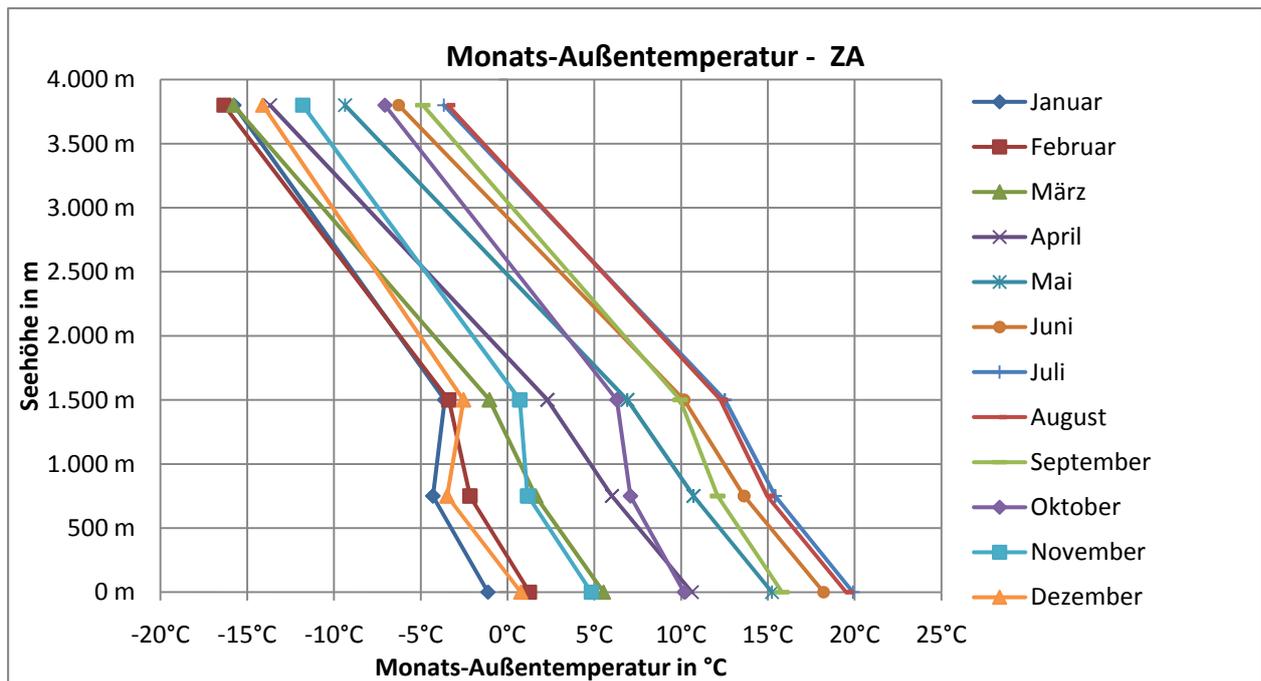
**Abbildung 48:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion West (eigene Berechnungen und Darstellung)



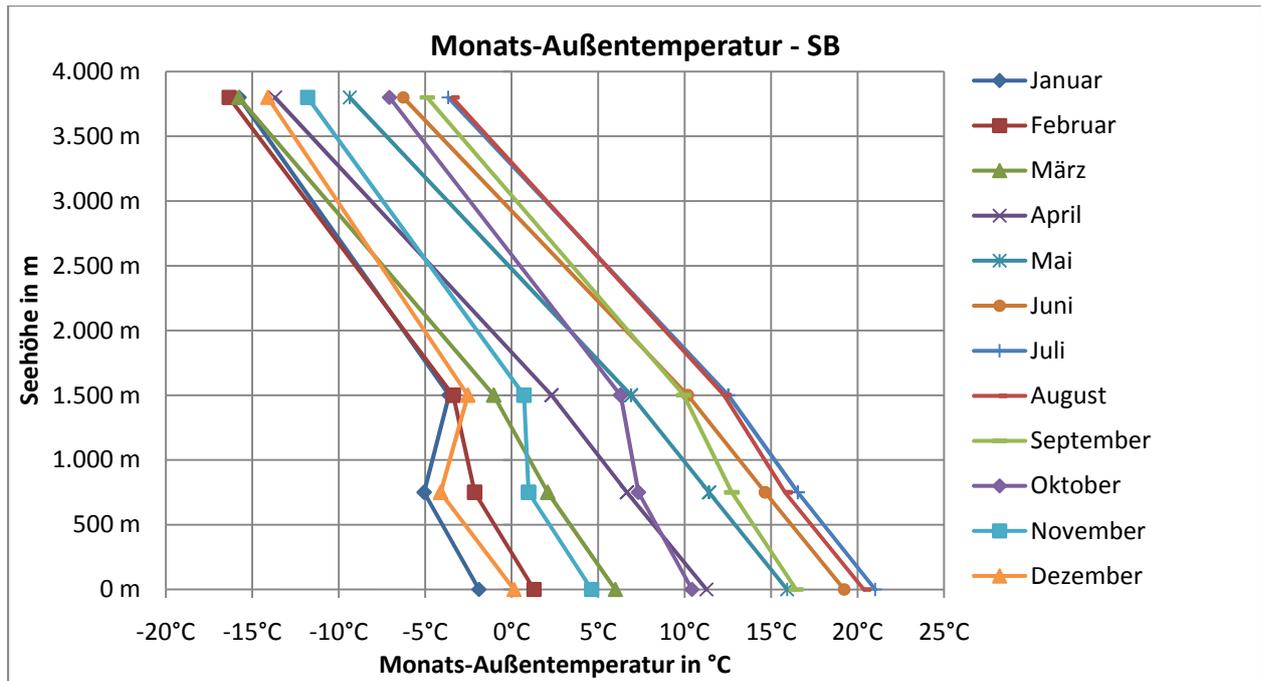
**Abbildung 49:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung)



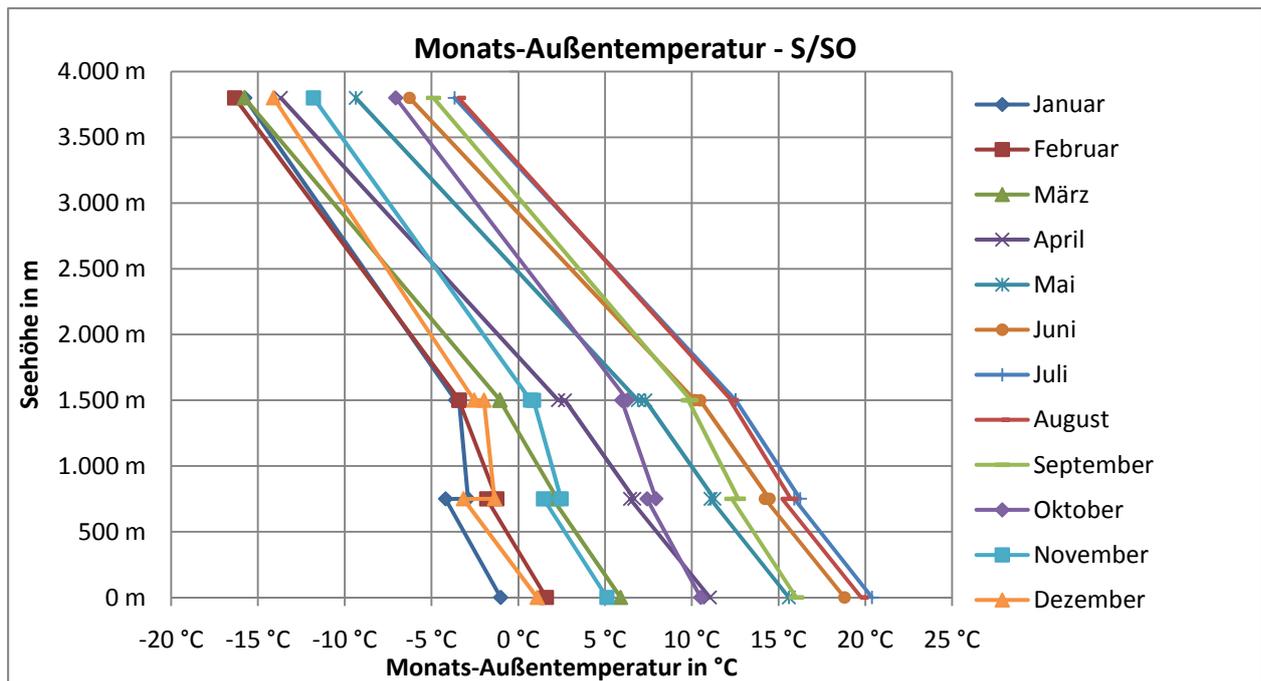
**Abbildung 50:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung)



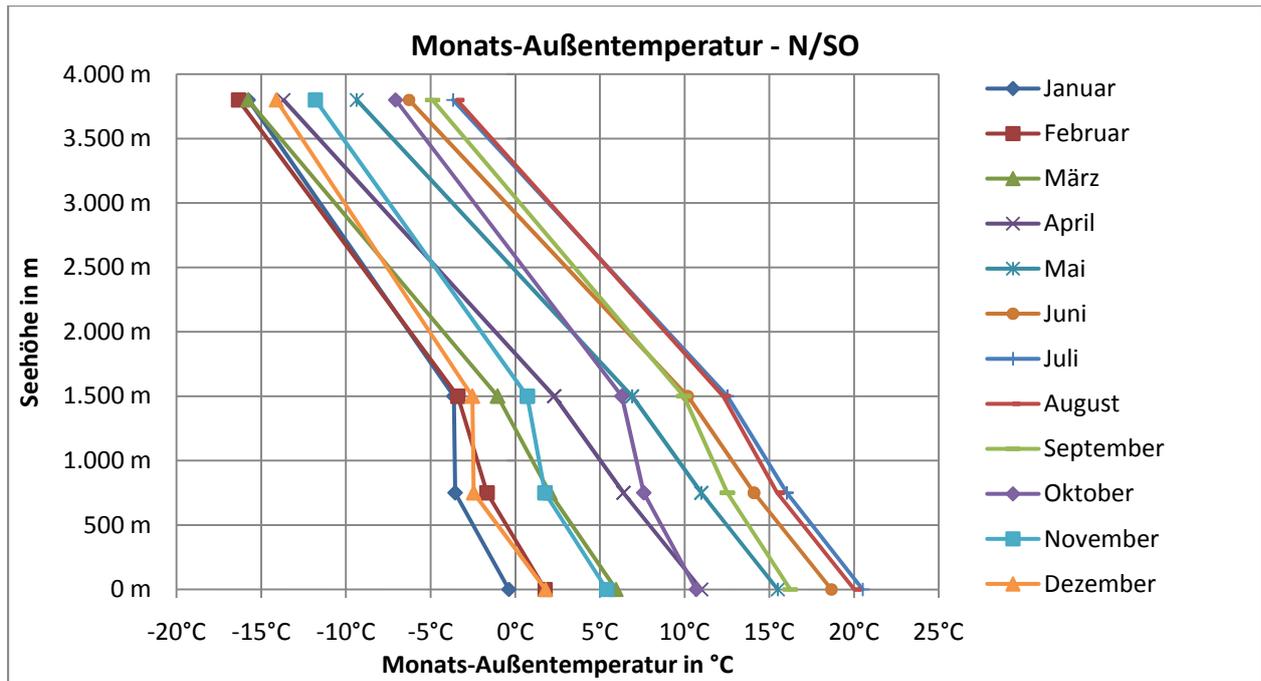
**Abbildung 51:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion alpine Zentrallage (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 52:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Beckenlandschaft im Süden (eigene Berechnungen und Darstellung)



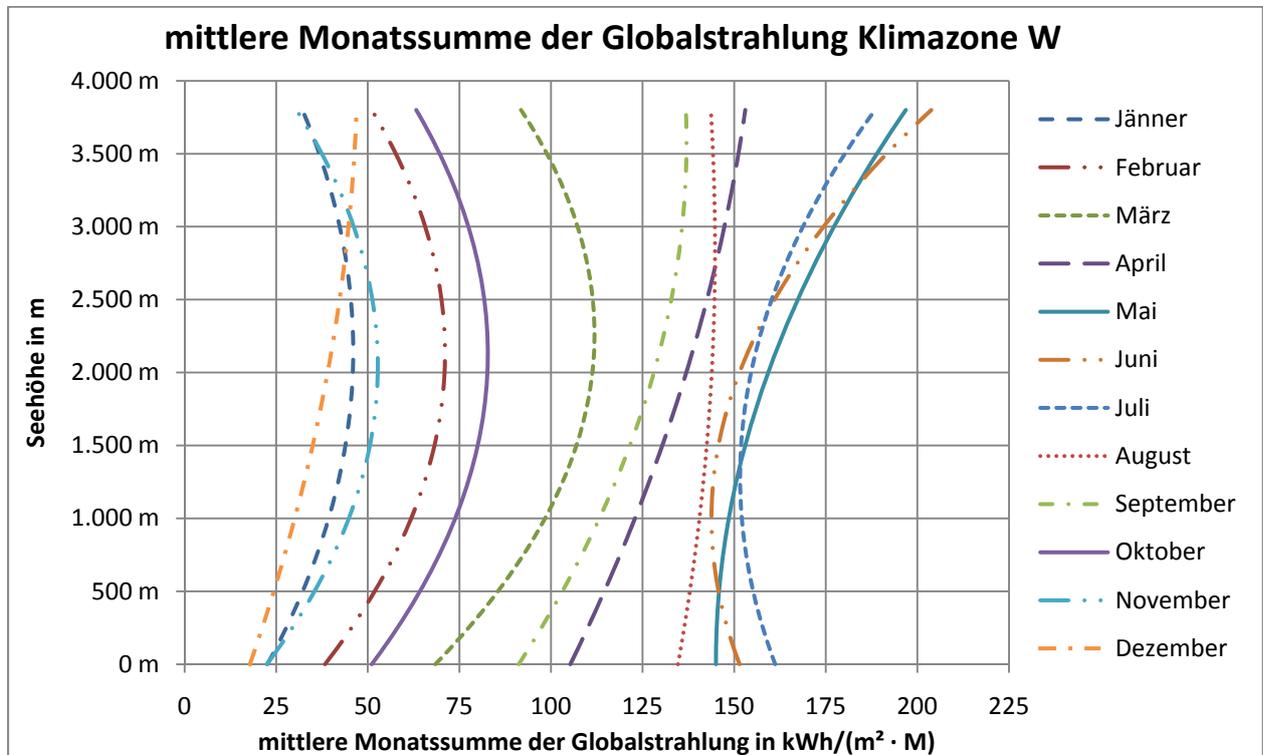
**Abbildung 53:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung)



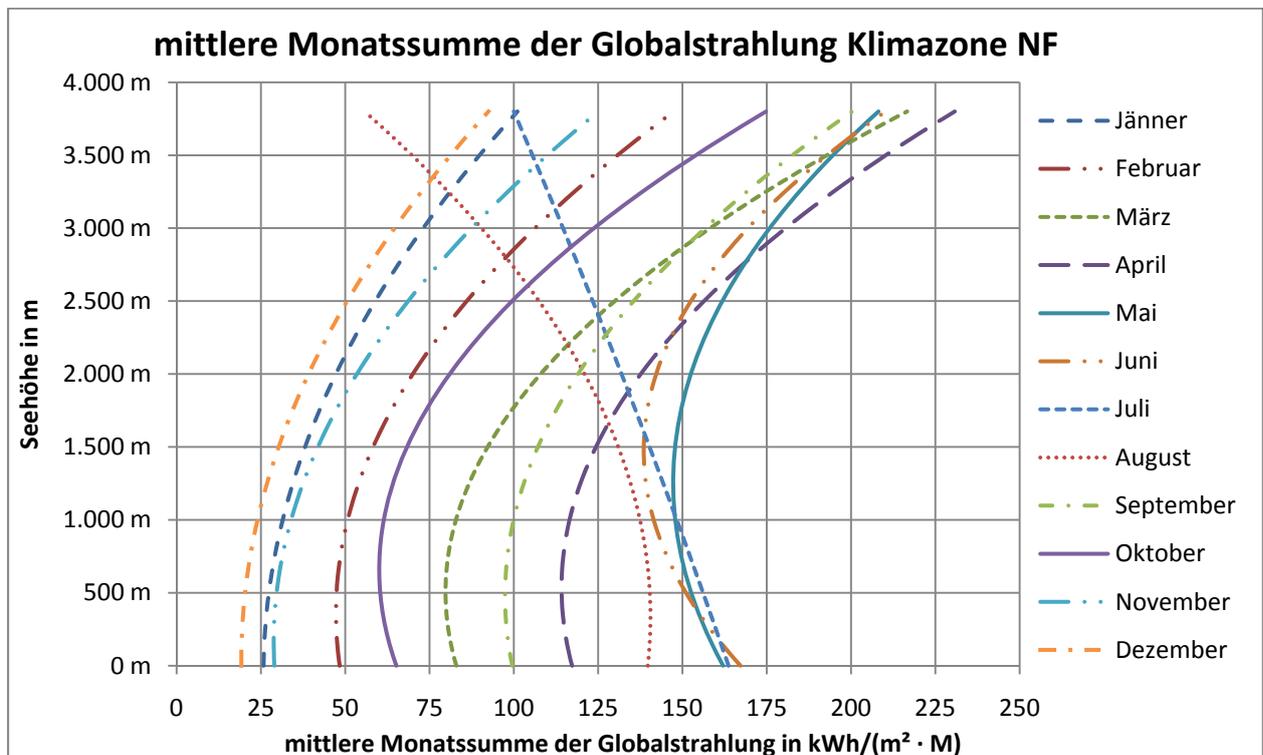
**Abbildung 54:** Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung)

### Anhang B

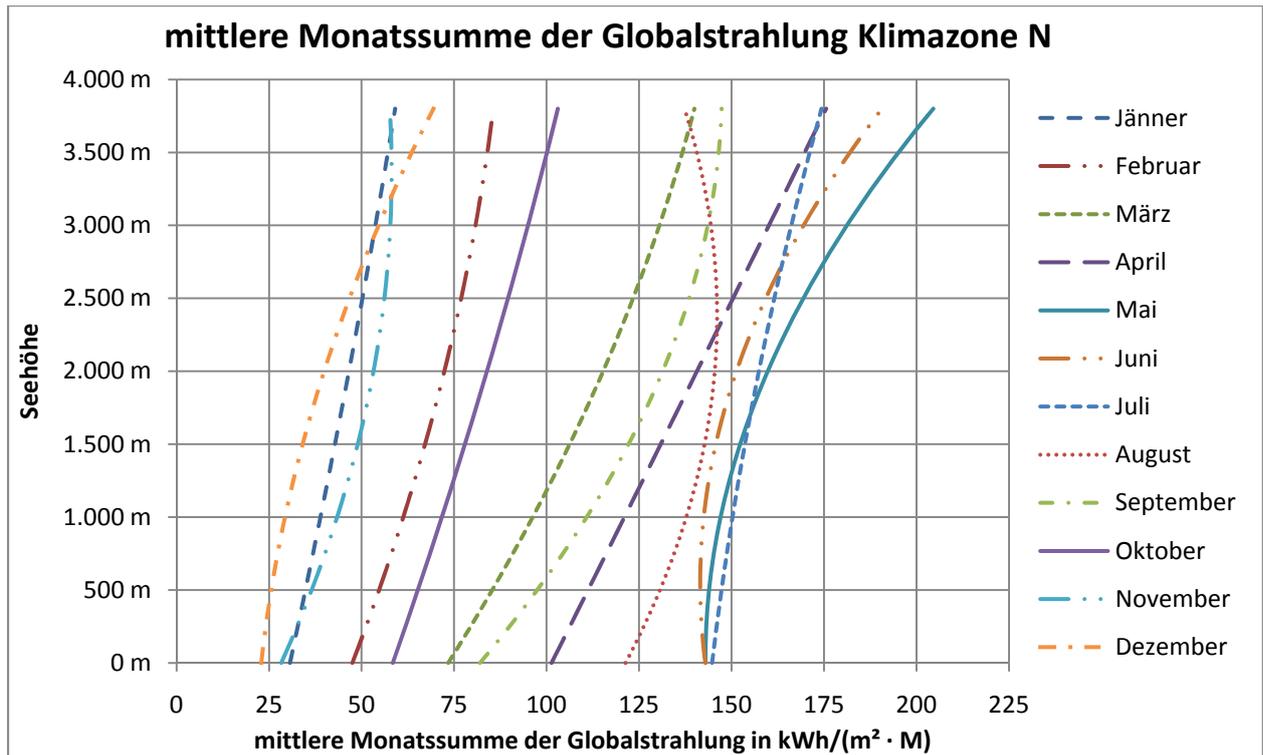
Darstellung der Verläufe der mittleren Monatssummen der Globalstrahlung als Funktion der Seehöhe für die sieben Klimazonen der ÖNORM B 8110-5:2007



