

Energieforschungsprogramm

Publizierbarer Endbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

31/12/2018

SOLBAU

Projektnummer:

853552

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	2. Ausschreibung Energieforschungsprogramm
Projektstart	01/03/2016
Projektende	30/09/2018
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	30 Monate
Projektnehmer (Institution)	TU Wien - Institut Hochbau und Technologie, Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz
Ansprechpartner	Univ.Prof Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar
Postadresse	1040 Wien, Karlsplatz 13, 206-2
Telefon	+43 (1) 58801 - 20602
Fax	+43 (1) 58801 - 20698
E-mail	thomas.bednar@tuwien.ac.at
Website	www.bph.tuwien.ac.at/

SOLBAU

Kostenoptimale Nutzung von Bauteilaktivierung als Energiespeicher
zur Steigerung der Energieeffizienz von Wohngebäuden

AutorInnen:

Dipl.-Ing. Sebastian Zilles, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Dr.techn Matthias Gladt,
Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn Thomas Bednar
Technische Universität Wien – Institut für Hochbau und Technologie

Dipl.- Ing. Dipl.-Ing. Dr.techn Simon Handler, Julian Bitrol BSc
Allplan GmbH

Dipl.-Ing. David Venus
AEE INTEC – Institut für Nachhaltige Technologien

Ing. Andreas Reiter
AEE Arbeitsgemeinschaft für Erneuerbare Energie NÖ-Wien

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	1
Abstract.....	3
Einleitung.....	5
Projektpartner.....	7
1 Vorschlag zur Auslegung und Dimensionierung.....	8
1.1 Unterschied zwischen stationären Verfahren und dynamischen Verfahren.....	9
1.2 Behaglichkeit als Randbedingung für die Auslegung.....	10
1.3 Stationäres Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Heizlast.....	12
1.3.1 Transmissionswärmeverluste über Wärmebrücken.....	14
1.3.2 Lüftungswärmeverluste.....	15
1.3.3 Innere Wärmegewinne.....	17
1.3.4 Innentemperatur.....	17
1.3.5 Klimarandbedingungen für die Auslegung mittels stationärer Methoden.....	18
1.4 Dynamische Simulation.....	18
1.4.1 Klimarandbedingungen für die Auslegung mittels dynamischer Simulation.....	19
1.4.2 Ermittlung der erforderlichen Heizleistung mittels dynamischer Simulation.....	23
1.4.3 Sensitivitätsanalyse in Bezug auf zur Verfügung stehende Heizleistung für Auslegungsklima und Ganzjahresbetrachtung.....	25
1.4.4 Weiterführende Analysen zur Auslegung mittels dynamischer Simulation.....	31
1.4.5 Beurteilung Gebäudeeffizienz mittels dynamischer Simulation.....	34
2 Vorschlag für Adaption der Normen zur Berechnung der Raum- bzw. Gebäudeheizlast.....	37
3 Vorschlag für Adaption der Normen zur Berechnung des Energieausweises.....	38
4 Ableitung von Nomogrammen für Konzipierung.....	39
5 Rechenkern.....	48
5.1 Gebäudekonzepte für die Simulation.....	48
5.2 Regelstrategie.....	50
5.3 Eingabeoberfläche „Matlab Rechenkern“.....	52
5.4 Ausgabeoberfläche „Matlab Rechenkern“.....	63
6 Webservice und Schulungstool (Excel-Client).....	65
6.1 Implementierung als Web Service.....	65
6.1.1 Architektur.....	65
6.1.2 Web Services.....	66
6.1.3 Solver.....	69
6.1.4 Client – User Interface.....	69
6.1.5 Ergebnisse.....	83
6.2 Schulungstool.....	86
6.2.1 Übungsbeispiel Schulungstool.....	89
7 Case Studies.....	98
7.1.1 Gebäude 1, MFH 1130.....	99
7.1.2 Gebäude 2, MFH LoftLiving.....	102
7.1.3 Gebäude 3, Solar 2014.....	105
7.1.4 Gebäude 4, Solar 2015.....	108
7.1.5 Gebäude 5, Kugler.....	111

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

7.1.6	Gebäude 6, EFH Niederösterreich	114
7.1.7	Gebäude 7, MFH Niederösterreich.....	117
7.1.8	Analyse – Case-Studies.....	120
8	Entwicklung von Monitoringkonzepten	122
8.1.1	Liste mit typischen Fehlern und Problemen bei Monitorings	122
8.1.2	Vorschläge für wissenschaftliche Monitoringkonzepte	124
9	Kontaktdaten	145
10	Literaturverzeichnis	146
11	Abbildungsverzeichnis	149
12	Tabellenverzeichnis	153
13	ANHANG 1: Case-Studies: Ringrechnungsbeispiele und Validierung	156
13.1	Dokumentation der für alle Gebäude gleichbleibenden Berechnungsrandbedingungen	156
13.1.1	Umgebungsklima	156
13.1.2	Nutzung.....	158
	Allgemeine Randbedingungen	158
13.1.3	Randbedingungen für die Wärmeverteilung und -abgabe.....	160
13.1.4	Hilfsenergiebedarf.....	162
	Regelung	162
13.1.5	Randbedingungen Wärmepumpe.....	163
13.1.6	Randbedingungen des Wärmeabgabesystems (Bauteilaktivierung).....	163
13.1.7	Randbedingungen Raumknotenmodell	164
13.1.8	Randbedingungen Pufferspeicher	164
13.2	Gebäude 1: Mehrfamilienhaus, 1130 Wien	165
13.2.1	Opake Bauteile	165
13.2.2	Fenster.....	170
13.2.3	Lüftung.....	172
13.2.4	Gebäudetechnik.....	172
13.2.5	Ergebnisse	173
13.3	Gebäude 2: Mehrfamilienhaus, Loft Living	174
13.3.1	Opake Bauteile	174
13.3.2	Fenster.....	178
13.3.3	Lüftung.....	183
13.3.4	Gebäudetechnik.....	183
13.3.5	Ergebnisse	184
13.4	Gebäude 3: Einfamilienhaus, Solarhaus 2014	185
13.4.1	Opake Bauteile	185
13.4.2	Fenster.....	189
13.4.3	Lüftung.....	190
13.4.4	Gebäudetechnik.....	191
13.4.5	Ergebnisse	191
13.5	Gebäude 4: Einfamilienhaus, Solarhaus 2015	192
13.5.1	Opake Bauteile	192
13.5.2	Fenster.....	195
13.5.3	Lüftung.....	196
13.5.4	Gebäudetechnik.....	196

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

13.5.5	Ergebnisse	197
13.6	Gebäude 5: Einfamilienhaus, Holzbauweise	198
13.6.1	Opake Bauteile	198
13.6.2	Fenster	200
13.6.3	Lüftung	202
13.6.4	Gebäudetechnik	202
13.6.5	Ergebnisse	203
14	ANHANG 2: Case-Studies: Finale Auslegung	205
14.1	Ergänzende Dokumentation der für alle Gebäude gleichbleibenden Berechnungsrandbedingungen	205
14.1.1	Anpassungen der Randbedingungen der Simulationen	205
14.1.2	Anpassungen in der Regelstrategie	205
14.2	Gebäude 1: Mehrfamilienhaus, 1130 Wien	205
14.2.1	Anpassung der Standortdaten	205
14.3	Gebäude 2: Mehrfamilienhaus, Loft Living	206
14.3.1	Anpassung der Standortdaten	206
14.4	Gebäude 3: Einfamilienhaus, Solarhaus 2014	206
14.4.1	Anpassung der Standortdaten	206
14.4.2	Anpassung des Kollektors	206
14.4.3	Anpassung Pufferspeicher	207
14.4.4	Anpassung Heizkessel	207
14.5	Gebäude 4: Einfamilienhaus, Solarhaus 2015	207
14.5.1	Anpassung der Standortdaten	207
14.5.2	Anpassung des Kollektors	208
14.5.3	Anpassung Pufferspeicher	208
14.5.4	Anpassung Wärmepumpe	208
14.6	Gebäude 5: Einfamilienhaus, Holzbauweise	209
14.6.1	Anpassung der Standortdaten	209
14.6.2	Anpassung des Heizkessels	209
14.6.3	Anpassung des Speichers	209
14.6.4	Anpassung des Kollektors	209
14.6.5	Anpassung Lüftungsgerät	210
15	ANHANG 3: Rechenalgorithmus – Matlab	211
	RECHENKERN	211
	AUFBAUTEN – MODELL 1	235
	BAUTEIL – MODELL 1	237
	BAUTEIL – MODELL 2	240
	FENSTER – MODELL 1	242
	FENSTER – MODELL 2	244
	HEIZLASTMODE	245
	HEIZKESSEL – MODELL 1	246
	HEIZKESSEL – MODELL 2	246
	SOLARKOLLEKTOR – MODELL 1	247
	SOLARKOLLEKTOR – MODELL 2	248
	KOLLEKTOR PV – MODELL 1	250
	KOLLEKTOR PV – MODELL 2	251
	LOAD DATA – MODELL 1	252

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

LÜFTUNG – MODELL 1	253
LÜFTUNG – MODELL 2	255
PUFFER MULTIC – MODELL 1.....	256
PUFFER MULTIC – MODELL 2.....	258
PUFFER MULTIC – MODELL 3.....	261
RADIATOR – MODELL 2.....	263
RAUMKNOTEN – MODELL 1.....	264
RAUMKNOTEN – MODELL 2.....	265
REGELUNG FENSTER	269
REGELUNG FREISCHALTUNG.....	271
REGELUNG HEIZKESSEL.....	272
REGELUNG HEIZKREIS	273
REGELUNG KÜHLKREIS.....	274
REGELUNG HEIZKREIS BEI FREISCHALTUNG.....	275
REGELUNG WÄRMEPUMPE	276
REGELUNG WÄRMEPUMPE BEI FREISCHALTUNG.....	279
REGELUNG ALLGEMEIN	281
SONNENSTAND – MODELL 1	283
STATIONÄRE BERECHNUNG – MODELL 1.....	285
STRAHLUNG – MODELL 1	287
TABS – MODELL 1	294
TABSstat – MODELL 2	295
TABSstat – MODELL 3	296
WÄRMEPUMPE – MODELL 1.....	297
WÄRMEPUMPE – MODELL 2.....	298
WÄRMEVERTEILUNG HEIZKREIS – MODELL 1	299
WÄRMEVERTEILUNG HEIZKREIS – MODELL 2	300
WÄRMEVERTEILUNG SOLARKREIS – MODELL 1	301
WÄRMEVERTEILUNG SOLARKREIS – MODELL 2	302
WÄRMEVERTEILUNG WARMWASSER – MODELL 1	303
WÄRMEVERTEILUNG WARMWASSER – MODELL 2	306

Kurzfassung

Motivation

Die optimale Auslegung der Gebäudetechnik in Gebäuden mit thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS) ist für Planer_innen bis dato unzureichend dokumentiert. In der Praxis werden daher neben der Normung auch Auslegungsmethoden auf Basis von abgesicherten Erfahrungswerten angewandt.

Eine optimale Auslegung in Hinblick auf die effiziente Bestimmung der notwendigen Gebäudeheizlast, die Größe der Anlagenkomponentendimensionen und die Berücksichtigung der dynamischen Speichereffekte der aktivierten Bauteile bedeutet für den Planer einen hohen Zeitaufwand und Detailwissen. Darüber hinaus können Planer_innen ihr entwickeltes Gebäudeheizsystem nicht anhand eines repräsentativen Klimaszenarios absichern und testen. Gänzlich vernachlässigt wird im Bauablauf und Betrieb das Überprüfen des vorher festgelegten Planungsziels

Inhalte und Zielsetzung

Das zentrale Ziel ist ein neues Auslegungsverfahren für Gebäude hohen Energiestandards mit Bauteilaktivierung, welches für die Normung und Energiebedarfsberechnung herangezogen werden kann. Auf Basis der Erkenntnisse wird zusammengestellt welche Adaptionen an welchen Normen notwendig wären, um eine konsistente Konzipierung, Dimensionierung, Verbrauchsprognose und Energieausweiserstellung zu ermöglichen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Eine Technologieanalyse identifizierte gängige Arten der Bauteilaktivierung. Die Analyse bildete die Grundlage für die Testobjekte sogenannte „Case Studies“. An diesen „Case Study“ Gebäuden wurde das Auslegungsverfahren und der Rechenkern plausibilisiert.

Das neue Auslegungsverfahren beinhaltet die entwickelten Methoden implementiert in einer Simulationsumgebung und beruht auf einer dynamischen Berechnung des Gebäudeverhaltens mit standortabhängigen Klimarandbedingungen (aus dem Vorprojekt „ÖNORM Plus-Energie“). Für die Bemessung der Gebäudeheizlast wurden unter anderem Klimaszenarien generiert und solare und innere Gewinne berücksichtigt, um einer hohen Gebäudequalität, die sehr geringe Wärmeverluste aufweist, gerecht zu werden.

Die Auslegung erfolgt in verschiedenen Stufen, von der Vordimensionierung bis zur Variantenstudie mit Ganzjahressimulationen.

Die Simulationsumgebung ist in Python als Webservice und in Matlab umgesetzt. Beide mit einem Excel-Client für die Eingabe und Ausgabe. Der Rechenkern verwendet dabei Bibliotheken für die numerische Integration und baut auf den Entwicklungen aus dem Projekt „SOLCALC“ auf.

Für die Schulungen wurde eine praxisergetzte Ergänzung des Excel-Clients mit voreingestellten Parameter sog. Default-Werte ergänzt.

In der Simulation müssen für den Betrieb der Solarkollektoren, der Wärmepumpe, dem Speichermanagement und der Beladung der Bauteile Regelungsstrategien implementiert werden. Zum Beispiel wurde, zur dynamischen Aktivierung der Gebäudemasse (Bauteilaktivierung), das angebotsabhängige thermische Beladen der Bauteile erlaubt. Angebotsabhängig Beladen bedeutet, dass beispielsweise eine Betondecke mit Heizrohren ausgestattet, solange aufgeheizt wird bis das Energieüberangebot aus z.B.: der Solaranlage endet oder eine gewählte obere Raumtemperaturgrenze erreicht wurde. Durch so eine Art der Steuerung lassen sich Lastspitzen verschieben und ein günstigeres Energieangebot besser nutzen.

Für zukünftige Validierungen wurden die Anforderungen an Monitoringkonzepte mit Fokus auf die Energie- und Leistungsbilanz eines Gebäudes mit Bauteilaktivierung auf Basis der Erfahrung der Projektbeteiligten formuliert.

Ausblick

In Seminaren und Workshops soll die entstandene Simulationssoftware für die Wissensvermittlung verwendet werden.

Aufgrund der Erfahrungen des Projektteam zum Einfluß der implementierten Regelalgorithmen bei der Nutzung verschiedener numerischer Bibliotheken zur Lösung der zugrundeliegenden Differentialgleichungen empfiehlt es sich für die Normung in Bezug auf Bestimmung von Heizlast (auch Kühllast) und Kenngrößen für den Energieausweis den numerischen Algorithmus vollständig vorzugeben (wie z.B. im Anhang 3 dieses Berichts). Dabei sind auch Referenz-Steueralgorithmen für typische Anlagen zu normieren. Auf Basis einer solchen vollständig definierten Methode wäre eine Validierung der Implementierung in verschiedenen Softwareumgebungen möglich.

Im nächsten Schritt wäre eine Anbindung des im Projekt entwickelten Methode in eine LARGE OPEN BIM Umgebung anzustreben. Die Beiträge der unterschiedlichen Beteiligten (Bauherr, Architektur, Bautechnik, Gebäudetechnik, Netzbetreiber und Energieversorger) sind jetzt schon an den Eingabemasken für das Schulungstool erkennbar.

Abstract

Challenges and initial situation

During the dimensioning of heating systems with thermally activated building components, those components are primarily seen as heat dissipation system. A consideration of the dynamical thermal storage effects of activated components is not possible when using the usual dimensioning methods. Therefore the building's mass is usually not actively utilized as thermal storage. Due to missing planning methods innovative building concepts are usually not pursued further.

Although there are undisputed research results, which confirm the high potential of this technology, it is rarely implemented in reality.

Objective

A new dimensioning method, which will enable the consideration of effects of thermal activated building components on the rest of the heating system, will be developed. Additionally, this dimensioning method will be prepared for the integration in standards and the energy performance certificate. Further, the potential of thermally activated building components and their effect on the energy efficiency of building and supply grids, will be analyzed.

Methodology:

- Analysis of existing technologies and their potential in regard to thermally activated building components
- Extension of an existing calculation algorithm of the project "SolCalc"
- Development of a new dimensioning method, which utilizes the calculation algorithm
- Comparison between the typical and the new dimensioning method
- Preparation and documentation of the new dimensioning method for the integration in standards
- Provision of the fully functional calculation algorithm in form of a web service
- Dissemination of the project's results via publications, workshops and lectures

Results and Conclusion

A new method to set the technical components of a building take care of the building envelope, solar and inner heat gainings as well as the dynamical heat-storage capacity, was developed.

This method uses a certain climate scenario and therefore take care of local depending climate.

A extended calculation algorithm is implemented as web service to serve other software developers a validated model.

For the easy use, a education version is set up in MS Excel to provide the project ouptups for the every-day-use in consulting.

A documentation and preparation of the new dimensioning method in order to integrate it in standards and the energy performance certificate.

Einleitung

Aufgabenstellung/ Motivation

Die optimale Auslegung der Gebäudetechnik in Gebäuden mit thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS) ist für Planer_innen unzureichend dokumentiert. Jedoch ist die Nutzung von Bauteilaktivierung mittlerweile eine häufig angewandte Variante um Wärme in einen Raum einzubringen bzw. aus diesem abzuführen. In der Praxis werden neben der Normung auch Auslegungsmethoden auf Basis von abgesicherten Erfahrungswerten angewandt.

Eine optimale Auslegung in Hinblick auf die effiziente Bestimmung der notwendigen Gebäudeheizlast, die Größe der Anlagenkomponentendimensionen und die Berücksichtigung der dynamischen Speichereffekte der aktivierten Bauteile bedeutet für den Planer einen hohen Zeitaufwand und Detailwissen. Darüber hinaus können Planer_innen ihre Gebäudeheizsystem nicht anhand realer Klimaszenarios absichern und testen.

Stand der Technik

Das Forschungsprojekt „SolCalc“ (gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung) hat als Arbeitsauftrag die Ausarbeitung von Algorithmen zur Abbildung von Gebäudekonzepten mit solarthermischen Anlagen und Deckungsgraden von über 20%. Die Nutzung von Baukern- bzw. Bauteilaktivierung wird aufgrund der komplexen Anforderungen in der Berechnung in diesem Projekt nicht berücksichtigt. Solarthermische Anlagen werden nur in Zusammenhang mit großen Wasserspeichern abgebildet. Das Projekt SolBau stellt sinngemäß die Fortsetzung und Erweiterung der in SolCalc erarbeiteten Ergebnisse dar. Während in SolCalc allerdings auf das konkrete Konzept der Sonnenhäuser mit Solarthermie und großem wasserbasiertem Speicher eingegangen wird, werden in diesem Projekt verschiedene Energiebereitstellungssysteme in Kombination mit thermischer Bauteilaktivierung untersucht. Die Forschungsarbeiten im Projekt SolCalc haben allerdings gezeigt, dass die Speicherkapazität der Gebäude auch im Zusammenhang mit Solarthermie von größter Bedeutung ist. Die Auslegung von solarthermisch aktivierten Gebäuden erfolgt heute allerdings ausschließlich auf Grundlage von gesammelten Erfahrungen und nicht auf wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen.

Im „ÖNORM PLUS-ENERGIE“-Bericht wird zur Bemessung von Plus-Energiehäusern ein Rechenverfahren zur Verfügung gestellt, das u.a. die Rechenverfahren für Heizlast, Kühllast und Sommerliche Überwärmung normierbar beschreibt. In diesem Bericht wird zur Bemessung der Plus-Energiegebäude ein stündliches Klimaszenario mit Berücksichtigung der Strahlungs- und inneren Gewinne definiert. Diese Herangehensweise wird im Projekt „SolBau“ weiterentwickelt.

Photovoltaik-Wärmepumpen-Heizsysteme können bei gezielter Nutzung der Bauteilaktivierung ebenfalls zu hohen solaren Deckungsgraden führen. Einige wenige Gebäude in dieser Bauart konnten bereits erfolgreich umgesetzt werden. Im Forschungsprojekt der AEE Erneuerbare Energie „Sol2Pump“ werden in annähernd baugleichen Gebäuden die solaren Deckungsgrade gemessen, die sich durch die Verwendung verschiedener Solarsysteme einstellen. Parallel arbeiten Wärmepumpensysteme mit Photovoltaik- oder Solarthermiesysteme als zusätzliche Energienutzung.

Die Endergebnisse aus „Sol2Pump“ stehen durch den Endbericht Ende 2015 dem Forschungsprojekt „SolBau“ am Beginn bereits zur Verfügung.

In „Erstellung eines Planungsleitfadens - Heizen und Kühlen mit Beton“ wurden die Grundlagen zur Umsetzung von bauteilaktivierten Gebäuden insbesondere im Hinblick auf die Ausführung für die Zielgruppe der Baumeister dokumentiert. Dabei wurde auf grundlegende Zusammenhänge zwischen Rohrabständen und Rohrdurchmessern sowie auf unterschiedliche Möglichkeiten der Energiebereitstellung eingegangen. In dem Projekt erfolgte auch eine detaillierte Foto-Dokumentation eines umgesetzten Projekts.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Die normativen Grundlagen können sich wie folgt zusammenfassen:

Das Verfahren zur Berechnung der Heizlast ist in der ÖNORM EN 12831 [ONO18] auf europäischer Ebene festgehalten. In Österreich stellt die ÖNORM H 7500 [ONO15] den aktuell gültigen nationalen Anhang zur ÖNORM EN 12831 dar. Künftig wird dieser nationale Anhang durch die ÖNORM H 12831 [ONO18a] ersetzt werden. Aktuell befindet sich dieser im Entwurfsstadium.

Zur Bemessung des Wärmeabgabesystems bei raumflächenintegrierten Heiz- und Kühlsystemen sind noch die ÖNORM EN 11855-4:2017 als dynamische Bemessungsmethode von TABS-Heizsystemen, jedoch ohne Berücksichtigung der Wärmeerzeuger oder Verteilsystem und die ÖNORM EN 1264-5:2009 als stationäres Verfahren für die Wärmeabgabe von z.B. Fußbodenheizungen zu erwähnen.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Projektpartner

TU WIEN Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

ALLPLAN GmbH



Institut für Nachhaltige Techn. (AEE INTEC)

Arbeitsgem. Erneuerb. Energ NÖ-Wien (AEE NOW)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H



Bundesinnung Bau

MA20 – Energieplanung



AEE

Erneuerbare Energie NOW



VEREINIGUNG DER ÖSTERREICHISCHEN
ZEMENTINDUSTRIE



Bundesinnung Bau



Energieplanung



StoDt+Wien

1 Vorschlag zur Auslegung und Dimensionierung

In diesem Kapitel wird das Auslegungsverfahren zur optimalen Berechnung und Dimensionierung von Heizsystemen mit Bauteilaktivierung beschrieben. Das Auslegungsverfahren ist als mehrstufiges Verfahren konzipiert. Es enthält einerseits einen Vorschlag zur Ermittlung der Heizlast für Gebäude mit hoch-wärmegeämmten Gebäudehüllen, andererseits werden zwei Methoden zur Konzipierung von Gebäuden mit Bauteilaktivierung zur Wärmeabgabe und -speicherung beschrieben. Mit einem vereinfachten Auslegungsverfahren können Gebäudekonzepte mit Bauteilaktivierung über Nomogramme vordimensioniert werden. Das detaillierte Verfahren ermöglicht Auslegung sowie Effizienz- und Kostenbeurteilung von Gebäudekonzepten mit Bauteilaktivierung anhand von dynamischen Simulationen.