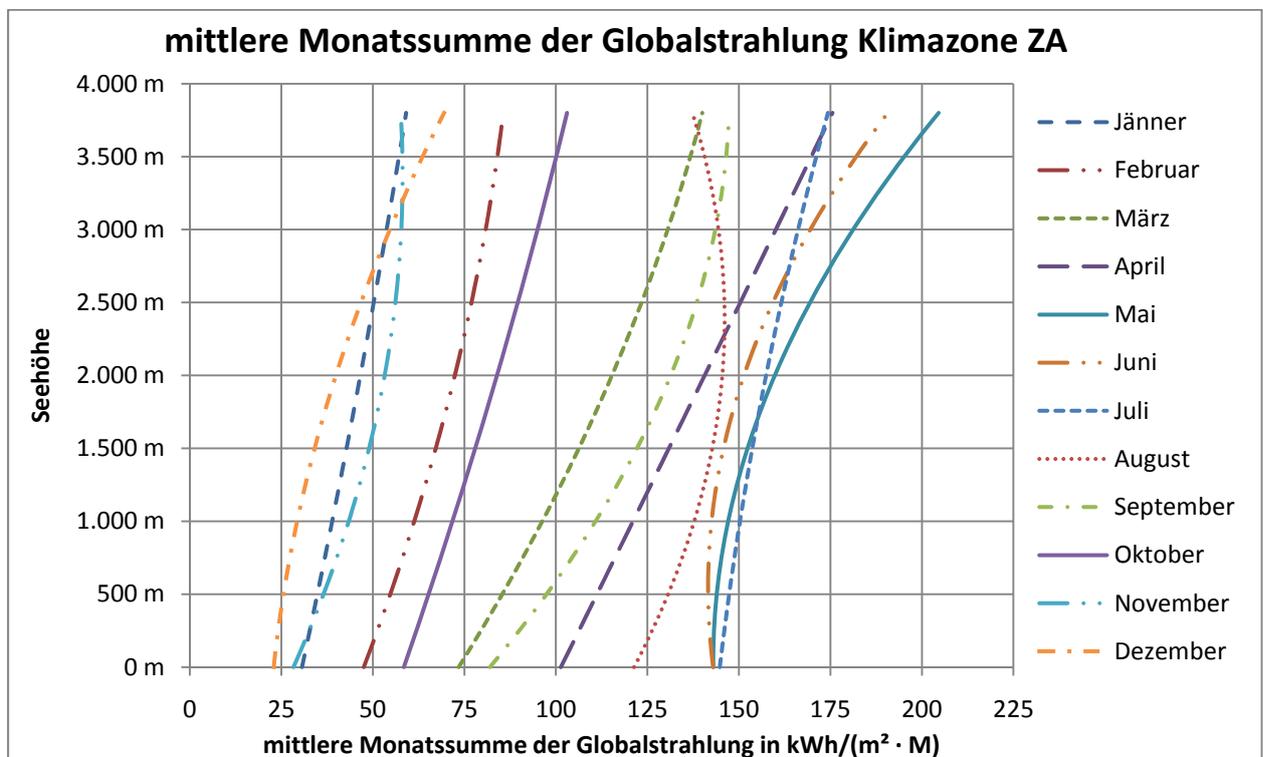
**Abbildung 55:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion West (eigene Berechnungen und Darstellung)



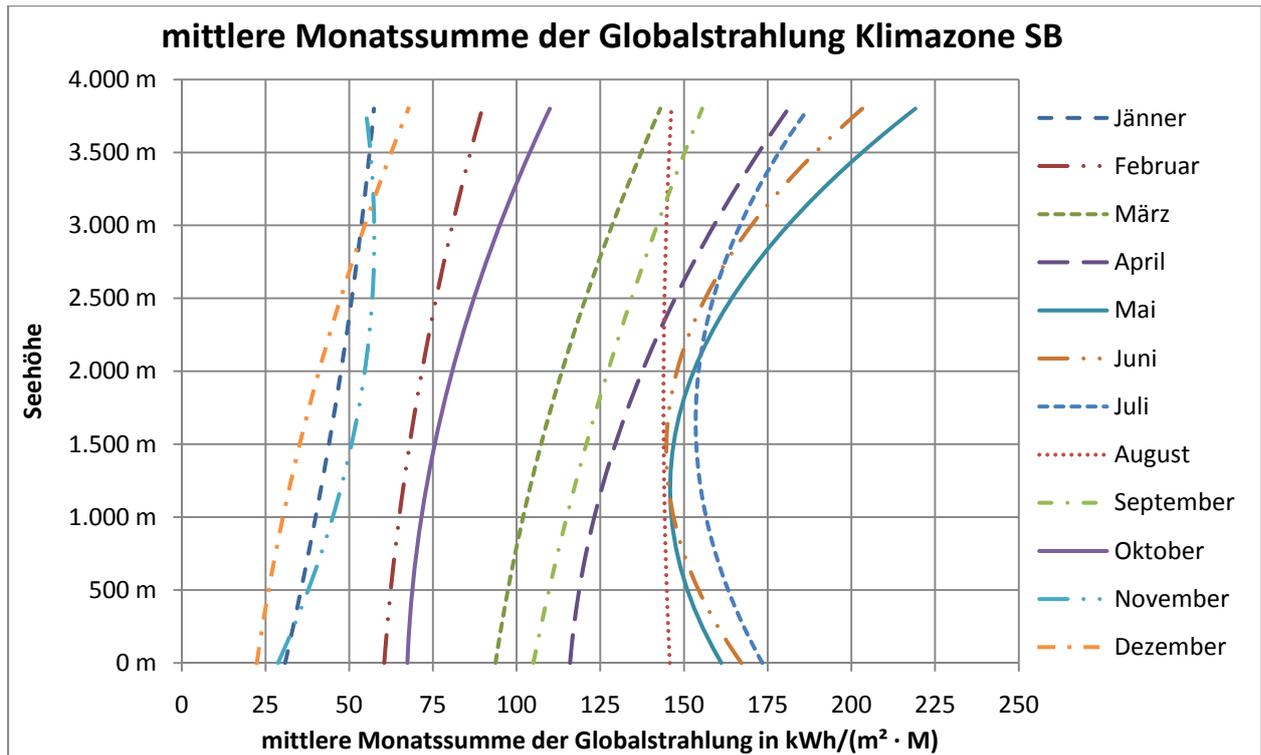
**Abbildung 56:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung)



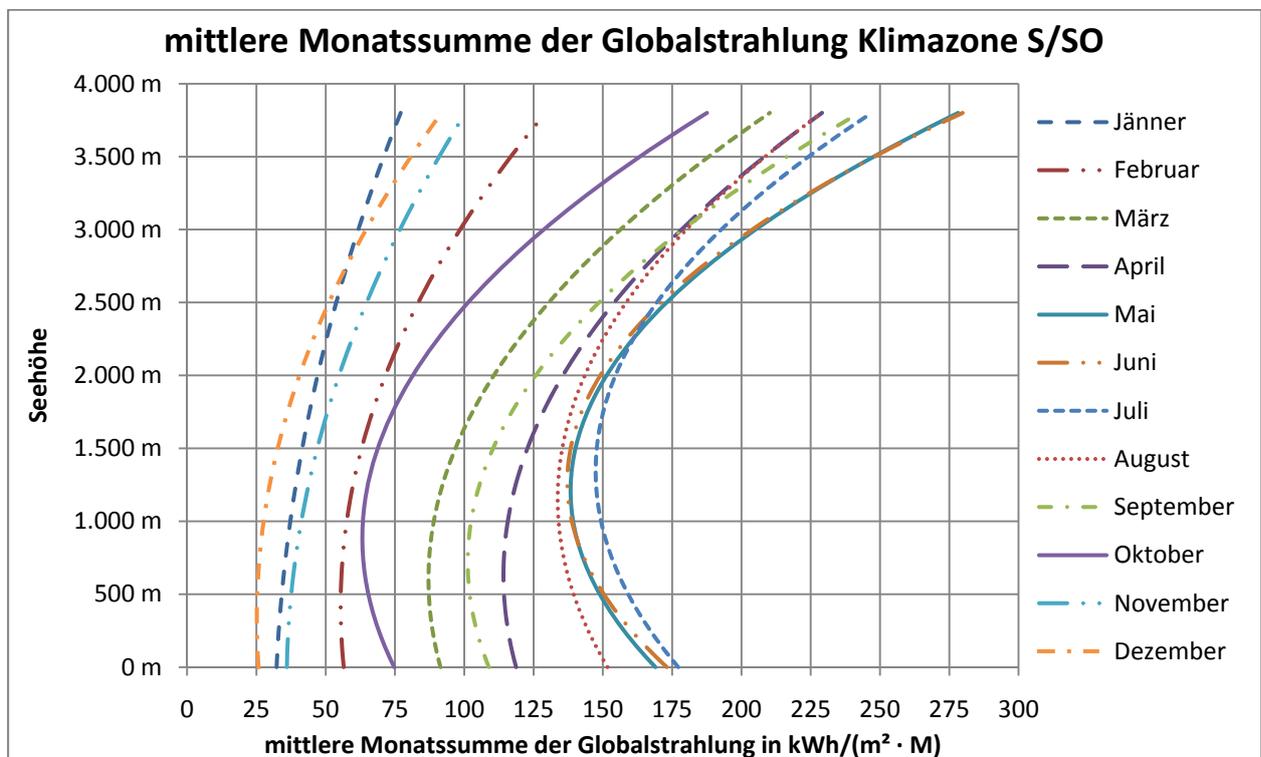
**Abbildung 57:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – außerhalb von Föhngebieten (eigene Berechnungen und Darstellung)



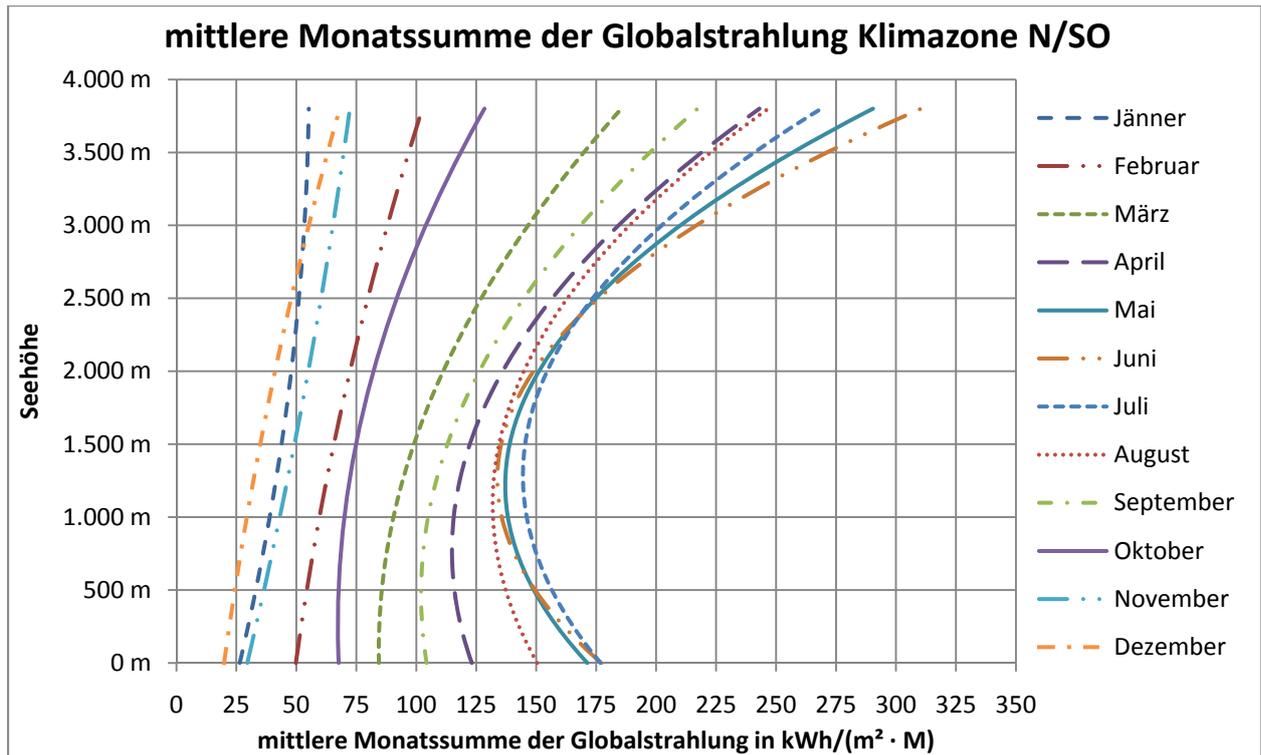
**Abbildung 58:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion alpine Zentrallage (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 59:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 60:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Südost – südlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung)



**Abbildung 61:** Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Südost – nördlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung)

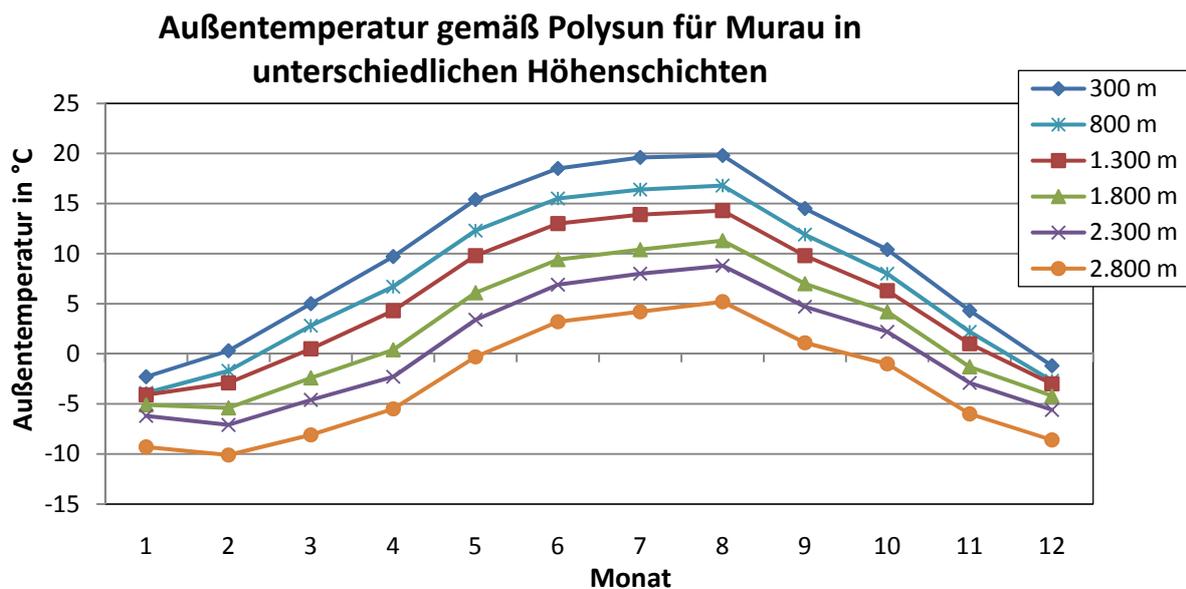
### Anhang C

Ergebnisse des Vergleichs der mittleren Monatsaußentemperatur und der mittleren monatlichen Globalstrahlung zwischen Polysun/METEONORM und ÖNORM B 8110-52007

#### Mittlere monatliche Außentemperatur

**Tabelle 61:** mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Murau gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

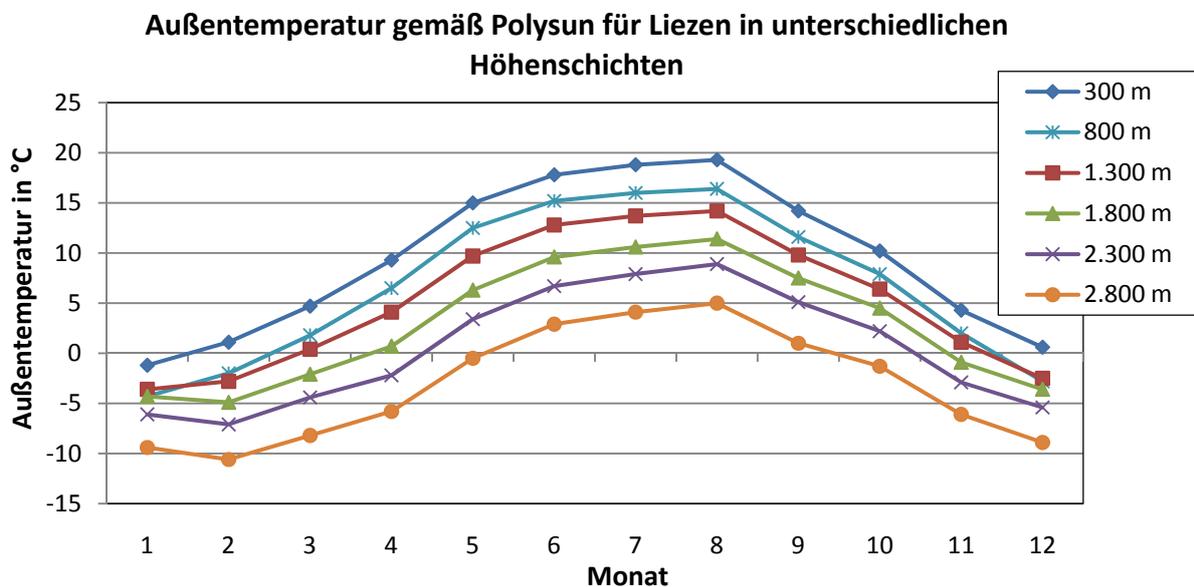
Höhenstufen	Jahr	Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
300 m	9,5	-2,3	0,3	5,0	9,7	15,4	18,5	19,6	19,8	14,5	10,4	4,3	-1,2
400 m	9,1	-2,8	-0,2	4,8	9,2	15,0	18,1	19,2	19,3	14,1	10,0	3,8	-1,6
500 m	8,7	-3,0	-0,5	4,4	8,8	14,5	17,6	18,6	18,8	13,7	9,6	3,6	-1,9
600 m	7,7	-3,8	-1,1	3,3	7,5	13,3	16,3	17,2	17,4	12,5	8,7	2,9	-2,4
700 m	7,4	-3,9	-1,4	3,1	7,1	12,9	16,0	16,9	17,1	12,3	8,4	2,6	-2,7
800 m	7,1	-3,9	-1,7	2,8	6,7	12,3	15,5	16,4	16,8	11,9	8,0	2,2	-2,7
900 m	6,9	-4,0	-1,8	2,6	6,6	12,2	15,4	16,3	16,7	11,8	7,8	2,1	-2,8
1.000 m	6,2	-4,2	-2,5	1,8	5,6	11,1	14,4	15,3	15,7	11,0	7,2	1,6	-3,2
1.100 m	5,5	-4,2	-3,0	1,0	4,6	10,1	13,3	14,3	14,8	10,3	6,6	1,2	-3,5
1.200 m	5,4	-4,3	-2,9	0,7	4,5	10,0	13,3	14,2	14,5	10,0	6,4	1,1	-3,3
1.300 m	5,3	-4,1	-2,9	0,5	4,3	9,8	13,0	13,9	14,3	9,8	6,3	1,0	-3,0
1.800 m	2,6	-5,1	-5,4	-2,4	0,4	6,1	9,4	10,4	11,3	7,0	4,2	-1,3	-4,2
2.300 m	0,5	-6,2	-7,1	-4,6	-2,3	3,4	6,9	8,0	8,8	4,7	2,2	-2,9	-5,6
2.800 m	-2,9	-9,3	-10,1	-8,1	-5,5	-0,3	3,2	4,2	5,2	1,1	-1,0	-6,0	-8,6



**Abbildung 62:** Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhenschichten gemäß Polysun am Standort Murau (eigene Darstellung)

**Tabelle 62:** mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Liezen gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

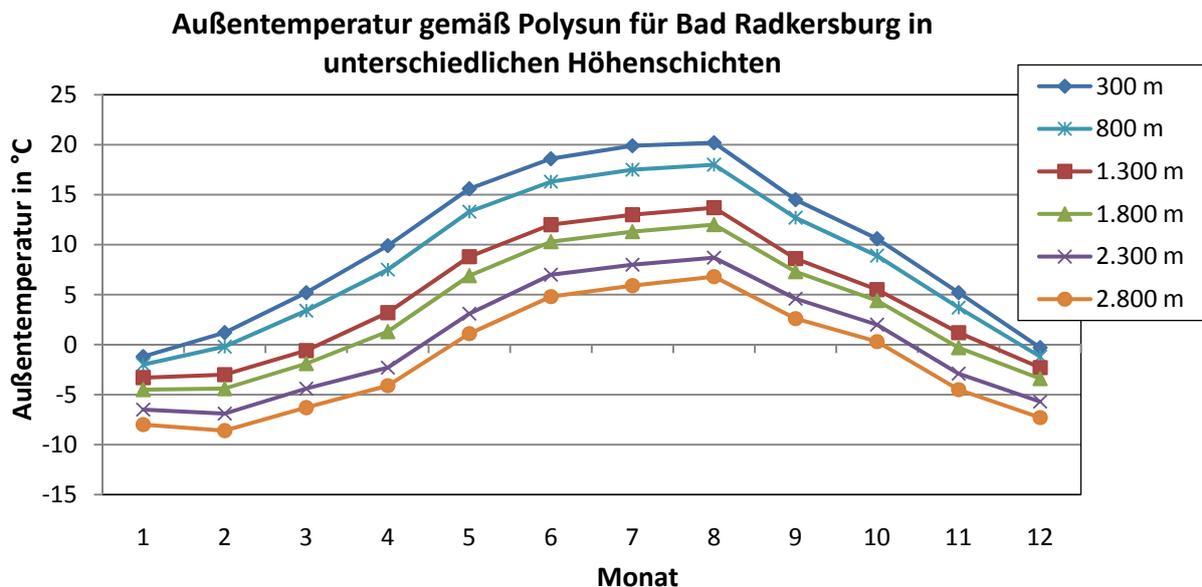
Höhenstufen	Jahr	Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
300 m	9,6	-1,2	1,1	4,7	9,3	15,0	17,8	18,8	19,3	14,2	10,2	4,3	0,6
400 m	9,2	-1,5	0,8	4,2	8,8	14,5	17,3	18,3	18,9	13,9	10,0	4,2	0,4
500 m	8,2	-3,0	-0,5	3,3	7,9	13,7	16,5	17,3	17,7	13,0	9,4	3,5	-0,9
600 m	7,7	-3,8	-0,9	3,0	7,5	13,4	16,1	16,9	17,2	12,4	8,9	3,0	-1,7
700 m	7,4	-4,0	-1,1	2,8	7,3	13,1	15,9	16,7	16,9	12,1	8,5	2,7	-2,2
800 m	6,8	-4,3	-2,0	1,8	6,5	12,5	15,2	16,0	16,4	11,6	7,9	2,0	-2,8
900 m	6,7	-4,2	-2,0	1,7	6,5	12,3	15,2	15,9	16,2	11,6	7,7	1,8	-2,8
1.000 m	6,4	-4,1	-2,2	1,5	6,0	11,8	14,8	15,4	15,9	11,2	7,4	1,6	-2,8
1.100 m	5,6	-3,8	-2,6	0,8	4,6	10,2	13,4	14,2	14,7	10,2	6,6	1,3	-2,7
1.200 m	5,5	-3,5	-2,8	0,6	4,3	10,0	13,1	13,9	14,4	10,0	6,4	1,2	-2,5
1.300 m	5,3	-3,6	-2,8	0,4	4,1	9,7	12,8	13,7	14,2	9,8	6,4	1,1	-2,5
1.800 m	3,0	-4,3	-4,9	-2,1	0,7	6,3	9,6	10,6	11,4	7,5	4,5	-0,9	-3,6
2.300 m	0,5	-6,1	-7,1	-4,4	-2,2	3,4	6,7	7,9	8,9	5,1	2,2	-2,9	-5,4
2.800 m	-3,1	-9,4	-10,6	-8,2	-5,8	-0,5	2,9	4,1	5,0	1,0	-1,3	-6,1	-8,9



**Abbildung 63:** Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhengschichten gemäß Polysun am Standort Liezen (eigene Darstellung)

**Tabelle 63:** mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Bad Radkersburg gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

Höhenstufen	Jahr	Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
300 m	10,0	-1,2	1,2	5,2	9,9	15,6	18,6	19,9	20,2	14,5	10,6	5,2	-0,3
400 m	9,8	-1,4	1,1	5,0	9,8	15,4	18,4	19,7	19,9	14,4	10,5	4,9	-0,5
500 m	9,6	-1,4	1,1	4,8	9,4	15,1	18,0	19,2	19,5	14,2	10,2	4,7	-0,5
600 m	9,3	-1,5	0,9	4,6	9,1	14,8	17,7	18,8	19,2	14,0	9,9	4,5	-0,5
700 m	8,9	-2,1	0,4	4,3	8,7	14,4	17,4	18,5	18,8	13,6	9,6	4,1	-1,0
800 m	8,2	-2,0	-0,2	3,4	7,5	13,3	16,3	17,5	18,0	12,7	8,9	3,7	-1,2
900 m	7,5	-1,6	-0,7	2,3	6,4	12,2	15,3	16,5	17,2	11,7	8,3	3,3	-1,1
1.000 m	7,3	-1,7	-0,9	2,1	6,2	12,0	15,1	16,3	17,0	11,5	8,1	3,1	-1,2
1.100 m	7,1	-1,9	-1,0	1,6	5,9	11,7	14,7	15,9	16,5	11,3	8,0	3,0	-1,5
1.200 m	5,8	-2,9	-2,1	0,5	4,6	10,1	13,2	14,4	15,1	9,8	6,6	1,9	-1,8
1.300 m	4,8	-3,3	-3,0	-0,6	3,2	8,8	12,0	13,0	13,7	8,6	5,5	1,2	-2,3
1.800 m	3,3	-4,5	-4,4	-1,9	1,3	6,9	10,3	11,3	12,0	7,3	4,4	-0,3	-3,4
2.300 m	0,4	-6,5	-6,9	-4,4	-2,3	3,1	7,0	8,0	8,7	4,6	2,0	-2,9	-5,7
2.800 m	-1,4	-8,0	-8,6	-6,3	-4,1	1,1	4,8	5,9	6,8	2,6	0,3	-4,5	-7,3

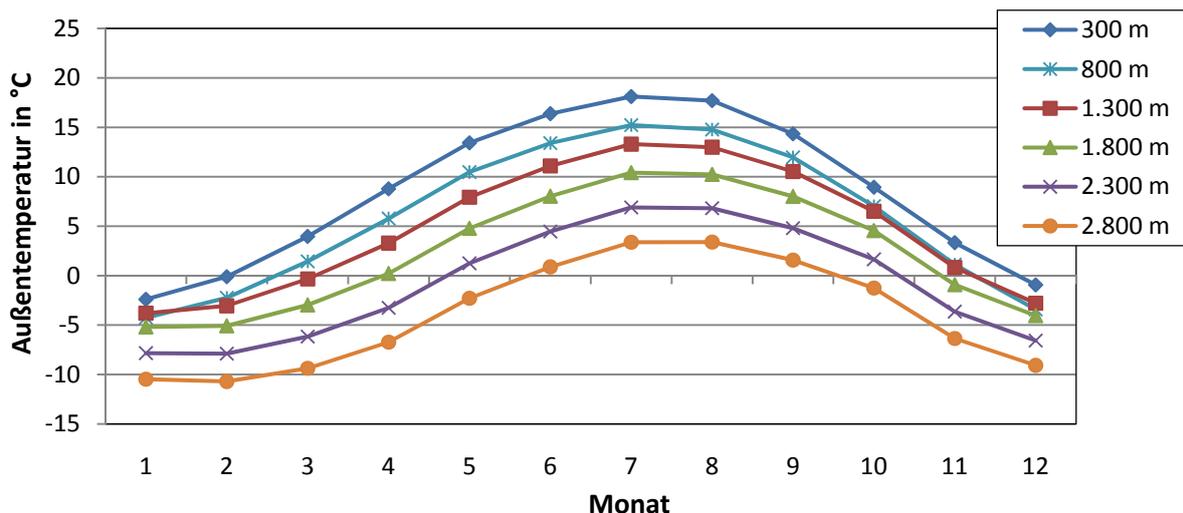


**Abbildung 64:** Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhenschichten gemäß Polysun am Standort Bad Radkersburg (eigene Darstellung)

**Tabelle 64:** mittlere Monatsaußentemperaturen der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen)

Höhenstufen	Jahr	Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
300 m	8,5	-2,4	-0,1	4,0	8,8	13,4	16,4	18,1	17,7	14,3	8,9	3,3	-0,9
400 m	7,9	-2,8	-0,6	3,4	8,2	12,8	15,8	17,5	17,1	13,8	8,5	2,8	-1,5
500 m	7,4	-3,2	-1,0	2,9	7,6	12,2	15,2	16,9	16,5	13,3	8,1	2,4	-2,1
600 m	6,9	-3,7	-1,5	2,4	6,9	11,6	14,6	16,3	15,9	12,9	7,7	1,9	-2,6
700 m	6,3	-4,1	-1,9	1,9	6,3	11,0	13,9	15,7	15,3	12,4	7,3	1,4	-3,2
800 m	5,9	-4,3	-2,2	1,4	5,8	10,5	13,4	15,2	14,8	12,0	7,0	1,1	-3,4
900 m	5,7	-4,2	-2,4	1,1	5,3	10,0	12,9	14,8	14,4	11,7	6,9	1,1	-3,3
1.000 m	5,4	-4,1	-2,6	0,7	4,8	9,5	12,5	14,5	14,1	11,4	6,8	1,0	-3,2
1.100 m	5,2	-4,0	-2,7	0,4	4,3	8,9	12,0	14,1	13,7	11,1	6,7	0,9	-3,0
1.200 m	5,0	-3,9	-2,9	0,0	3,8	8,4	11,6	13,7	13,3	10,8	6,6	0,9	-2,9
1.300 m	4,7	-3,8	-3,1	-0,3	3,3	7,9	11,1	13,3	13,0	10,5	6,5	0,8	-2,8
1.800 m	2,3	-5,2	-5,1	-3,0	0,2	4,8	8,0	10,4	10,2	8,0	4,6	-0,9	-4,0
2.300 m	-0,8	-7,8	-7,9	-6,2	-3,3	1,2	4,5	6,9	6,8	4,8	1,6	-3,6	-6,6
2.800 m	-3,9	-10,5	-10,7	-9,4	-6,7	-2,3	0,9	3,4	3,4	1,6	-1,3	-6,4	-9,1

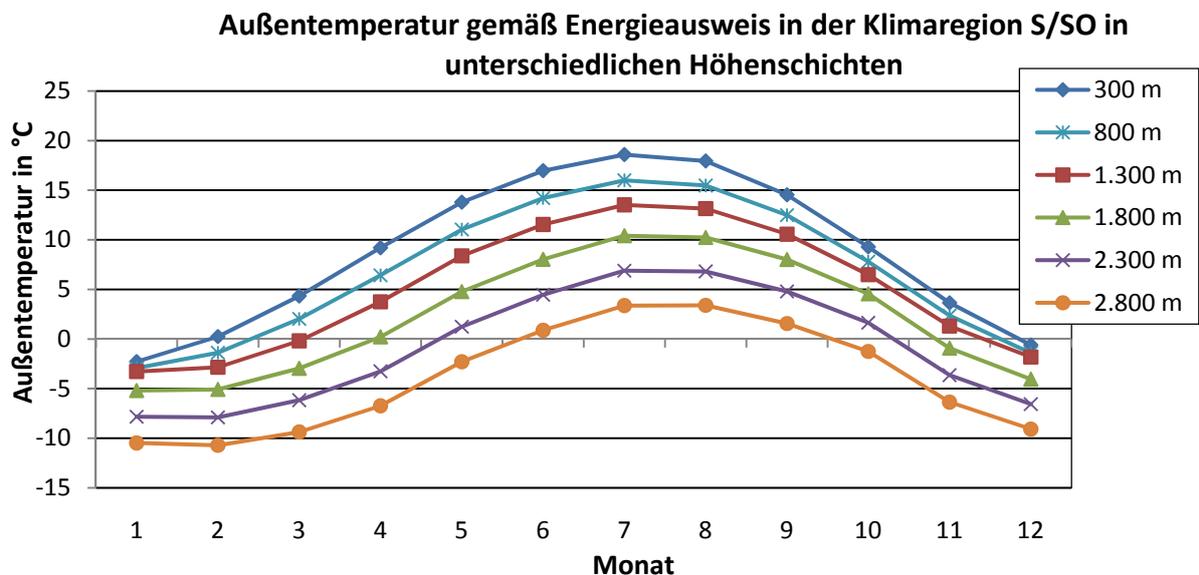
**Außentemperatur gemäß Energieausweis in der Klimaregion ZA in unterschiedlichen Höhenschichten**



**Abbildung 65:** Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhenschichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion ZA (eigene Berechnungen und Darstellung)

**Tabelle 65:** mittlere Monatsaußentemperaturen der Klimaregion Südost – südlicher Teil (S/SO) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigen Berechnungen)

Höhenstufen	Jahr	Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
300 m	8,8	-2,3	0,2	4,3	9,2	13,8	17,0	18,6	17,9	14,5	9,3	3,6	-0,6
400 m	8,3	-2,7	-0,2	3,8	8,6	13,2	16,4	18,0	17,3	14,0	8,9	3,2	-1,2
500 m	7,7	-3,1	-0,7	3,3	8,0	12,6	15,7	17,4	16,7	13,5	8,5	2,7	-1,7
600 m	7,2	-3,6	-1,1	2,8	7,4	12,0	15,1	16,8	16,1	13,1	8,0	2,2	-2,3
700 m	6,7	-4,0	-1,6	2,3	6,7	11,4	14,5	16,2	15,5	12,6	7,6	1,7	-2,9
800 m	6,8	-2,9	-1,4	2,0	6,4	11,0	14,2	16,0	15,5	12,5	7,8	2,4	-1,4
900 m	6,5	-3,0	-1,7	1,6	5,9	10,5	13,7	15,5	15,0	12,1	7,5	2,1	-1,5
1.000 m	6,1	-3,1	-2,0	1,1	5,4	10,0	13,1	15,0	14,5	11,7	7,3	1,9	-1,6
1.100 m	5,8	-3,1	-2,3	0,7	4,8	9,5	12,6	14,5	14,1	11,3	7,0	1,7	-1,7
1.200 m	5,4	-3,2	-2,5	0,3	4,3	8,9	12,1	14,0	13,6	11,0	6,7	1,5	-1,7
1.300 m	5,0	-3,3	-2,8	-0,2	3,8	8,4	11,5	13,5	13,1	10,6	6,5	1,3	-1,8
1.800 m	2,3	-5,2	-5,1	-3,0	0,2	4,8	8,0	10,4	10,2	8,0	4,6	-0,9	-4,0
2.300 m	-0,8	-7,8	-7,9	-6,2	-3,3	1,2	4,5	6,9	6,8	4,8	1,6	-3,6	-6,6
2.800 m	-3,9	-10,5	-10,7	-9,4	-6,7	-2,3	0,9	3,4	3,4	1,6	-1,3	-6,4	-9,1

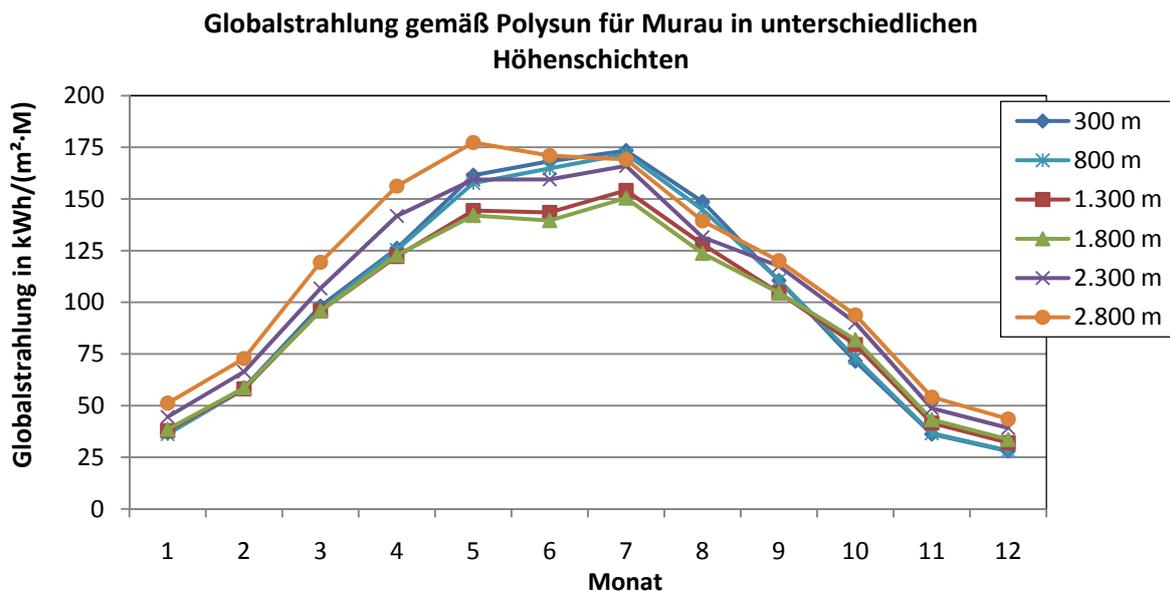


**Abbildung 66:** Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhenschichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung)

**Mittlere monatliche Globalstrahlung**

**Tabelle 66:** mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Murau gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

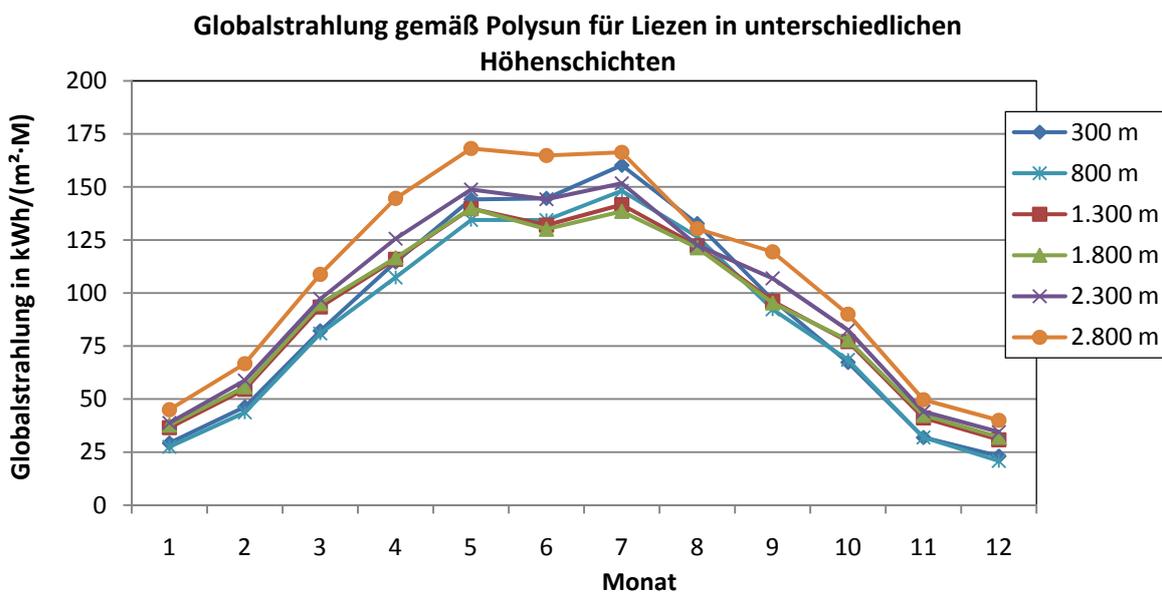
Höhenstufen	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	monatliche Globalstrahlung in kWh/(m <sup>2</sup> ·M)											
		Monat											
	Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300 m	1.218	37	59	98	126	162	168	173	149	111	72	36	28
400 m	1.219	37	59	98	126	162	169	174	149	110	71	36	28
500 m	1.217	37	59	98	126	162	168	173	149	110	71	36	28
600 m	1.215	37	59	98	126	161	168	173	149	110	71	36	28
700 m	1.212	37	58	98	126	160	167	173	147	111	72	36	28
800 m	1.204	36	58	96	125	158	165	172	145	111	73	37	28
900 m	1.207	36	58	96	126	157	165	172	144	112	74	37	29
1.000 m	1.202	37	59	96	126	155	162	171	141	112	76	38	30
1.100 m	1.179	37	58	97	123	155	157	165	141	106	73	38	29
1.200 m	1.156	38	58	96	123	148	149	158	133	105	77	40	31
1.300 m	1.142	38	58	96	122	144	144	154	128	105	80	42	32
1.800 m	1.135	39	59	96	123	142	140	150	124	105	82	43	34
2.300 m	1.271	45	66	107	142	159	160	166	132	118	90	49	39
2.800 m	1.368	51	73	119	156	177	171	169	139	120	94	54	44



**Abbildung 67:** Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhenschichten gemäß Polysun am Standort Murau (eigene Darstellung)

**Tabelle 67:** mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Liezen gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

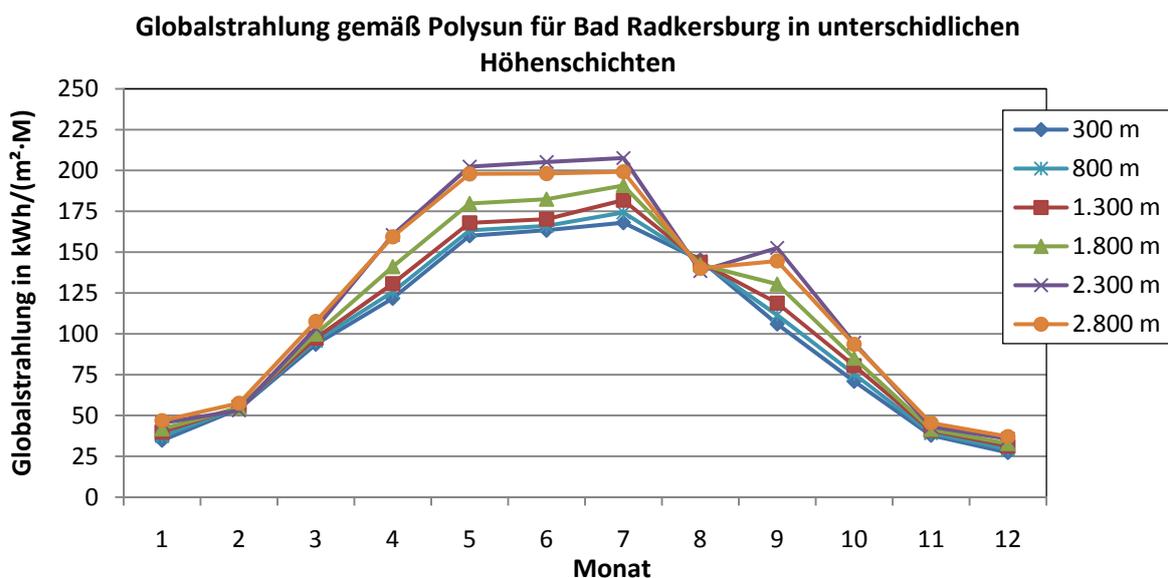
Höhenstufen	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	monatliche Globalstrahlung in kWh/(m <sup>2</sup> ·M)											
		Monat											
	Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300 m	1.073	29	46	82	115	144	145	160	133	97	67	32	23
400 m	1.062	29	46	82	113	142	143	158	131	96	68	32	23
500 m	1.048	28	45	81	111	140	141	155	130	95	68	32	22
600 m	1.011	27	42	80	107	135	135	150	129	90	66	30	20
700 m	1.007	27	43	80	106	134	134	148	128	91	67	31	20
800 m	1.016	28	44	81	107	134	134	148	127	92	69	32	21
900 m	1.039	29	46	83	110	136	136	149	125	95	71	34	23
1.000 m	1.064	32	49	87	113	138	137	150	124	98	74	36	26
1.100 m	1.077	34	52	89	115	140	136	148	123	98	76	38	28
1.200 m	1.081	35	54	92	116	140	134	145	123	97	77	40	30
1.300 m	1.081	37	55	93	116	140	132	142	122	96	77	41	31
1.800 m	1.082	38	56	95	117	140	130	139	121	95	78	42	32
2.300 m	1.156	39	59	97	126	149	144	152	123	107	83	44	35
2.800 m	1.294	45	67	109	145	168	165	166	130	119	90	50	40



**Abbildung 68:** Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhengschichten gemäß Polysun am Standort Liezen (eigene Darstellung)

**Tabelle 68:** mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Bad Radkersburg gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12)