In der nachfolgenden Abbildung wird der Ablauf zur Dimensionierung des Gebäudes skizziert:

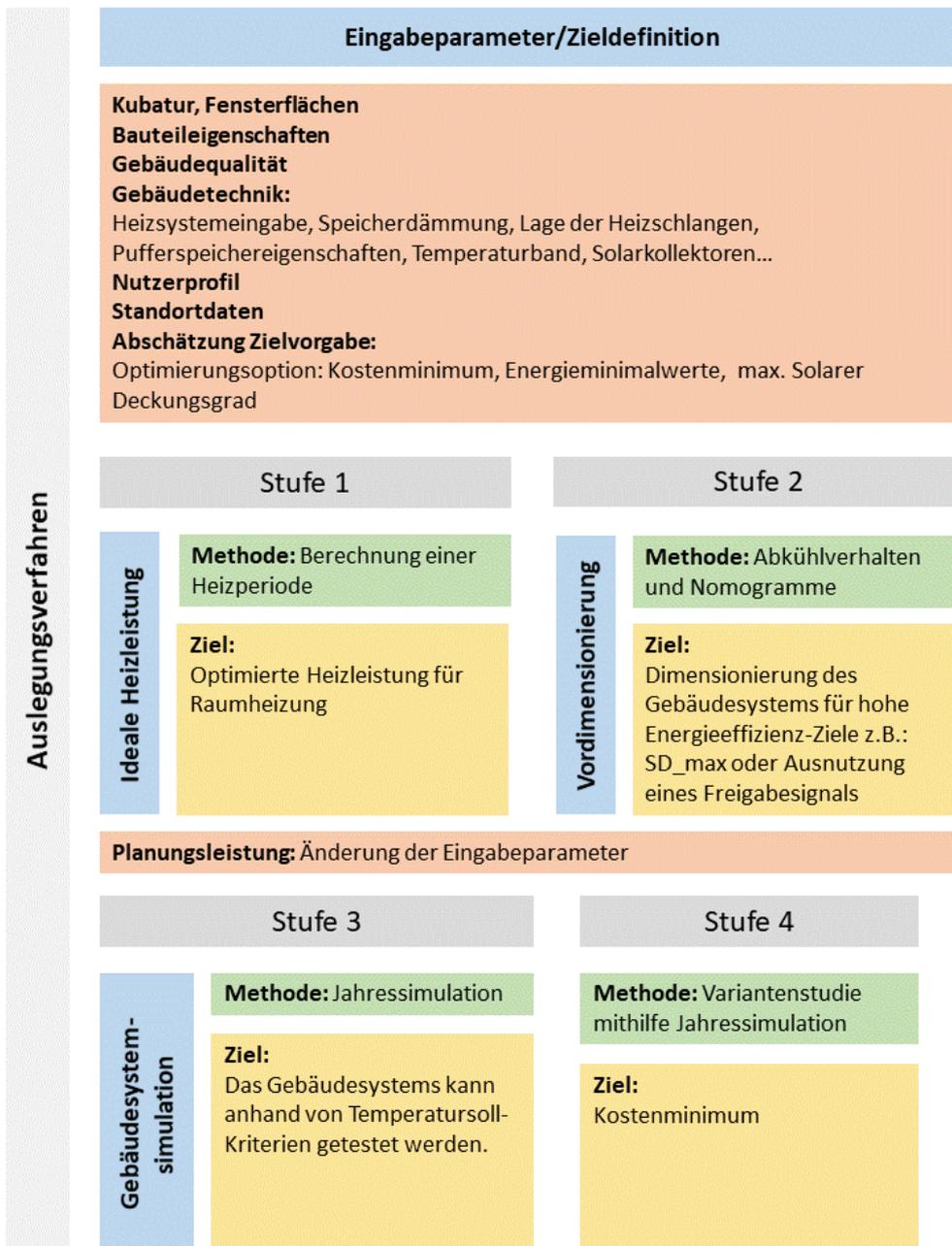


Abbildung 1: Ablaufschema zur optimalen Auslegung der Gebäudetechnik (Auslegungsstrategie)

1.1 Unterschied zwischen stationären Verfahren und dynamischen Verfahren

Für die Berechnung des Energie- und Leistungsbedarfs von Gebäuden kann grundsätzlich in stationäre Bilanz- und dynamische Simulationsverfahren unterschieden werden. Der grundlegende Unterschied zwischen den beiden Berechnungsmethoden lässt sich anschaulich anhand eines Beispiels in Verbindung mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik erklären. Dieser besagt, dass die Zunahme der inneren Energie eines ruhenden und geschlossenen Systems der Summe der von außen zugeführten Wärme bzw. Arbeit entspricht. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik ist auch als Energieerhaltungssatz bekannt und kann allgemein wie folgt angeschrieben werden [BAE10]:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt} + \frac{dW}{dt} = \dot{Q} + P \tag{1}$$

$\frac{dU}{dt}$ J/s Zunahme der inneren Energie eines Systems mit der Zeit

$\frac{dQ}{dt}$ bzw. \dot{Q} W zugeführter Wärmestrom

$\frac{dW}{dt}$ bzw. P W zugeführte elektrische Leistung oder mechanische Leistung

Beispielhaft wird nachfolgend ein kugelförmiger und zu seiner Umgebung gedämmter Wärmespeicher betrachtet. Es wird dabei von einer homogenen Temperaturverteilung innerhalb des Speichers und konstanten Stoffkennwerten ausgegangen.

Die dem System zugeführte elektrische oder mechanische Leistung spielt für dieses Beispiel, wie auch für die weiterführenden Betrachtungen keine Rolle und kann daher gleich Null gesetzt werden kann. Dies führt zu folgender Gleichung:

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} \text{ mit } dU = M * c * d\vartheta_i \quad \text{und} \quad \dot{Q} = \dot{Q}_{\text{Wärmezufuhr}} - \dot{Q}_{\text{Wärmeabfuhr}} \tag{2}$$

bzw.

$$M * c * \frac{d\vartheta_i}{dt} = \dot{Q}_{\text{Wärmezufuhr}} - \dot{Q}_{\text{Wärmeabfuhr}} \tag{3}$$

M	kg	Masse des Speichers
c	J/kgK	spezifische Speicherkapazität des Speichers
$\frac{d\vartheta_i}{dt}$	K/s	Zunahme der Temperatur des Speichers mit der Zeit
$\dot{Q}_{\text{Wärmezufuhr}}$	W	zugeführter Wärmestrom
$\dot{Q}_{\text{Wärmeabfuhr}}$	W	abgeführter Wärmestrom

Die über die Grenzen eines Systems zu- bzw. abgeführte Wärmemenge führt somit zu einer Änderung der Temperatur des Systems. In dem betrachteten Beispiel lässt ein Ungleichgewicht zwischen Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr die Temperatur in dem Speicher ansteigen bzw. absinken.

Während dynamische Simulationsverfahren diese Temperaturänderung durch Lösung der Differenzialgleichung berechnen, gehen stationäre Bilanzverfahren davon aus, dass sich die Temperatur eines Systems mit der Zeit nicht

ändert und die Änderung der inneren Energie in Abhängigkeit der Zeit somit Null ist. In dem betrachteten Fall vereinfacht sich der Energieerhaltungssatz somit zu folgender Gleichung:

$$0 = \dot{Q}_{\text{Wärmezufuhr}} - \dot{Q}_{\text{Wärmeabfuhr}} \quad \text{oder} \quad \dot{Q}_{\text{Wärmezufuhr}} = \dot{Q}_{\text{Wärmeabfuhr}} \quad (4)$$

Unter Berücksichtigung einer definierten Innentemperatur lässt sich mit einem stationären Bilanzverfahren der Wärmestrom berechnen, welcher benötigt wird um die Wärmeabfuhr (z.B. Wärmeverluste) des Systems auszugleichen.

Die Heizlastberechnung nach ÖNORM EN 12831 [ONO18] bzw. ÖNORM H 7500 [ONO15] bzw. künftig ÖNORM H 12831 [ONO18a] stellt ein stationäres Bilanzverfahren, wie es oben beschrieben ist, dar. Im Gegensatz dazu ist der in diesem Projekt (weiter-) entwickelte Rechenkern ein dynamisches Simulationsverfahren.

Für den Anwender eines Berechnungsverfahrens führt der Einsatz von stationären Verfahren einerseits zu einer kürzeren Berechnungsdauer (unter üblichen Rahmenbedingungen weniger als 1 Sekunde), andererseits können mitunter wichtige thermodynamische Vorgänge innerhalb eines Gebäudes oder einer technischen Anlage mit stationären Verfahren nicht abgebildet werden. Der Eingabeaufwand für dynamische Simulationen ist geringfügig höher als bei stationären Berechnungen [ANT13].

(siehe auch [HAN14]).

1.2 Behaglichkeit als Randbedingung für die Auslegung

Die Umsetzbarkeit einer Gebäudekonditionierung über Bauteilaktivierung ist oftmals durch die limitierte Leistungsabgabe der Bauteile als Wärmeabgabesystem begrenzt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Beheizung über die Deckenflächen erfolgt. Aufgrund des geringen konvektiven Anteils an der Wärmeabgabe sind im Vergleich zu anderen Flächenheizsystemen höhere Oberflächentemperaturen zur Abdeckung der Heizleistung erforderlich. Die maximalen Oberflächentemperaturen sind allerdings aus Gründen der Behaglichkeit begrenzt.

Die im Aufenthaltsbereich geltenden Kriterien zur Sicherstellung der Behaglichkeit werden in der ÖNORM EN ISO 7730 [ONO06] definiert. Darin werden drei Kategorien des Umgebungsklimas festgelegt:

Tabelle 1: Kategorien des Umgebungsklimas zur Beschreibung der Behaglichkeit nach [ONO06]

Kat.	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt		Lokale Unbehaglichkeit			
	PPD	PMV	DR	PD		
				Vertikaler Lufttemperaturunterschied	warmer oder kalter Fußboden	Asymmetrische Strahlung
	%		%	%	%	%
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Für die Auslegung von bauteilaktivierten Systemen spielt dabei die asymmetrische Strahlung eine wesentliche Rolle. Um beispielsweise die Kategorie C einhalten zu können, muss der Anteil an Unzufriedenen zufolge lokaler

Unbehaglichkeit kleiner 10% liegen. Der Zusammenhang zwischen der Asymmetrie der Strahlungstemperatur und dem Anteil an Unzufriedenen ergibt sich wie folgt:

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5 \tag{5}$$

Δt_{pr} K Asymmetrie der Strahlungstemperatur

Die maximale Strahlungsasymmetrie, um weniger als 10% Unzufriedene und somit die Einhaltung der Kategorie C sicherstellen zu können, liegt demnach bei ca. 7 K.

Tabelle 2: Asymmetrie der Strahlungstemperatur nach [ONO06]

Asymmetrie der Strahlungstemperatur				
Kategorie	warme Decke	kühle Wand	kühle Decke	warme Wand
		°C	°C	°C
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 8	< 35

In der ÖNORM EN ISO 11855-1 8 [ONO16] zur Planung, Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter Strahlungsheizung- und -kühlsysteme wird verschärfend beschrieben, dass die Strahlungsasymmetrie möglichst unter 5 K gehalten werden soll. Weiter wird beschrieben, dass sich die Asymmetrie der Strahlungstemperatur auf das Sichtfeld einer kleinen, horizontalen 0,6 m über den Fußboden befindlichen Ebene bezieht. Die Strahlungsasymmetrie ist neben den Oberflächentemperaturen somit immer auch von der Raumgeometrie abhängig.

In der zurückgezogenen ÖNORM EN 15377-1 [ONO08] wird dies anhand eines Beispiels erläutert. Für einen Raum mit 2,4 m x 4,8 m und einer Höhe von 2,7 m wird der Winkelfaktor der Decke für eine in Raummitte sitzende Person zu 0,42 ermittelt. Wird nun angenommen, dass abgesehen von der beheizten Decke sämtliche Raumboflächen 20°C haben und die Asymmetrie der Strahlungstemperatur maximal 5 K betragen darf, ergibt sich die maximale Oberflächentemperatur der Decke zu 32°C.

In Ergänzung zu den o.a. Bestimmungen gibt die ÖNORM EN 1264-3 [ONO09] zur Auslegung von flächenintegrierten Heiz- und Kühlsystemen mit Wasserdurchströmung eine maximale Oberflächentemperatur von beheizten Decken für übliche geometrische Situationen von 29°C bzw. 9 K über Raumtemperatur an.

Im Sinne eines konservativen Planungsansatzes wird an dieser Stelle empfohlen die maximale Oberflächentemperatur aus der Betrachtung eines unendlich großen Raumes abzuleiten. In diesem Fall beträgt der Winkelfaktor zwischen einer Person in Raummitte und der Decke 1,0 und die Oberflächentemperatur der Decke darf somit im Hinblick auf die Begrenzung der Strahlungsasymmetrie maximal 5 K über der Temperatur der sonstigen umschließenden Oberflächen liegen. Bei einer Temperaturdifferenz von 5 K zwischen der Oberfläche des beheizten Bauteils und dem darunterliegenden Raum beträgt die maximale Heizleistung in Abhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten ca. 30 W/m².

Bei normgemäßer Ermittlung der Heizlast stellt die Begrenzung der Abgabeleistung von aktivierten Bauteilen (insb. Decken) oftmals ein Ausschlusskriterium dar. Die Praxis zeigt allerdings, dass auch Gebäude deren Normheizlasten deutlich über den o.a. Grenzwerten liegen, über aktivierte Deckenflächen konditioniert werden können.

Hier ist eine gewisse Analogie zur Zuluftbeheizbarkeit von Passivhäusern zu erkennen. Auch bei diesem Gebäudekonzept ist die Wärmeabgabeleistung stark begrenzt, weshalb der Nachweis über die Normheizlastberechnung kaum geführt werden kann. Für die Ermittlung der erforderlichen Heizleistung von Passivhäusern wurde daher das Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) etabliert. Darin wird die Heizlast über ein stationäres Verfahren mit angepassten Randbedingungen ermittelt.

Nachfolgend soll nun analysiert werden, welche Eingangsgrößen den größten Einfluss auf das Berechnungsergebnis der Normheizlast haben und welche alternativen Ansätze zur Ermittlung der erforderlichen Heizleistung herangezogen werden können.

1.3 Stationäres Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Heizlast

Die Heizlast ist jener Wärmestrom der benötigt wird um in einem Gebäude oder einer Wohnung bzw. einem Raum eine festgelegte operative Raumtemperatur unter Auslegungsbedingungen einhalten zu können.

Die Raumheizlast wird dabei grundsätzlich zur Ermittlung der erforderlichen Heizleistung der Wärmeabgabesysteme in dem betrachteten Raum benötigt. Die Gebäudeheizlast wird ermittelt, um die Heizleistung des Wärmeerzeugers bestimmen zu können.

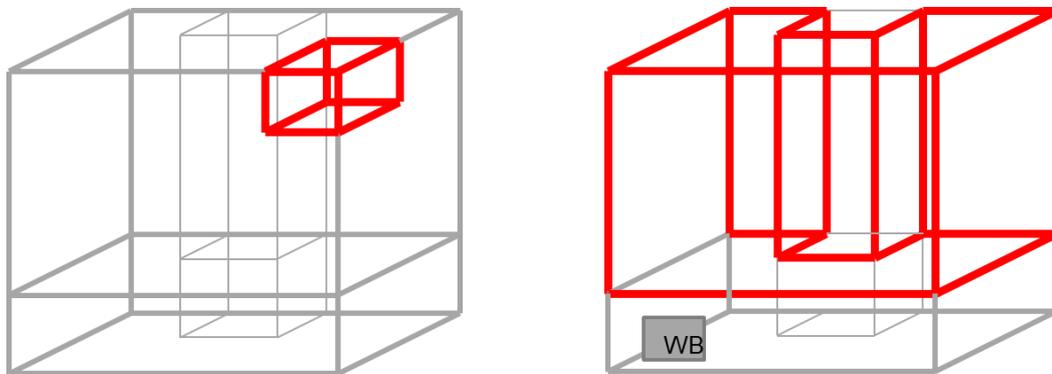


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung der Berechnungsgrenzen für die Raumheizlast (links) und die Gebäudeheizlast (rechts)

Grundsätzlich existieren mehrere Berechnungsverfahren zur Bestimmung der erforderlichen Heizleistung:

- stationäre Berechnung (ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831)
- erweiterte stationäre Berechnung (z.B. gem. PHPP)
- dynamische Simulation

Das Verfahren zur Berechnung der Heizlast ist in der ÖNORM EN 12831 [ONO18] auf europäischer Ebene festgehalten. In Österreich stellt die ÖNORM H 7500 [ONO15] den aktuell gültigen nationalen Anhang zur ÖNORM EN 12831 dar. Künftig wird dieser nationale Anhang durch die ÖNORM H 12831 [ONO18a] ersetzt werden. Aktuell befindet sich dieser im Entwurfs-Stadium.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Nachfolgend werden die wesentlichen Einflussgrößen auf die Heizlast als Berechnungsergebnis analysiert. Es werden unterschiedliche Festlegungen bzw. Änderungen in den o.a. Normen aufgezeigt. Der Einfluss der einzelnen Größen auf das Berechnungsergebnis wird anhand eines Beispiels exemplarisch dargestellt.

Das hierfür herangezogene Beispielgebäude ist in „Thermische Bauteilaktivierung – Planungsleitfaden für Einfamilien- und Reihenhäuser“ [FRI16] ausführlich dokumentiert.

Für den Vergleich zwischen den einzelnen Berechnungsmethoden und die Analyse der wesentlichen Einflussgrößen wird das Gebäude vereinfacht jeweils als eine Zone betrachtet und so die Gebäudeheizlast ermittelt.



Abbildung 3: Rendering des Beispielgebäudes für die Analyse der wesentlichen Einflussgrößen (Quelle: [FRI16])

In der ÖNORM EN 12831 ist das normierte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Heizlast auf europäischer Ebene beschrieben. Darin enthalten sind drei unterschiedliche Verfahren. Das Standardverfahren eignet sich sowohl zur Ermittlung der Heizlast für Räume, als auch für Gebäudeeinheiten und gesamte Gebäude. Mit den beiden vereinfachten Verfahren der ÖNORM kann die Heizlast entweder für einzelne Räume oder für gesamte Gebäude berechnet werden. Alle drei Berechnungsmethoden basieren auf einem stationären Berechnungsansatz.

Das stationäre Berechnungsverfahren nach ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 (bzw. künftig ÖNORM H 12831) berücksichtigt neben den Transmissionsverlusten und den Lüftungsverlusten ggf. eine zusätzliche Aufheizleistung. Diese kann in Vereinbarung mit dem Auftraggeber angesetzt werden, um den erhöhten Leistungsbedarf eines Gebäudes nach einer ev. Absenkephase mitberücksichtigen zu können. Diese zusätzliche Aufheizleistung wird in den weiteren Untersuchungen in diesem Forschungsprojekt nicht mitberücksichtigt.

Die Ermittlung der Heizlast nach ÖNORM EN 12831 und die ÖNORM H 7500 bzw. künftig die ÖNORM H 12831 folgt vereinfacht nachfolgendem Schema, siehe Abbildung 4.

$$\dot{Q}_{HL} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V (+ \dot{Q}_{hu}) (- \dot{Q}_{gain})$$

Heizlast =

Transmissionsverluste

+ Lüftungsverluste

(+ zusätzliche Aufheizleistung)

(- innere Gewinne)

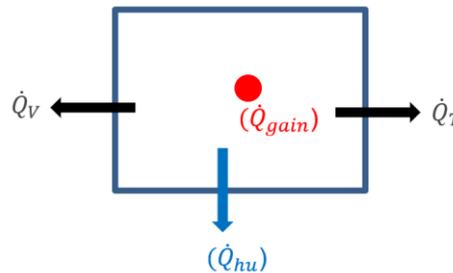


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Bilanzierung zur Berechnung der Heizlast

Wird die oben beschriebene Berechnungsmethodik - ohne Berücksichtigung innerer Wärmegewinne sowie zusätzlicher Aufheizleistung - auf das definierte Beispielgebäude angewendet, ergibt sich die Heizlast zu ca. 4.600 W.

1.3.1 Transmissionswärmeverluste über Wärmebrücken

Die Wärmeverluste über Wärmebrücken werden nach ÖNORM EN 12831 [ONO18] bzw. ÖNORM H 7500 [ONO15] (bzw. künftig ÖNORM H 12831 [ONO18a]) über einen pauschalen U-Wert-Aufschlag oder eine detaillierte Erfassung sämtlicher Wärmebrücken berücksichtigt.

Aufgrund des hohen Aufwands für die detaillierte Erfassung der Wärmebrücken kommt dem pauschalen U-Wert-Aufschlag im Rahmen der praktischen Anwendung große Bedeutung zu. Während der pauschale U-Wert-Aufschlag für Gebäude mit geringem Wärmedämmstandard eher geringe Auswirkungen hat, führt er bei hoch gedämmten Gebäuden zu einer enormen Erhöhung der Heizlast.

In der ÖNORM EN 12831 wird der U-Wert-Aufschlag nach der Gebäudehüllenqualität festgelegt und beträgt zumindest 0,02 W/m²K. In der in Österreich aktuell noch gültigen ÖNORM H 7500 beträgt der pauschale U-Wert-Aufschlag je nach Baustandard zumindest 0,05 W/m²K. Während dies bei einem Bauteil mit einem U-Wert von 0,5 W/m²K lediglich eine Erhöhung der Transmissionswärmeverluste um 10% bedeutet, ergibt sich bei einem U-Wert von 0,1 W/m²K bereits eine rechnerische Erhöhung der Transmissionswärmeverluste um 50%. Im Entwurf der ÖNORM H 12831 sind die Vorschläge der ÖNORM EN 12831 umgesetzt. Der pauschale Wärmebrückenaufschlag beträgt somit auch hier je nach Baustandard zumindest 0,02 W/m²K und wird somit im Vergleich zur aktuell gültigen ÖNORM H 7500 für hoch wärmedämmte Gebäude deutlich reduziert. Ein Vergleich der aktuell und künftig geltenden Normen ist in Tabelle 3 gegeben.

Tabelle 3: Berücksichtigung von Wärmebrücken gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831

Auswahlkriterien, Art der Berücksichtigung der Wärmebrücken	Zusätzlicher Wärmedurchgangskoeffizient ΔU_{TB} bzw. ΔU_{WB} (ÖNORM H 7500)		
	ÖNORM EN 12831 [ONO18]	ÖNORM H 7500 [ONO15]	ÖNORM H 12831 (Entwurf) [ONO18a]
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)
Neue Gebäude; hoher Grad der Wärmedämmung und Minimierung der Wärmebrücken, welche die Anforderungen der allgemein anerkannten Regeln der Technik übertrifft	0,02	Keine Angabe	0,02
Neue Gebäude; die die allgemein anerkannten Regeln der Technik bezüglich der Minimierung von Wärmebrücken erfüllen Formulierung ÖNORM H7500: mit Minimierung der Wärmestroms bei Wärmebrücken durch Wärmedämmung gemäß ÖNORM B 8110-1 (Standardfall für Bauweise nach 1990)	0,05	0,05	0,05
Gebäude mit einer hauptsächlich inneren Wärmedämmung, die durch Massivdecken beschädigt bzw. durchdrungen wurde (z.B. Stahlbeton)	0,15	Keine Angabe	0,15
Alle weiteren Gebäude Formulierung ÖNORM H7500: ohne Minimierung der Wärmestroms bei Wärmebrücken durch Wärmedämmung (z.B. ohne Wärmedämmung, Bauweise bis 1990)	0,10	0,10	0,10

In der Praxis wird der Auftraggeber bereits zu Projektbeginn festlegen müssen, ob eine besonders gute Minimierung der Wärmebrücken im Zuge der Planung berücksichtigt werden soll. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass Wärmebrücken in Neubauten weiterhin mit einem pauschalen U-Wert-Aufschlag von 0,05 W/m²K berücksichtigt werden. Die Heizlastermittlung wird im Rahmen der Planungsphasen üblicherweise vom Planer der technischen Anlagen durchgeführt. Dieser hat in der Regel weder die erforderlichen Informationen, noch das bautechnische Fachwissen, um entscheiden zu können, ob das Kriterium einer besonders guten Minimierung von Wärmebrücken erfüllt wird. Sinnvollerweise wird sich der Ersteller der Heizlastberechnung die Erfüllung dieses Kriteriums vom Bauherrn und dieser in weiterer Folge vom Hochbauplaner oder Bauphysiker bestätigen lassen.

Die Heizlast des Beispielgebäudes ändert sich durch die Reduktion des pauschalen U-Wert-Aufschlags zur Berücksichtigung von Wärmebrücken von 0,05 W/m²K auf 0,02 W/m²K von ca. 4.600 W auf ca. 4.200 W. Durch detaillierte Berücksichtigung von Wärmebrücken und einem entsprechenden Nachweis der Wärmebrückenfreiheit lässt sich die Heizlast weiter auf bis zu ca. 4.000 W reduzieren.