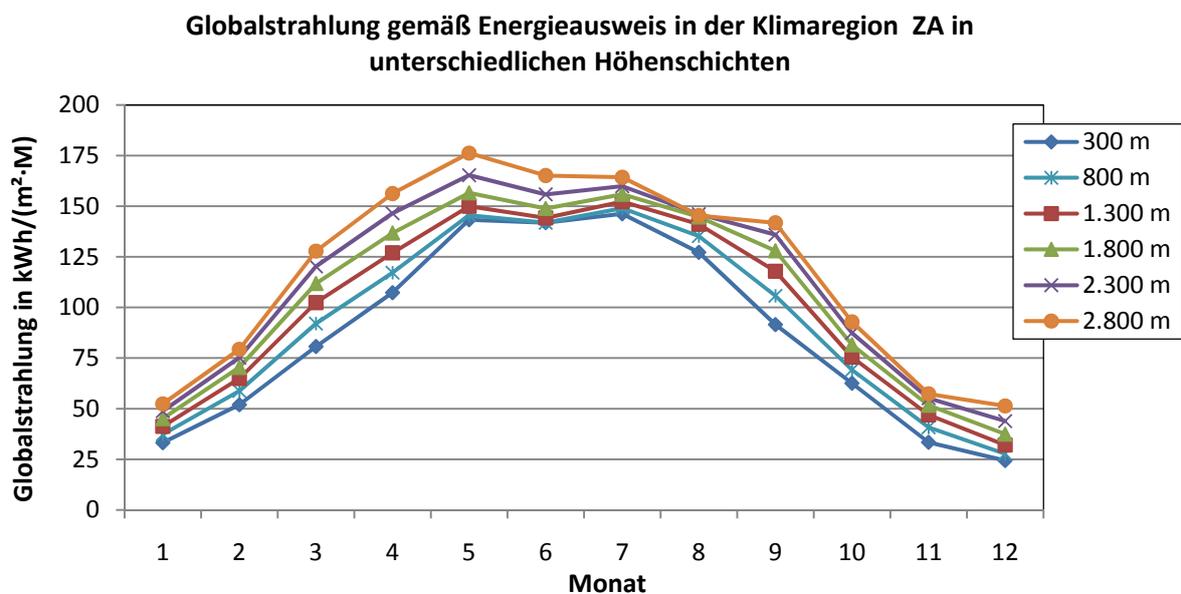
Höhenstufen	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	monatliche Globalstrahlung in kWh/(m <sup>2</sup> ·M)											
		Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300 m	1.183	35	54	94	122	160	163	168	145	106	71	38	27
400 m	1.183	35	54	94	122	160	163	168	145	106	71	38	28
500 m	1.185	35	54	94	122	161	164	168	144	106	72	38	28
600 m	1.195	36	54	95	123	162	165	170	144	108	72	38	28
700 m	1.208	37	55	95	125	163	166	172	144	110	74	39	29
800 m	1.217	37	55	96	126	163	166	174	145	112	75	39	29
900 m	1.216	38	55	96	125	162	164	175	145	111	76	40	30
1.000 m	1.205	38	55	96	123	159	161	174	145	109	76	40	30
1.100 m	1.190	38	56	95	120	156	158	172	146	106	75	40	30
1.200 m	1.250	40	55	97	130	167	169	181	144	117	80	41	31
1.300 m	1.258	40	55	97	131	168	170	182	144	119	81	41	31
1.800 m	1.323	42	55	100	141	180	182	191	142	130	85	42	33
2.300 m	1.442	45	53	103	161	202	205	208	138	153	95	43	36
2.800 m	1.427	47	58	108	159	198	198	199	140	145	94	45	37



**Abbildung 69:** Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhengschichten gemäß Polysun am Standort Bad Radkersburg (eigene Darstellung)

**Tabelle 69:** mittlere monatliche Globalstrahlung der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen)

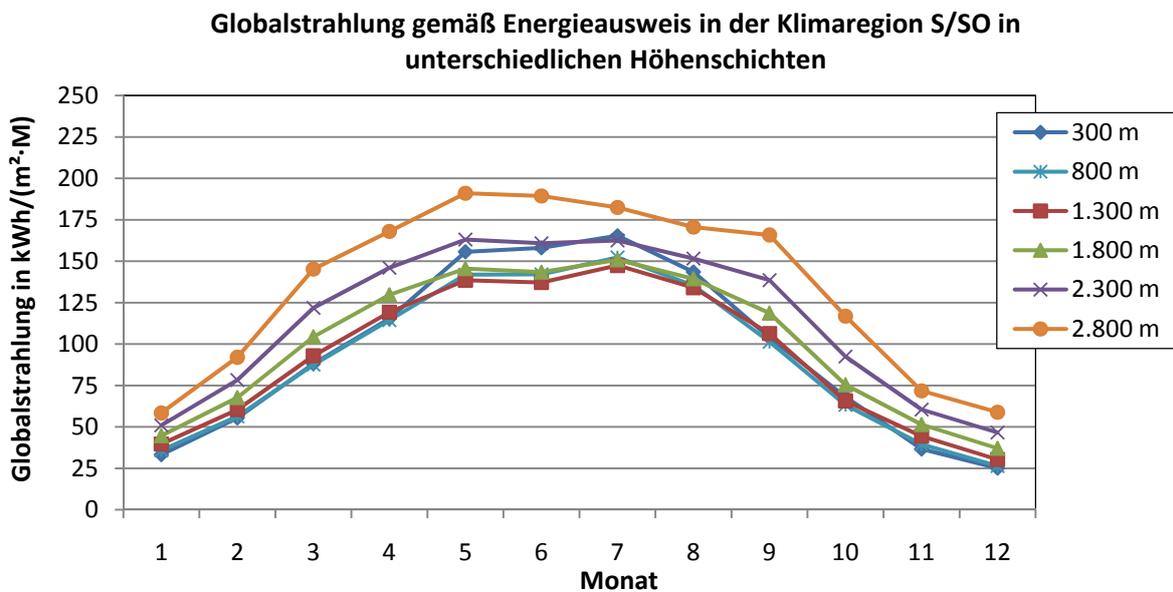
Höhenstufen	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	monatliche Globalstrahlung in kWh/(m <sup>2</sup> ·M)											
		Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300 m	1.044	33	52	81	107	143	142	146	127	92	63	33	24
400 m	1.059	34	53	83	109	144	142	147	129	95	64	35	25
500 m	1.075	35	55	85	111	144	142	147	131	97	65	37	26
600 m	1.090	36	56	88	113	144	142	148	132	100	67	38	26
700 m	1.105	36	57	90	115	145	142	148	134	103	68	39	27
800 m	1.120	37	59	92	117	146	142	149	135	106	69	41	28
900 m	1.135	38	60	94	119	146	142	150	137	108	70	42	28
1.000 m	1.151	39	61	96	121	147	143	150	138	111	72	43	29
1.100 m	1.166	40	63	98	123	148	143	151	139	113	73	45	30
1.200 m	1.180	40	64	100	125	149	144	152	140	116	74	46	31
1.300 m	1.195	41	65	102	127	150	144	152	141	118	76	47	32
1.800 m	1.269	45	70	112	137	157	149	156	145	128	82	52	37
2.300 m	1.340	49	75	120	147	165	156	160	146	136	87	55	44
2.800 m	1.410	52	79	128	156	176	165	164	145	142	93	57	51



**Abbildung 70:** Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhenschichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion ZA (eigene Berechnungen und Darstellung)

**Tabelle 70:** mittlere monatliche Globalstrahlung der Klimaregion Südost – südlicher Teil (S/SO) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen)

Höhenstufen	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	monatliche Globalstrahlung in kWh/(m <sup>2</sup> ·M)											
		Monat											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300 m	1.149	33	55	88	115	156	158	165	144	104	68	37	25
400 m	1.133	34	55	88	115	152	154	162	141	103	67	37	25
500 m	1.119	34	55	87	114	149	150	159	139	102	65	38	25
600 m	1.109	35	56	87	114	146	147	157	138	101	64	38	26
700 m	1.101	35	56	87	114	144	144	154	136	101	64	39	26
800 m	1.096	36	56	88	114	142	142	152	135	101	63	39	26
900 m	1.094	37	57	88	115	140	140	151	135	102	63	40	27
1.000 m	1.096	37	58	89	116	139	139	149	134	102	63	41	28
1.100 m	1.100	38	58	90	117	139	138	148	134	103	64	42	28
1.200 m	1.106	39	59	91	118	138	137	148	134	105	65	43	29
1.300 m	1.116	40	60	93	119	139	137	147	134	106	66	44	30
1.800 m	1.209	45	68	104	130	146	143	151	139	119	75	51	37
2.300 m	1.373	51	78	122	146	163	161	163	152	139	92	61	47
2.800 m	1.610	58	92	145	168	191	189	182	171	166	117	72	59

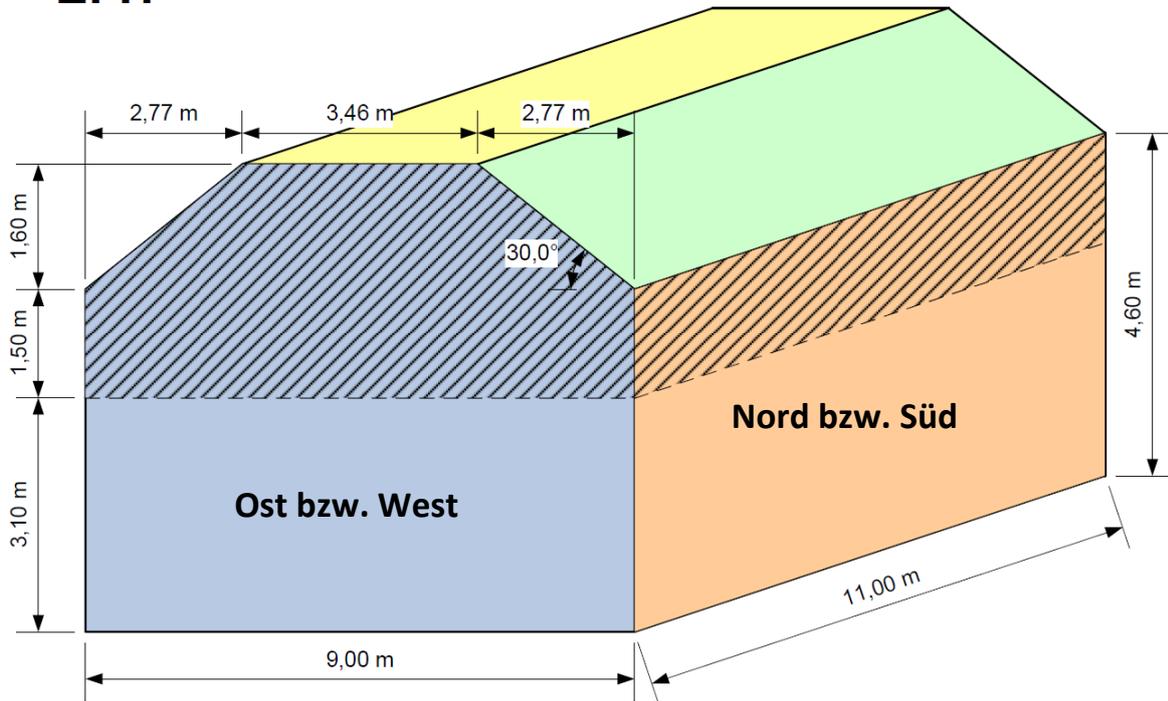


**Abbildung 71:** Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhenschichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung)

**Anhang D**

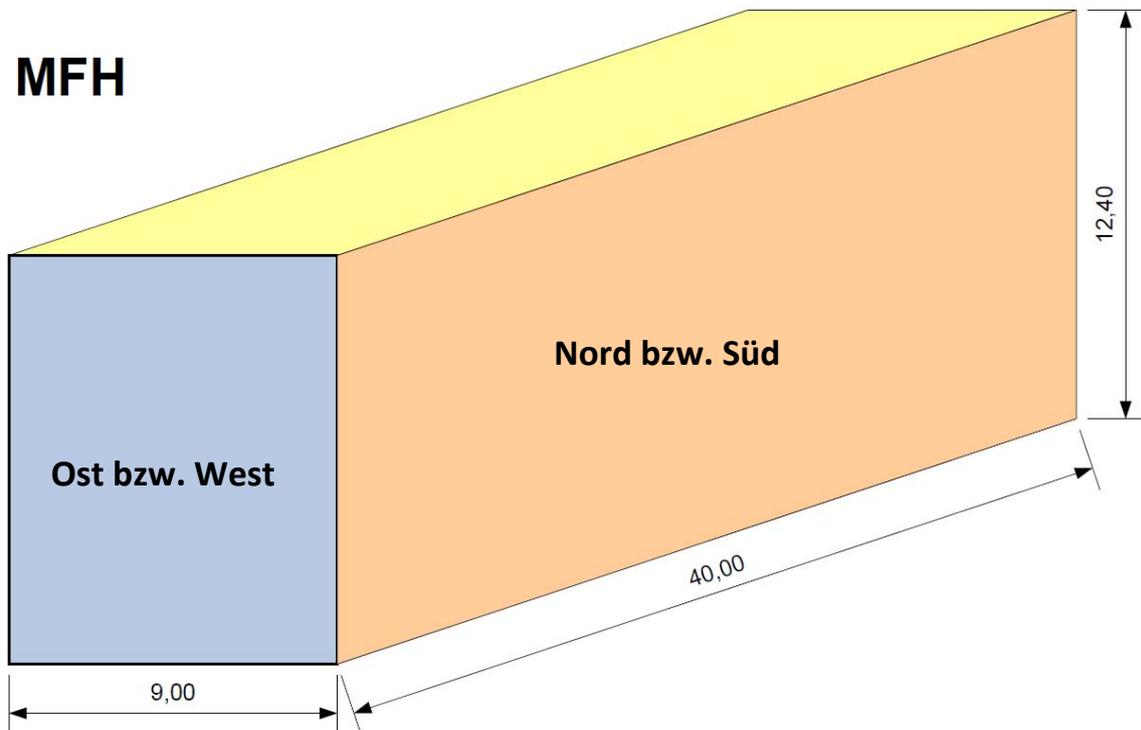
Geometrische Abmessungen der Referenzgebäude dieser Arbeit

**EFH**



**Abbildung 72:** geometrische Abmessungen der Gebäudehülle-EFH in dieser Arbeit (Quelle: Dröscher Angela – IWT)

**MFH**



**Abbildung 73:** geometrische Abmessungen der Gebäudehülle-MFH in dieser Arbeit (Quelle: Dröscher Angela – IWT)

## Anhang E

Jährlicher Heizwärmebedarf, spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf, jährliche Wärmegewinne und jährliche Wärmeverluste der Referenzgebäude in den Höhenklassen geordnet nach den Klimaregionen

### Klimaregion West (W)

**Tabelle 71:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion West (W)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion West (W)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	47890,4	37645,1	23967,6	17082,7	12310,3	230959,1	185051,3	121279,0	85658,8	60645,9
400	50090,8	39304,9	24915,1	17683,5	12692,0	241276,6	192918,8	125794,6	88361,2	62204,3
500	52499,9	41159,8	26027,6	18429,9	13201,2	253000,0	202119,8	131490,9	92149,0	64745,1
600	54996,5	43097,1	27202,7	19221,0	13741,2	265231,7	211795,9	137541,1	96182,1	67450,5
700	57562,2	45103,8	28437,6	20058,3	14314,0	277871,3	221881,5	143940,9	100475,4	70334,8
800	59354,0	46449,0	29160,5	20454,7	14503,4	286295,1	228251,9	147293,6	102044,2	70773,0
900	61019,4	47749,7	29950,5	20972,3	14837,0	294501,1	234799,8	151405,0	104698,7	72429,1
1000	62709,7	49077,4	30770,1	21518,5	15194,9	302851,9	241506,6	155693,9	107524,2	74228,0
1100	64421,9	50429,1	31616,7	22091,6	15576,7	311328,4	248352,6	160144,1	110512,6	76169,1
1200	66153,3	51801,9	32487,9	22690,1	15981,8	319915,7	255321,1	164739,8	113654,7	78250,0
1300	67782,6	53076,0	33268,3	23204,6	16311,8	327911,0	261717,0	168812,4	116321,9	79916,7
1800	81093,3	63796,6	40406,1	28409,5	20096,2	394480,5	316643,7	206935,7	144281,3	100128,1
2300	97816,6	77411,8	49765,3	35511,3	25521,6	477965,8	386183,5	256606,8	182240,4	129158,2
2800	114798,8	91302,4	59446,0	42989,3	31371,1	563043,1	457384,3	308146,9	222368,2	160671,1

**Tabelle 72:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion West (W)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion West (W)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m <sup>2</sup> a)									
300	241,9	190,1	121,0	86,3	62,2	180,4	144,6	94,7	66,9	47,4
400	253,0	198,5	125,8	89,3	64,1	188,5	150,7	98,3	69,0	48,6
500	265,2	207,9	131,5	93,1	66,7	197,7	157,9	102,7	72,0	50,6
600	277,8	217,7	137,4	97,1	69,4	207,2	165,5	107,5	75,1	52,7
700	290,7	227,8	143,6	101,3	72,3	217,1	173,3	112,5	78,5	54,9
800	299,8	234,6	147,3	103,3	73,2	223,7	178,3	115,1	79,7	55,3
900	308,2	241,2	151,3	105,9	74,9	230,1	183,4	118,3	81,8	56,6
1000	316,7	247,9	155,4	108,7	76,7	236,6	188,7	121,6	84,0	58,0
1100	325,4	254,7	159,7	111,6	78,7	243,2	194,0	125,1	86,3	59,5
1200	334,1	261,6	164,1	114,6	80,7	249,9	199,5	128,7	88,8	61,1
1300	342,3	268,1	168,0	117,2	82,4	256,2	204,5	131,9	90,9	62,4
1800	409,6	322,2	204,1	143,5	101,5	308,2	247,4	161,7	112,7	78,2
2300	494,0	391,0	251,3	179,4	128,9	373,4	301,7	200,5	142,4	100,9
2800	579,8	461,1	300,2	217,1	158,4	439,9	357,3	240,7	173,7	125,5

**Tabelle 73:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion West (W)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion West (W)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	59493,7	48946,8	34642,6	27243,2	21758,6	297645,3	250231,7	183249,4	144718,6	115618,7
400	62463,0	51389,7	36371,6	28602,9	22844,5	312500,6	262720,6	192395,3	151941,4	121389,2
500	65432,3	53832,6	38100,6	29962,5	23930,5	327355,9	275209,5	201541,1	159164,2	127159,6
600	68401,6	56275,5	39829,6	31322,2	25016,5	342211,1	287698,4	210687,0	166387,0	132930,1
700	71370,9	58718,4	41558,6	32681,9	26102,4	357066,4	300187,3	219832,8	173609,9	138700,5
800	73738,8	60666,5	42937,4	33766,2	26968,4	368913,0	310146,9	227126,4	179369,8	143302,3
900	75683,4	62266,4	44069,7	34656,7	27679,7	378642,1	318326,1	233116,2	184100,2	147081,5
1000	77628,1	63866,3	45202,1	35547,2	28390,9	388371,2	326505,4	239106,1	188830,6	150860,7
1100	79572,8	65466,2	46334,5	36437,7	29102,1	398100,3	334684,7	245095,9	193561,0	154639,9
1200	81517,4	67066,2	47466,8	37328,2	29813,3	407829,4	342864,0	251085,8	198291,4	158419,1
1300	83462,1	68666,1	48599,2	38218,7	30524,5	417558,4	351043,3	257075,6	203021,8	162198,3
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 74:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion West (W)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion West (W)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	14424,3	14424,3	14424,3	14424,3	13998,7	80474,4	80474,4	80474,4	80474,4	78312,8
400	14716,7	14716,7	14716,7	14716,7	14277,6	82299,9	82299,9	82299,9	82299,9	80054,0
500	14901,2	14901,2	14901,2	14901,2	14453,6	83358,7	83358,7	83358,7	83358,7	81063,9
600	15078,4	15078,4	15078,4	15078,4	14622,6	84373,2	84373,2	84373,2	84373,2	82031,6
700	15248,4	15248,4	15248,4	15248,4	14784,7	85343,3	85343,3	85343,3	85343,3	82957,0
800	15665,5	15665,5	15665,5	15665,5	15182,7	87853,0	87853,0	87853,0	87853,0	85350,8
900	15830,4	15830,4	15830,4	15830,4	15339,9	88803,7	88803,7	88803,7	88803,7	86257,6
1000	15987,3	15987,3	15987,3	15987,3	15489,6	89704,9	89704,9	89704,9	89704,9	87117,2
1100	16136,3	16136,3	16136,3	16136,3	15631,7	90556,6	90556,6	90556,6	90556,6	87929,7
1200	16277,4	16277,4	16277,4	16277,4	15766,3	91359,0	91359,0	91359,0	91359,0	88694,9
1300	16543,7	16543,7	16543,7	16543,7	16020,3	92869,5	92869,5	92869,5	92869,5	90135,8
1800	17264,8	17264,8	17264,8	17264,8	16708,1	96645,7	96645,7	96645,7	96645,7	93737,6
2300	17731,4	17731,4	17731,4	17731,4	17153,2	99343,3	99343,3	99343,3	99343,3	96310,8
2800	18019,1	18019,1	18019,1	18019,1	17427,6	100792,9	100792,9	100792,9	100792,9	97693,4

**Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)****Tabelle 75:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_c - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_c - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	50338,4	39597,2	25264,2	18053,3	13052,2	243018,8	194884,2	128056,7	90747,9	64529,2
400	52624,1	41331,4	26263,0	18692,2	13463,3	253821,2	203168,2	132857,5	93662,5	66252,2
500	55100,4	43250,0	27424,5	19475,5	14000,3	265941,2	212739,4	138831,6	97654,6	68945,7
600	57646,7	45238,3	28644,0	20301,4	14566,1	278475,4	222721,9	145142,0	101883,8	71792,9
700	60247,2	47283,3	29916,8	21170,2	15162,6	291329,5	233042,2	151770,4	106360,0	74808,0
800	61974,4	48586,1	30625,7	21563,0	15352,0	299475,6	239242,1	155093,7	107949,3	75273,9
900	63295,7	49612,9	31238,3	21952,0	15589,2	305972,6	244402,6	158280,2	109935,3	76430,3
1000	64631,7	50656,1	31870,0	22360,2	15843,4	312553,7	249658,2	161580,7	112038,1	77688,4
1100	65980,5	51713,7	32518,9	22786,3	16114,1	319207,9	254996,7	164983,2	114249,9	79045,5
1200	67340,5	52784,0	33183,3	23229,1	16400,4	325926,3	260408,0	168476,9	116562,6	80498,2
1300	68591,5	53748,1	33748,7	23579,5	16604,2	332012,1	265202,8	171397,2	118348,4	81489,9
1800	81018,6	63721,1	40328,8	28330,0	20018,1	394014,8	316175,5	206461,0	143798,1	99656,1
2300	97451,1	77046,1	49399,4	35145,6	25172,4	475765,3	383981,7	254404,9	180042,5	127064,7
2800	113993,6	90496,8	58640,1	42184,3	30603,1	558180,7	452518,5	303279,3	217506,7	156038,3

**Tabelle 76:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m² a)									
300	254,2	200,0	127,6	91,2	65,9	189,9	152,3	100,0	70,9	50,4
400	265,8	208,7	132,6	94,4	68,0	198,3	158,7	103,8	73,2	51,8
500	278,3	218,4	138,5	98,4	70,7	207,8	166,2	108,5	76,3	53,9
600	291,1	228,5	144,7	102,5	73,6	217,6	174,0	113,4	79,6	56,1
700	304,3	238,8	151,1	106,9	76,6	227,6	182,1	118,6	83,1	58,4
800	313,0	245,4	154,7	108,9	77,5	234,0	186,9	121,2	84,3	58,8
900	319,7	250,6	157,8	110,9	78,7	239,0	190,9	123,7	85,9	59,7
1000	326,4	255,8	161,0	112,9	80,0	244,2	195,0	126,2	87,5	60,7
1100	333,2	261,2	164,2	115,1	81,4	249,4	199,2	128,9	89,3	61,8
1200	340,1	266,6	167,6	117,3	82,8	254,6	203,4	131,6	91,1	62,9
1300	346,4	271,5	170,4	119,1	83,9	259,4	207,2	133,9	92,5	63,7
1800	409,2	321,8	203,7	143,1	101,1	307,8	247,0	161,3	112,3	77,9
2300	492,2	389,1	249,5	177,5	127,1	371,7	300,0	198,8	140,7	99,3
2800	575,7	457,1	296,2	213,1	154,6	436,1	353,5	236,9	169,9	121,9

**Tabelle 77:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	62257,9	51221,0	36252,2	28509,0	22769,6	311474,7	261858,2	191763,7	151442,6	120990,7
400	65215,7	53654,4	37974,5	29863,4	23851,3	326272,5	274298,7	200874,1	158637,5	126738,8
500	68173,5	56087,8	39696,8	31217,8	24933,1	341070,2	286739,3	209984,6	165832,3	132486,9
600	71131,3	58521,3	41419,1	32572,2	26014,8	355868,0	299179,9	219095,0	173027,2	138235,0
700	74089,1	60954,7	43141,4	33926,7	27096,6	370665,8	311620,4	228205,5	180222,0	143983,1
800	76350,8	62815,4	44458,3	34962,3	27923,7	381980,7	321132,9	235171,6	185723,5	148378,3
900	77922,0	64108,1	45373,2	35681,8	28498,4	389841,5	327741,5	240011,3	189545,5	151431,8
1000	79493,2	65400,8	46288,1	36401,3	29073,0	397702,4	334350,2	244850,9	193367,5	154485,3
1100	81064,5	66693,5	47203,1	37120,8	29647,7	405563,3	340958,9	249690,6	197189,6	157538,9
1200	82635,7	67986,2	48118,0	37840,3	30222,3	413424,1	347567,5	254530,2	201011,6	160592,4
1300	84207,0	69278,9	49032,9	38559,8	30797,0	421285,0	354176,2	259369,9	204833,7	163645,9
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 78:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	14363,3	14363,3	14363,3	14363,3	13940,6	80192,0	80192,0	80192,0	80192,0	78043,3
400	14632,4	14632,4	14632,4	14632,4	14197,2	81881,0	81881,0	81881,0	81881,0	79654,4
500	14798,4	14798,4	14798,4	14798,4	14355,6	82830,2	82830,2	82830,2	82830,2	80559,8
600	14961,7	14961,7	14961,7	14961,7	14511,3	83761,0	83761,0	83761,0	83761,0	81447,6
700	15122,2	15122,2	15122,2	15122,2	14664,4	84673,2	84673,2	84673,2	84673,2	82317,7
800	15528,9	15528,9	15528,9	15528,9	15052,3	87112,3	87112,3	87112,3	87112,3	84644,3
900	15693,0	15693,0	15693,0	15693,0	15208,8	88055,1	88055,1	88055,1	88055,1	85543,6
1000	15853,9	15853,9	15853,9	15853,9	15362,3	88976,5	88976,5	88976,5	88976,5	86422,5
1100	16011,6	16011,6	16011,6	16011,6	15512,8	89876,5	89876,5	89876,5	89876,5	87280,9
1200	16166,3	16166,3	16166,3	16166,3	15660,3	90755,1	90755,1	90755,1	90755,1	88118,9
1300	16450,0	16450,0	16450,0	16450,0	15930,9	92365,8	92365,8	92365,8	92365,8	89655,3
1800	17338,3	17338,3	17338,3	17338,3	16778,3	97109,9	97109,9	97109,9	97109,9	94180,5
2300	18107,7	18107,7	18107,7	18107,7	17512,1	101591,3	101591,3	101591,3	101591,3	98455,0
2800	18846,6	18846,6	18846,6	18846,6	18216,9	105748,6	105748,6	105748,6	105748,6	102420,5

**Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)**

**Tabelle 79:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	52472,7	41303,5	26404,1	18912,2	13714,1	253651,1	203582,0	134091,4	95311,4	68040,9
400	54974,5	43245,5	27591,4	19724,9	14280,4	265702,7	213069,1	139987,1	99234,1	70660,3
500	57641,5	45350,0	28924,7	20666,8	14958,6	278908,6	223702,1	146945,2	104132,5	74157,1
600	60358,6	47506,1	30301,8	21639,0	15654,5	292409,7	234640,3	154159,7	109198,6	77743,5
700	63110,4	49700,7	31717,0	22641,0	16369,3	306113,9	245807,0	161603,9	114437,0	81430,9
800	64846,9	51041,8	32500,6	23122,7	16648,3	314495,9	252379,0	165478,4	116651,3	82510,7
900	65961,8	51920,0	33041,6	23477,2	16871,9	320017,7	256828,2	168323,1	118493,8	83631,9
1000	67070,2	52793,3	33580,9	23831,0	17094,2	325497,6	261245,9	171156,5	120333,1	84746,2
1100	68170,3	53660,0	34116,8	24182,6	17314,6	330926,4	265622,0	173968,2	122161,5	85850,2
1200	69260,8	54518,7	34647,5	24531,0	17532,2	336296,9	269947,9	176748,7	123971,5	86940,1
1300	70234,7	55263,3	35071,2	24778,7	17659,3	340986,8	273608,0	178903,7	125200,5	87516,2
1800	81900,0	64591,3	41166,4	29127,2	20734,6	398826,2	320949,9	211114,6	148267,2	103685,4
2300	97660,4	77249,1	49584,3	35307,5	25300,7	476359,4	384560,3	254935,5	180499,3	127401,7
2800	112914,8	89416,2	57555,1	41095,5	29558,0	550777,1	445111,6	295875,2	210120,7	149004,8

**Tabelle 80:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m² a)									
300	265,0	208,6	133,4	95,5	69,3	198,2	159,0	104,8	74,5	53,2
400	277,6	218,4	139,4	99,6	72,1	207,6	166,5	109,4	77,5	55,2
500	291,1	229,0	146,1	104,4	75,5	217,9	174,8	114,8	81,4	57,9
600	304,8	239,9	153,0	109,3	79,1	228,4	183,3	120,4	85,3	60,7
700	318,7	251,0	160,2	114,3	82,7	239,2	192,0	126,3	89,4	63,6
800	327,5	257,8	164,1	116,8	84,1	245,7	197,2	129,3	91,1	64,5
900	333,1	262,2	166,9	118,6	85,2	250,0	200,6	131,5	92,6	65,3
1000	338,7	266,6	169,6	120,4	86,3	254,3	204,1	133,7	94,0	66,2
1100	344,3	271,0	172,3	122,1	87,4	258,5	207,5	135,9	95,4	67,1
1200	349,8	275,3	175,0	123,9	88,5	262,7	210,9	138,1	96,9	67,9
1300	354,7	279,1	177,1	125,1	89,2	266,4	213,8	139,8	97,8	68,4
1800	413,6	326,2	207,9	147,1	104,7	311,6	250,7	164,9	115,8	81,0
2300	493,2	390,1	250,4	178,3	127,8	372,2	300,4	199,2	141,0	99,5
2800	570,3	451,6	290,7	207,6	149,3	430,3	347,7	231,2	164,2	116,4

**Tabelle 81:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_l = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	64697,3	53227,8	37672,6	29626,0	23661,7	323678,6	272118,1	199277,2	157376,3	125731,2
400	67655,1	55661,3	39394,9	30980,4	24743,4	338476,4	284558,6	208387,6	164571,2	131479,3
500	70612,9	58094,7	41117,2	32334,8	25825,2	353274,1	296999,2	217498,1	171766,0	137227,4
600	73570,7	60528,2	42839,5	33689,2	26906,9	368071,9	309439,7	226608,5	178960,9	142975,6
700	76528,5	62961,6	44561,8	35043,7	27988,7	382869,7	321880,3	235719,0	186155,7	148723,7
800	78622,7	64684,6	45781,3	36002,7	28754,6	393347,3	330688,8	242169,6	191250,0	152793,6
900	79868,4	65709,4	46506,6	36573,1	29210,2	399579,1	335928,0	246006,4	194280,0	155214,4
1000	81114,0	66734,2	47231,9	37143,5	29665,8	405811,0	341167,1	249843,1	197310,0	157635,1
1100	82359,6	67759,1	47957,2	37713,9	30121,3	412042,9	346406,3	253679,9	200340,0	160055,8
1200	83605,3	68783,9	48682,5	38284,3	30576,9	418274,7	351645,5	257516,6	203370,1	162476,6
1300	84850,9	69808,7	49407,9	38854,7	31032,5	424506,6	356884,6	261353,3	206400,1	164897,3
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 82:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	14599,4	14599,4	14599,4	14599,4	14165,8	81230,8	81230,8	81230,8	81230,8	79034,3
400	14644,5	14644,5	14644,5	14644,5	14208,8	81679,5	81679,5	81679,5	81679,5	79462,2
500	14612,5	14612,5	14612,5	14612,5	14178,2	81554,8	81554,8	81554,8	81554,8	79343,2
600	14597,8	14597,8	14597,8	14597,8	14164,3	81525,7	81525,7	81525,7	81525,7	79315,6
700	14600,6	14600,6	14600,6	14600,6	14166,9	81592,4	81592,4	81592,4	81592,4	79379,2
800	14825,1	14825,1	14825,1	14825,1	14381,0	82961,8	82961,8	82961,8	82961,8	80685,3
900	14868,1	14868,1	14868,1	14868,1	14422,1	83263,6	83263,6	83263,6	83263,6	80973,2
1000	14929,5	14929,5	14929,5	14929,5	14480,6	83666,9	83666,9	83666,9	83666,9	81357,9
1100	15009,0	15009,0	15009,0	15009,0	14556,4	84171,9	84171,9	84171,9	84171,9	81839,6
1200	15106,7	15106,7	15106,7	15106,7	14649,7	84778,5	84778,5	84778,5	84778,5	82418,2
1300	15340,2	15340,2	15340,2	15340,2	14872,3	86158,2	86158,2	86158,2	86158,2	83734,2
1800	16361,9	16361,9	16361,9	16361,9	15846,9	91955,5	91955,5	91955,5	91955,5	89264,0
2300	17849,7	17849,7	17849,7	17849,7	17266,1	100867,8	100867,8	100867,8	100867,8	97764,9
2800	19945,9	19945,9	19945,9	19945,9	19265,5	113318,8	113318,8	113318,8	113318,8	109641,2

**Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)****Tabelle 83:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	51731,6	40706,3	25983,6	18568,5	13424,8	249792,0	200376,2	131720,7	93346,7	66376,0
400	54052,9	42476,0	27016,5	19240,3	13866,5	260779,3	208843,3	136694,6	96427,8	68254,0
500	56567,9	44434,9	28219,1	20064,2	14442,0	273139,0	218660,9	142916,3	100663,5	71177,1
600	59145,0	46456,2	29474,3	20926,5	15042,5	285868,2	228849,5	149445,4	105112,7	74233,4
700	61769,3	48527,3	30777,0	21826,8	15669,8	298877,0	239336,6	156259,8	109782,8	77435,7
800	63408,8	49762,3	31446,2	22194,9	15844,0	306598,8	245203,2	159384,3	111251,1	77829,3
900	64542,3	50639,1	31961,6	22514,8	16031,9	312189,0	249627,6	162083,7	112898,1	78750,3
1000	65686,4	51528,0	32491,4	22849,3	16232,5	317839,1	254121,4	164868,8	114633,7	79747,7
1100	66839,8	52427,4	33034,0	23197,2	16445,4	323540,0	258674,2	167729,4	116451,0	80818,8
1200	68001,0	53335,9	33588,1	23557,5	16669,9	329284,3	263277,8	170656,5	118342,9	81960,6
1300	69051,5	54136,3	34040,9	23822,8	16809,0	334386,1	267254,0	172996,7	119692,1	82624,7
1800	81032,5	63737,2	40350,8	28359,1	20053,5	394187,1	316355,1	206662,5	144030,6	99917,0
2300	97363,8	76960,2	49317,3	35068,4	25104,2	475362,6	383582,5	254017,2	179672,8	126735,3
2800	113737,3	90241,0	58385,9	41932,5	30365,1	556719,4	451057,6	301822,1	216057,8	154665,3

**Tabelle 84:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m <sup>2</sup> a)									
300	261,3	205,6	131,2	93,8	67,8	195,1	156,5	102,9	72,9	51,9
400	273,0	214,5	136,4	97,2	70,0	203,7	163,2	106,8	75,3	53,3
500	285,7	224,4	142,5	101,3	72,9	213,4	170,8	111,7	78,6	55,6
600	298,7	234,6	148,9	105,7	76,0	223,3	178,8	116,8	82,1	58,0
700	312,0	245,1	155,4	110,2	79,1	233,5	187,0	122,1	85,8	60,5
800	320,2	251,3	158,8	112,1	80,0	239,5	191,6	124,5	86,9	60,8
900	326,0	255,8	161,4	113,7	81,0	243,9	195,0	126,6	88,2	61,5
1000	331,7	260,2	164,1	115,4	82,0	248,3	198,5	128,8	89,6	62,3
1100	337,6	264,8	166,8	117,2	83,1	252,8	202,1	131,0	91,0	63,1
1200	343,4	269,4	169,6	119,0	84,2	257,3	205,7	133,3	92,5	64,0
1300	348,7	273,4	171,9	120,3	84,9	261,2	208,8	135,2	93,5	64,6
1800	409,3	321,9	203,8	143,2	101,3	308,0	247,2	161,5	112,5	78,1
2300	491,7	388,7	249,1	177,1	126,8	371,4	299,7	198,5	140,4	99,0
2800	574,4	455,8	294,9	211,8	153,4	434,9	352,4	235,8	168,8	120,8

**Tabelle 85:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	63784,9	52477,2	37141,3	29208,2	23328,0	319114,0	268280,6	196466,9	155156,9	123958,1
400	66742,7	54910,7	38863,6	30562,6	24409,8	333911,8	280721,1	205577,4	162351,8	129706,2
500	69700,5	57344,1	40585,9	31917,0	25491,5	348709,5	293161,7	214687,8	169546,6	135454,3
600	72658,3	59777,5	42308,2	33271,4	26573,3	363507,3	305602,2	223798,3	176741,5	141202,5
700	75616,1	62211,0	44030,5	34625,9	27655,0	378305,1	318042,8	232908,7	183936,3	146950,6
800	77777,0	63988,8	45288,8	35615,4	28445,3	389116,3	327131,8	239564,8	189192,9	151150,1
900	79144,9	65114,3	46085,3	36241,8	28945,6	395959,8	332885,2	243778,1	192520,3	153808,5
1000	80512,8	66239,7	46881,8	36868,2	29445,9	402803,4	338638,7	247991,5	195847,7	156466,8
1100	81880,7	67365,1	47678,4	37494,6	29946,2	409647,0	344392,1	252204,8	199175,1	159125,2
1200	83248,6	68490,5	48474,9	38121,0	30446,5	416490,6	350145,5	256418,2	202502,6	161783,5
1300	84616,5	69615,9	49271,4	38747,3	30946,8	423334,2	355898,9	260631,5	205830,0	164441,9
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 86:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	14343,4	14343,4	14343,4	14343,4	13921,5	80308,3	80308,3	80308,3	80308,3	78154,3
400	14613,0	14613,0	14613,0	14613,0	14178,7	81997,9	81997,9	81997,9	81997,9	79765,9
500	14769,5	14769,5	14769,5	14769,5	14328,0	82854,8	82854,8	82854,8	82854,8	80583,3
600	14925,1	14925,1	14925,1	14925,1	14476,4	83705,6	83705,6	83705,6	83705,6	81394,8
700	15079,6	15079,6	15079,6	15079,6	14623,7	84550,2	84550,2	84550,2	84550,2	82200,4
800	15486,7	15486,7	15486,7	15486,7	15012,1	86974,7	86974,7	86974,7	86974,7	84513,1
900	15645,8	15645,8	15645,8	15645,8	15163,8	87853,5	87853,5	87853,5	87853,5	85351,3
1000	15803,8	15803,8	15803,8	15803,8	15314,5	88725,7	88725,7	88725,7	88725,7	86183,2
1100	15960,7	15960,7	15960,7	15960,7	15464,2	89591,2	89591,2	89591,2	89591,2	87008,8
1200	16116,5	16116,5	16116,5	16116,5	15612,8	90450,0	90450,0	90450,0	90450,0	87828,0
1300	16401,9	16401,9	16401,9	16401,9	15885,0	92045,6	92045,6	92045,6	92045,6	89349,9
1800	17336,1	17336,1	17336,1	17336,1	16776,2	96975,0	96975,0	96975,0	96975,0	94051,7
2300	18206,5	18206,5	18206,5	18206,5	17606,4	102029,8	102029,8	102029,8	102029,8	98873,2
2800	19114,8	19114,8	19114,8	19114,8	18472,7	107251,8	107251,8	107251,8	107251,8	103854,2

**Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)**

**Tabelle 87:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_c - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_c - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	50118,8	39462,9	25212,9	18020,0	13027,4	241986,9	194225,3	127756,8	90524,5	64343,4
400	52281,0	41108,9	26186,6	18666,0	13461,0	252091,2	202013,2	132398,8	93454,0	66165,7
500	54684,2	42970,5	27334,8	19466,6	14031,7	263800,9	211276,9	138324,7	97576,4	69076,7
600	57189,5	44920,3	28539,0	20302,5	14624,5	276080,5	221025,1	144551,8	101884,2	72102,5
700	59775,8	46946,0	29799,4	21176,5	15241,6	288829,3	231211,0	151094,0	106396,5	75255,1
800	61502,0	48233,9	30478,5	21541,8	15411,9	296903,5	237256,8	154175,7	107767,6	75569,9
900	62878,0	49294,0	31091,8	21918,1	15632,8	303695,9	242600,6	157366,9	109683,0	76642,7
1000	64281,2	50384,5	31737,8	22323,3	15875,9	310644,0	248121,5	160753,0	111769,6	77841,6
1100	65704,6	51498,5	32411,6	22755,2	16140,8	317707,9	253779,4	164305,6	114016,7	79167,6
1200	67143,3	52630,9	33108,6	23211,1	16426,6	324856,5	259541,4	167996,5	116409,6	80618,2
1300	68474,6	53660,6	33713,0	23581,5	16635,5	331384,6	264708,9	171155,3	118322,6	81645,3
1800	81150,7	63852,8	40459,2	28458,4	20138,4	394727,8	316887,6	207169,2	144498,4	100313,7
2300	97559,8	77154,3	49506,2	35250,6	25270,7	476316,4	384531,9	254951,5	180582,6	127572,3
2800	113856,1	90359,4	58502,8	42047,5	30472,9	557321,2	451658,6	302419,8	216649,5	155222,8

**Tabelle 88:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m² a)									
300	253,1	199,3	127,3	91,0	65,8	189,1	151,7	99,8	70,7	50,3
400	264,0	207,6	132,3	94,3	68,0	196,9	157,8	103,4	73,0	51,7
500	276,2	217,0	138,1	98,3	70,9	206,1	165,1	108,1	76,2	54,0
600	288,8	226,9	144,1	102,5	73,9	215,7	172,7	112,9	79,6	56,3
700	301,9	237,1	150,5	107,0	77,0	225,6	180,6	118,0	83,1	58,8
800	310,6	243,6	153,9	108,8	77,8	232,0	185,4	120,4	84,2	59,0
900	317,6	249,0	157,0	110,7	79,0	237,3	189,5	122,9	85,7	59,9
1000	324,7	254,5	160,3	112,7	80,2	242,7	193,8	125,6	87,3	60,8
1100	331,8	260,1	163,7	114,9	81,5	248,2	198,3	128,4	89,1	61,8
1200	339,1	265,8	167,2	117,2	83,0	253,8	202,8	131,2	90,9	63,0
1300	345,8	271,0	170,3	119,1	84,0	258,9	206,8	133,7	92,4	63,8
1800	409,9	322,5	204,3	143,7	101,7	308,4	247,6	161,9	112,9	78,4
2300	492,7	389,7	250,0	178,0	127,6	372,1	300,4	199,2	141,1	99,7
2800	575,0	456,4	295,5	212,4	153,9	435,4	352,9	236,3	169,3	121,3