1.3.2 Lüftungswärmeverluste

Bei hochwärmegedämmten Gebäuden haben die Lüftungswärmeverluste einen signifikanten Anteil am gesamten Leistungsbedarf. Das Ausmaß der Lüftungswärmeverluste wird primär vom Luftwechsel bestimmt. Darüber hinaus

können die Lüftungswärmeverluste bei mechanischer Lüftung mit einer entsprechenden Wärmerückgewinnung erheblich reduziert werden.

1.3.2.1 Mindestluftwechsel

In der ÖNORM EN 12831 [ONO18] bzw. ÖNORM H 7500 [ONO15] bzw. künftig ÖNORM H 12831 [ONO18a] wird der hygienisch erforderliche Luftwechsel bei Fensterlüftung mit den Mindestluftwechselzahlen aus Tabelle 4 berücksichtigt.

Tabelle 4: Berücksichtigung des Mindestluftwechsels gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831

Raum	Mindest-Luftwechsel n_{min}		
	ÖNORM EN 12831 [ONO18]	ÖNORM H 7500 [ONO15]	ÖNORM H 12831 (Entwurf) [ONO18a]
	h^{-1}	h^{-1}	h^{-1}
Wohnräume	0,5	0,5	0,5
Küchen, Raumvolumen $\leq 20 \text{ m}^3$	0,5	1,0	1,0
Küchen, Raumvolumen $> 20 \text{ m}^3$	0,5	0,5	0,5
Bäder, WCs	0,5	1,5	1,5
Innenliegende Nebenräume ohne andauernden Personenaufenthalt (sekundär genutzt)	0,0	keine Angabe	0,0

Es fällt auf, dass die Mindestluftwechselzahl für Räume mit sanitärer Nutzung im Entwurf der ÖNORM H 12831 von der ÖNORM H 7500 übernommen wurden und somit von der ÖNORM EN 12831 abgewichen wurde. Es wird allerdings analog zur Methodik in der ÖNORM H 7500 eine Reduktion der Lüftungswärmeverluste bei innenliegenden Sanitärräumen ermöglicht.

Dem europäischen Vorschlag zur Reduktion der Mindestluftwechselzahl bei innenliegenden Räumen ohne andauerndem Personenaufenthalt auf 0,0 1/h folgt der Österreichische Entwurf der ÖNORM H 12831.

Im Vergleich dazu schlägt das Passivhaus Projektierungspaket PHPP für die Ermittlung der Lüftungswärmeverluste eine Mindestluftwechselzahl von 0,3 1/h vor. (vgl. [FR116])

Für die Ermittlung der Heizlast für unser Beispielgebäude wurde bislang vereinfacht für das gesamte Gebäude mit einer Luftwechselzahl von 0,5 1/h gerechnet. Eine Reduktion der Luftwechselzahl auf 0,3 1/h lässt die Heizlast von ca. 4.000 W auf ca. 3.300 W sinken.

1.3.2.2 Wärmerückgewinnung in mechanischen Lüftungsanlagen

Über den Einsatz einer Wärmerückgewinnung in mechanischen Lüftungsanlagen lässt sich die erforderliche Heizleistung effektiv reduzieren. Das in der ÖNORM EN 12831 beschriebene Berechnungsverfahren lässt die Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen zu. Das Berechnungsverfahren ermöglicht auch die Berücksichtigung von mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung deren Luftvolumenstrom geringer ist, als der für die Berechnung der Heizlast normativ anzusetzende Luftvolumenstrom. Die Differenz ist in diesem Fall allerdings als zusätzlicher Luftwechsel ohne Wärmerückgewinnung in der Berechnung anzusetzen. Die

Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung erfolgt jedenfalls über die im Vergleich zur Außenlufttemperatur geänderte Zulufttemperatur der Lüftungsanlage.

In der ÖNORM H 7500 ist die Berücksichtigung von Wärmerückgewinnung bei der Ermittlung der Norm-Lüftungswärmeverluste nicht vorgesehen. Es wird allerdings darauf verwiesen, dass eine eventuelle Änderung der Auslegungsheizlast durch Lüftungsanlagen im Zuge der haustechnischen Planung zu berücksichtigen ist.

Im Entwurf der ÖNORM H 12831 wird das System der ÖNORM EN 12831 übernommen. Die Berücksichtigung von Wärmerückgewinnung im Rahmen der Heizlastberechnung wird somit ermöglicht.

Bei der Ermittlung der Heizlast für unser Beispielgebäude wurde die vorhandene Wärmerückgewinnung bislang nicht berücksichtigt. Die Berücksichtigung einer mechanischen Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 0,8 lässt die Heizlast von ca. 3.300 W auf ca. 2.400 W sinken.

1.3.3 Innere Wärmegewinne

Interne Wärmegewinne reduzieren die erforderliche Heizleistung. Gemäß ÖNORM EN 12831 dürfen interne Wärmegewinne mitberücksichtigt werden sofern sie auf nationaler Ebene festgelegt werden. Weder die ÖNORM H 7500, noch die ÖNORM H 12831 sehen allerdings die Berücksichtigung von inneren Wärmegewinnen vor.

Es wird vorgeschlagen die Berücksichtigung interner Wärmegewinne zumindest in der Höhe von 50% der in ÖNORM B 8110-5 [ONO 11] angegebenen Leistung zu berücksichtigen. Hier wird grundsätzlich in Passivhäuser und sonstige Gebäude unterschieden, wobei die Leistung bei Passivhäusern geringer anzusetzen ist. Für ein Passivhaus-Wohngebäude gibt die ÖNORM B 8110-5 beispielsweise eine Leistung von 2,1 W/m², für sonstige Wohngebäude eine Leistung von 3,75 W/m² an. Vereinfachend wird vorgeschlagen nicht in Passivhäuser und sonstige Häuser zu unterscheiden, sondern für sämtliche Gebäude 50% der Leistungsangabe für effiziente Gebäude (Passivhäuser) anzusetzen. Für Wohngebäude würde sich somit ein Wert von 1,05 W/m² ergeben.

Durch die Berücksichtigung der inneren Wärmegewinne in der Höhe von 1,05 W/m² reduziert sich die Heizlast des Beispielgebäudes von 2.400 auf 2.300 W.

1.3.4 Innentemperatur

Die für die Ermittlung der Heizlast anzusetzenden Klimarandbedingungen werden in der ÖNORM H 7500 [ONO15] (bzw. künftig ÖNORM H 12831 [ONO18a]) festgelegt. Die Norm-Innentemperatur ist als operative Temperatur in dem betrachteten Raum definiert. In Tabelle 5 sind die Norm-Innentemperaturen laut ÖNORM EN 12831 [ONO18] bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831 definiert.

Tabelle 5 Norm-Innentemperatur gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831

Raum	Norm - Innentemperatur		
	ÖNORM EN 12831 [ONO18]	ÖNORM H 7500 [ONO15]	ÖNORM H 12831 (Entwurf) [ONO18a]
	°C	°C	°C
Wohnräume	+ 20	+ 20	+ 20
Schlafräume	keine Angabe	+ 20	+ 20
Küchen	keine Angabe	+ 20	+ 20

Bäder	+ 24	+ 24	+ 24
WCs	keine Angabe	+ 15	+ 15
Nebenräume (Vorräume, Flure)	keine Angabe	+ 15	+ 15
beheizte Stiegenhäuser	keine Angabe	+ 15	+ 15

Im Hinblick auf die Heizlastberechnung für die in diesem Forschungsprojekt betrachteten hocheffizienten Gebäude sollten die normativ vorgeschlagenen Norm-Innentemperaturen aus zweierlei Gründen überdacht werden. Einerseits sind derartig hohe Temperaturunterschiede innerhalb einer Wohneinheit (z.B. 20°C Wohnraum und 15°C Vorraum) aufgrund der im Vergleich zu den Außenwänden niedrigen Wärmedurchgangswiderstände der Zwischenwände kaum realisierbar, andererseits erfüllt eine operative Temperatur von 20°C in Aufenthaltsräumen zumeist nicht die Anforderungen der heutigen Nutzer. Ein angleichen der Temperaturen in den einzelnen Räumen einer Wohneinheit würde den Aufwand bei Geometrieerfassung erheblich reduzieren.

Zwar stellt die Norm dem Anwender frei abweichende Innentemperaturen für die Berechnung anzusetzen sofern dies vom Auftraggeber gefordert wird, die Praxis zeigt allerdings, dass dies nur selten in Anspruch genommen wird.

Werden die sonstigen Berechnungsrandbedingungen wie oben beschrieben modifiziert und damit eine deutlich geringe Heizlast ermittelt, sollte jedenfalls auch die angesetzte Innentemperatur angepasst werden. Anderenfalls liegt die berechnete Heizlast eventuell unter dem tatsächlich erforderlichen Leistungsbedarf.

Durch das Anheben der angesetzten Innentemperatur von 20°C auf 22°C steigt die Heizlast von ca. 2.300 W auf ca. 2.400 W.

1.3.5 Klimarandbedingungen für die Auslegung mittels stationärer Methoden

Die in der Berechnung angesetzte Außentemperatur stellt, abgesehen von der Gebäudehüllenqualität, die wesentlichste Einflussgröße für die Berechnung der Heizlast dar. Das Sicherheitsniveau der gesamten Heizlastberechnung wird wesentlich über die statistische Auftretswahrscheinlichkeit der angesetzten Außentemperatur festgelegt.

Die Normaußentemperatur ist in der ÖNORM H 7500 als das tiefste Zweitagesmittel, das in 20 Jahren 10-mal erreicht wird definiert. Die anzusetzende Normaußentemperatur variiert in Abhängigkeit der geografischen Lage sowie der Seehöhe des betrachteten Gebäudestandorts. Für Wien liegt die Normaußentemperatur beispielsweise in etwa bei -12°C bis -13°C.

Die solare Einstrahlung und die resultierenden Wärmegewinne über die transparenten Bauteile werden im Rahmen der normierten Berechnungsverfahren nicht mitberücksichtigt.

1.4 Dynamische Simulation

Mit Hilfe von Simulationen lässt sich das dynamische Verhalten von Gebäuden analysieren. Im Gegensatz zu stationären Verfahren wird dabei in der Regel nicht die erforderliche Leistung, sondern die Änderung der Temperatur eines Systems unter gegebenen Randbedingungen ermittelt. Um mit der Simulation die erforderliche Heizleistung eines Gebäudes bestimmen zu können, wird ein System mit idealer Wärmeabgabe gewählt. Dieses gibt in jedem Zeitschritt die erforderliche Leistung an dem Raumknoten ab, um die Solltemperatur halten zu können.

1.4.1 Klimarandbedingungen für die Auslegung mittels dynamischer Simulation

Bei der stationären Heizlastberechnung besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der angesetzten Außentemperatur und der Heizlast als Berechnungsergebnis. Je niedriger die angesetzte Außentemperatur, desto höher die Heizlast. In der nachfolgenden Abbildung ist beispielhaft der Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der gemessenen Heizleistung eines Gebäudes aus [FEI05] dargestellt. Es zeigt sich, dass der lineare Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der erforderlichen Heizleistung - insbesondere bei sehr niedrigen Außentemperaturen - nicht dem realen Gebäudeverhalten entspricht.

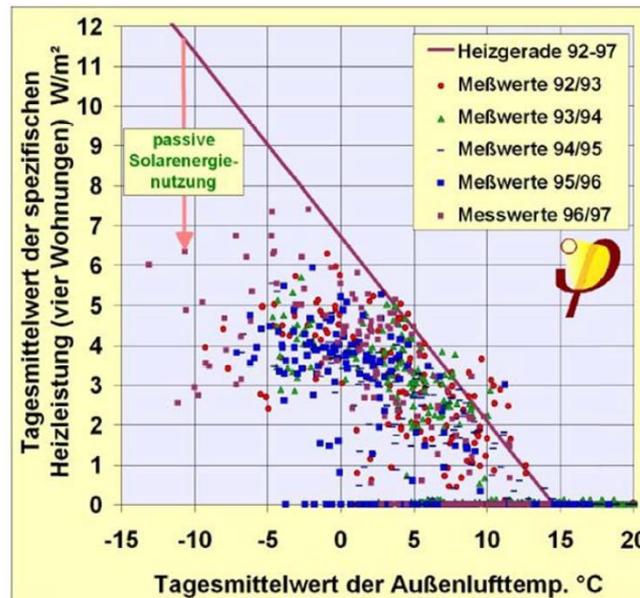


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen dem Tagesmittel der Außentemperatur und dem Tagesmittel der Heizleistung. Quelle: [FEI05]

Während es in der oben dargestellten Betrachtung bei sehr kalten Temperaturen zu einer deutlichen Unterschreitung der tatsächlichen maximalen Heizleistung im Vergleich zur theoretischen Ermittlung kommt, reproduziert das Berechnungsmodell die maximalen Heizleistungen bei gemäßigttem Klima relativ gut. Begründet werden die Abweichungen der erforderlichen Heizleistung von der theoretischen Heizlast durch die stets gegebene, erhöhte solare Einstrahlung bei tiefen Außentemperaturen.

In [ROS12] wird Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der solaren Einstrahlung anhand von Messdaten einer Wetterstation am Standort Wien weiter untersucht.

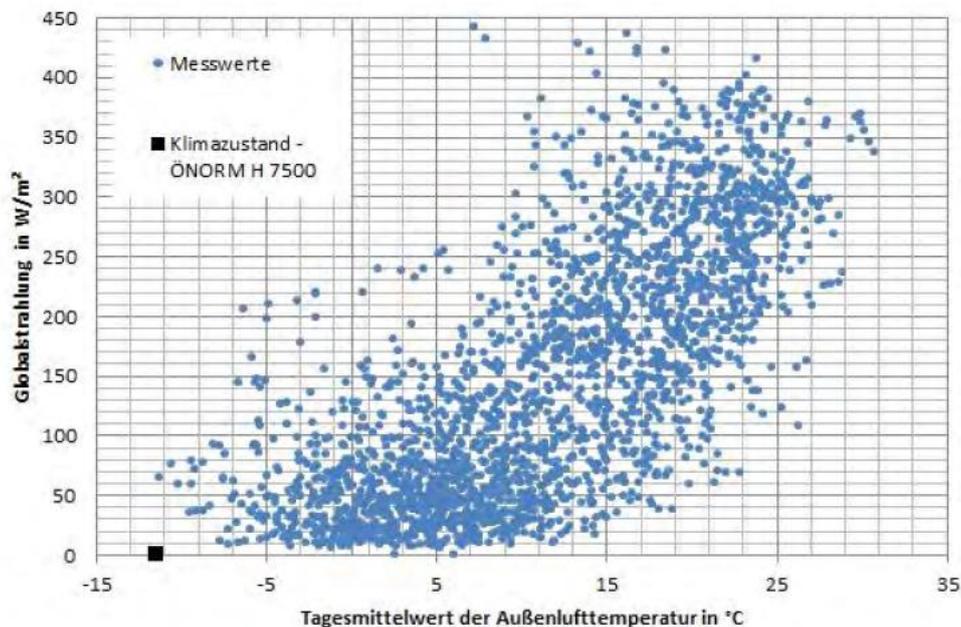


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen dem Tagesmittel der Außentemperatur und dem Tagesmittel der Globalstrahlung gemessen von einer Wetterstation am Standort Wien von 2005 bis 2012 mit Kennzeichnung des Auslegungszustands laut bestehender Normung. Quelle: [ROS12]

Der zuvor beschriebene Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der solaren Einstrahlung ist auch in der o.a. Abbildung ersichtlich und bestätigt die Annahme, dass für die Auslegung von Gebäuden im Winterfall zwei Klimazustände maßgebend sein können:

Auslegungsklima 1 – „kalt und sonnig“

Auslegungsklima 2 – „gemäßigt und bedeckt“

Bei der Berücksichtigung dieser beiden Klimazustände im Rahmen der Heizlastberechnung ist zu beachten, dass es bedingt durch die Berechnungsmethodik nicht zulässig ist im Rahmen der stationären Berechnung einfach den Tagesmittelwert der solaren Einstrahlung anzusetzen. Es besteht allerdings die Möglichkeit anhand von dynamischen Simulationen auf die ansetzbare Strahlungsintensität für das stationäre Berechnungsmodell rückzurechnen. Dieser Ansatz wird beispielsweise im Passivhaus-Projektierungs-Paket verfolgt. Auch in [HAN13] wird dieser Vorschlag aufgegriffen.

Im Hinblick auf die Entwicklung von Randbedingungen für die Heizlastermittlung über dynamische Simulationen, wird im Folgenden ein Vorschlag zur synthetischen Generation von Auslegungsklimadaten vorgestellt.

Die Auslegungsklimadaten sollen die beiden Auslegungsklimazustände Klima 1 – „kalt und sonnig“ und Klima 2 – „gemäßigt und bedeckt“ repräsentieren. Zudem soll das dynamische Verhalten des Gebäudes abgebildet werden können. Zu diesem Zweck wird ein weiterer Klimazustand zusätzlich definiert. Dieser bildet gemäßigte Temperaturen bei klarem Himmel ab und stellt den Ausgangspunkt für die Auslegungsberechnung dar. Ausgehend von diesem sonnigen und mäßig kalten Starttag ändert sich das Klima jeweils hin zu den beiden Auslegungsklimazuständen. Auf diese Art kann das dynamische Verhalten des Gebäudes bei einem Klimawechsel nachgebildet werden.

Vereinfachend kann im Hinblick auf die Heizlastberechnung auch auf die Berücksichtigung des Starttags verzichtet und mit den periodisch eingeschwungenen Auslegungsklimazuständen 1 und 2 gerechnet werden. In diesem Fall

wird das dynamische Verhalten (auf der sicheren Seite liegend) auf die Reaktion des Gebäudes auf die Tagesschwankungen der klimatischen Randbedingungen reduziert.

Es wird vorgeschlagen sich bei der Definition der Außentemperaturdaten auf die vom Bundesministerium [BMW12] bereitgestellten Klimadaten zu beziehen (zum Zeitpunkt der Berichtserstellung konnten die Klimadaten über die Homepage des Bundesministeriums nicht abgerufen werden!). Die dort erhobenen Tagesmittelwerte werden mit einer Tagesschwingung überlagert.

Die Strahlungsintensität auf die horizontale Fläche wird aus dem in der ÖNORM B 8110-3 [ONO12] definierten Berechnungsmodell abgeleitet. Darin wird die synthetische Ermittlung der Direkt- und Diffusstrahlung für den 15. Juli unter Berücksichtigung eines klaren Tages beschrieben. Für den Winterauslegungsfall wird die Strahlungsintensität für den 15. Jänner ermittelt. Die Unterscheidung zwischen einem sonnigen (klaren) und einem bedeckten (bewölkten) Tag erfolgt über den Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktor und den Link'schen Trübungsfaktor.

Jahreszeit	Bewölkung		
	keine	mittel	stark
Sommer (Hitze)	4,5	8,0	40,0
Herbst	3,5	7,0	40,0
Winter (Kälte)	3,0	6,0	40,0
Frühling	3,5	7,0	40,0

Reiz'scher Faktor	Bewölkung		
	keine	mittel	stark
	0,333	0,2	0,333

Abbildung 7: Festlegung des Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktors (rechts) sowie des Link'schen Trübungsfaktors (links) für unterschiedliche Bewölkungszustände. Quelle: [KRE08]

Nachfolgend werden die drei für die synthetische Generation der Auslegungsklimadaten erforderlichen Klimazustände definiert:

Startklima – „gemäßigt und sonnig“

Mit dem Startklima werden mäßig kalte und klare Wintertage abgebildet. Als Außentemperatur wird für diesen Zustand der Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur herangezogen, der im langjährigen Mittel zumindest 130 Mal in 10 Jahren unterschritten wird. Die Ermittlung der Strahlungsintensität erfolgt für den 15. Jänner bei einem Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktor von 0,33 und einem Link'schen Trübungsfaktor von 4,5 (Mittelwert aus keiner Bewölkung und mittlerer Bewölkung). Für das Startklima wird der periodisch eingeschwungene Zustand berechnet.

Klima 1 – „kalt und sonnig“

Mit dem Klima 1 werden sehr kalte und klare Wintertage berücksichtigt. Als Außentemperatur wird für diesen Zustand jener Tagesmittelwert der Außentemperatur herangezogen, der im langjährigen Mittel zumindest 10 Mal in 10 Jahren unterschritten wird.

Die Ermittlung der Strahlungsintensität erfolgt für den 15. Jänner bei einem Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktor von 0,33 und einem Link'schen Trübungsfaktor von 4,5 (Mittelwert aus keiner Bewölkung und mittlerer Bewölkung).

Klima 2 – „gemäßigt und bedeckt“

Mit dem Klima 2 werden bedeckte und mäßig kalte Wintertage berücksichtigt. Als Außentemperatur wird für diesen Zustand der Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur herangezogen, der im langjährigen Mittel zumindest 130 Mal in 10 Jahren unterschritten wird.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Die Ermittlung der Strahlungsintensität erfolgt für den 15. Jänner bei einem Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktor von 0,33 und einem Link'schen Trübungsfaktor von 40,0.

Die beiden synthetischen Auslegungsklimadatenätze beginnen mit jeweils dem Startklima „gemäßigt und sonnig“ und nähern sich in weiterer Folge innerhalb einer Woche den Auslegungstagen Klima 1 „kalt und sonnig“ bzw. Klima 2 „gemäßigt und bedeckt“. Diese Auslegungsklimazustände werden dann eine Woche gehalten.

Aus der beschriebenen Systematik ergeben sich die nachfolgenden zwei Auslegungsklimadatenätze:

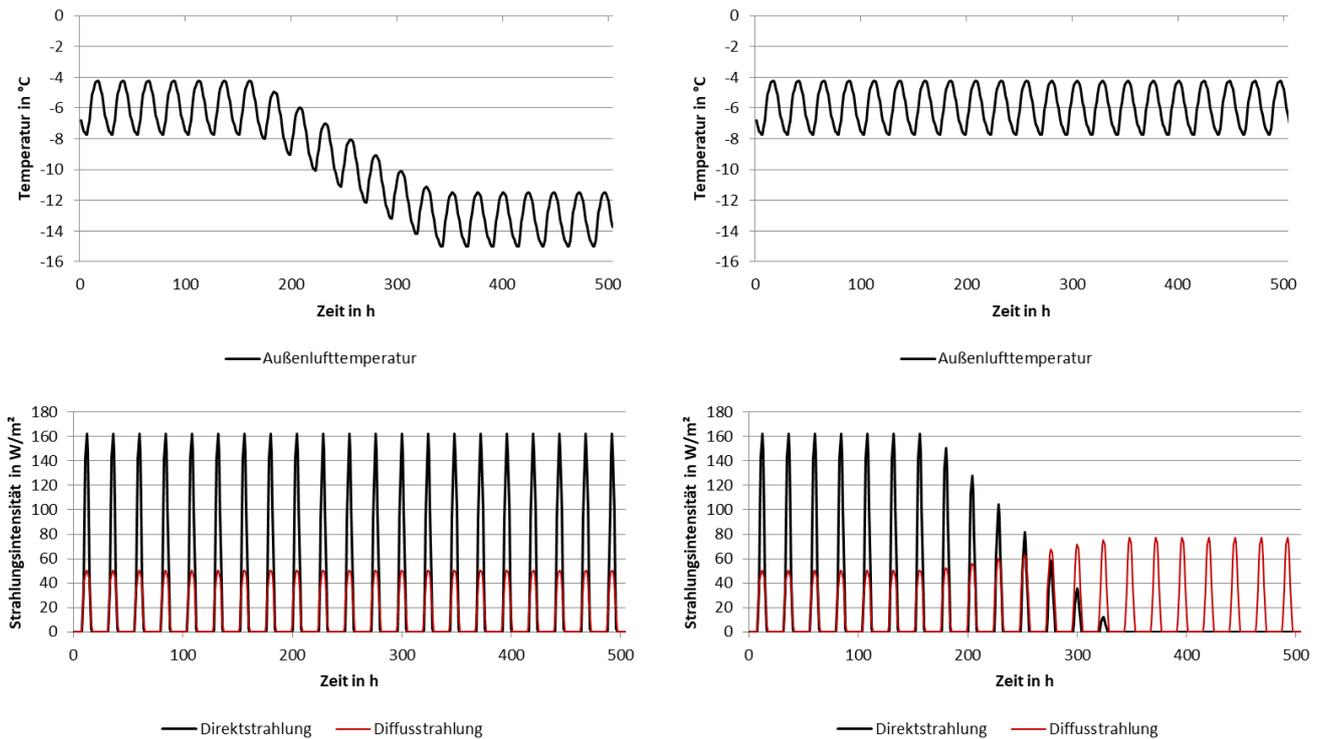


Abbildung 8: Synthetisch generiertes Auslegungsklima 1 „sonnig und kalt“ (links) und Auslegungsklima 2 „gemäßigt und bedeckt“ (rechts)

1.4.2 Ermittlung der erforderlichen Heizleistung mittels dynamischer Simulation

Es wird vorgeschlagen die während der beiden Auslegungsklimadatenätze maximal ermittelte ideale Heizleistung für die weitere Auslegung der gebäudetechnischen Anlagen heranzuziehen.

Werden die oben beschriebenen Auslegungsklimadatenätze zur Berechnung der idealen Heizleistung des Beispielgebäudes herangezogen, ergeben sich die in Abbildung 10 dargestellten Leistungsverläufe als Berechnungsergebnis. Es zeigt sich, dass für das Beispielgebäude der Auslegungsklimazustand 1 maßgebend ist. Die erforderliche Heizleistung steigt mit zunehmender Simulationsdauer an. Gegen Ende des Simulationszeitraums ist aber bereits ein praktisch eingeschwungener Zustand erreicht. Die maximale Heizleistung würde daher bei Simulation eines sich periodisch wiederholenden Tages „kalt und sonnig“ nur geringfügig höher liegen.

Die mittels dynamischer Simulation berechnete maximale Heizleistung beträgt knapp über 2.100 W. Die Simulation führt somit unter den beschriebenen Klimaannahmen zu einer Reduktion der Heizlast von ca. 300 W.

Da die Außentemperatur im Auslegungsklimazustand 1 zum Zeitpunkt des Auftretens der maximalen Heizleistung im Tagesmittel um ca. 1 K niedriger als bei der zuvor beschriebenen stationären Berechnung liegt, lässt sich die Reduktion der erforderlichen Heizleistung in erster Linie auf die Berücksichtigung der solaren Einstrahlung zurückführen.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Einfluss der unterschiedlichen Eingangsgrößen in die Berechnung der Heizlast des Beispielgebäudes nochmals zusammenfassend dargestellt:

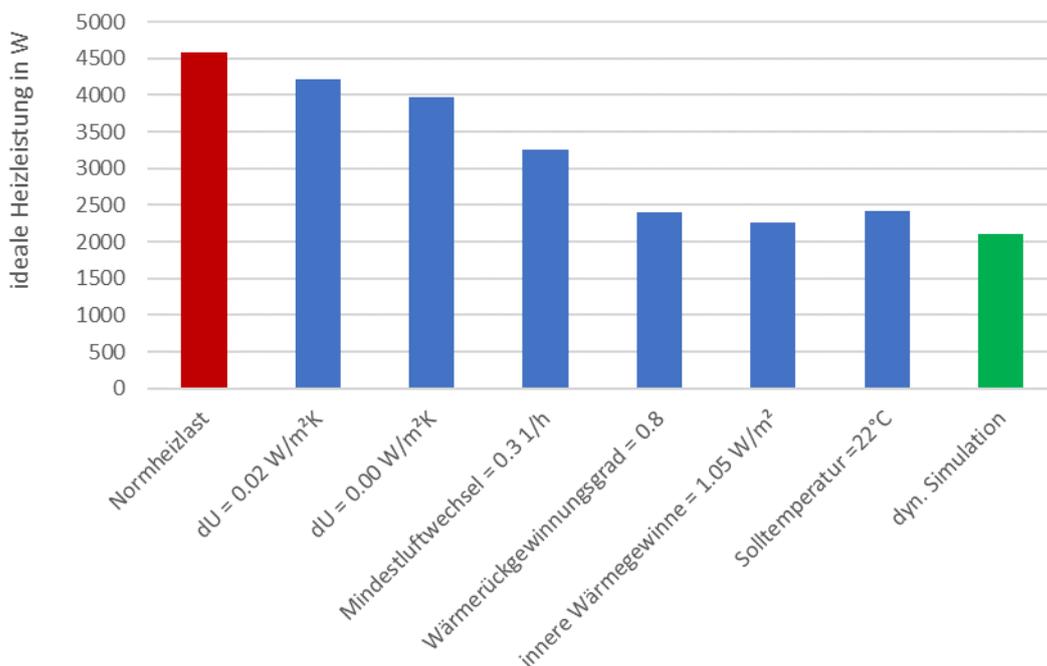
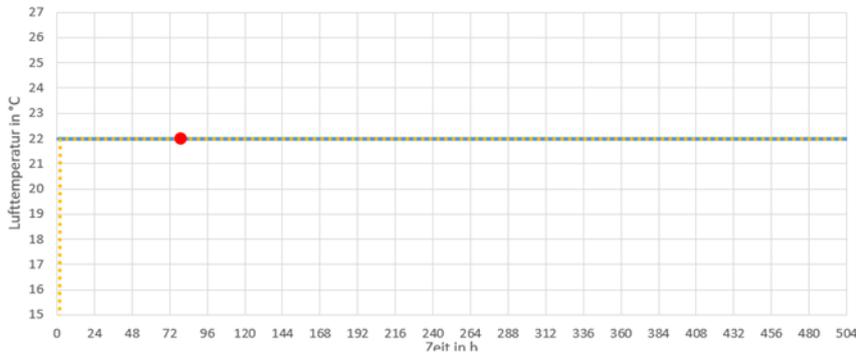


Abbildung 9: Auswirkung der unterschiedlichen Einflussgrößen auf das Ergebnis der Heizlastberechnung des Beispielgebäudes

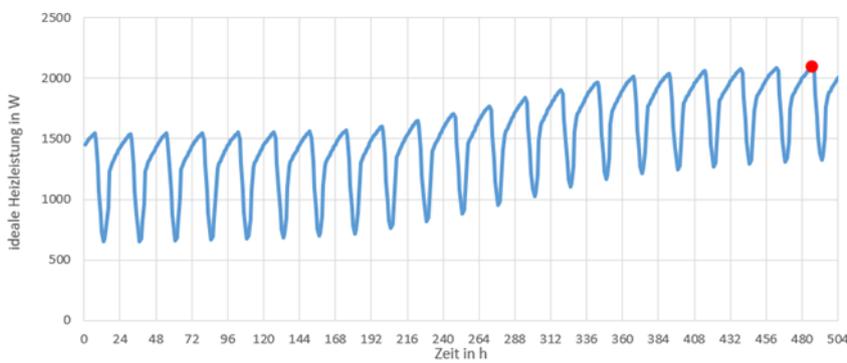
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

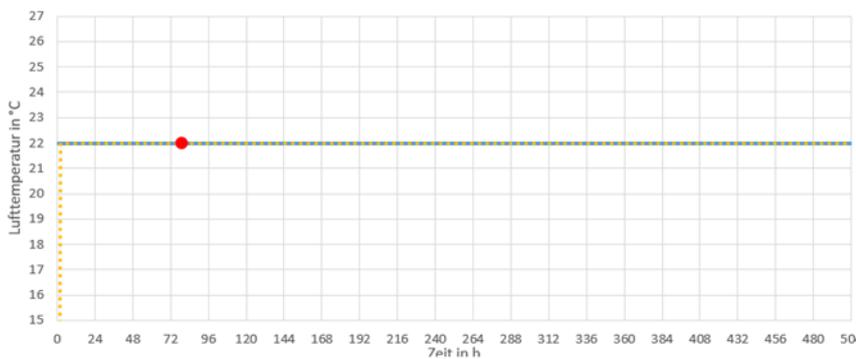


Lufttemperatur = 22°C

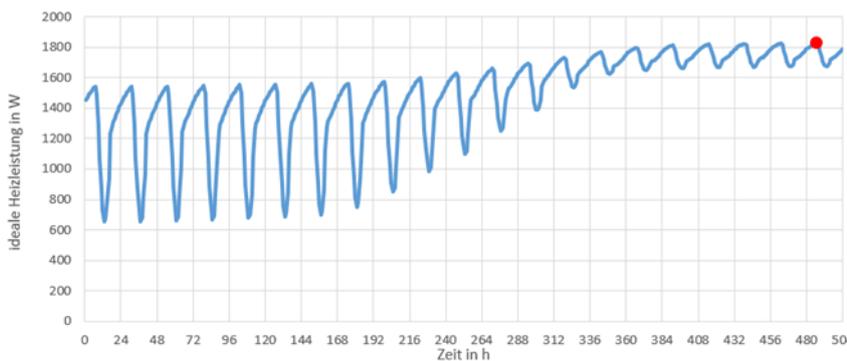


max. Heizleistung = ca. 2.100 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



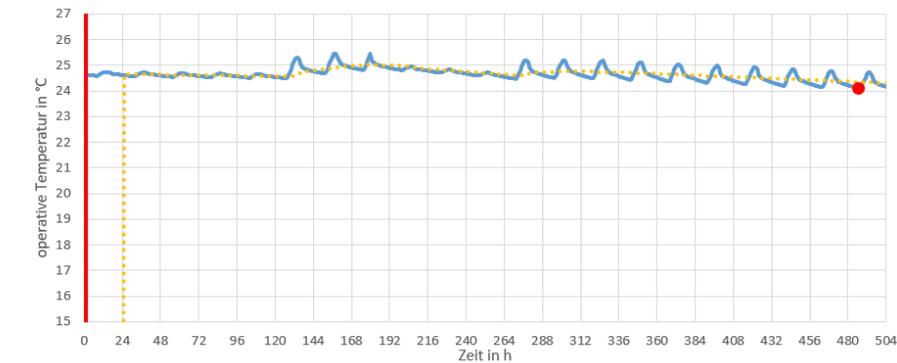
max. Heizleistung = ca. 1.600 W

Abbildung 10: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

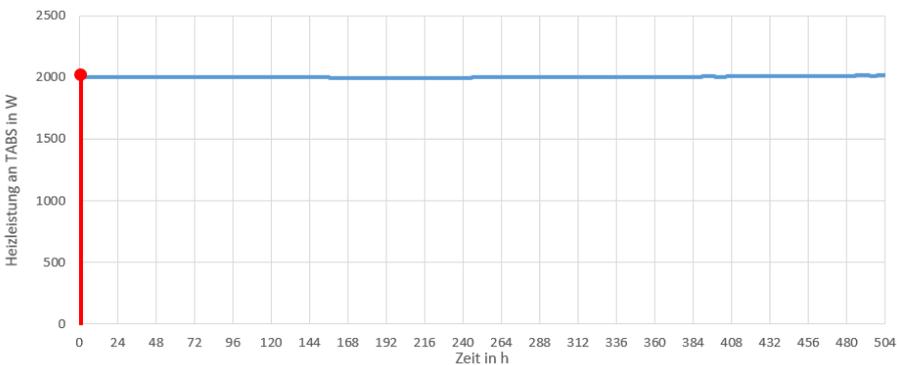
1.4.3 Sensitivitätsanalyse in Bezug auf zur Verfügung stehende Heizleistung für Auslegungsklima und Ganzjahresbetrachtung

In weiterer Folge kann analysiert werden, welche Auswirkung die Berücksichtigung realer Haustechnik auf das Gebäudeverhalten hat. Wird die zuvor ermittelte maximale Heizleistung während der Simulation des gesamten Auslegungsklimas angesetzt, zeigt sich wenig überraschend, dass die Temperatur unter den Startbedingungen „gemäßigt und sonnig“ deutlich über 22°C zu liegen kommt. Die Trägheit des Gebäudes bewirkt, dass selbst gegen Ende des Simulationszeitraums unter dem Klima „kalt und sonnig“ die Temperatur noch deutlich über der Solltemperatur liegt. Siehe dazu die nachfolgende Abbildung:

Auslegungsklima 1 – reale Technik (TABS)



min. Lufttemperatur = ca. 24°C



Heizleistung = ca. 2.000 W

Abbildung 11: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur bei gegebener Heizleistung über die thermisch aktivierten Bauteile während des Auslegungsklimas 1 mit Kennzeichnung des Minimums

In den nachfolgenden Abbildungen 12 und 13 sind die Ergebnisse einer Ganzjahressimulation für das Beispielgebäude dargestellt. Es zeigt sich, dass die Temperatur im Gebäude teilweise unter die Solltemperatur abfällt. Grund hierfür ist die die hinterlegte Regelung sowie die lange Reaktionszeit der Bauteilaktivierung.

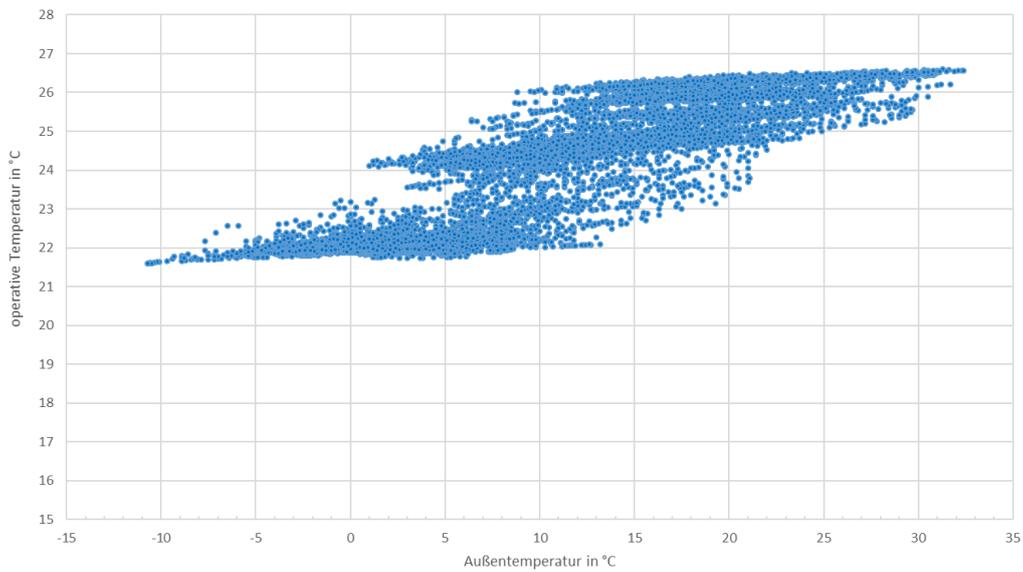


Abbildung 12: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude als Ergebnis der Jahressimulation

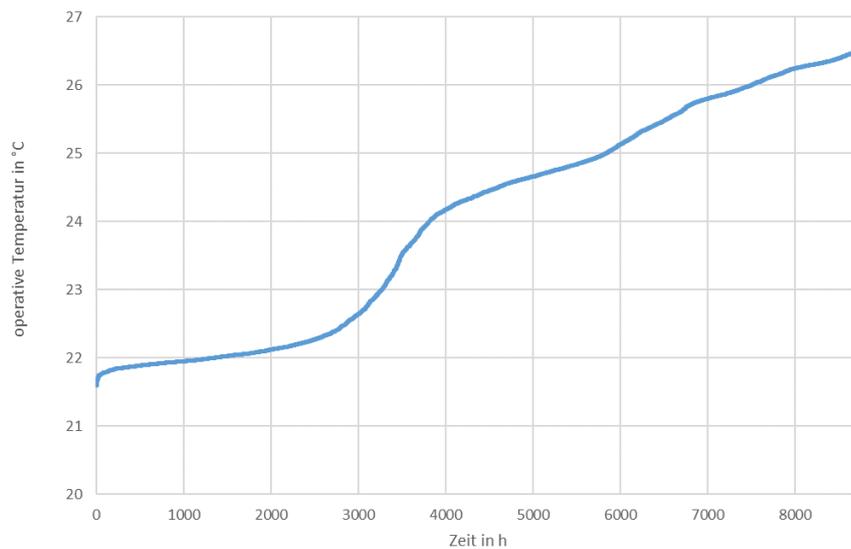


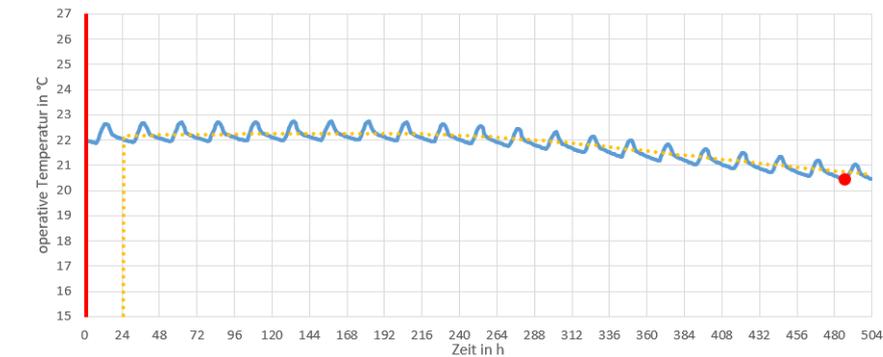
Abbildung 13: Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit als Ergebnis der Jahressimulation

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

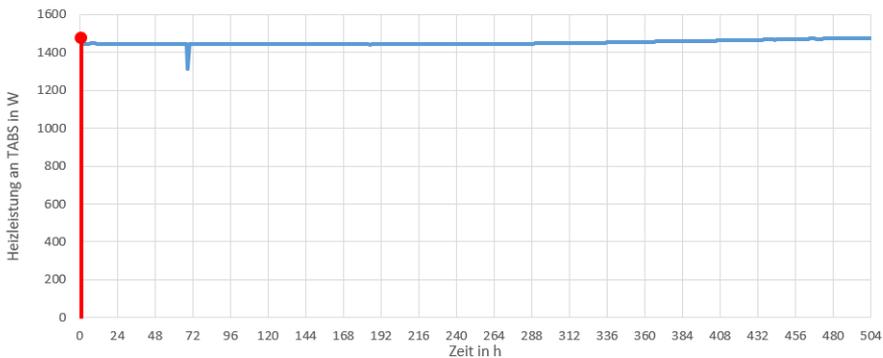
Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

In einem weiteren Schritt wird untersucht wie das Gebäude auf einen Außentemperaturabfall reagiert. Es soll ermittelt werden wie stark die Temperatur im Gebäude durch den Außentemperaturabfall mit eingeschränkter oder „unterdimensionierter“ Heizleistung abfällt. Zu diesem Zweck wird die maximale Heizleistung in der Simulation über die Bauteile auf den Klimazustand „gemäßigt und sonnig“ ausgelegt. Die an die Bauteile abgegebene Heizleistung wird hierfür mit 1.450 W angesetzt. Die operative Temperatur liegt in diesem Fall zu Beginn des Simulationszeitraumes im Tagesschnitt bei etwa 22°C. Gegen Ende der Simulation fällt die Temperatur aufgrund des kälteren Auslegungsklimas auf ca. 20,5°C ab.

Auslegungsklima 1 – reale Technik (TABS)



min. Lufttemperatur = ca. 20,5°C



Heizleistung = ca. 1.450 W

Abbildung 14: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur bei gegebener Heizleistung über die thermisch aktivierten Bauteile während des Auslegungsklimas 1, bei Auslegung auf das „gemäßigte und sonnige“ Klima.

Wird nun unter Zugrundelegung einer Heizleistung des Wärmeerzeugers von 1.450 W eine Ganzjahressimulation durchgeführt, liegt die minimale Temperatur niedriger als bei der zuvor beschriebenen Variante mit ca. 2.100 W Heizleistung und die Anzahl der Stunden unter 22°C steigt deutlich an. Es kann aber andererseits auch gezeigt werden, dass beispielsweise ein Temperaturabfall unter 21°C unter normalen klimatischen Bedingungen nicht zu erwarten ist. Siehe dazu die beiden nachfolgenden Abbildungen:

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

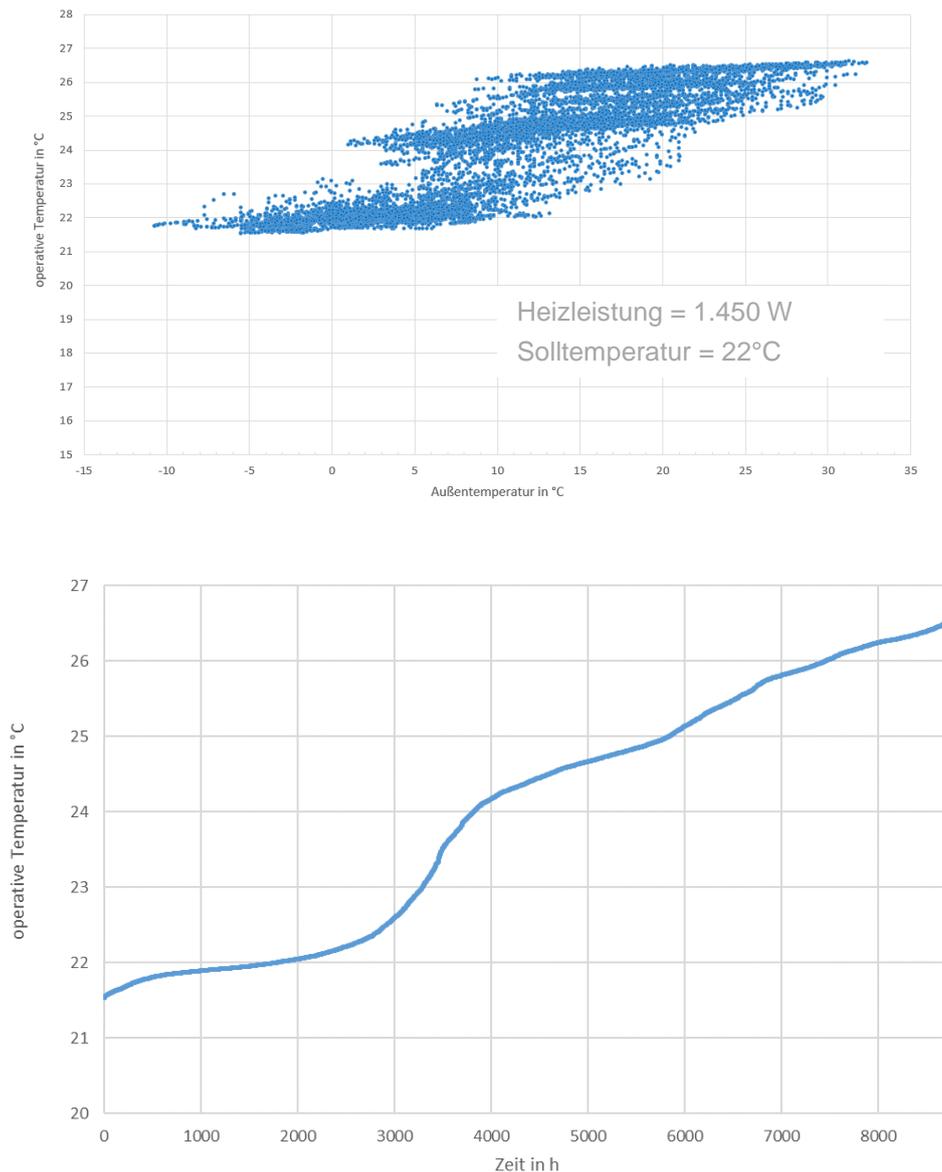


Abbildung 15: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Nun könnte zusätzlich analysiert werden, welche Folgen ein Anheben der Solltemperatur hat. Hintergrund dieser Überlegung ist jener, dass die Speichermasse des Gebäudes auf ein höheres Temperaturniveau aufgeheizt werden kann, um für die Überbrückung kritischer Klimasituationen genügend Wärme im Gebäude gespeichert zu haben. Im unten dargestellten Fall wird die Solltemperatur zu diesem Zwecke von 22°C auf 23°C angehoben.

Es zeigt sich, dass die im Gebäude gespeicherte Wärme unter den angesetzten Randbedingungen (Klima etc.) ausreicht, um zu verhindern, dass die Temperatur während Kälteperioden um mehr als 1 K unter die Solltemperatur abfällt.

Dies könnte beispielsweise im Zusammenhang mit prädiktiver Regelung interessant sein. Wenn bekannt wird, dass die Außentemperatur in den kommenden Tagen stark abfallen wird, könnte das Gebäude auf das höhere Temperaturniveau aufgeheizt werden, um die darauffolgende Kälteperiode überbrücken zu können.