**Tabelle 89:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	61881,6	50911,3	36033,0	28336,6	22631,9	309591,8	260275,2	190604,4	150527,1	120259,3
400	64839,4	53344,8	37755,3	29691,0	23713,7	324389,6	272715,8	199714,9	157722,0	126007,4
500	67797,2	55778,2	39477,6	31045,5	24795,4	339187,3	285156,3	208825,4	164916,8	131755,5
600	70755,0	58211,7	41199,9	32399,9	25877,2	353985,1	297596,9	217935,8	172111,7	137503,6
700	73712,8	60645,1	42922,2	33754,3	26958,9	368782,9	310037,5	227046,3	179306,5	143251,7
800	75993,7	62521,7	44250,4	34798,8	27793,1	380194,2	319631,0	234071,8	184854,9	147684,4
900	77614,5	63855,1	45194,2	35541,0	28385,9	388303,1	326448,1	239064,1	188797,5	150834,2
1000	79235,3	65188,6	46137,9	36283,2	28978,7	396411,9	333265,3	244056,4	192740,1	153984,1
1100	80856,1	66522,1	47081,7	37025,4	29571,4	404520,7	340082,4	249048,7	196682,7	157133,9
1200	82476,9	67855,5	48025,5	37767,6	30164,2	412629,6	346899,5	254041,1	200625,3	160283,7
1300	84097,7	69189,0	48969,3	38509,8	30757,0	420738,4	353716,7	259033,4	204567,9	163433,6
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 90:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	15414,9	15414,9	15414,9	15414,9	14943,6	85715,3	85715,3	85715,3	85715,3	83311,8
400	15564,3	15564,3	15564,3	15564,3	15086,1	86816,1	86816,1	86816,1	86816,1	84361,8
500	15599,7	15599,7	15599,7	15599,7	15119,9	87070,3	87070,3	87070,3	87070,3	84604,2
600	15640,7	15640,7	15640,7	15640,7	15159,0	87351,0	87351,0	87351,0	87351,0	84872,0
700	15687,4	15687,4	15687,4	15687,4	15203,5	87658,3	87658,3	87658,3	87658,3	85165,1
800	16004,2	16004,2	16004,2	16004,2	15505,7	89642,7	89642,7	89642,7	89642,7	87057,8
900	16068,0	16068,0	16068,0	16068,0	15566,5	90048,4	90048,4	90048,4	90048,4	87444,9
1000	16137,3	16137,3	16137,3	16137,3	15632,7	90480,0	90480,0	90480,0	90480,0	87856,5
1100	16212,2	16212,2	16212,2	16212,2	15704,1	90937,4	90937,4	90937,4	90937,4	88292,8
1200	16292,7	16292,7	16292,7	16292,7	15780,9	91420,6	91420,6	91420,6	91420,6	88753,7
1300	16510,7	16510,7	16510,7	16510,7	15988,8	92678,7	92678,7	92678,7	92678,7	89953,8
1800	17197,9	17197,9	17197,9	17197,9	16644,3	96366,5	96366,5	96366,5	96366,5	93471,4
2300	17991,6	17991,6	17991,6	17991,6	17401,4	101016,6	101016,6	101016,6	101016,6	97906,8
2800	18988,4	18988,4	18988,4	18988,4	18352,2	106627,0	106627,0	106627,0	106627,0	103258,3

**Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)****Tabelle 91:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_v - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	49690,2	39049,9	24851,3	17704,3	12757,4	239626,5	191957,3	125763,6	88787,1	62865,0
400	52080,9	40891,9	25967,7	18465,5	13285,0	250969,2	200807,8	131196,2	92360,9	65214,1
500	54689,8	42939,3	27258,1	19379,6	13946,5	263819,7	211096,9	137904,8	97106,4	68623,1
600	57373,2	45057,7	28600,5	20327,2	14627,6	277104,2	221795,6	144904,9	102028,9	72129,7
700	60108,8	47230,4	29990,1	21308,7	15329,6	290698,2	232816,7	152181,3	107139,0	75744,1
800	58859,7	46136,8	29097,6	20515,1	14625,9	284034,0	226825,6	147070,1	102486,5	71543,3
900	60682,0	47579,6	30005,3	21135,5	15047,8	293094,0	234156,7	151840,4	105717,3	73695,7
1000	62508,4	49030,5	30926,0	21768,4	15478,6	302180,8	241538,0	156693,3	109026,1	75899,4
1100	64332,9	50483,0	31854,2	22410,1	15916,5	311258,2	248931,4	161595,9	112394,3	78147,9
1200	66150,6	51931,7	32784,7	23056,9	16359,5	320298,2	256305,7	166517,4	115800,4	80431,7
1300	67848,2	53264,8	33609,6	23606,2	16715,4	328648,1	263013,9	170833,0	118657,5	82234,6
1800	81528,4	64226,9	40822,5	28808,3	20457,7	396799,8	318947,7	209189,4	146457,0	102105,1
2300	96996,3	76594,4	48956,7	34714,9	24774,4	473214,1	381438,4	251890,0	177575,1	124771,1
2800	111774,0	88285,2	56452,5	40030,2	28581,2	545855,7	440207,5	291031,9	205378,3	144605,3

**Tabelle 92:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m <sup>2</sup> a)									
300	251,0	197,2	125,5	89,4	64,4	187,2	150,0	98,3	69,4	49,1
400	263,0	206,5	131,2	93,3	67,1	196,1	156,9	102,5	72,2	50,9
500	276,2	216,9	137,7	97,9	70,4	206,1	164,9	107,7	75,9	53,6
600	289,8	227,6	144,4	102,7	73,9	216,5	173,3	113,2	79,7	56,4
700	303,6	238,5	151,5	107,6	77,4	227,1	181,9	118,9	83,7	59,2
800	297,3	233,0	147,0	103,6	73,9	221,9	177,2	114,9	80,1	55,9
900	306,5	240,3	151,5	106,7	76,0	229,0	182,9	118,6	82,6	57,6
1000	315,7	247,6	156,2	109,9	78,2	236,1	188,7	122,4	85,2	59,3
1100	324,9	255,0	160,9	113,2	80,4	243,2	194,5	126,2	87,8	61,1
1200	334,1	262,3	165,6	116,4	82,6	250,2	200,2	130,1	90,5	62,8
1300	342,7	269,0	169,7	119,2	84,4	256,8	205,5	133,5	92,7	64,2
1800	411,8	324,4	206,2	145,5	103,3	310,0	249,2	163,4	114,4	79,8
2300	489,9	386,8	247,3	175,3	125,1	369,7	298,0	196,8	138,7	97,5
2800	564,5	445,9	285,1	202,2	144,3	426,4	343,9	227,4	160,5	113,0

**Tabelle 93:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_T + Q_V$  in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	61881,3	50911,1	36032,9	28336,5	22631,8	309590,3	260274,0	190603,6	150526,4	120258,7
400	64839,1	53344,5	37755,2	29690,9	23713,6	324388,1	272714,6	199714,0	157721,3	126006,8
500	67796,9	55778,0	39477,5	31045,3	24795,3	339185,9	285155,1	208824,5	164916,1	131754,9
600	70754,7	58211,4	41199,8	32399,8	25877,1	353983,7	297595,7	217934,9	172111,0	137503,0
700	73712,5	60644,9	42922,1	33754,2	26958,8	368781,5	310036,2	227045,4	179305,8	143251,2
800	72758,4	59859,9	42366,5	33317,3	26609,9	364008,1	306023,3	224106,6	176985,0	141397,0
900	74748,8	61497,5	43525,5	34228,7	27337,8	373966,1	314395,0	230237,4	181826,7	145265,1
1000	76739,2	63135,0	44684,5	35140,2	28065,8	383924,2	322766,8	236368,2	186668,4	149133,3
1100	78729,7	64772,6	45843,5	36051,6	28793,7	393882,2	331138,6	242499,0	191510,1	153001,4
1200	80720,1	66410,2	47002,5	36963,1	29521,7	403840,2	339510,3	248629,8	196351,8	156869,6
1300	82710,5	68047,7	48161,5	37874,5	30249,7	413798,3	347882,1	254760,6	201193,6	160737,7
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 94:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	15231,3	15231,3	15231,3	15231,3	14768,4	84750,3	84750,3	84750,3	84750,3	82391,3
400	15222,6	15222,6	15222,6	15222,6	14760,2	85010,2	85010,2	85010,2	85010,2	82639,2
500	15121,8	15121,8	15121,8	15121,8	14664,1	84542,7	84542,7	84542,7	84542,7	82193,3
600	15047,1	15047,1	15047,1	15047,1	14592,8	84209,9	84209,9	84209,9	84209,9	81875,9
700	14998,4	14998,4	14998,4	14998,4	14546,3	84011,8	84011,8	84011,8	84011,8	81686,9
800	15217,2	15217,2	15217,2	15217,2	14755,0	85447,1	85447,1	85447,1	85447,1	83055,9
900	15224,5	15224,5	15224,5	15224,5	14762,0	85550,3	85550,3	85550,3	85550,3	83154,4
1000	15258,5	15258,5	15258,5	15258,5	14794,4	85792,2	85792,2	85792,2	85792,2	83385,1
1100	15319,1	15319,1	15319,1	15319,1	14852,2	86172,6	86172,6	86172,6	86172,6	83747,9
1200	15406,4	15406,4	15406,4	15406,4	14935,5	86691,5	86691,5	86691,5	86691,5	84242,9
1300	15642,0	15642,0	15642,0	15642,0	15160,2	88040,8	88040,8	88040,8	88040,8	85529,9
1800	16785,6	16785,6	16785,6	16785,6	16251,0	94168,6	94168,6	94168,6	94168,6	91374,9
2300	18596,9	18596,9	18596,9	18596,9	17978,7	104264,5	104264,5	104264,5	104264,5	101004,8
2800	21196,4	21196,4	21196,4	21196,4	20458,3	118521,0	118521,0	118521,0	118521,0	114603,4

**Klimaregion Südost – nördlicher Teil (N/SO)**

**Tabelle 95:** Jährlicher Heizwärmebedarf  $Q_h = Q_e - \eta_h \cdot Q_g$  in der Klimaregion Südost – nördlicher Teil (N/SO)

Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_e - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Südost – nördlicher Teil (N/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	48874,8	38420,6	24465,7	17440,8	12575,6	235761,6	188918,0	123847,1	87498,4	62001,3
400	51185,2	40187,5	25515,6	18139,0	13044,8	246655,6	197353,4	128913,1	90724,0	64027,4
500	53716,2	42159,5	26736,5	18987,2	13645,2	259040,7	207194,5	135213,2	95082,7	67077,4
600	56333,6	44212,5	28016,8	19875,6	14271,3	271924,7	217498,2	141842,8	99655,7	70261,0
700	59013,8	46329,5	29352,1	20804,8	14924,9	285180,6	228180,8	148792,2	104455,4	73589,9
800	60911,1	47777,4	30168,8	21286,2	15187,7	294170,7	235104,0	152656,4	106490,7	74431,2
900	62494,9	49024,6	30939,3	21797,8	15520,2	302003,6	241405,6	156680,2	109126,6	76092,5
1000	64085,1	50281,7	31725,3	22325,9	15867,1	309878,4	247770,2	160801,6	111865,8	77839,7
1100	65676,6	51543,3	32521,6	22866,7	16226,1	317765,9	254166,3	164990,7	114688,0	79663,0
1200	67265,3	52805,0	33323,8	23416,5	16594,7	325643,6	260568,4	169220,1	117572,0	81550,2
1300	68733,8	53950,3	34018,8	23867,4	16875,4	332832,4	266302,3	172835,9	119897,2	82950,5
1800	81387,8	64086,3	40682,0	28668,2	20324,4	395929,9	318078,3	208322,9	145596,4	101291,3
2300	97104,8	76703,5	49067,2	34827,0	24883,5	473954,1	382179,3	252632,6	178318,8	125483,0
2800	112346,9	88858,5	57026,5	40604,1	29129,7	549632,7	443983,7	294798,7	209124,1	148157,0

**Tabelle 96:** Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes  $Q_i = Q_r + Q_v$  in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)

Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_i = Q_r + Q_v$ in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	60796,7	50018,8	35401,3	27839,8	22235,1	304164,1	255712,1	187262,8	147888,1	118150,9
400	63754,5	52452,2	37123,6	29194,2	23316,9	318961,9	268152,7	196373,2	155083,0	123899,0
500	66712,3	54885,6	38845,9	30548,7	24398,6	333759,6	280593,2	205483,7	162277,8	129647,1
600	69670,1	57319,1	40568,2	31903,1	25480,4	348557,4	293033,8	214594,2	169472,7	135395,2
700	72627,9	59752,5	42290,5	33257,5	26562,1	363355,2	305474,3	223704,6	176667,5	141143,4
800	74985,3	61692,0	43663,2	34337,0	27424,3	375149,4	315389,8	230965,9	182402,0	145724,8
900	76751,3	63145,0	44691,5	35145,7	28070,2	383984,6	322817,6	236405,4	186697,8	149156,7
1000	78517,3	64597,9	45719,9	35954,4	28716,1	392819,7	330245,3	241844,9	190993,5	152588,7
1100	80283,3	66050,8	46748,2	36763,1	29361,9	401654,9	337673,1	247284,4	195289,3	156020,7
1200	82049,3	67503,7	47776,5	37571,7	30007,8	410490,1	345100,9	252723,9	199585,1	159452,7
1300	83815,2	68956,6	48804,8	38380,4	30653,7	419325,3	352528,6	258163,4	203880,8	162884,6
1800	97775,3	80441,8	56933,6	44772,9	35759,3	489166,8	411244,8	301162,3	237838,6	190014,2
2300	115147,3	94734,2	67049,2	52727,9	42112,7	576078,6	484311,9	354670,7	280096,2	223774,6
2800	132519,3	109026,5	77164,7	60682,8	48466,2	662990,5	557379,1	408179,2	322353,7	257535,1

**Tabelle 97:** Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes  $Q_g = Q_i + Q_s$  in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)

Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
300	15040,1	15040,1	15040,1	15040,1	14586,1	83653,8	83653,8	83653,8	83653,8	81345,4
400	15089,4	15089,4	15089,4	15089,4	14633,1	84248,4	84248,4	84248,4	84248,4	81912,5
500	15049,4	15049,4	15049,4	15049,4	14594,9	84150,6	84150,6	84150,6	84150,6	81819,2
600	15028,9	15028,9	15028,9	15028,9	14575,4	84147,4	84147,4	84147,4	84147,4	81816,2
700	15028,0	15028,0	15028,0	15028,0	14574,5	84238,9	84238,9	84238,9	84238,9	81903,5
800	15296,5	15296,5	15296,5	15296,5	14830,7	85990,7	85990,7	85990,7	85990,7	83574,4
900	15341,7	15341,7	15341,7	15341,7	14873,8	86327,2	86327,2	86327,2	86327,2	83895,4
1000	15406,5	15406,5	15406,5	15406,5	14935,6	86757,4	86757,4	86757,4	86757,4	84305,8
1100	15490,8	15490,8	15490,8	15490,8	15016,0	87281,4	87281,4	87281,4	87281,4	84805,5
1200	15594,7	15594,7	15594,7	15594,7	15115,2	87898,9	87898,9	87898,9	87898,9	85394,6
1300	15844,5	15844,5	15844,5	15844,5	15353,3	89330,3	89330,3	89330,3	89330,3	86759,9
1800	16930,9	16930,9	16930,9	16930,9	16389,7	95064,0	95064,0	95064,0	95064,0	92228,9
2300	18487,9	18487,9	18487,9	18487,9	17874,8	103510,5	103510,5	103510,5	103510,5	100285,7
2800	20606,9	20606,9	20606,9	20606,9	19896,0	114636,0	114636,0	114636,0	114636,0	110897,7

**Tabelle 98:** spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)

spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO)										
Höhen- klasse	EFH					MFH				
	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001	bis1945	1945-1980	1981-1990	1991-2001	nach2001
	kWh/(m <sup>2</sup> a)									
300	246,8	194,0	123,6	88,1	63,5	184,2	147,6	96,8	68,4	48,4
400	258,5	203,0	128,9	91,6	65,9	192,7	154,2	100,7	70,9	50,0
500	271,3	212,9	135,0	95,9	68,9	202,4	161,9	105,6	74,3	52,4
600	284,5	223,3	141,5	100,4	72,1	212,4	169,9	110,8	77,9	54,9
700	298,0	234,0	148,2	105,1	75,4	222,8	178,3	116,2	81,6	57,5
800	307,6	241,3	152,4	107,5	76,7	229,8	183,7	119,3	83,2	58,1
900	315,6	247,6	156,3	110,1	78,4	235,9	188,6	122,4	85,3	59,4
1000	323,7	253,9	160,2	112,8	80,1	242,1	193,6	125,6	87,4	60,8
1100	331,7	260,3	164,3	115,5	82,0	248,3	198,6	128,9	89,6	62,2
1200	339,7	266,7	168,3	118,3	83,8	254,4	203,6	132,2	91,9	63,7
1300	347,1	272,5	171,8	120,5	85,2	260,0	208,0	135,0	93,7	64,8
1800	411,0	323,7	205,5	144,8	102,6	309,3	248,5	162,8	113,7	79,1
2300	490,4	387,4	247,8	175,9	125,7	370,3	298,6	197,4	139,3	98,0
2800	567,4	448,8	288,0	205,1	147,1	429,4	346,9	230,3	163,4	115,7

### Anhang F

#### Verlustwerte der Wärmeabgabe für Raumwärme bezogen auf unterschiedliche Heiztagzahlen

**Ganzjähriger Heizbetrieb mit  $d_{Heiz,a} = 365$**

**Tabelle 99:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{Heiz,a} = 365$

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{H,WA}$				
			Einheit	EFH mit BF = 158,4 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	7,91	5,70	4,30	5,25
Januar	$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Februar	$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	221,41	159,67	120,28	146,89
März	$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
April	$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Mai	$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Juni	$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Juli	$d_{Heiz,7}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
August	$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
September	$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Oktober	$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
November	$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Dezember	$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Jahr	$d_{Heiz,365}$	365 h/a	kWh/a	2886,18	2081,38	1567,97	1914,87

**Tabelle 100:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{Heiz,a} = 365$

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{H,WA}$				
			Einheit	MFH mit BF = 1.024 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	51,12	36,86	27,77	33,91
Januar	$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Februar	$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	1431,31	1032,19	777,58	949,62
März	$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
April	$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Mai	$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Juni	$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Juli	$d_{Heiz,7}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
August	$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
September	$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Oktober	$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
November	$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Dezember	$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Jahr	$d_{Heiz,365}$	365 h/a	kWh/a	18658,10	13455,36	10136,37	12378,93

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 1.201 m bis 2.800 m mit  $d_{\text{Heiz},a} = 337$** **Tabelle 101:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{\text{Heiz},a} = 337$ 

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	EFH mit BF = 158,4 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	7,91	5,70	4,30	5,25
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	221,41	159,67	120,28	146,89
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	3 d/M	kWh/M	22,84	16,47	12,41	15,16
August	$d_{\text{Heiz},8}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
September	$d_{\text{Heiz},9}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Jahr	$d_{\text{Heiz},337}$	337 d/a	kWh/a	2663,89	1921,08	1447,21	1767,39

**Tabelle 102:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{\text{Heiz},a} = 337$ 

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	MFH mit BF = 1.024 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	51,12	36,86	27,77	33,91
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	1431,31	1032,19	777,58	949,62
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	3 d/M	kWh/M	147,67	106,50	80,23	97,98
August	$d_{\text{Heiz},8}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
September	$d_{\text{Heiz},9}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Jahr	$d_{\text{Heiz},337}$	337 d/a	kWh/a	17221,11	12419,07	9355,70	11425,55

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 701 m bis 1.2001 m mit  $d_{\text{Heiz},a} = 303$** **Tabelle 103:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{\text{Heiz},a} = 303$ 

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	EFH mit BF = 158,4 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	7,91	5,70	4,30	5,25
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	221,41	159,67	120,28	146,89
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	23 d/M	kWh/M	185,56	133,82	100,81	123,11
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
August	$d_{\text{Heiz},8}$	7 d/M	kWh/M	56,41	40,68	30,64	37,42
September	$d_{\text{Heiz},9}$	30 d/M	kWh/M	235,11	169,55	127,73	155,99
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Jahr	$d_{\text{Heiz},303}$	303 d/a	kWh/a	2398,56	1729,73	1303,06	1591,35

**Tabelle 104:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32,  $d_{\text{Heiz},a} = 303$ 

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	MFH mit BF = 1.024 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	51,12	36,86	27,77	33,91
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	1431,31	1032,19	777,58	949,62
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	23 d/M	kWh/M	1199,57	865,08	651,69	795,87
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
August	$d_{\text{Heiz},8}$	7 d/M	kWh/M	364,64	262,96	198,10	241,93
September	$d_{\text{Heiz},9}$	30 d/M	kWh/M	1519,91	1096,09	825,72	1008,40
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Jahr	$d_{\text{Heiz},303}$	303 d/a	kWh/a	15505,82	11182,08	8423,83	10287,51

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 300 m bis 700 m mit  $d_{\text{Heiz},a} = 256$** **Tabelle 105:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	EFH mit BF = 158,4 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	7,91	5,70	4,30	5,25
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	221,41	159,67	120,28	146,89
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	23 d/M	kWh/M	180,81	130,39	98,23	119,96
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	2 d/M	kWh/M	12,65	9,12	6,87	8,39
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
August	$d_{\text{Heiz},8}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
September	$d_{\text{Heiz},9}$	19 d/M	kWh/M	150,77	108,73	81,91	100,03
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	237,22	171,07	128,87	157,39
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	245,13	176,77	133,17	162,63
Jahr	$d_{\text{Heiz},256}$	256 d/a	kWh/a	2020,59	1457,15	1097,72	1340,58

**Tabelle 106:** Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32

Betriebszeit der Heizung			Verluste der Wärmeabgabe an den Raum $Q_{\text{H,WA}}$				
			Einheit	MFH mit BF = 1.024 m <sup>2</sup>			
				H,WA-1	H,WA-2	H,WA-3	H,WA-4
Tag	$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	51,12	36,86	27,77	33,91
Januar	$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Februar	$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	1431,31	1032,19	777,58	949,62
März	$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
April	$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Mai	$d_{\text{Heiz},5}$	23 d/M	kWh/M	1168,90	842,96	635,03	775,52
Juni	$d_{\text{Heiz},6}$	2 d/M	kWh/M	81,79	58,98	44,43	54,26
Juli	$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
August	$d_{\text{Heiz},8}$	0 d/M	kWh/M	0,00	0,00	0,00	0,00
September	$d_{\text{Heiz},9}$	19 d/M	kWh/M	974,65	702,87	529,50	646,64
Oktober	$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
November	$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	1533,54	1105,92	833,13	1017,45
Dezember	$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	1584,66	1142,78	860,90	1051,36
Jahr	$d_{\text{Heiz},256}$	256 d/a	kWh/a	13062,37	9419,98	7096,39	8666,38

### Anhang G

#### Verlustwerte der Wärmeverteilung Raumheizung bezogen auf unterschiedliche Heiztagzahlen

**Ganzjähriger Heizbetrieb mit  $d_{Heiz,a} = 365$**

**Tabelle 107:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für EFH,  $d_{Heiz,a} = 365$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,365}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	EFH - kl-fl. Wärmeemitter				EFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	196,0	140,3	55,3	20,7	35,0	13,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	5.488,2	3.928,6	1.548,1	580,4	979,8	379,2
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,7}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{h,a}$	365 d/a	kWh/a	71.542,9	51.211,5	20.181,0	7.566,3	12.772,3	4.943,7

**Tabelle 108:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für MFH,  $d_{Heiz,a} = 365$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,365}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	MFH - kl-fl. Wärmeemitter				MFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	1.426,9	1.025,0	337,0	124,9	205,8	78,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	39.952,0	28.701,1	9.435,2	3.497,9	5.761,1	2.197,3
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,7}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{h,a}$	365 d/a	kWh/a	520.803,1	374.139,1	122.994,1	45.597,3	75.099,7	28.643,6

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 1.201 m bis 2.800 m mit  $d_{Heiz,a} = 337$**

**Tabelle 109:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für EFH,  $d_{Heiz,a} = 3337$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,337}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	EFH - kl-fl. Wärmeemitter				EFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	196,0	140,3	55,3	20,7	35,0	13,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	5.488,2	3.928,6	1.548,1	580,4	979,8	379,2
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,7}$	3 d/M	kWh/M	566,2	405,3	159,7	59,9	101,1	39,1
$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{h,a}$	337 d/a	kWh/a	66.032,9	47.267,4	18.626,7	6.983,5	11.788,6	4.563,0

**Tabelle 110:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für MFH,  $d_{Heiz,a} = 337$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,337}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	MFH - kl-fl. Wärmeemitter				MFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	1.426,9	1.025,0	337,0	124,9	205,8	78,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	39.952,0	28.701,1	9.435,2	3.497,9	5.761,1	2.197,3
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,6}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,7}$	3 d/M	kWh/M	4.122,0	2.961,2	973,5	360,9	594,4	226,7
$d_{Heiz,8}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{h,a}$	337 d/a	kWh/a	480.692,5	345.324,1	113.521,5	42.085,6	69.315,8	26.437,5

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 701 m bis 1.2001 m mit  $d_{Heiz,a} = 303$**

**Tabelle 111:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für EFH,  $d_{Heiz,a} = 303$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,303}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	EFH - kl-fl. Wärmeemitter				EFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	196,0	140,3	55,3	20,7	35,0	13,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	5.488,2	3.928,6	1.548,1	580,4	979,8	379,2
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,6}$	23 d/M	kWh/M	4.599,7	3.292,5	1.297,5	486,5	821,2	317,8
$d_{Heiz,7}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{Heiz,8}$	7 d/M	kWh/M	1.398,2	1.000,8	394,4	147,9	249,6	96,6
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	5.828,0	4.171,8	1.644,0	616,4	1.040,4	402,7
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{h,a}$	303 d/a	kWh/a	59.455,8	42.559,3	16.771,4	6.287,9	10.614,4	4.108,5

**Tabelle 112:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{H,WV}$  für MFH,  $d_{Heiz,a} = 303$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{HEIZ,303}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$						
		Einheit	MFH - kl-fl. Wärmeemitter				MFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	1.426,9	1.025,0	337,0	124,9	205,8	78,5
$d_{Heiz,1}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,2}$	28 d/M	kWh/M	39.952,0	28.701,1	9.435,2	3.497,9	5.761,1	2.197,3
$d_{Heiz,3}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,4}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,5}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,6}$	23 d/M	kWh/M	33.483,6	24.054,2	7.907,6	2.931,6	4.828,3	1.841,6
$d_{Heiz,7}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{Heiz,8}$	7 d/M	kWh/M	10.178,3	7.311,9	2.403,7	891,1	1.467,7	559,8
$d_{Heiz,9}$	30 d/M	kWh/M	42.425,2	30.477,8	10.019,2	3.714,4	6.117,7	2.333,3
$d_{Heiz,10}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{Heiz,11}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{Heiz,12}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{h,a}$	303 d/a	kWh/a	432.813,5	310.928,4	102.214,2	37.893,7	62.411,6	23.804,2

**Heizbetrieb in der Referenzhöhenklasse 300 m bis 700 m mit  $d_{\text{Heiz},a} = 256$** **Tabelle 113:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{\text{H,WV}}$  für EFH,  $d_{\text{Heiz},a} = 256$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{\text{HEIZ},256}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$						
		Einheit	EFH - kl-fl. Wärmeemitter				EFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	196,0	140,3	55,3	20,7	35,0	13,5
$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	5.488,2	3.928,6	1.548,1	580,4	979,8	379,2
$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{\text{Heiz},5}$	23 d/M	kWh/M	4.482,1	3.208,3	1.264,3	474,0	800,2	309,7
$d_{\text{Heiz},6}$	2 d/M	kWh/M	313,6	224,5	88,5	33,2	56,0	21,7
$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{\text{Heiz},8}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{\text{Heiz},9}$	19 d/M	kWh/M	3.737,2	2.675,2	1.054,2	395,2	667,2	258,2
$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	5.880,2	4.209,2	1.658,7	621,9	1.049,8	406,3
$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	6.076,2	4.349,5	1.714,0	642,6	1.084,8	419,9
$d_{\text{h,a}}$	256 d/a	kWh/a	50.086,6	35.852,7	14.128,5	5.297,1	8.941,8	3.461,1

**Tabelle 114:** tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung)  $Q_{\text{H,WV}}$  für MFH,  $d_{\text{Heiz},a} = 256$  gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM

Betriebszeit der Heizung $d_{\text{HEIZ},256}$		tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$						
		Einheit	MFH - kl-fl. Wärmeemitter				MFH - Flächenheizung	
			HT-1	NT-1	TT-1	TT-2	TT-1	TT-2
$t_{\text{h,d}}$	24 h/d	kWh/d	1.426,9	1.025,0	337,0	124,9	205,8	78,5
$d_{\text{Heiz},1}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{\text{Heiz},2}$	28 d/M	kWh/M	39.952,0	28.701,1	9.435,2	3.497,9	5.761,1	2.197,3
$d_{\text{Heiz},3}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{\text{Heiz},4}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{\text{Heiz},5}$	23 d/M	kWh/M	32.627,5	23.439,2	7.705,4	2.856,6	4.704,9	1.794,5
$d_{\text{Heiz},6}$	2 d/M	kWh/M	2.283,0	1.640,1	539,2	199,9	329,2	125,6
$d_{\text{Heiz},7}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{\text{Heiz},8}$	0 d/M	kWh/M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$d_{\text{Heiz},9}$	19 d/M	kWh/M	27.205,4	19.544,1	6.424,9	2.381,9	3.923,0	1.496,3
$d_{\text{Heiz},10}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{\text{Heiz},11}$	30 d/M	kWh/M	42.805,7	30.751,2	10.109,1	3.747,7	6.172,6	2.354,3
$d_{\text{Heiz},12}$	31 d/M	kWh/M	44.232,6	31.776,2	10.446,1	3.872,6	6.378,3	2.432,7
$d_{\text{h,a}}$	256 d/a	kWh/a	364.609,7	261.931,5	86.107,1	31.922,3	52.576,6	20.053,1

## Anhang H

### Wärmeverluste der Warmwasserspeicher

#### **Wärmeverluste der indirekt beheizten Warmwasserspeicher**

**Tabelle 115:** Wärmeverluste eines indirekt beheizter 300 l Warmwasserspeicher, ohne E-Patronen oder Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	EFH ab 2001	EFH 1991-2001	EFH 1981-1990	EFH vor 1980
			TW-WS-300 ab 1994	TW-WS-300 1986 -1994	TW-WS-300 1978 - 1986	TW-WS-300 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	3,5	3,6	3,8	6,1
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	98,9	101,4	106,6	169,9
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	105,9	108,7	114,2	182,1
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	105,9	108,7	114,2	182,1
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	105,9	108,7	114,2	182,1
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	105,9	108,7	114,2	182,1
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	109,5	112,3	118,0	188,1
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	1289,0	1322,4	1389,1	2215,1

**Tabelle 116:** Wärmeverluste eines indirekt beheizter 1800 l Warmwasserspeicher, ohne E-Patronen oder Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	MFH ab 2001	MFH 1991-2001	MFH1981-1990	MFH vor 1980
			TW-WS-1800 ab 1994	TW-WS-1800 1986 - 1994	TW-WS-1800 1978 - 1986	TW-WS-1800 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	5,4	5,6	6,0	12,4
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	152,5	157,7	168,2	347,1
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	163,4	169,0	180,2	371,9
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	163,4	169,0	180,2	371,9
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	163,4	169,0	180,2	371,9
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	163,4	169,0	180,2	371,9
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	168,8	174,6	186,2	384,3
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	1988,0	2056,3	2192,9	4524,3

**Wärmeverluste der indirekt beheizten Solarspeicher****Tabelle 117:** Wärmeverluste eines indirekt beheizten 400l Solarspeicher, ohne E-Patronen aber mit Anschlüssen der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	EFH ab 2001	EFH 1991-2001	EFH 1981-1990	EFH vor 1980
			TW-WS-400 ab 1994	TW-WS-400 1986 - 1994	TW-WS-400 1978 - 1986	TW-WS-400 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	4,1	4,2	4,3	6,4
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	114,5	116,7	121,1	178,3
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	122,7	125,0	129,7	191,0
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	122,7	125,0	129,7	191,0
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	122,7	125,0	129,7	191,0
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	122,7	125,0	129,7	191,0
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	126,8	129,2	134,0	197,4
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	1492,6	1521,1	1578,2	2324,0

**Tabelle 118:** Wärmeverluste eines indirekt beheizten 2500l Solarspeicher, ohne E-Patronen aber mit Anschlüssen der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	MFH ab 2001	MFH 1991-2001	MFH 1981-1990	MFH vor 1980
			TW-WS-2500 ab 1994	TW-WS-2500 1986 - 1994	TW-WS-2500 1978 - 1986	TW-WS-2500 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	5,8	5,9	6,3	12,1
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	161,8	166,4	175,5	339,6
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	173,4	178,2	188,0	363,8
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	173,4	178,2	188,0	363,8
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	173,4	178,2	188,0	363,8
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	173,4	178,2	188,0	363,8
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	179,1	184,2	194,3	375,9
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	2109,3	2168,7	2287,4	4426,4

**Wärmeverluste der indirekt beheizten Wärmepumpenspeicher****Tabelle 119:** Wärmeverluste eines indirekt beheizten 400l Wärmepumpenspeichers, ohne E-Patronen und Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	EFH ab 2001	EFH 1991-2001	EFH 1981-1990	EFH vor 1980
			TW-WS-400 ab 1994	TW-WS-400 1986 - 1994	TW-WS-400 1978 - 1986	TW-WS-400 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	2,9	2,9	3,1	5,1
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	80,1	82,3	86,7	143,9
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	85,8	88,2	92,8	154,1
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	85,8	88,2	92,8	154,1
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	85,8	88,2	92,8	154,1
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	85,8	88,2	92,8	154,1
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	88,7	91,1	95,9	159,3
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	1044,1	1072,6	1129,7	1875,4

**Tabelle 120:** Wärmeverluste eines indirekt beheizten 2500l Wärmepumpenspeichers, ohne E-Patronen und Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen

Betriebszeit		Einheit	MFH ab 2001	MFH 1991-2001	MFH 1981-1990	MFH vor 1980
			TW-WS-2500 ab 1994	TW-WS-2500 1986 - 1994	TW-WS-2500 1978 - 1986	TW-WS-2500 vor 1978
$t_{h,d}$	24 h/d	kWh/d	4,6	4,7	5,0	10,9
$d_{Nutz,1}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,2}$	28 d/M	kWh/M	127,4	132,0	141,1	305,1
$d_{Nutz,3}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,4}$	30 d/M	kWh/M	136,5	141,4	151,1	326,9
$d_{Nutz,5}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,6}$	30 d/M	kWh/M	136,5	141,4	151,1	326,9
$d_{Nutz,7}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,8}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,9}$	30 d/M	kWh/M	136,5	141,4	151,1	326,9
$d_{Nutz,10}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{Nutz,11}$	30 d/M	kWh/M	136,5	141,4	151,1	326,9
$d_{Nutz,12}$	31 d/M	kWh/M	141,1	146,1	156,2	337,8
$d_{h,a}$	365 h/a	kWh/a	1660,8	1720,2	1838,8	3977,8

**Wärmeverluste der direkt mit Strom beheizten**

**Tabelle 121:** Wärmeverluste der direkt mit Strom beheizten 250 l und sechs mal 250 l Warmwasserspeicher

Betriebszeit		Einheit	TW-WS-250			TW-WS-6x250		
			ab 1994	von 1989 bis 1994	vor 1989	ab 1994	von 1989 bis 1994	vor 1989
			EFH & MFH ab 2001	EFH & MFH 1991-2001	EFH & MFH vor 1990	EFH & MFH ab 2001	EFH & MFH 1991-2001	EFH & MFH vor 1990
t <sub>h,d</sub>	24 h/d	kWh/d	3,3	3,8	4,1	19,9	22,7	24,3
d <sub>Nutz,1</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,2</sub>	28 d/M	kWh/M	92,7	105,8	113,6	556,3	634,6	681,6
d <sub>Nutz,3</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,4</sub>	30 d/M	kWh/M	99,3	113,3	121,7	596,1	680,0	730,3
d <sub>Nutz,5</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,6</sub>	30 d/M	kWh/M	99,3	113,3	121,7	596,1	680,0	730,3
d <sub>Nutz,7</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,8</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,9</sub>	30 d/M	kWh/M	99,3	113,3	121,7	596,1	680,0	730,3
d <sub>Nutz,10</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>Nutz,11</sub>	30 d/M	kWh/M	99,3	113,3	121,7	596,1	680,0	730,3
d <sub>Nutz,12</sub>	31 d/M	kWh/M	102,7	117,1	125,8	616,0	702,6	754,7
d <sub>h,a</sub>	365 h/a	kWh/a	1208,7	1378,8	1480,9	7252,3	8273,1	8885,5

**Anhang I**  
Referenzsysteme

**Tabelle 122:** Aufbau der Referenzen der Raumheizung für Wärmeabgabe und -verteilung

Wärmeabgabe				Wärmeverteilung		
Bezeichnung	Regelung	Wärmeverbrauchs-feststellung	Wärmeabgabesystem	Dämmung der Rohrleitung	Systemtemperaturen	Bezeichnung
H,WA-1	Heizkörper – Regulierventil	individuell	kleinflächig	ungedämmt	90/70	HT-1
					70/55	NT-1
				1/3 d <sub>Rohr</sub>	55/45	TT-1
				2/3 d <sub>Rohr</sub>	40/30	TT-2
H,WA-2	Einzelraumregelung – Thermostatventil	individuell	kleinflächig	ungedämmt	90/70	HT-1
					70/55	NT-1
				1/3 d <sub>Rohr</sub>	55/45	TT-1
				2/3 d <sub>Rohr</sub>	40/30	TT-2
H,WA-3	Raumthermostat – Zonenregelung	individuell	kleinflächig	ungedämmt	90/70	HT-1
					70/55	NT-1
				1/3 d <sub>Rohr</sub>	55/45	TT-1
				2/3 d <sub>Rohr</sub>	40/30	TT-2
H,WA-4	Raumthermostat – Zonenregelung	individuell	Flächenheizung	1/3 d <sub>Rohr</sub>	55/45	TT-1
				2/3 d <sub>Rohr</sub>	40/30	TT-2

**Tabelle 123:** Aufbau der Referenzen der Raumheizung für Wärmebereitstellung und Gebäude

Wärmebereitstellung (Kessel)					
Bezeichnung	Kessel-Baualter	Gebäude-Baualter	Kessel-Nennleistung EFH	Kessel-Nennleistung MFH	Kategorie Wirkungsgrade, Bereitschaftsverluste und Brennstoffe
HT-1	vor 1978	bis 1980	25 kW / 50 kW	150 kW / 200 kW	Zentralheizgerät – Standardkessel <sup>1)</sup>
					händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
	1978 - 1994	1981 - 1990	20 kW	100 kW / 150 kW	Zentralheizgerät – Standardkessel <sup>1)</sup>
					händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
	nach 1994	ab 1991	15 kW / 20 kW	70 kW / 100 kW	Zentralheizgerät – Standardkessel <sup>1)</sup>
					händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
NT-1	vor 1978	bis 1980	25 kW / 50 kW	150 kW / 200 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
					Zentralheizgerät – Niedertemperatur <sup>1)</sup>
	1978-1994	1981 - 1990	20 kW	100 kW / 150 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
					Zentralheizgerät – Niedertemperatur <sup>1)</sup>
	nach 1994	ab 1991	15 kW / 20 kW	70 kW / 100 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
					Zentralheizgerät – Niedertemperatur <sup>1)</sup>
TT-1	vor 1978	bis 1980	25 kW / 50 kW	150 kW / 200 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
	1978 - 1994	1981 - 1990	20 kW	100 kW / 150 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
	vor 1987 1987 - 1994	vor 1991	20 kW / 25 kW / 50 kW	100 kW / 150 kW / 200 kW	Brennwertgeräte <sup>1)</sup>
	nach 1994				ab 1991
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe				
	Brennwertgeräte – feste Brennstoffe				
	TT-2	vor 1978	bis 1980	25 kW / 50 kW	150 kW / 200 kW
automatisch beschickt – feste Brennstoffe					
1978 - 1994		1981 - 1990	20 kW	100 kW / 150 kW	händisch beschickt – feste Brennstoffe
					automatisch beschickt – feste Brennstoffe
vor 1987 1987 - 1994		vor 1991	20 kW / 25 kW / 50 kW	100 kW / 150 kW / 200 kW	Brennwertgeräte <sup>1)</sup>
nach 1994					ab 1991
automatisch beschickt – feste Brennstoffe					
Brennwertgeräte – feste Brennstoffe					

<sup>1)</sup> flüssige und gasförmige Brennstoffe

**Tabelle 124:** Aufbau der Referenzen der Raumheizung für Wärmebereitstellung und -speicherung

Wärmebereitstellung (Kessel)		Wärmespeicher		
Bezeichnung	Kategorie Wirkungsgrade, Bereitschaftsverluste und Brennstoffe	Speichertyp (Raumheizung)	Speichergröße (Raumheizung)	
			EFH	MFH
HT-1	Zentralheizgerät – Standardkessel 1)	keine	-	-
	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l / 2000 l	5650 l / 7000 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	750 l / 1250 l	4000 l / 5000 l
	Zentralheizgerät – Standardkessel 1)	keine	-	-
	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l	4000 l / 5650 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2500 kW / 4000 l
	Zentralheizgerät – Standardkessel 1)	keine	-	-
	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	750 l / 1000 l	3000 l / 5650 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2000 l / 2500 l
NT-1	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l / 2000 l	5650 l / 7000 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	750 l / 1250 l	4000 l / 5000 l
	Zentralheizgerät – Niedertemperatur 1)	keine	-	-
	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l	4000 l / 5650 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2500 kW / 4000 l
	Zentralheizgerät – Niedertemperatur 1)	keine	-	-
	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	750 l / 1000 l	3000 l / 5650 l
	automatisch beschickt – feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2000 l / 2500 l
	TT-1	händisch beschickt – feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l / 2000 l
automatisch beschickt - feste Brennstoffe		Lastausgleichspeicher	750 l / 1250 l	4000 l / 5000 l
händisch beschickt– feste Brennstoffe		Pufferspeicher	1000 l	4000 l / 5650 l
automatisch beschickt– feste Brennstoffe		Lastausgleichspeicher	500 l	2500 kW / 4000 l
Brennwertgeräte 1)		keine	-	-
händisch beschickt– feste Brennstoffe		Pufferspeicher	750 l / 1000 l	3000 l / 5650 l
automatisch beschickt– feste Brennstoffe		Lastausgleichspeicher	500 l	2000 l / 2500 l
Brennwertgeräte– feste Brennstoffe		keine	-	-
TT-2		händisch beschickt– feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l / 2000 l
	automatisch beschickt– feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	750 l / 1250 l	4000 l / 5000 l
	händisch beschickt– feste Brennstoffe	Pufferspeicher	1000 l	4000 l / 5650 l
	automatisch beschickt– feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2500 kW / 4000 l
	Brennwertgeräte 1)	keine	-	-
	händisch beschickt– feste Brennstoffe	Pufferspeicher	750 l / 1000 l	3000 l / 5650 l
	automatisch beschickt– feste Brennstoffe	Lastausgleichspeicher	500 l	2000 l / 2500 l
	Brennwertgeräte– feste Brennstoffe	keine	-	-