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

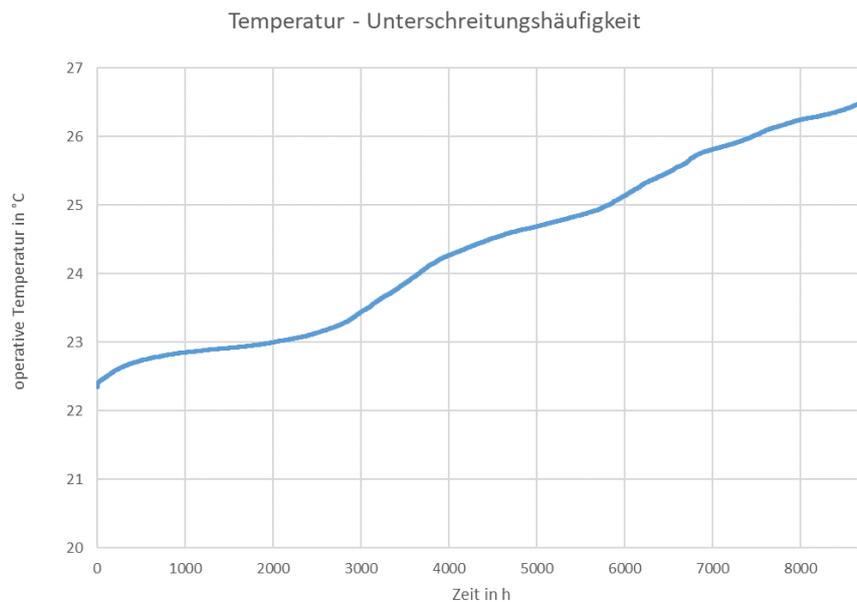
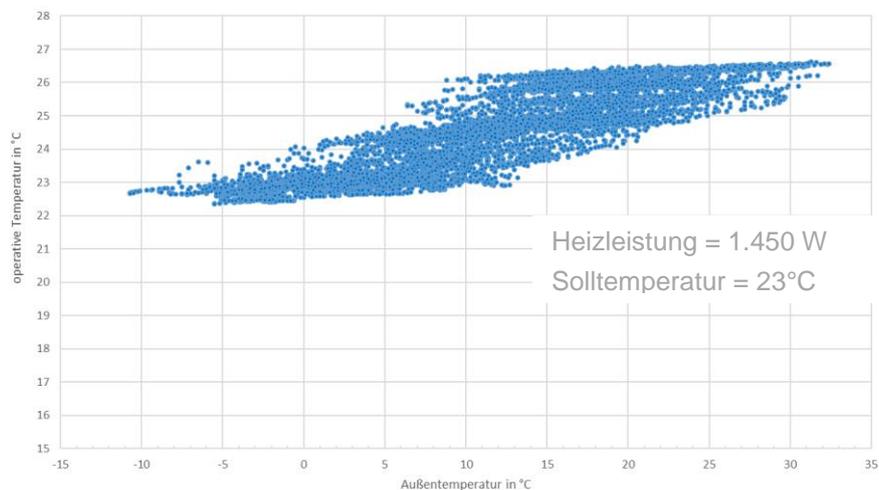
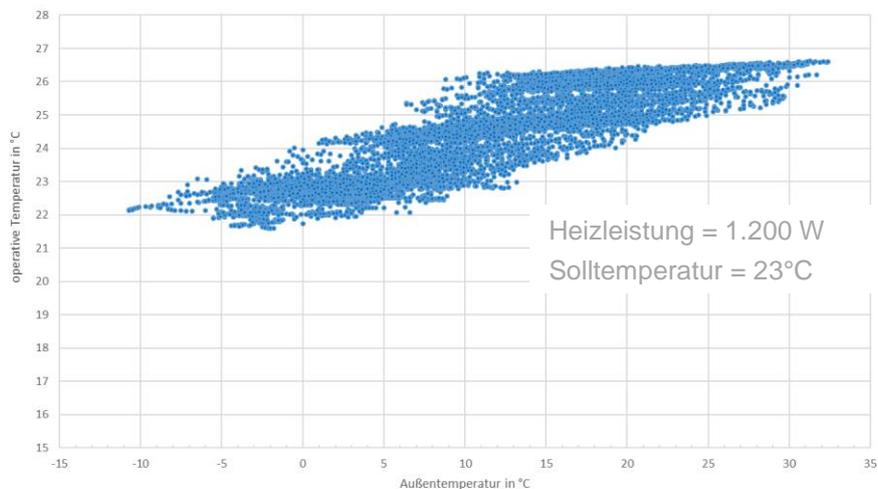


Abbildung 16: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Die Auswirkungen einer weiteren Reduktion der Heizleistung von 1.450 W auf 1.200 W sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es zeigt sich, dass das Beispielgebäude nun auch bei einem Sollwert von 23°C teilweise nicht mehr über 22°C gehalten werden kann. Interessant ist auch, dass die minimalen operativen Temperaturen nicht bei sehr kaltem Außenklima, sondern bei eher gemäßigttem Klima auftreten. Während die wenigen Stunden mit sehr geringen Außentemperaturen in dem zugrunde gelegten Ganzjahresklimadatensatz mit der im Gebäude gespeicherten Wärme überbrückt werden können, kann die operative Temperatur während der länger andauernden Perioden mit gemäßigten Temperaturen und bewölktem Himmel mit der nochmals reduzierten Heizleistung nicht mehr gehalten werden.

Jahressimulation – reale Technik (TABS)



Temperatur - Unterschreitungshäufigkeit

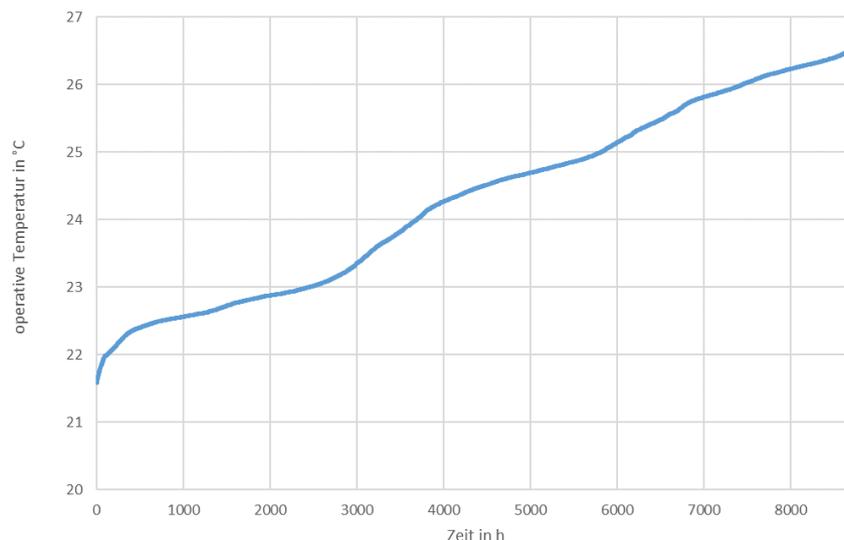


Abbildung 17: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

1.4.4 Weiterführende Analysen zur Auslegung mittels dynamischer Simulation

Aufbauend auf der oben beschriebenen Ermittlung der erforderlichen Heizleistung mittels dynamischer Simulation unter den definierten Auslegungsklimazuständen, können vertiefende Analysen des gebäudetechnischen Gesamtsystems durchgeführt werden.

Nachfolgend soll dies anhand zweier Beispiele gezeigt werden. Das erste Beispiel zeigt das Beispielgebäude mit solarthermischer Bauteilaktivierung. Zu diesem Zwecke werden neben einer Wärmepumpe mit ca. 2.200 W zusätzlich 30 m² Solarthermie vorgesehen.

Sehr gut ist die Umsetzung der Regelstrategie zu erkennen. Die Solltemperatur liegt bei 23°C für den Fall, dass solarthermische Energie vorhanden ist und bei 21°C für den Fall, dass keine Solarenergie zur Verfügung steht.

Zu Beginn der beiden Auslegungsklimadatenätze herrscht das Startklima „gemäßigt und sonnig“. Hier kann die Solaranlage das Gebäude ohne zusätzliche Energie versorgen. Regelgröße für die Beladung der Bauteile ist der 24-Stunden-Mittelwert der operativen Temperatur. Es zeigt sich, dass der Energiespeicher „Gebäude“ nicht vollständig beladen werden kann. Gegen Ende des Auslegungsklima 1 („kalt und sonnig“) fällt die Temperatur im Gebäude auf 21°C ab (siehe Abbildung 18). Obwohl die Solarthermieanlage weiterhin untertags Wärme an die Bauteile liefert, muss die Wärmepumpe in der Nacht zusätzlich Leistung an die Bauteile abgeben, um die minimale operative Temperatur halten zu können.

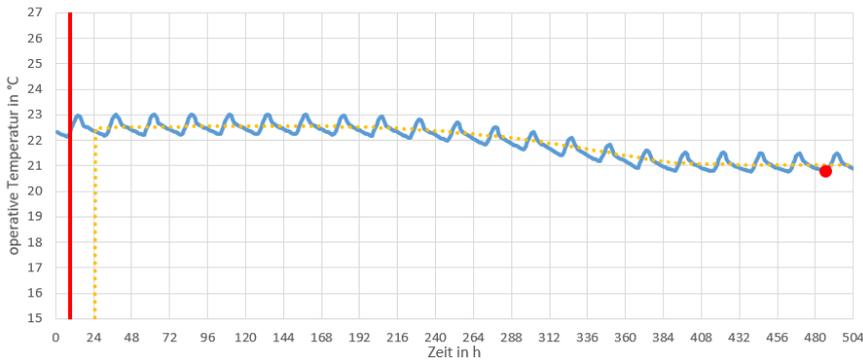
Auch im Auslegungsklima 2 fällt die operative Temperatur im Gebäude auf 21°C ab, so dass die Wärmepumpe zusätzlich Energie an die Bauteile liefern muss. Im Gegensatz zum Auslegungsklima 1 kann die Solarthermieanlage aber gegen Ende der Simulationsdauer unter den Klimabedingungen „kalt und bedeckt“ auch unter Tags nicht ausreichend Energie liefern, um die Zuheizung über die Wärmepumpe zu verhindern.

Das in Abbildung 19 dargestellte zweite Beispiel zeigt das Verhalten bei 30 m² Photovoltaik und einer Wärmepumpe. Der wesentliche Punkt bei dieser Variante ist, dass die Wärmepumpe genügend Leistung haben muss, um während der PV-Ertragszeiten ausreichend Wärme für die Speicherbeladung an die Bauteile liefern zu können. Ist dies nicht der Fall (wie in Abbildung 19 oben dargestellt), kann zwar die untere Grenze der Solltemperatur von 21°C gehalten werden, der Speicher kann jedoch selbst unter dem „gemäßigten und sonnigen“ Startklima nicht wesentlich aufgeladen werden. Wird die Leistung der Wärmepumpe verdoppelt, kann der Speicher aufgeladen werden und die Nutzung des PV-Stroms wird wesentlich verbessert (siehe Abbildung 19 unten).

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

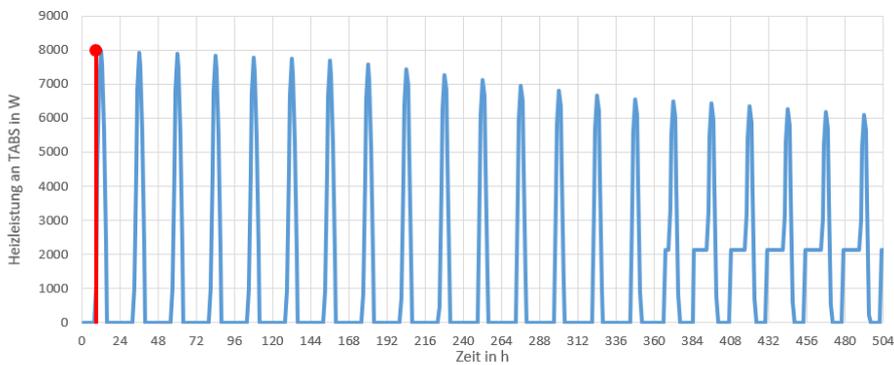
Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – reale Technik (TABS)



Wärmepumpe + 30m² Solarthermie

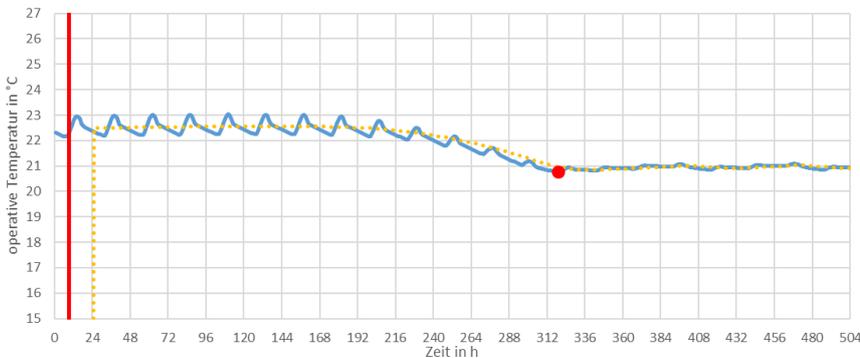
Solltemperatur = 21°C / 23°C



max. Heizleistung Solarthermie = ca. 8.000 W

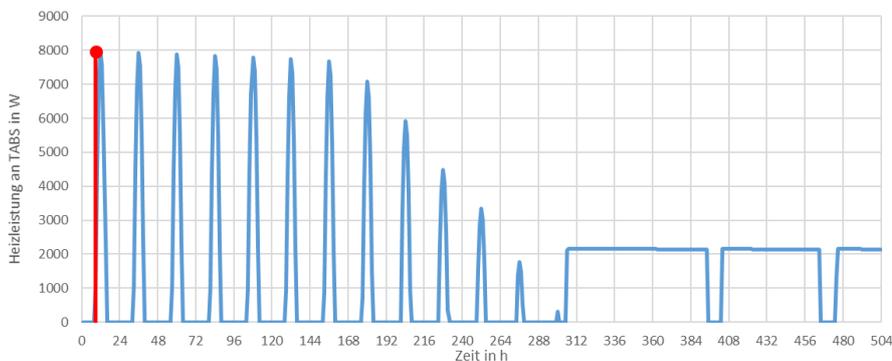
Heizleistung über Wärmepumpe = ca. 2.200 W

Auslegungsklima 2 – reale Technik (TABS)



Wärmepumpe + 30m² Solarthermie

Solltemperatur = 21°C / 23°C



max. Heizleistung Solarthermie = ca. 8.000 W

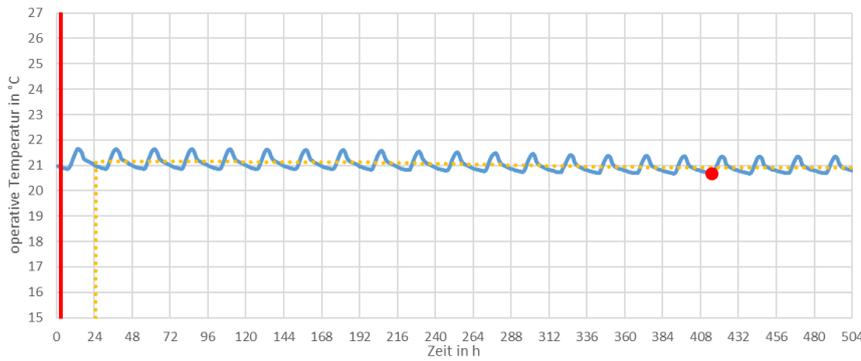
Heizleistung über Wärmepumpe = ca. 2.200 W

Abbildung 18: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur und der Leistungsabgabe an die Bauteile über Wärmepumpe und 30 m² Solarthermie während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) mit Kennzeichnung der Extremwerte

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

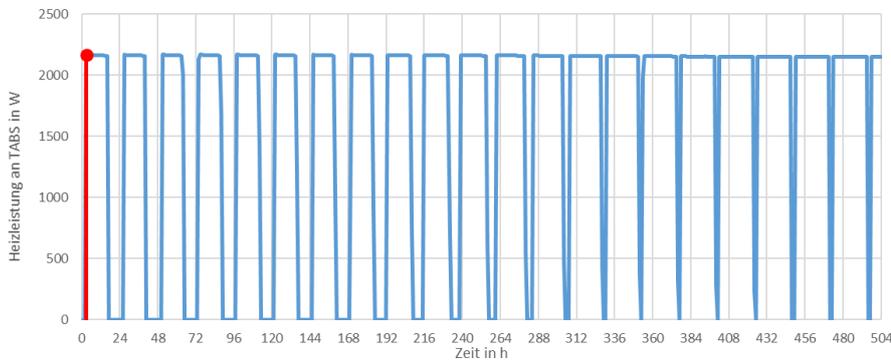
Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – reale Technik (TABS)



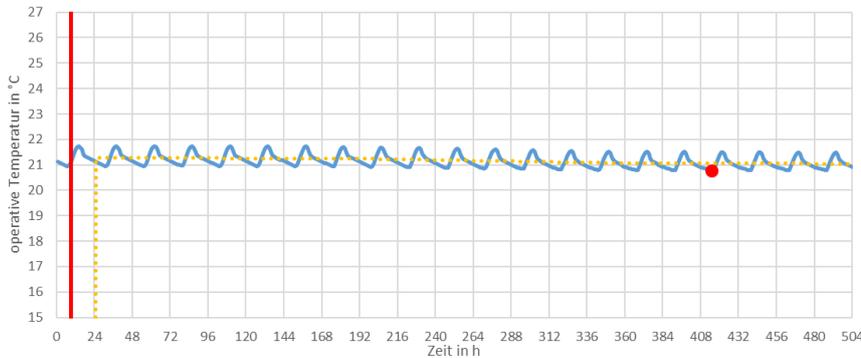
Wärmepumpe + 30m² PV

Solltemperatur = 21°C / 23°C



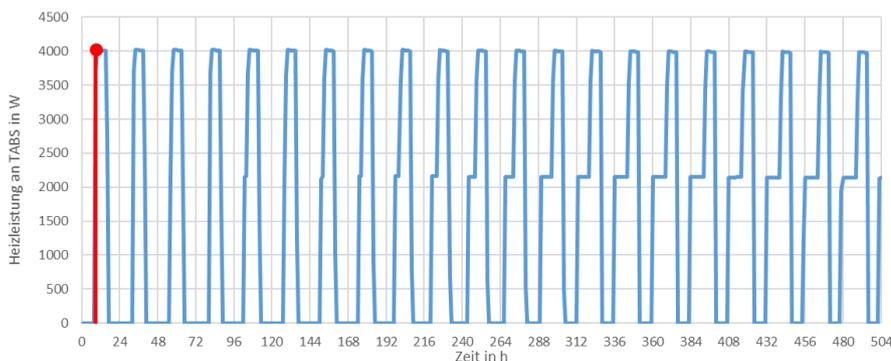
max. Heizleistung der Wärmepumpe
= ca. 2.200 W

Auslegungsklima 1 – reale Technik (TABS)



Wärmepumpe + 30m² PV

Solltemperatur = 21°C / 23°C



max. Heizleistung Wärmepumpe
bei PV-Freischaltung =
ca. 4.000 W

Heizleistung Wärmepumpe ohne PV-
Freischaltung =
ca. 2.200 W

Abbildung 19: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur und der Leistungsabgabe an die Bauteile über Wärmepumpe und 30 m² Photovoltaik während des Auslegungsklimas 1 mit Kennzeichnung der Extremwerte (oben: max. Leistung der Wärmepumpe 2.000 W; unten: max. Leistung der Wärmepumpe 4.000 W)

1.4.5 Beurteilung Gebäudeeffizienz mittels dynamischer Simulation

Die dynamische Simulation bietet neben der Ermittlung der Heizleistung eine Vielzahl von weiteren Berechnung- und Auswertungsmöglichkeiten. Unter anderem lässt sich jede beliebige, in der Realität umsetzbare Regelstrategie auch in der Simulation abbilden und entsprechend testen. Mit Ganzjahressimulationen kann der Energiebedarf unterschiedlicher Gebäudekonfigurationen ermittelt werden.

1.4.5.1 Klimarandbedingungen für die Ganzjahressimulation

Bei einer Gebäudesimulation stellt der zeitabhängige Verlauf der Außentemperatur eine Eingangsgröße dar. Diese wird üblicherweise über Klimadatenätze zur Verfügung gestellt. Dabei werden verschiedene Datensätze für dynamische Simulationen herangezogen. Für den entwickelten Rechenkern werden stündliche Klimadaten für die Außentemperatur und die Direkt- und Diffusstrahlung auf die horizontale Fläche benötigt.

Es wird die Verwendung von halbsynthetischen Klimadaten empfohlen. Halbsynthetische Klimadaten zeichnen sich dadurch aus, dass die Monatsmittelwerte der jeweiligen Größen in den Klimadatenätzen mit jenen langjähriger Messungen übereinstimmen. Die in diesem Projekt verwendeten Klimadaten werden in [BOI12] beschrieben und berücksichtigen die langjährigen klimatischen Bedingungen an dem jeweiligen Gebäudestandort. Die Untersuchungen in diesem Projekt basieren größtenteils auf den halbsynthetischen Klimadaten des Standorts Wien. Laut [BOI12] sind diese Daten für den östlichen Bereich Österreichs repräsentativ. Grundlage für den Datensatz sind langjährige Messungen der Wetterstation Wien, Hohe Warte. Um den Einfluss der gewählten Klimadaten auf die Energieeffizienz des Gebäudekonzepts analysieren zu können, werden zusätzliche Simulationen mit dem Klimadatenatz für den Standort Klagenfurt durchgeführt. Dieser Datensatz repräsentiert laut [BOI12] Klimaregionen mit extremen winterlichen Klimaverhältnissen. Für die Generierung des Datensatzes dienen die Messdaten der Wetterstation Klagenfurt, Flughafen. Die Monatsmittelwerte der Außentemperaturen der gewählten halbsynthetischen Klimadaten für die Standorte Wien und Klagenfurt sind in [BOI12] dargestellt. Der Vergleich der Monatsmittelwerte der Außentemperatur der Standorte Wien und Klagenfurt zeigt, dass die mittlere Temperatur in den Wintermonaten bei den Klimadaten für den Standort Klagenfurt wesentlich tiefer liegt, als bei den Klimadaten für den Standort Wien. (siehe auch [HAN14]).

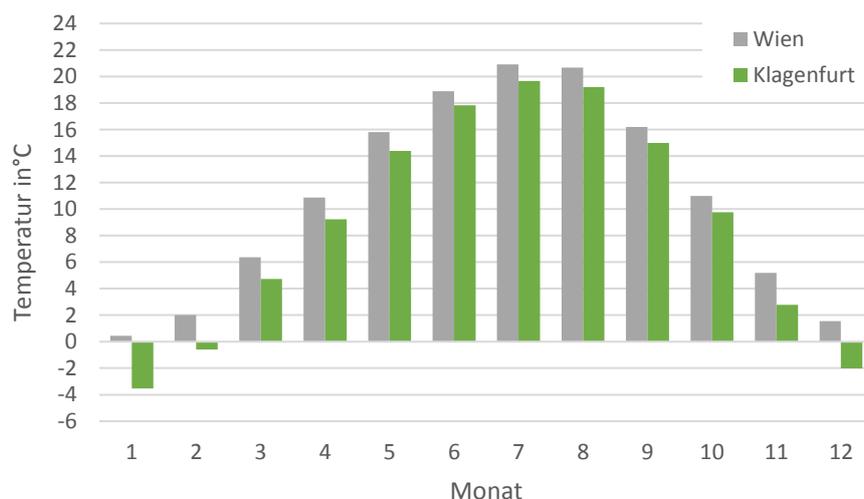


Abbildung 20: Monatsmittelwerte der Außenlufttemperatur der gewählten halbsynthetischen Klimadaten für die Standorte Wien und Klagenfurt

1.4.5.2 Kenngrößen für die Bewertung von Gebäuden

Neben den gängigen Energiekennzahlen wie z.B. Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf etc. kann es sinnvoll sein zusätzliche Kenngrößen für spezielle Gebäudekonzepte zu definieren. Für die Bewertung der Effizienz von Gebäuden mit solarthermischer Bauteilaktivierung ist der solare Deckungsgrad beispielsweise eine gängige Kennzahl. Der solare Deckungsgrad beschreibt den Anteil der Sonnenenergie am gesamten Heizenergiebedarf eines Gebäudes. In der Literatur sind unterschiedliche Definitionen für den solaren Deckungsgrad zu finden. Nachfolgend ist eine häufig verwendete Definition für den solaren Deckungsgrad angeführt. Diese wird für die nachfolgenden Auswertungen herangezogen.

$$sd_{ST} = \frac{Q_{Solar}}{Q_{Solar} + Q_{konv.Wärmeerzeuger}} \tag{6}$$

sd_{ST} - solarer Deckungsgrad für Solarthermie
 Q_{Solar} kWh/a von der Solaranlage abgegebene Wärmemenge
 $Q_{konv.Wärmeerzeuger}$ kWh/a von zusätzlichen Wärmeerzeugern abgegebene Wärmemenge

Beispiel: Für das oben beschriebene Beispielgebäude liegt der solare Deckungsgrad sd_{ST} für Raumheizung bei Berücksichtigung einer Solarthermieanlage mit 30 m² Aperturfläche und einem Raumtemperaturband von 3 K zur Gebäudespeichernutzung beispielsweise bei 0,75.