<sup>1)</sup> flüssige und gasförmige Brennstoffe

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Primärenergieträger und Primärenergiearten gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Lettner, 2007), (Hohenwarter, et al., 2006/2007).....	6
Tabelle 2: Sekundärenergie und Sekundärenergiearten gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Lettner, 2007), (Jungmeier, et al., 1997a), (Jungmeier, et al., 1997b).....	7
Tabelle 3: Nutzenergiearten (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a)).....	8
Tabelle 4: Arten der Energiedienstleistung im Gebäudebereich (vgl. (Jungmeier, et al., 1997a)).....	8
Tabelle 5: Thermodynamischer (Carnot'scher) Gütegrad der Wärmepumpen vgl. (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007 S. 63).....	10
Tabelle 6: Jahresarbeitszahlen $\beta_a$ moderner Heizungswärmepumpen geordnet nach natürlichen Umgebungswärmequellen.....	11
Tabelle 7: Häufigkeit der auftretenden Extremwerte der Normaußentemperaturen für die steirischen Katastralgemeinden.....	31
Tabelle 8: 14 Höhenklassen der Steiermark für diese Arbeit (eigene Berechnungen).....	43
Tabelle 9: Höhenklassen gemäß Statistik Austria (Zeiszig, et al., 2005).....	43
Tabelle 10: Nutzungszeiträume von Wohngebäuden gemäß (ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8).....	45
Tabelle 11: Nutzungsprofile von Wohngebäuden nach (ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8).....	45
Tabelle 12: Nutzungsprofile für den Warmwasserverbrauch – Zapfprogramme (ÖNORM EN 15316-3-1:2008 S. 13-15).....	46
Tabelle 13: Warmwasserwärmebedarf nach Art der Zapfung (ÖNORM EN 15316-3-1:2008 S. 13-16).....	46
Tabelle 14: Vergleich der Nutzungsprofile für Wohngebäude nach DIN V 18599-10:2007 S. 14 und ÖNORM B 8110-5:2007 S. 8.....	47
Tabelle 15: Nomenklaturen der Tabelle 16.....	49
Tabelle 16: Referenzgebäude des Projektes ReCO2NWK.....	50
Tabelle 17: Werte der inneren Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden gemäß ÖNORM B 8110-6:2007, Seite 47.....	53
Tabelle 18: Ergebnisse der Heizwärmebedarfsermittlung-EFH gemäß ÖNORM-Serie B 8110:2007 für das Referenzklima.....	54
Tabelle 19: Ergebnisse der Heizwärmebedarfsermittlung-MFH gemäß ÖNORM-Serie B 8110:2007 für das Referenzklima.....	54
Tabelle 20: Berechnung des Warmwasserwärmebedarfs $Q_{tw}$ .....	56
Tabelle 21: Leitwerte gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 für die Referenzgebäude.....	64
Tabelle 22: jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß Polysun am Standort Murau.....	69
Tabelle 23: jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß Polysun am Standort Liezen.....	70
Tabelle 24: jährlicher und monatlicher Heizwärmebedarf des Referenzgebäudes „EFH bis 1945“ gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 in der Klimaregion ZA.....	70
Tabelle 25: Vergleich der Temperaturkorrekturfaktoren gemäß ÖNORM EN 12831:2003 und ÖNORM B 8110-6:2007.....	73
Tabelle 26: Wiederaufheizfaktor $f_{RH}$ , in $W/m^2$ für Wohngebäude bei einer maximalen Nachtabsenkung von 8 h (Quelle: ÖNORM EN 12831:2003 Anhang D.6, Tabelle D.10b, Seite73).....	74
Tabelle 27: Ergebnisse der Heizlastabschätzung für die steirischen Referenzgebäude (eigene Berechnungen); die dreifachen Linien grenzen die Nutzleistungsklassen ein.....	75
Tabelle 28: Leistungsklassen der Wärmeerzeuger und die dazu passenden Nutzleistungsklassen der Gebäude, sowie deren Auftrittshäufigkeit in Tabelle 27 (eigene Berechnungen).....	76
Tabelle 29: Über die drei Klimaregionen gemittelte $d_{Heiz}$ an den Obergrenzen der Höhenklassen.....	80
Tabelle 30: angenommene Heitztage $d_{Heiz}$ in den Intervallen der Referenzhöhenklassen.....	81
Tabelle 31: Annahmen und spezifische Werte der Wärmeverluste der Wärmeabgabe an den Raum gemäß (OIB, 2007a) und (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007).....	83
Tabelle 32: Referenzsysteme der Wärmeabgabe für Raumwärme dieser Arbeit und deren flächenspezifischen Wärmeverluste gemäß (OIB, 2007a) und (ÖNORM H 5056:2007 VORNORM, 2007).....	83
Tabelle 33: Verluste bei der Wärmeabgabe der Trinkwarmwassersysteme (Zapfstellen) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude dieser Arbeit.....	84
Tabelle 34: Systemtemperaturen der Referenzheizsysteme dieser Arbeit.....	87
Tabelle 35: Faktoren für äquivalente Rohrleitungen (Raumheizung) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	87

Tabelle 36: auf Rohrleitungslänge und Temperaturdifferenz bezogene Wärmeabgabe $q_{ro}$ der Rohrleitungen für Raumheizung, Solaranlagen und Trinkwarmwasser gemäß ÖNORM H 5056:2007 .....	88
Tabelle 37: Wärmeabgabe (Verlustleistung) der Rohrleitungen Raumheizung $q^*_{H,ro}$ - Wärmeabgabe der Rohrleitungen Raumheizung, in W, gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	88
Tabelle 38: jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{H,WV}$ .....	89
Tabelle 39: Wärmeverluste (Verlustleistung) der Warmwasserverteilung $q^*_{TW,Ro}$ - Wärmeabgabe der Rohrleitungen Warmwasserverteilung in W unter Einbeziehung der äquivalenten Rohrleitungslängen für Einbauten gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	92
Tabelle 40: täglicher, monatlicher und jährlicher Verlust der Warmwasserrohrleitungen $Q_{TW,Ro}$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	92
Tabelle 41: Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Raumheizsystemen .....	93
Tabelle 42: Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-2-3 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Raumheizsystemen mit Zahlenwerten für EFH.....	94
Tabelle 43: Vergleich zw. ÖNORM H 5056:2007 und EN 15316-3-2 bzgl. der vereinfachenden Annahmen für Rohrleitungslängen von Warmwassersystemen.....	94
Tabelle 44: Quantitativer Vergleich der Warmwasserrohrleitungslängen berechnet nach ÖNORM H 5056:2007 und ÖNORM EN 15316-3-2:2007 .....	95
Tabelle 45: Defaultwerte für den Nenninhalt von Wärmespeichern (Raumheizung) gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM (eigene Berechnungen) .....	96
Tabelle 46: Defaultwerte für den Nenninhalt von Trinkwasserwärmespeichern gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM (eigene Berechnungen) .....	97
Tabelle 47: Auswertung der jährlichen Verluste der Pufferspeicher (händisch beschickte Heizkessel).....	99
Tabelle 48: Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher (Heizkessel) .....	99
Tabelle 49: Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher Wärmepumpe TT-2 (40/30) (ohne Warmwasserbereitung) .....	99
Tabelle 50: Auswertung der jährlichen Verluste der Lastausgleichsspeicher Solar (ohne Warmwasserbereitung) .....	100
Tabelle 51: Verluste der Warmwasserwärmespeicher gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	101
Tabelle 52: berechnete jährliche Verluste der Warmwasserwärmespeicher gemäß ÖNORM H 5056 VORNORM .....	102
Tabelle 53: jährlich rückgewinnbare Verluste der Referenz-Raumheizsysteme dieser Arbeit (eigene Berechnungen).....	108
Tabelle 54: täglich, monatlich und jährlich rückgewinnbare Verluste der Referenz-Warmwassersysteme dieser Arbeit (eigene Berechnungen) .....	108
Tabelle 55: jährlich benötigte Heizenergie der Warmwasserbereitstellung $Q^*_{TW}$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	110
Tabelle 56: abgeminderte Kesselwirkungsgrade bei Volllast $\eta_{be,100\%}$ unter Betriebsbedingungen gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für die Referenznennleistungen der Heizkessel in dieser Arbeit .....	117
Tabelle 57: gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM berechnete Wirkungsgrade der Heizkessel.....	118
Tabelle 58: Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe der Warmwasserverteilung, der Ladepumpe des Warmwasserspeicher und der Wärmetauscher-Ladepumpe gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM für die Referenzgebäude dieser Arbeit .....	131
Tabelle 59: Primärenergiefaktoren gemäß DIN V 18599-1:2007-02 S.59 (vgl. (DIN V 18599:2007)) .....	138
Tabelle 60: Primärenergiefaktoren gemäß DIN V 18599-1:2007 .....	138
Tabelle 61: mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Murau gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	161
Tabelle 62: mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Liezen gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	162
Tabelle 63: mittlere Monatsaußentemperaturen am Standort Bad Radkersburg gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	163
Tabelle 64: mittlere Monatsaußentemperaturen der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen).....	164
Tabelle 65: mittlere Monatsaußentemperaturen der Klimaregion Südost – südlicher Teil (S/SO) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigen Berechnungen) .....	165
Tabelle 66: mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Murau gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	166

Tabelle 67: mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Liezen gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	167
Tabelle 68: mittlere monatliche Globalstrahlung am Standort Bad Radkersburg gemäß den Klimadaten der Berechnungssoftware Polysun (Version 5.2.0.12) .....	168
Tabelle 69: mittlere monatliche Globalstrahlung der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen).....	169
Tabelle 70: mittlere monatliche Globalstrahlung der Klimaregion Südost – südlicher Teil (S/SO) gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen) .....	170
Tabelle 71: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion West (W).....	172
Tabelle 72: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion West (W) .....	172
Tabelle 73: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion West (W) .....	173
Tabelle 74: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion West (W).....	173
Tabelle 75: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF) .....	174
Tabelle 76: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF).....	174
Tabelle 77: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF) ..	175
Tabelle 78: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Nord - Föhngebiet (NF) ..	175
Tabelle 79: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N) ..	176
Tabelle 80: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N) .....	176
Tabelle 81: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N) .....	177
Tabelle 82: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (N) .....	177
Tabelle 83: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA).....	178
Tabelle 84: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) .....	178
Tabelle 85: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) ...	179
Tabelle 86: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion alpine Zentrallage (ZA) ..	179
Tabelle 87: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB) .....	180
Tabelle 88: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB) .....	180
Tabelle 89: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB) .....	181
Tabelle 90: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (SB) .....	181
Tabelle 91: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO).....	182
Tabelle 92: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO) ..	182
Tabelle 93: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO) .....	183
Tabelle 94: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (S/SO) .....	183
Tabelle 95: Jährlicher Heizwärmebedarf $Q_h = Q_r - \eta_h \cdot Q_g$ in der Klimaregion Südost – nördlicher Teil (N/SO) ..	184
Tabelle 96: Jährliche Wärmeverluste des Gebäudes $Q_l = Q_T + Q_V$ in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO) .....	184
Tabelle 97: Jährliche Wärmegewinne des Gebäudes $Q_g = Q_i + Q_s$ in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO) .....	185
Tabelle 98: spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf HWB in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (N/SO) ..	185
Tabelle 99: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{Heiz,a} = 365$ .....	186
Tabelle 100: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{Heiz,a} = 365$ .....	186
Tabelle 101: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{Heiz,a} = 337$ .....	187
Tabelle 102: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{Heiz,a} = 337$ .....	187
Tabelle 103: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{Heiz,a} = 303$ .....	188

Tabelle 104: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32, $d_{\text{Heiz,a}} = 303$ .....	188
Tabelle 105: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-EFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32 .....	189
Tabelle 106: Verluste bei der Wärmeabgabe an den Raum gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM für die Referenzgebäude-MFH und die Referenzsysteme aus Tabelle 32.....	189
Tabelle 107: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für EFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 365$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	190
Tabelle 108: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für MFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 365$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	190
Tabelle 109: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für EFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 3337$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	191
Tabelle 110: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für MFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 337$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	191
Tabelle 111: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für EFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 303$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	192
Tabelle 112: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für MFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 303$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	192
Tabelle 113: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für EFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 256$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM.....	193
Tabelle 114: tägliche, monatliche und jährliche Verluste des Wärmeverteilsystems (Raumheizung) $Q_{\text{H,WV}}$ für MFH, $d_{\text{Heiz,a}} = 256$ gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNORM .....	193
Tabelle 115: Wärmeverluste eines indirekt beheizter 300 l Warmwasserspeicher, ohne E-Patronen oder Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen .....	194
Tabelle 116: Wärmeverluste eines indirekt beheizter 1800 l Warmwasserspeicher, ohne E-Patronen oder Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen .....	194
Tabelle 117: Wärmeverluste eines indirekt beheizten 400l Solarspeicher, ohne E-Patronen aber mit Anschlüssen der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen.....	195
Tabelle 118: Wärmeverluste eines indirekt beheizten 2500l Solarspeicher, ohne E-Patronen aber mit Anschlüssen der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen.....	195
Tabelle 119: Wärmeverluste eines indirekt beheizten 400l Wärmepumpenspeichers, ohne E-Patronen und Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen .....	196
Tabelle 120: Wärmeverluste eines indirekt beheizten 2500l Wärmepumpenspeichers, ohne E-Patronen und Anschlüsse der Heizregister einer Solaranlage, ungedämmte und indirekte Basisanschlüsse, Aufstellung in unbeheizten Räumen .....	196
Tabelle 121: Wärmeverluste der direkt mit Strom beheizten 250 l und sechs mal 250 l Warmwasserspeicher	197

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: physikalische Energieformen gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Panos, 2007) (eigene Darstellung)	5
Abbildung 2: energetische Prozesskette – Energieumwandlungspfad gemäß (Kaltschmitt, et al., 2006), (Panos, 2007) (eigene Darstellung)	5
Abbildung 3: Energiewandlungskette (Bildquelle: (Kaltschmitt, et al., 2006 S. 3))	8
Abbildung 4: Ts-Diagramm eines linksläufigen, reibungsfreien Carnotprozess (eigene Darstellung)	9
Abbildung 5: Ts-Diagramm eines allgemeinen Wärmepumpenprozess (Kaldampfprozess) (Bildquelle: (Weigand, et al., 2008))	10
Abbildung 6: Beispiel zur Darstellung des volkswirtschaftlichen Energieflusses in Österreich mittels eines Sankey-Diagramms (Quelle: Statistik Austria)	12
Abbildung 7: Wechselwirkung zw. Energieabnehmer, -erzeuger, -verteiler und Technologie-Hersteller bzw. Verteiler; eigene Einteilung und Darstellung	12
Abbildung 8: Top-Down- und Bottom-Up-Modelle sowie deren Übergänge zu den jeweils anderen Modellen im Projekt ReCO2NWK (eigene Darstellung)	14
Abbildung 9: Verknüpfung des Bedarfsmodells mit dem Potenzialmodell (eigene Darstellung)	15
Abbildung 10: Module und Parameter des Bedarfsmodells in dieser Arbeit (eigene Darstellung)	16
Abbildung 11: systematische Darstellung der Referenzen des Raumwärmesystems in dieser Arbeit (eigene Darstellung)	17
Abbildung 12: systematische Darstellung der Referenzen des Warmwassersystems in dieser Arbeit (eigene Darstellung)	17
Abbildung 13: globale und kontinentale Temperaturänderungen (Quelle: IPCC, 2008 S. 7)	19
Abbildung 14: historische Entwicklung der computergestützten Klimamodelle (Quelle. Online im Internet - URL: <a href="http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellentwicklung.jpg">http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellentwicklung.jpg</a> [Stand 2010-03-02])	20
Abbildung 15: historische Entwicklung der Rastergrößen für IPCC Klimamodelle (Bildquelle online im Internet - URL: <a href="http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellauflösung.jpg">http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Bild:Modellauflösung.jpg</a> [Stand 2010-03-02])	21
Abbildung 16: Verfeinerung der Gitterstruktur von Klimamodellen (eigene Zusammenstellung, Quelle Einzelbilder. Online im Internet – URL: <a href="http://www.uni-graz.at/igam7www/igam7www_forschung/igam7www_reloclim.htm">http://www.uni-graz.at/igam7www/igam7www_forschung/igam7www_reloclim.htm</a> [Stand 2010-03-02])	21
Abbildung 17: Stationsnetz des Projektes WegenerNet im Raum Feldbach (Bildquelle. Online im Internet – URL: <a href="http://uni-graz.at/igam7www/igam7www_stationsstandorte.htm">http://uni-graz.at/igam7www/igam7www_stationsstandorte.htm</a> [Stand 2010-03-02])	22
Abbildung 18: die sieben Klimaregionen Österreichs (Bildquelle:(ÖNORM B 8110-5:2007 S. 6))	23
Abbildung 19: repräsentative Verläufe der mittleren Monatsaußentemperatur unterschiedlicher steirischer Klimazonen gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)	24
Abbildung 20: Verlauf der mittleren monatlichen solaren Einstrahlung für alpine Zentrallagen (ZA) im Monat April gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 auf Flächen mit 0° bis 90° Neigung zur Horizontalen (eigene Berechnungen und Darstellung)	25
Abbildung 21: Verlauf der mittleren monatlichen solaren Einstrahlung auf vertikale Flächen (90° zur Horizontalen) in alpiner Zentrallage (ZA) im Monat April für unterschiedliche Ausrichtung (Azimut; Süd bis Nord) (gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)	26
Abbildung 22: Verlauf der Außentemperatur mit Stützstellen der mittleren Monats-Außentemperatur am 15. Tag jedes Monats gemäß ÖNORM H 5056:2007 VORNOM (eigene Berechnungen und Darstellung)	27
Abbildung 23: Tagesverlauf der Außentemperatur basierend auf einer Sinusschwingung gemäß ÖNORM H 5056:2007 (eigene Berechnungen und Darstellung)	28
Abbildung 24: Ausschnitt der Jahresganglinie für die Außentemperatur auf Stundenbasis nach ÖNORM H 5056:2007, Zeitraum 15. Februar bis 16. April für Klimaregion ZA, 1000 m (eigene Berechnungen und Darstellung)	28
Abbildung 25: minimale (bei $h_{max}$ ) und maximale (bei $h_{min}$ ) Normaußentemperaturen der 7847 öster. Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellungen; Datenquelle (Pöhn, 2008b))	29
Abbildung 26: histogrammische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Normaußentemperaturen in 0,5 K Schritten an den minimalen und maximalen Höhen der österreichischen Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle (Pöhn, 2008b))	30
Abbildung 27: absolute und relative Häufigkeiten der Katastralgemeinden geordnet nach ihren Klimaregionen (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b))	30

Abbildung 28: histografische Darstellung der Auftrittshäufigkeit der Extremwerte (Maximum und Minimum) für die Normaußentemperaturen in den steirischen Katastralgemeinden (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b)) .....	31
Abbildung 29: repräsentativer Vergleich der jährlichen mittleren Außentemperaturen und der monatlichen mittleren Außentemperaturen zwischen ZA gemäß ÖNORM B 8110-5:2007, Murau und Liezen gemäß Polysun (eigene Berechnungen und Darstellung).....	34
Abbildung 30: repräsentativer Vergleich der monatlichen Globalstrahlung zwischen der Klimaregion S/SO gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 und dem Standort Bad Radkersburg gemäß Polysun (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	35
Abbildung 31: repräsentative Höhenintervalle von 30 steirischen Katastralgemeinden der Region S/SO (eigene Darstellung, Datenquelle: (Pöhn, 2008b)) .....	39
Abbildung 32: histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Höhengschichten (25 m Stufen) in den 30 repräsentativen, steirischen Katastralgemeinden der Region S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung).....	39
Abbildung 33: histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Minima und Maxima (Intervallgrenzen) der 30 repräsentativen steirischen Katastralgemeinden (eigene Darstellung).....	40
Abbildung 34: histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Extremwerte der Höhenintervalle in den 30 repräsentativen Katastralgemeinden, ohne zw. Minima und Maxima zu unterscheiden. (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	40
Abbildung 35: histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeit der Höschenschichten in den repräsentativen Katastralgemeinden mit Kennzeichnung der Extremwerte (Intervallgrenzen) (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	41
Abbildung 36: histografische Darstellung der absoluten Auftrittshäufigkeiten der Extremwerte der Höhenintervalle in der Steiermark in 25m Stufen (eigene Berechnungen und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b)) .....	42
Abbildung 37: Seehöhenverteilung der steirischen Katastralgemeinden in den jeweiligen Klimaregionen (eigene Berechnung und Darstellung; Datenquelle: (Pöhn, 2008b)).....	42
Abbildung 38: Histogramm zur Darstellung der Auftrittshäufigkeit der Extremwerte der Seehöhen in den 14 Höhenklassen für die Steiermark dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	43
Abbildung 39: Zusammensetzung des Wärmeverlust-Leitwertes L der Referenz EFH in dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	65
Abbildung 40: Zusammensetzung des Wärmeverlust-Leitwertes L der Referenz MFH in dieser Arbeit (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	65
Abbildung 41: Häufigkeit der Nutzleistungsklassen in Tabelle 27 (eigene Berechnungen und Darstellung); Notiz zur Beschriftung: [Leistungsklasse]; [absolute Häufigkeit]; [relative Häufigkeit in %].....	76
Abbildung 42: Schematische Darstellung der Grenzen zwischen den Teilsystemen des Raumheizungssystems (Bildquelle: (EN 15316-4-1:2008 D, 2008 S. 22)).....	78
Abbildung 43: Schematische Darstellung eines Warmwasserverteilsystems mit Zirkulationskreis (Bildquelle: (DIN V 18599:2007)).....	78
Abbildung 44: Vergleich der jährlichen Heiztage an den Obergrenzen der 14 Höhenklassen mit den Mittelwerten der Referenzintervalle (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	81
Abbildung 45: Einteilung der Wärmeerzeuger und Energiewandler .....	103
Abbildung 46: Heizungssysteme der österreichischen Privathaushalte im Jahr 2006 (eigene Darstellung; Datenquelle: Online im Internet – URL: <a href="http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/index.html">http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/index.html</a> [Stand: 05-04-2009]) .....	104
Abbildung 47: Bilanz des energetischen Endverbrauch der österreichischen Privathaushalte von 1970 bis 2007 (eigene Darstellung; Datenquelle: Online im Internet – URL: Fehler! Hyperlink-Referenz ungültig. [Stand: 05-04-2009]) .....	104
Abbildung 48: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion West (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	153
Abbildung 49: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	153
Abbildung 50: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Nord - außerhalb Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	154
Abbildung 51: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion alpine Zentrallage (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	154
Abbildung 52: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Beckenlandschaft im Süden (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	155

Abbildung 53: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Südost - südlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	155
Abbildung 54: Verlauf der mittleren Monats-Außentemperatur über der Seehöhe in der Klimaregion Südost - nördlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	156
Abbildung 55: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion West (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	157
Abbildung 56: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – Föhngebiet (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	157
Abbildung 57: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Nord – außerhalb von Föhngebieten (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	158
Abbildung 58: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion alpine Zentrallage (eigene Berechnungen und Darstellung).....	158
Abbildung 59: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Beckenlandschaften im Süden (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	159
Abbildung 60: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Südost – südlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	159
Abbildung 61: Verlauf der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung über der Seehöhe in der Klimaregion Südost – nördlicher Teil (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	160
Abbildung 62: Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Murau (eigene Darstellung).....	161
Abbildung 63: Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Liezen (eigene Darstellung) .....	162
Abbildung 64: Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Bad Radkersburg (eigene Darstellung) .....	163
Abbildung 65: Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion ZA (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	164
Abbildung 66: Verlauf der mittleren Monatsaußentemperaturen für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung).....	165
Abbildung 67: Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Murau (eigene Darstellung).....	166
Abbildung 68: Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Liezen (eigene Darstellung) .....	167
Abbildung 69: Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß Polysun am Standort Bad Radkersburg (eigene Darstellung) .....	168
Abbildung 70: Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion ZA (eigene Berechnungen und Darstellung) .....	169
Abbildung 71: Verlauf der mittleren monatlichen Globalstrahlung für unterschiedliche Höhen-schichten gemäß ÖNORM B 8110-5:2007 in der Klimaregion S/SO (eigene Berechnungen und Darstellung).....	170
Abbildung 72: geometrische Abmessungen der Gebäudehülle-EFH in dieser Arbeit (Quelle: Dröscher Angela – IWT).....	171
Abbildung 73: geometrische Abmessungen der Gebäudehülle-MFH in dieser Arbeit (Quelle: Dröscher Angela – IWT).....	171