In Analogie zu dem solaren Deckungsgrad wird für die Kombination Photovoltaik-Wärmepumpe-Bauteilaktivierung ebenfalls ein solarer Deckungsgrad definiert.

$$sd_{PV} = \frac{E_{PV}}{E_{Wärmepumpe}} \tag{7}$$

sd_{PV} - solarer Deckungsgrad für Photovoltaik
 E_{PV} kWh/a elektrische Energielieferung von der PV-Anlage an die Wärmepumpe
 $E_{Wärmepumpe}$ kWh/a elektrischer Energiebedarf der Wärmepumpe

Beispiel: Für das oben beschriebene Beispielgebäude liegt der solare Deckungsgrad sd_{PV} für Raumheizung bei Berücksichtigung einer Photovoltaik mit 30 m² Modulfläche und einem Raumtemperaturband von 3 K zur Speicherbeladung beispielsweise bei 0,70.

Für Gebäudekonzepte die auf der Nutzung und Speicherung von netzseitigen Erzeugungsspitzen basieren, wird in diesem Projekt davon ausgegangen, dass ein analoges Regelsignal vom Energieversorger bereitgestellt wird. Das für die Simulation erforderliche Freigabesignal wird in die Simulation wie eine Klimarandbedingung eingelesen. Das verwendete Signal wird in [FRI16] beschrieben und ist aus den realen Stromerzeugungsdaten eines Windparkbetreibers abgeleitet. Für die Nutzung und Speicherung von netzseitigen Umweltenergien wird eine Kennzahl definiert, die beschreibt welcher Anteil des gesamten Wärmebedarfs zu Zeiten der Umweltenergiefreigabe bezogen wird:

$$d_{Netz} = \frac{Q_{Wärmeabgabe}}{Q_{Wärmeabgabe \text{ bei Netzfregabe}}} \tag{8}$$

d_{Netz} - Deckungsgrad für netzseitige Umweltenergien

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

$Q_{\text{Wärmeabgabe}}$ kWh/a Wärmelieferung an das Wärmeabgabesystem

$Q_{\text{Wärmeabgabe bei Netzfregabe}}$ kWh/a Wärmelieferung an das Wärmeabgabesystem während der Netzfregabe

Beispiel: Für das oben beschriebene Beispielgebäude liegt der Deckungsgrad d_{Netz} für Raumheizung bei Berücksichtigung eines Regelsignals mit einer netzseitigen Umweltenergiefregabe zu 32% des Jahres und einem Raumtemperaturband von 3 K zur Speicherbeladung beispielsweise bei 0,98. D.h. 98% des gesamten Wärmebedarfs können unter den angesetzten Randbedingungen während der Umweltenergiefregabezeiten bezogen werden.

2 Vorschlag für Adaption der Normen zur Berechnung der Raum- bzw. Gebäudeheizlast

Die Auslegung erfolgt dabei durch Ermittlung der idealen Heizleistung für Räume einer Nutzungseinheiten bzw. das Gesamtgebäude durch eine dynamische Simulation für die beiden Auslegungsklimate unter Annahme einer idealen Heizung der Räume.

Im Falle eines Raumes unter der Annahme, daß alle Räume einer Nutzungseinheit beheizt, aber die nächsten benachbarten Nutzungseinheiten unbeheizt und die übernächsten benachbarten Nutzungseinheiten wieder beheizt sind. Im Falle des Gesamtgebäudes mit der Annahme, daß alle Räume beheizt sind.

Um eine Auslegung der Abgabesysteme und Bereitstellungssysteme entsprechend diesem Vorschlag durchzuführen würde es folgender Adaptionen der aktuellen Normen benötigen:

NEUE zu erstellende ÖNORM XXX

Algorithmus zur dynamischen Simulation (siehe Anhang 3)

Anhang 3 stellt damit einen vollständig publizierten Algorithmus im Sinne der folgenden Normen dar und erweitert die Möglichkeiten zu einer vollständig gekoppelten Berechnung des Systems inklusive einer direkten thermischen Beladung eines Bauteils.

Verweis auf ÖNORM EN ISO 52016-1: 2018 02 01

Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie der Heiz- und Kühllast in einem Gebäude oder einer Gebäudezone - Teil 1: Berechnungsverfahren (ISO 52016-1:2017)

Verweis auf ÖNORM EN 15316-4-1: 2017 combustion systems

Verweis auf ÖNORM EN 15316-4-2: 2017 heat pump systems

Verweis auf ÖNORM EN 15316-4-3: 2017 solar thermal and pv

ÖNORM H 7500:2015 bzw. ÖNORM H 12831:noch unbestimmt

Erstellung eines Anhanges mit folgenden Inhalten:

Ermittlung Auslegungsklima wie in Kapitel 1.4

Verweis auf ÖNORM XXX

Validierungsbeispiele (siehe Anhang 2)

ÖNORM EN 12831:

Langfristig sollte der Verweis auf ÖNORM EN ISO 52016-1: 2018 02 01 erfolgen

3 Vorschlag für Adaption der Normen zur Berechnung des Energieausweises

Derzeit sind die dem Energieausweis zugrunde gelegten Normen ein vollständig dokumentierter Algorithmus einer vereinfachten Berechnung. Zu allen Teilen gibt es mittlerweile weltweit einzigartig Validierungsbeispiele die für die Softwareentwicklung und Qualitätssicherung der Ergebnisse die Basis darstellen. Die Vielfalt möglicher Ergebnisse entsteht durch die Möglichkeit zu einem Aspekt unterschiedliche Vereinfachungen zu verwenden.

Die Umstellung des Berechnungsverfahrens auf einen dynamische Simulation des Gesamtsystems sollte daher mit einem vollständig dokumentierten Algorithmus (wie z.B. in Anhang 3) erfolgen. Damit wäre gesichert, dass bei Umsetzung des Algorithmus nicht einmal unterschiedliche numerische Verfahren das Ergebnis beeinflussen würde. Basis der Umsetzung wäre daher die neu zu erstellenden ÖNORM XXX auf Basis von Anhang 3.

Zusätzlich wären folgende Adaptierungen notwendig:

ÖNORM B 8110-5:2019

Erstellung eines Anhangs mit folgenden Inhalten

- Angabe zur Ermittlung des halbsynthetischen Klimadatensatzes für den Gebäudestandort
- Angabe des halbsynthetischen Referenz-Klimadatensatzes
- Angabe des Tagesprofils für Wärmeabgabe von Personen und Geräten

ÖNORM B 8110-6-1:2019

Erstellung eines Anhangs mit folgenden Inhalten

Beispiel nach EN ISO 52010:2018 zur Umrechnung der Klimadaten auf geneigte Oberflächen unter Berücksichtigung fixer Verschattungen

Verweis auf ÖNORM XXX

- Außenklima Standort oder Referenz
- Normierte Nutzung
- Zur Bestimmung von HWB_{REF} , HWB und KB Annahme ideale Heizung und Kühlung

Validierungsbeispiele (siehe Anhang 2)

ÖNORM H 5056-1:2019

Erstellung eines Anhangs mit folgenden Inhalten

Verweis auf ÖNORM XXX

- Außenklima Standort oder Referenz
- Normierte Nutzung
- Zur Bestimmung von HEB_{REF} Referenzanlage und Iteration des L_T damit $HWB_{REF}=HWB_{REF,ZUL}$ ist
- Zur Bestimmung von HEB geplante/ausgeführte Anlage

Validierungsbeispiele (siehe Anhang 2)

4 Ableitung von Nomogrammen für Konzipierung

Um die Effizienz von Gebäudekonzepten bereits im Zuge der Konzeptionierung abschätzen zu können, sollen Nomogramme erstellt werden. Die in diesem Projekt untersuchten Gebäudekonzepte nutzen die Gebäudemasse als Speicher für Umweltenergien. Dabei stellt die Berücksichtigung der dynamischen Speichereffekte die wesentliche Planungsaufgabe dar, weshalb die exakte Dimensionierung lediglich über dynamische Simulationen erfolgen kann. Um allerdings bereits in einer frühen Planungsphase Aussagen zur erreichbaren Effizienz eines Gebäudekonzepts treffen zu können, sollen Auslegungsnomogramme erstellt werden.

Für die Erstellung dieser Nomogramme wird eine Variantenstudie durchgeführt. Damit das Nomogramm auf möglichst viele Ein- und Mehrfamilienhäuser angewendet werden kann, werden Varianten mit den unterschiedlichsten Anlagengrößen simuliert. Variiert werden dabei die Größen an PV- und Solarthermieanlagen, die Qualität der Gebäudehülle (über einen Wärmebrückenzuschlag), ob eine Lüftungsanlage vorhanden ist oder nicht und die Temperaturdifferenz zur Aufheizung des Gebäudes bei Vorhandensein eines durch Solarthermie- oder Photovoltaikanlage generierten Freigabesignals. Es wird auch eine Variante ohne die Nutzung von Solarenergie, dafür aber mit der Verwendung eines externen Freigabesignals (z.B. von Windparkbetreibern zu Zeiten von Überschussstrom generiert und zur Verfügung gestellt) berücksichtigt. Bei der Erstellung der Nomogramme wird jeweils nur die Raumheizung betrachtet.

Um das Speicherverhalten eines Gebäudes mitabbilden zu können, wird das Auskühlverhalten als Eingangsgröße für die Nomogramme herangezogen. Die Auskühldauer muss daher vorab bestimmt werden. Dies stellt die wesentliche Herausforderung im Zusammenhang mit der Anwendung der Nomogramme dar. Da die Auskühldauer in der Regel nicht bekannt ist, muss vor Anwendung der Nomogramme eine Gebäudesimulation aufgebaut werden. Für die Ermittlung der Auskühldauer wird das Gebäude zuerst voll beladen, d.h. bis zur oberen Grenztemperatur beladen. In weiterer Folge kühlt das Gebäude bis zur unteren Grenztemperatur ab. Als Auskühldauer ist jener Zeitraum vom Abschalten der Wärmeversorgung bis zum Erreichen der unteren Temperaturgrenze definiert. Als Außenklima wird dabei der Klimazustand „gemäßigt und bedeckt“ angesetzt. Wie bereits gezeigt, stellt dies für die Versorgung mit solaren Umweltenergien den wesentlichen Auslegungszustand dar.

Die Berechnung der Auskühldauer über eine Simulation steht auf gewisse Art und Weise im Widerspruch zum typischen Anwendungsfall von Nomogrammen. Schließlich kann die exakte Auskühldauer nur mittels Simulation festgestellt werden.

Wird die im Gebäude speicherbare Wärmemenge anhand der Gebäudemasse und dem zugelassenen Temperaturband überschlägig ermittelt, kann über die Heizlast des Gebäudes auf die Auskühldauer rückgeschlossen werden. Als Speichermasse wird dabei die gesamte, thermisch an den Raum gekoppelte Gebäudemasse herangezogen. Die beschriebene Vorgehensweise stellt einen stark vereinfachten Ansatz dar und bedarf einem grundlegenden ingenieurmäßigen Verständnis der Materie. So liefert der Ansatz beispielsweise nur für Gebäude mit außenliegendem WDVS akzeptable Ergebnisse und es müssen die für das Speicherverhalten relevanten Schichten mit guter thermischer Kopplung an den Raum richtig erkannt werden.

Beispiel: In der nachfolgenden Abbildung sind die Ergebnisse der Berechnung der Auskühldauer für das oben beschriebene Beispielgebäude über die dynamische Simulation dargestellt. Die detaillierte Ermittlung über die Simulation ergibt eine Auskühldauer (von 23°C auf 21°C) von 93 Stunden.

Die maximal speicherbare Wärmemenge beträgt unter Berücksichtigung eines Temperaturbands von 2 K etwa 145 kWh. Die über Simulationen ermittelte ideale erforderliche Heizleistung unter Auslegungsbedingungen beträgt ca. 2.000 W. Mit der vereinfachten Abschätzung ergibt sich eine Auskühldauer von ca. 70 Stunden.

Wie oben beschrieben wird für die Ermittlung der Auskühldauer mittels Simulation durchgängig der Klimazustand „gemäßigt und bedeckt“ angesetzt. Aufgrund der gemäßigten Außentemperatur ist die erforderliche Heizleistung unter diesen Randbedingungen geringer als im Auslegungszustand. Die erforderliche Heizleistung um eine Temperatur von 21°C, bei gemäßigt und bewölktem Klima, aufrecht erhalten zu können, beträgt im Mittel 1.850 W. Wird nun in der vereinfachten Abschätzung der Auskühldauer dieser Leistungsbedarf angesetzt, ergibt sich eine Auskühldauer von ca. 80 Stunden. Wird nun zusätzlich berücksichtigt, dass das Temperaturniveau der aktivierten Bauteile um ca. 0,5 K höher liegt als jenes der nicht aktivierten Bauteile, beträgt die speicherbare Wärmemenge ca. 175 kWh und es ergibt sich eine Auskühldauer von ca. 95 Stunden.

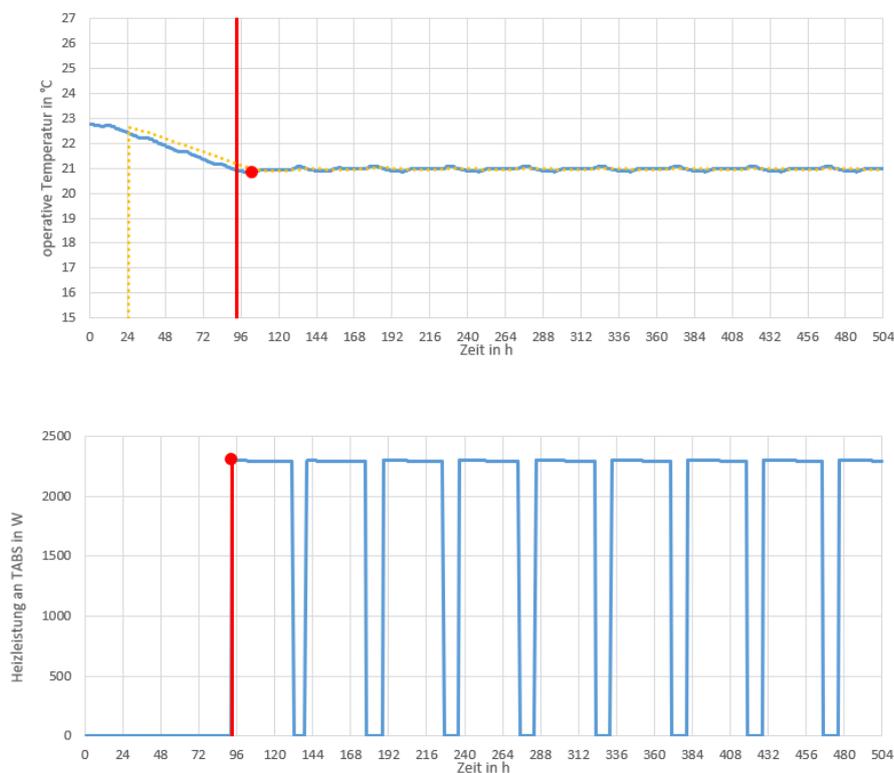


Abbildung 21: Ermittlung der Auskühldauer des Beispielgebäudes von 23°C auf 21°C unter dem Klimazustand „gemäßigt und bewölkt“

Obwohl sich die Auskühldauer bei Berücksichtigung der korrekten Randbedingungen mit dem vereinfachten Ansatz gut prognostizieren lässt, unterliegt dieser doch gewissen Einschränkungen. Die Anwendung der Nomogramme wird aus den oben beschriebenen Gründen lediglich für eine erste Vordimensionierung empfohlen. Für eine genauere Bestimmung der unterschiedlichen Kennzahlen sollte jedenfalls auf die Ergebnisse von Ganzjahressimulationen zurückgegriffen werden.

Bei der Anwendung der nachfolgenden Nomogramme ist zu beachten, dass sich diese jeweils auf die Raumheizung beziehen und die Abdeckung des Warmwasserbedarfs nicht mitberücksichtigen.

Nomogramm 1: Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung

Für Gebäude mit einer thermischen Solaranlage wird als Bewertungsgröße der Effektivität der Anlage oftmals der solare Deckungsgrad herangezogen. Daher wird dieser Wert auch als Kenngröße für das erstellte Nomogramm gewählt.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Über die Auskühldauer, die Heizlast und die Größe der thermischen Solaranlage kann der solare Deckungsgrad abgeschätzt werden. Um das Nomogramm für alle Gebäudetypen gültig zu machen, wird die Fläche der Solaranlage bezogen auf die Heizlast angegeben. Mit dem Nomogramm kann abgeschätzt werden, wie groß die Solarthermieanlage sein sollte, um einen gewissen solaren Deckungsgrad zu erreichen.

In Abbildung 22 sind die Ergebnisse der zugrundeliegenden Variantenstudie dargestellt. Die Grenzkurven zwischen den für die Nomogrammerstellung zusammengefassten heizlastbezogenen Kollektorflächen sind in der Abbildung ebenfalls dargestellt.

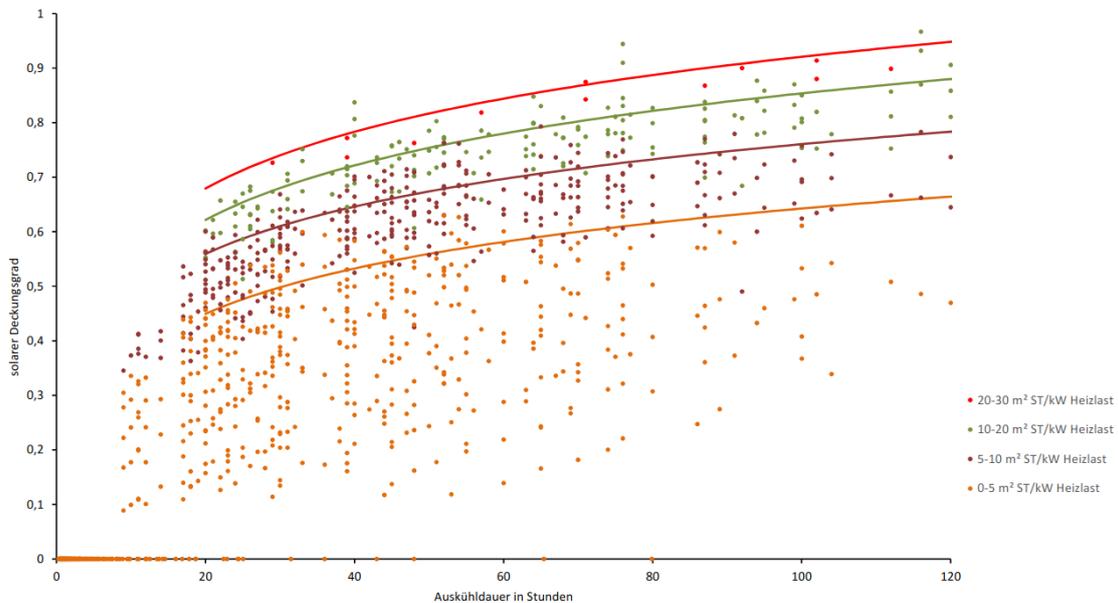


Abbildung 22: Darstellung des solaren Deckungsgrads in Abhängigkeit der Auskühldauer für sämtliche Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 1 „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“

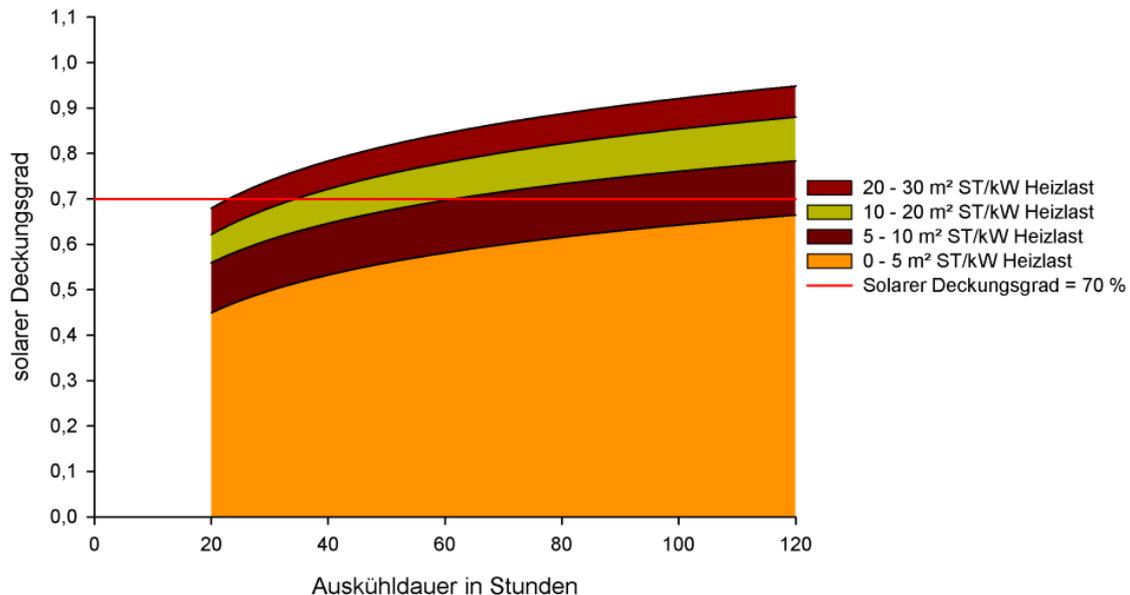


Abbildung 23: Nomogramm 1 „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ mit Darstellung der für die Förderung „Demoprojekte Solarhaus“ relevanten 70% Grenze [KLI18]

Nomogramm 2: Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung

Für Gebäude mit Photovoltaikanlagen wird der oben definierte solare Deckungsgrad für Photovoltaikanlagen herangezogen.

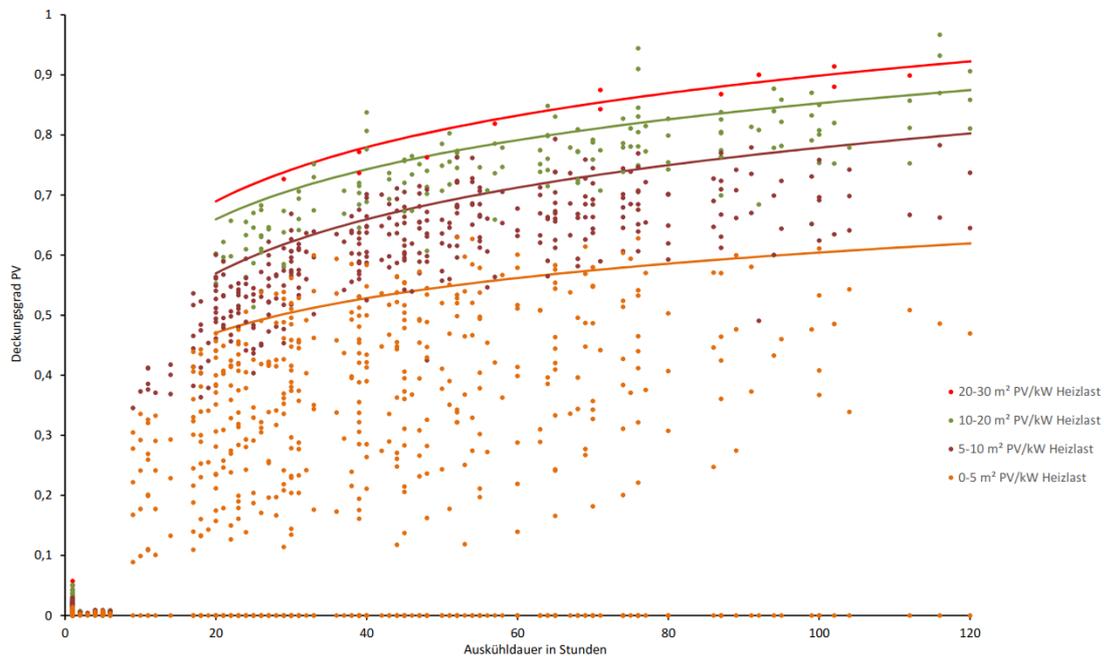


Abbildung 24: Darstellung des solaren Deckungsgrads in Abhängigkeit der Auskühldauer für sämtliche Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 2 „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“

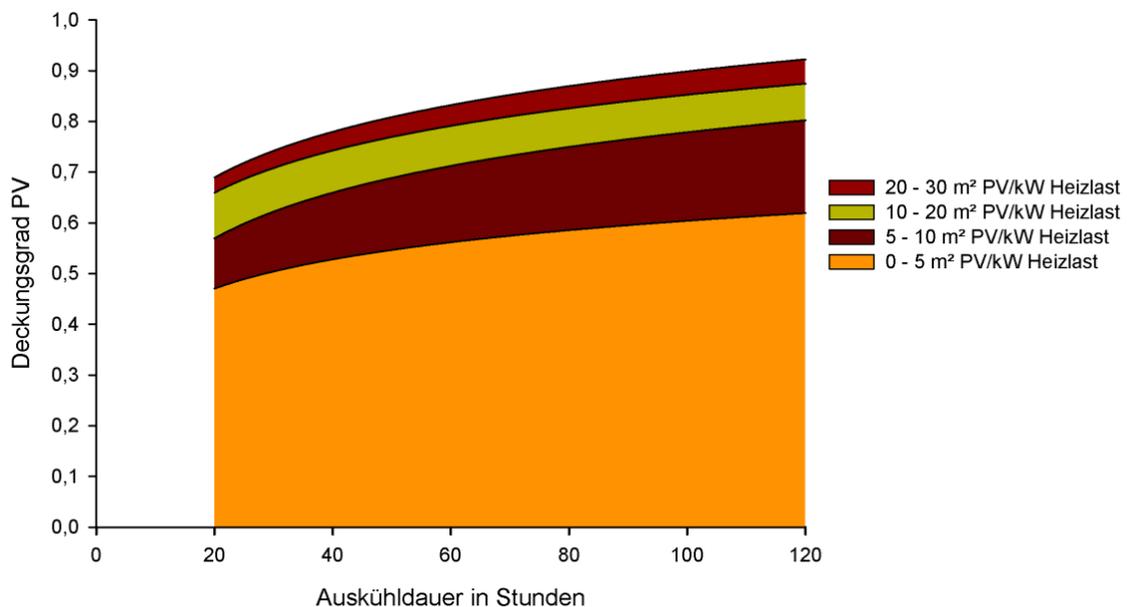


Abbildung 25: Nomogramm 2 „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“

Nomogramm 3: Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung

Während bei den zuvor beschriebenen Gebäudekonzepten jeweils die Größe des solaren Umweltenergieerzeugers variiert wird, werden bei dieser Gebäudevariante unterschiedliche Umweltenergiefreigabesignale zugrunde gelegt. Diese externen Freigabesignale, die im realen Gebäudebetrieb vom Energieversorger zur Verfügung gestellt werden,

stellen eine Randbedingung für die Simulation dar. Der Anteil der netzseitigen Freigabezeiten an der gesamten Jahresdauer wird von 10% bis 50% variiert.

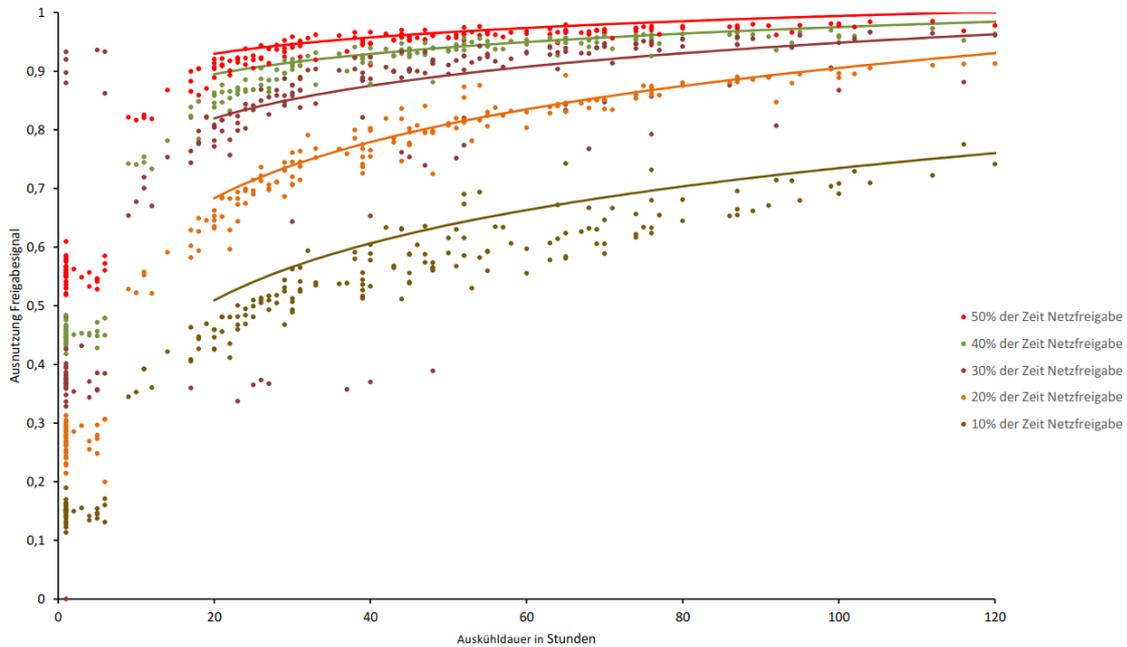


Abbildung 26: Darstellung des Deckungsgrads für netzseitige Umweltenergieversorgung in Abhängigkeit der Auskühldauer sämtlicher Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 3 „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“

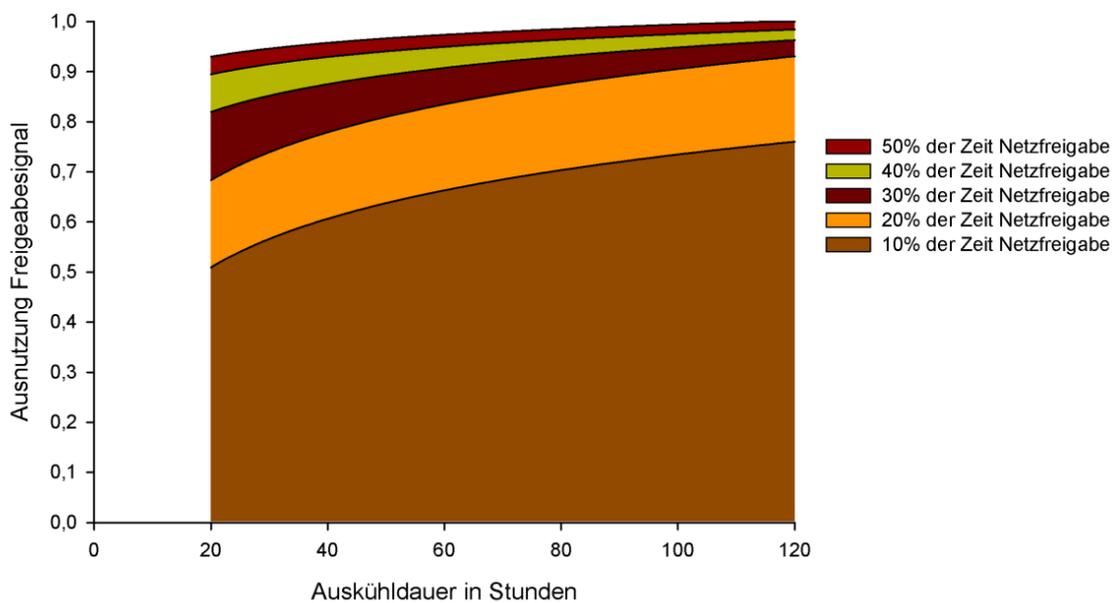


Abbildung 27: Nomogramm 3 „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“

4.1.1.1 Kostenoptimierte Dimensionierung

Kostenoptimalität kann ein mögliches Ziel für die Dimensionierung von Gebäudetechnischen Anlagen sein. Der in diesem Projekt entwickelte Rechenkern verfügt über die Möglichkeit den einzelnen Energieträgern spezifische Kosten zu hinterlegen, um so die jährlichen Energiekosten berechnen zu können. Werden nun zusätzlich die

Herstellkosten für die gebäudetechnischen Anlagen berücksichtigt, können die Kosten des Gebäudes über die gesamte Lebensdauer ermittelt werden.

4.1.1.1.1 Excel-Aufsatz für Rechenkern

Durch Variation der einzelnen Komponentendimensionen (z.B. Kollektorfläche) kann dann auf die kostenoptimale Auslegung rückgeschlossen werden. Zu diesem Zwecke wird ein Excel-Aufsatz für den Rechenkern umgesetzt.

Kostenfunktionen

Für alle in Frage kommenden Systeme (auch Wärmeerzeuger) müssen vorab typische Kosten festgelegt werden. Dies erfolgt über 3 „Stützstellen“ aus denen eine Kostenfunktion generiert wird. Über diese Kostenfunktionen werden dann die Kosten für die Systeme mit den jeweiligen Kenngrößen berechnet. Für alle Systeme sind Eingaben von drei unterschiedlichen Effizienzangaben von „wenig effizient“ über „Standard“ bis hin zu „hocheffizient“ möglich. Nachfolgend sind die für das Tool implementierten Kostenfunktionen dargestellt. Diese stellen lediglich Anhaltspunkte dar und sind individuell an die jeweils vorliegende Marktsituation anzupassen.

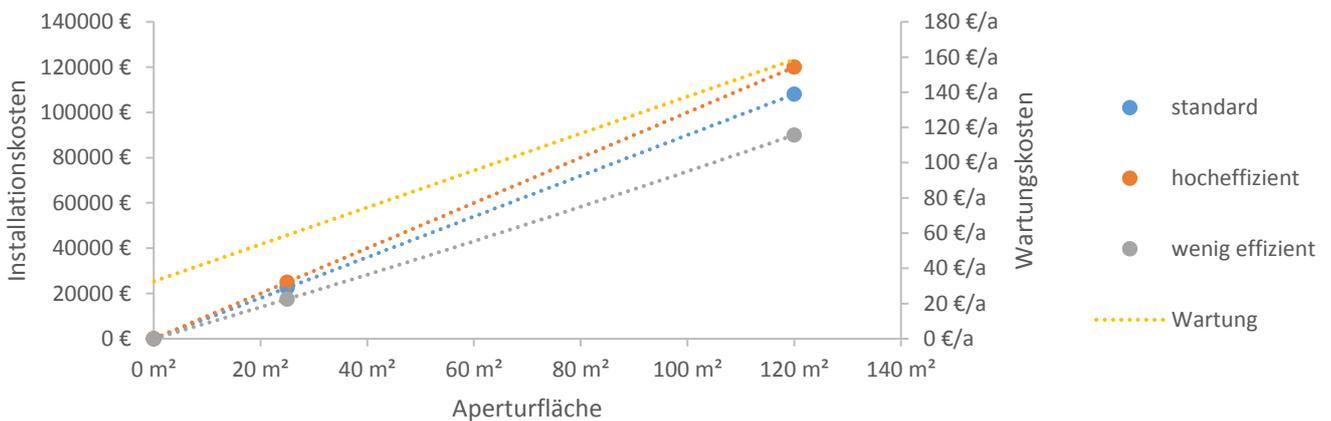


Abbildung 28: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Solarthermieanlagen

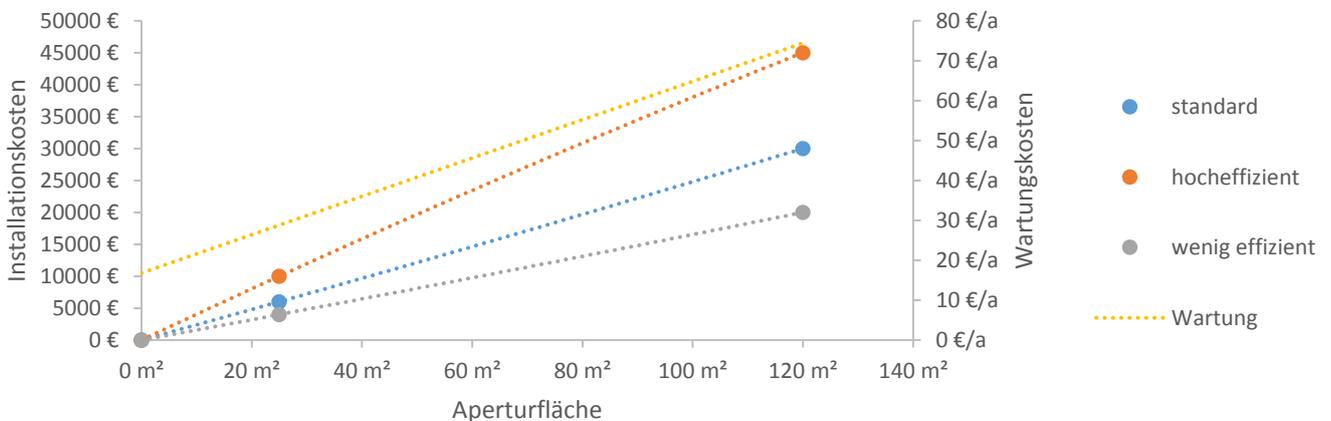


Abbildung 29: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Photovoltaikanlagen

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

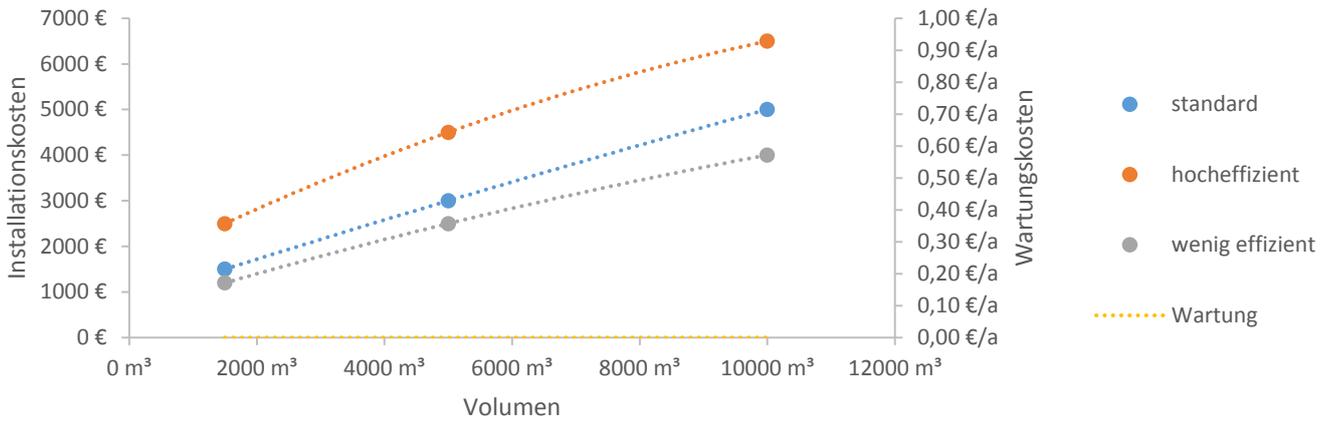


Abbildung 30: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Pufferspeicher

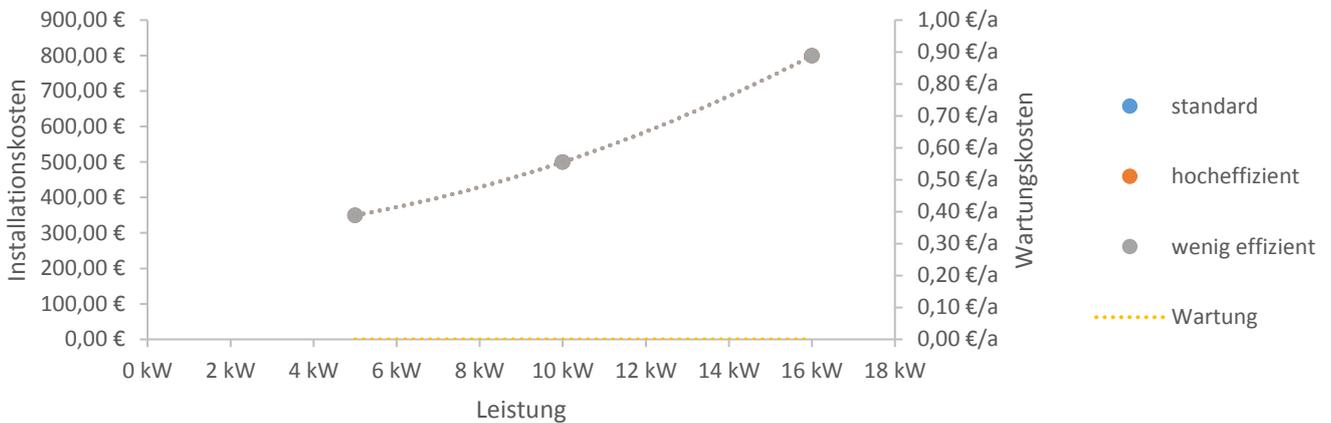


Abbildung 31: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten sowie Wartungskosten für den Elektroheizstab

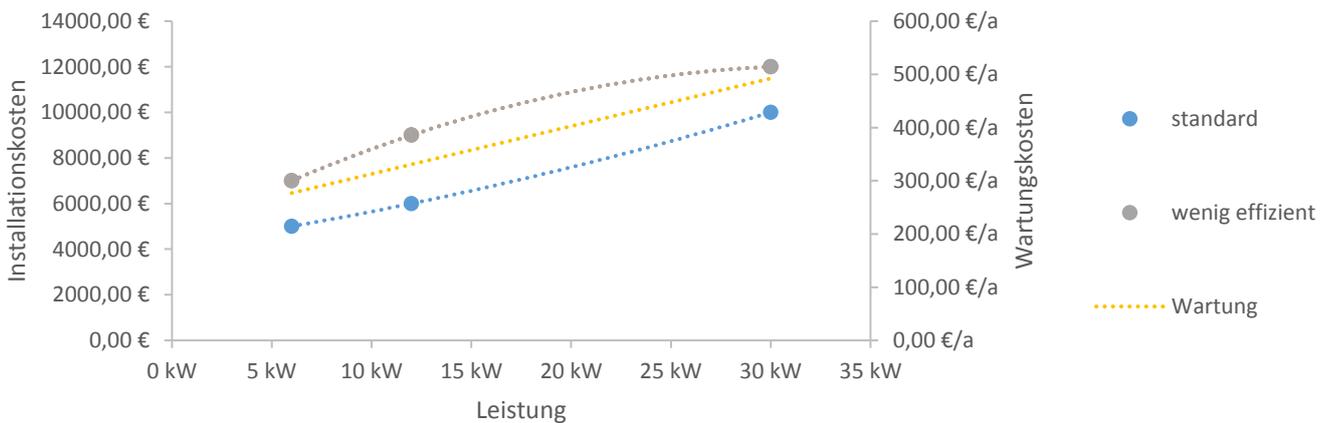


Abbildung 32: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 2 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für gasbetriebene Heizkessel

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

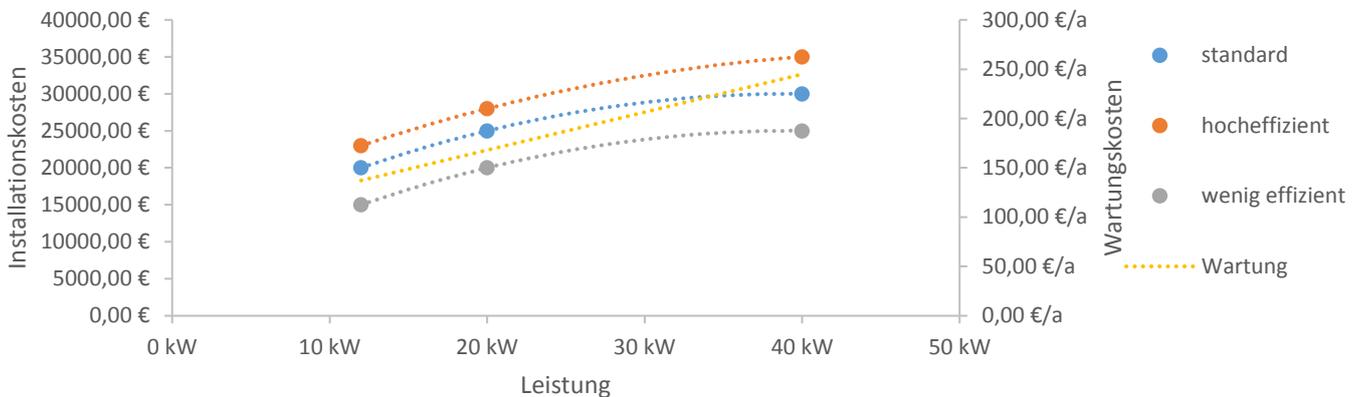


Abbildung 33: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für biomassebetriebene Heizkessel

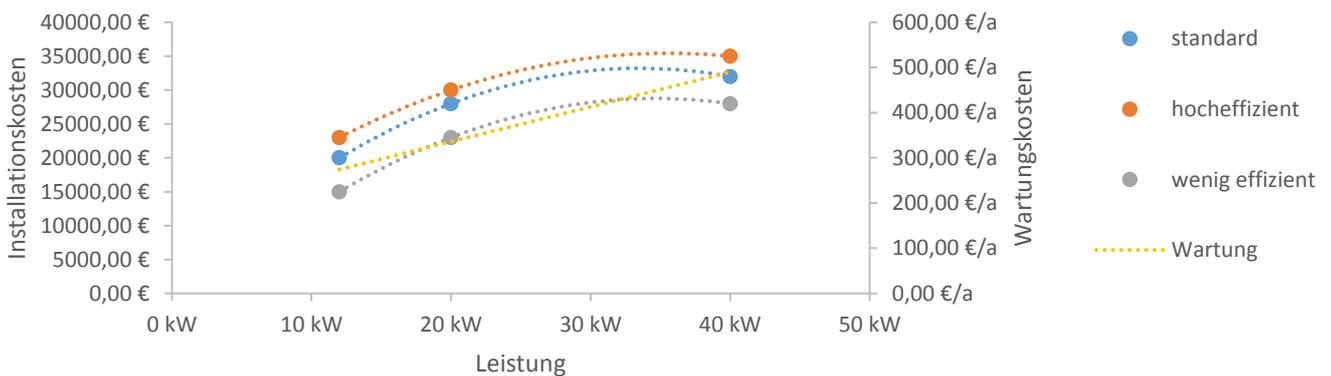


Abbildung 34: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Wärmepumpen

Input für die Generierung der Variantenstudie

Im ersten Schritt wird definiert, welche Haustechniksysteme kombiniert werden sollen. Dies erfolgt über die Eingabe der minimalen und maximalen Leistungs- bzw. Größenkennzahl, sowie der Anzahl der Zwischenwerte zwischen diesen Grenzen. Soll eines der möglichen Systeme nicht in Betracht gezogen werden, muss der Minimal- und Maximalwert mit „0“ angegeben werden.

Im zweiten Schritt muss die Effizienz der jeweiligen Systeme angegeben werden. Systeme die nicht variiert werden sollen, werden wiederum mit „0“ angegeben. Für die restlichen Systeme kann zwischen 3 Effizienzstufen unterschieden werden.

Input für die Barwertrechnung

Die Gesamtkosten werden über den Barwert abgebildet. Dabei kann die Nutzungsdauer variiert werden. Ebenfalls sind Werte für die jährliche Steigerung der Energiepreise, die jährliche Steigerung der Wartungskosten und die Abzinsung anzugeben. In der aktuellen Version ist die Berücksichtigung von Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten nicht vorgesehen. Diese können aber relativ einfach ergänzt werden.

Start der Simulation

Nach vollständiger Eingabe der Berechnungsrandbedingungen kann die Variantenstudie erstellt werden. Dabei werden über ein Makro alle möglichen Kombinationen der gewählten Systeme erstellt. Durch das Starten der Simulationen werden dann diese Werte als Eingabedaten in die Simulation eingelesen. Für alle Kombinationen werden die in der Simulation errechneten Energiekosten für ein Jahr ausgegeben. Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, werden auch unterschiedliche Energiekennzahlen ausgegeben. Über die vorher definierten Eingangsgrößen für die Barwertmethode werden dann die Gesamtkosten berechnet und in einem Diagramm dargestellt. Die günstigste Variante wird dabei in die erste Spalte gereiht und ist sofort ersichtlich.

4.1.1.1.2 Berechnungsbeispiel zur kostenoptimalen Auslegung

Betrachtet wird beispielhaft das „Solarhaus 2015“, welches im Rahmen der Case-Studies ausführlich beschrieben ist. Variiert wird die Größe der Photovoltaikanlage von 0 bis 40 m². Es wird von einer Soll-Raumtemperatur von 20°C ausgegangen. Während der Umweltenergiefreigabephase wird das Gebäude auf bis zu 22°C aufgeheizt ($\Delta T=2$ K). Das Speichervolumen wird mit 0,5 m³ angenommen. Die Nutzungsdauer des Gebäudes wird mit 50 Jahren festgelegt. Die Energiepreissteigerung wird mit 3%, die Steigerung der Wartungskosten und die Abzinsung jeweils mit 2% angenommen.

In der folgenden Abbildung 35 sind die Gesamtkosten für alle berechneten Varianten dargestellt. Die optimale Größe liegt hier im Bereich von 18 m² Modulfläche.

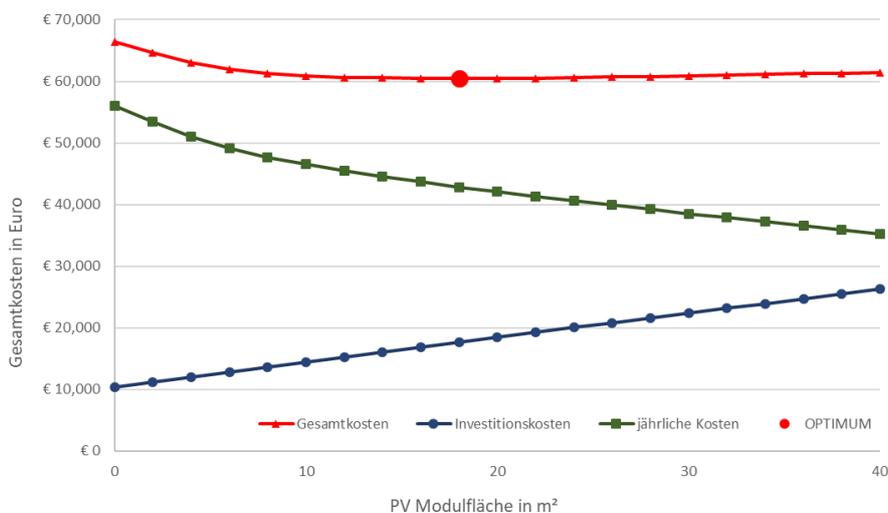


Abbildung 35: Beispielhafte Ergebnisse der kostenoptimalen Auslegung des Solarhauses 2015 mit dem System „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ (ohne Berücksichtigung von Haushaltsstrom)

5 Rechenkern

In diesem Kapitel wird die Weiterentwicklung eines Rechenalgorithmus zur dynamischen Simulation von Gebäuden und Räumen beschrieben. Die Grundlage dafür wurde bereits in [BED17] sowie [FRI13] und [HAN14] gelegt. Der im Rahmen dieser Projekte entwickelte Rechenkern wird in diesem Projekt um Modelle zur Simulation von Photovoltaikanlagen sowie solarthermischer Bauteilaktivierung ergänzt. Zusätzlich wird eine Möglichkeit zur Abbildung von netzseitiger Umweltenergiebereitstellung implementiert.

Teile des Rechenkerns sind bereits in [FRI13], [BED17] und [HAN17] beschrieben. Im Anhang zu diesem Bericht ist eine vollständige Dokumentation des Matlab Rechenkerns als Programm-Code zu finden.

5.1 Gebäudekonzepte für die Simulation

Nachfolgend sind drei typische Systeme zur aktiven Nutzung der Speichermasse von Gebäuden beschrieben. Der Rechenkern ist geeignet, um diese und eine Vielzahl weiterer Gebäudekonzepte abbilden zu können.

Solarthermie - Wärmeerzeuger (z.B. Wärmepumpe) - Bauteilaktivierung

Die Kombination von Solarthermie und Bauteilaktivierung hat gewissermaßen den Grundstein für die Nutzung der Masse von Gebäuden zur Speicherung von (solaren) Umweltenergien gelegt. In den vergangenen Jahren sind insbesondere im kleinvolumigen Wohnbau zahlreiche Gebäude dieser Art umgesetzt worden. Das Ziel des Konzepts besteht darin hohe solare Deckungsgrade bei zugleich geringem Wasserspeichervolumen realisieren zu können. Zu diesem Zwecke wird, anstelle eines Pufferspeichers, die Speichermasse des Gebäudes mit solarer Energie beladen. In der Praxis sind zwei grundlegend unterschiedliche Systemvarianten anzutreffen. Entweder wird der Solarkreis durch einen Wärmetauscher von der übrigen hydraulischen Anlage getrennt oder es erfolgt eine direkte Verbindung zwischen Solar- und Heizkreis ohne hydraulischer Trennung. Beide Systeme sind mit dem entwickelten Rechenkern abbildbar. Eine typische Systemkonfiguration ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

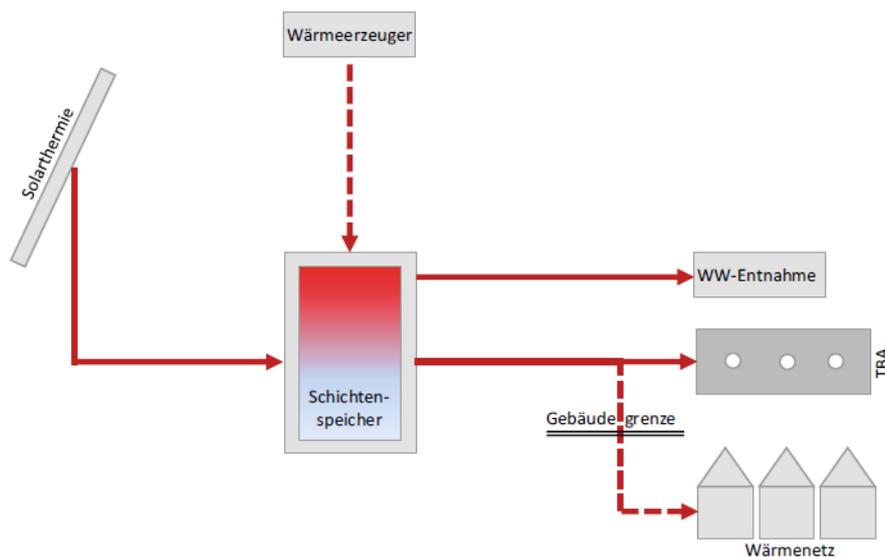


Abbildung 36: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von Solarthermie und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FRI16])

Für Gebäudekonzepte mit solarer Energieerzeugung spielt die Berücksichtigung der Verschattung eine wesentliche Rolle. Es gibt bereits eine Vielzahl von Möglichkeiten, um die zeitabhängige Verschattung von Kollektoren in Abhängigkeit ihrer Umgebung zu ermitteln. Beispielsweise bietet das frei zugängliche Programm Sombrero [SOM40] die Möglichkeit der Berechnung von zeitabhängigen Verschattungsdaten. Hier wird die gebaute oder gewachsene Umgebung definiert und der Verschattungsfaktor als Zeitreihe in Abhängigkeit des Gebäudestandorts ermittelt. Der Programmcode bietet die Möglichkeit die generierten Verschattungsdaten einzulesen und damit die solare Einstrahlung auf die Kollektoren zu beeinflussen.

PV - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung

Die Kombination von Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen mit thermischen Bauteilsystemen zur Speicherung von solar erzeugter Energie stellt das Pendant zur oben beschriebenen solarthermischen Bauteilaktivierung dar. Obwohl während der Wintermonate der Ertrag der PV-Anlage oftmals nicht zur gänzlichen Abdeckung des Strombedarfs der Wärmepumpe ausreichen wird, liegt der Vorteil dieser Umsetzung in der ganzjährigen Nutzbarkeit der solaren Energieerzeugung. So kann beispielsweise im Sommer über die Wärmepumpe gekühlt werden. Mit dem entwickelten Rechenkern kann sowohl die thermische Speicherung des PV-Ertrags während der Wintermonate, als auch die Kühlung über die Bauteile im Sommer abgebildet werden. Eine typische Systemkonfiguration ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

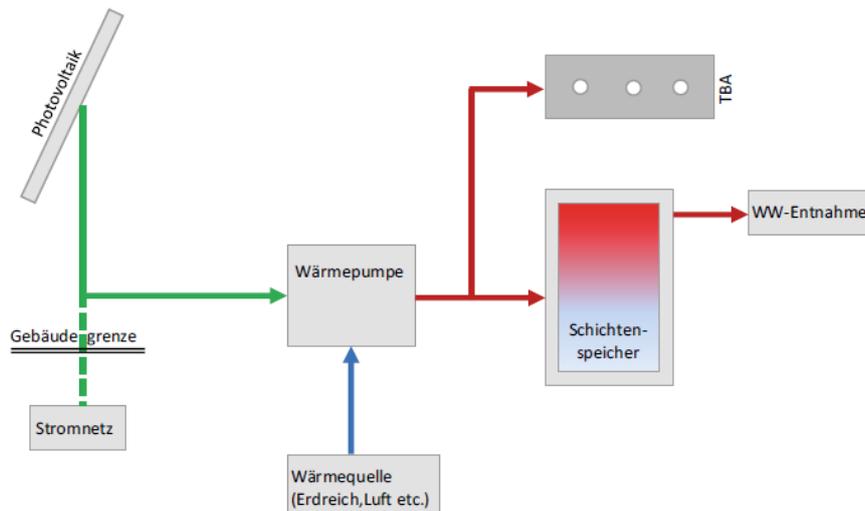


Abbildung 37: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von Photovoltaik und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FR116])

Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung

Neben der Nutzung und Speicherung von am Standort erzeugter Solarenergie besteht auch die Möglichkeit netzseitig erzeugte Umweltenergie innerhalb der Gebäudestruktur zu speichern. Hierfür wird vom Energieversorger eine Information über die aktuelle Umweltenergieproduktion oder das aktuelle Strompreisniveau an das Gebäude übermittelt. Die Gebäudetechnik verarbeitet dieses Regelsignal und entscheidet in weiterer Folge, ob die Gebäudemasse unter den gegebenen Randbedingungen beladen werden soll.

Die Simulationsumgebung geht hier von einem analogen Umweltenergiefreigabesignal aus. In der Simulation wird das Freigabesignal ähnlich zu Klimadaten als externe Randbedingung eingelesen. In der aktuellen Umsetzung ist

das Freigabesignal als analoges Regelsignal (Freigabe / keine Freigabe) umgesetzt. Hier sind gleichermaßen auch komplexere und auf eine bestimmte Zielgröße optimierte Regelsignale denkbar. Die Umsetzung unterschiedlicher Varianten muss je nach Signaltyp im Programmcode direkt erfolgen. Eine typische Systemkonfiguration ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

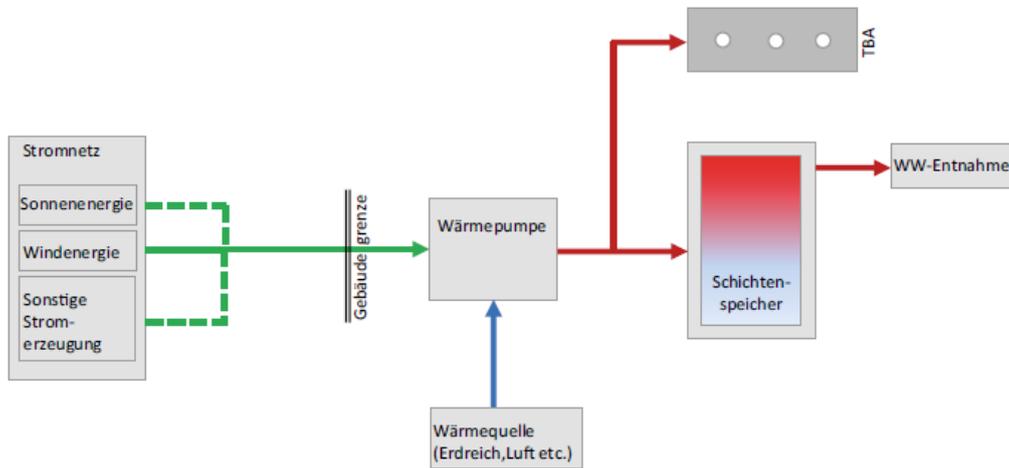


Abbildung 38: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von netzseitig bereitgestellter Umweltenergie und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FRI16])

Eine Publikation zur Speicherung netzseitiger Umweltenergie in Form von Windstrom ist in [HAN17] zu finden. Das in diesem Beitrag verwendete Freigabesignal wird auch für die weiteren Untersuchungen in diesem Projekt verwendet.

5.2 Regelstrategie

Die Regelstrategie spielt für die Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher eine bestimmende Rolle. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die gespeicherte Energie in einem Medium einerseits von der aufgetragenen Temperaturdifferenz und andererseits von Masse und spezifischer Speicherkapazität abhängig ist. Dies ist aus der nachfolgenden Gleichung ersichtlich:

$$dU = M * c * \Delta T R_E = 0,5 \cdot R_n + R_{si} \text{ bzw. } R_E = \frac{x_n}{2 \cdot \lambda_n} + \frac{1}{\alpha_i} \tag{9}$$

dU	J	innere Energie
M	kg	Masse
c	J/kgK	spez. Speicherkapazität
ΔT	K	Temperaturdifferenz (Temperaturband)

Da die Speicherkapazität bei bauteilaktivierten Gebäuden im Prinzip durch das Gebäude selbst definiert wird, ist die Temperaturdifferenz die einzige verbleibende Größe, um die Speicherung von Wärme im Gebäude aktiv zu beeinflussen. Es muss daher ein Temperaturband definiert werden in dem sich das Gebäude bewegen darf, um die vorhandene Speichermasse überhaupt nutzen zu können. Dieses Temperaturband muss im Rahmen der Planung mit dem Nutzer abgestimmt werden.

Die in der Regel anzutreffenden Betriebszustände werden in der nachfolgenden Skizze beispielhaft dargestellt:

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

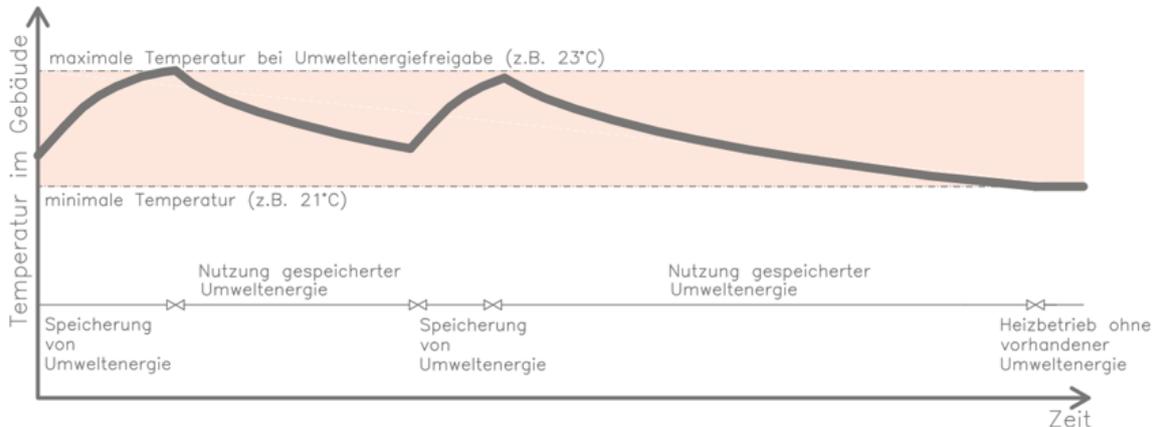


Abbildung 39 Darstellung der grundsätzlichen Funktionsweise des Gebäudes als Energiespeicher

Betreffend der in der Praxis anzutreffenden Regelstrategien zeigt sich, dass hier viele Umsetzungsmöglichkeiten bestehen von denen allerdings kaum regelungstechnische Dokumentationen erhältlich sind. Das Grundprinzip folgt dabei jedoch stets der oben dargestellten Systematik. Ein exemplarisches Beispiel zur Umsetzung der Regelstrategie für ein tatsächlich umgesetztes Einfamilienhaus mit dem Konzept „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe – Bauteilaktivierung zeigt die nachfolgende Auswertung von Messdaten:

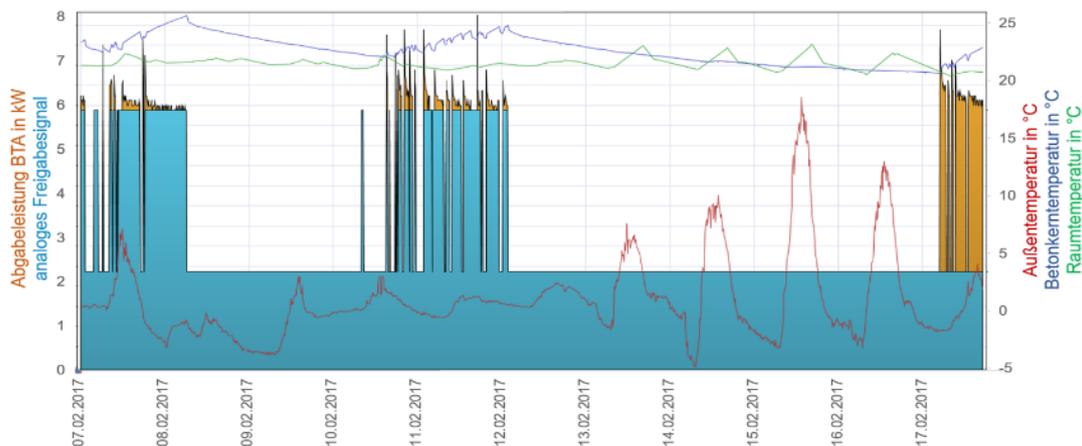


Abbildung 40: Auswertung von Messdaten eines repräsentativen Zeitraums eines umgesetzten Einfamilienhauses mit dem Gebäudekonzept „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ zur Darstellung des regelungstechnischen Funktionsprinzips (Datenquelle: VÖZ)

Das erforderliche Freigabesignal kann nun entweder ein externes Regelsignal darstellen oder es wird aus den erzielbaren Erträgen der Solarthermie- oder Photovoltaikanlage am Gebäudestandort und somit im Zuge der eigentlichen Simulation generiert.

Für die unterschiedlichen Energiekonzepte (Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung, PV - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung und Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung) werden in diesem Projekt Regelalgorithmen entwickelt. Grundsätzlich stellen die entwickelten Regelalgorithmen lediglich beispielhafte Lösungsansätze dar. Individuelle Regelstrategien, wie z.B. Kerntemperaturregelungen etc., können im Rechenkern implementiert werden. Bei reiner Raumtemperaturregelung ist darauf zu achten, dass die Speicherung von Wärme nicht durch das Ansteigen der Raumtemperatur zufolge solarer Gewinne über die Fenster unterbunden wird. Dies lässt sich beispielsweise über die Berücksichtigung von gleitenden Temperaturmittelwerten als Regelgröße

sicherstellen. Alternativ dazu kann dies auch über die Regelung der Kerntemperatur erfolgen. In weiterer Folge könnte in der Simulation auch eine prädiktive Regelung relativ leicht implementiert werden.

Ein exemplarisches Beispiel zur Umsetzung der Regelstrategie für ein Gebäude mit dem Konzept „Solarthermie – Wärmepumpe – Bauteilaktivierung“ zeigt die nachfolgende Auswertung einer Ganzjahressimulation:

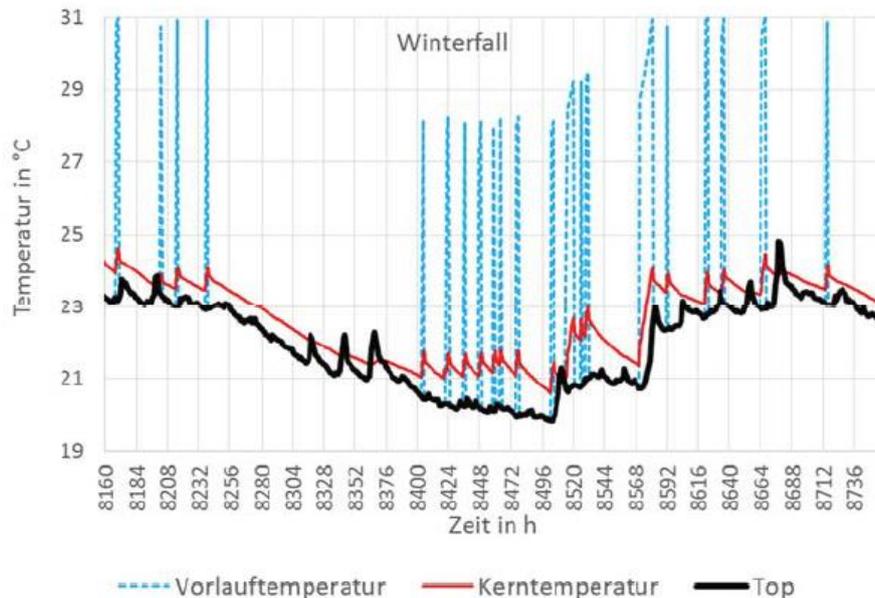


Abbildung 41: Auswertung von Simulationsergebnissen eines Gebäudes mit dem Gebäudekonzept „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ zur Darstellung des regelungstechnischen Funktionsprinzips

Die im Rahmen dieses Projekts entwickelte softwaretechnische Umsetzung der Regelstrategie ist im Anhang zu diesem Bericht festgehalten.

5.3 Eingabeoberfläche „Matlab Rechenkern“

Um den Matlab Rechenkern sinnvoll anwenden zu können, wird eine Eingabemaske in Excel umgesetzt. In dieser Eingabemaske sind sämtliche Berechnungen einfach über Excel zu starten. Die Ausgabe erfolgt ebenfalls in Excel. In einer entsprechenden Auswertungsmaske werden sämtliche, relevante Energie-, Leistungs- und Temperaturergebnisse dargestellt.

Das Eingabefile wurde übersichtshalber in einzelne Tabellenblätter unterteilt. Diese Tabellenblätter werden in den folgenden Punkten kurz erläutert. Bei den grau hinterlegten Feldern handelt es sich um Felder mit Formeln, diese sollten nicht überschrieben werden.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Allgemein

Allgemein

Brutto Geschossfläche	174,9 m ²
Anzahl Aufbauten (max. 20)	4 -
Anzahl Bauteile	7 -
WärmebrückenProzent	0 %



Simulation

Zeitschrittweite	200 s
Anzahl Wiederholungen	2 (1 oder 2 - mit oder ohne Vorlauf)
Startzeit 1	6000 h
Startzeit 2	0 h
Endzeit 1	8760 h
Endzeit 2	504 h

Heizsysteme

Ideal konditioniert	1 (ja/nein - 1/0)
Rückgewinnbare Verluste berücksichtigt	0 (ja/nein - 1/0)
Anzahl Pufferspeicher	1 -
Anzahl Wärmepumpen	1 -
Anzahl Heizkessel	0 -
Anzahl Solarkollektoren	1 -
Anzahl Photovoltaikkollektoren	1 -
TABS oder Radiator	1 (1 oder 2)
Netzfreigabe	0 (ja/nein - 1/0)
WW berücksichtigen	0 (ja/nein - 1/0)

Umrechnungsfaktoren Primärenergie

fPE,Strom	1.91 -
fPE,Heizkessel	1.17 -
fPE,Strom, Freischaltung	1.91 -
fPE,Heizkessel, Freischaltung	1.17 -
fPE,Strom, Freischaltung	1.91 -
fPE,Heizkessel, Freischaltung	1.17 -
fPE,Strom, Freischaltung	1.91 -
fPE,Heizkessel, Freischaltung	1.17 -
fPE,Strom, Freischaltung	1.91 -
fPE,Heizkessel, Freischaltung	1.17 -

Umrechnungsfaktoren CO2

fCO2,Strom	0.276 -
fCO2,Heizkessel	0.236 -
fCO2,Strom, Freischaltung	0.276 -
fCO2,Heizkessel, Freischaltung	0.236 -

Energiepreise

Strom	0.18 €
Strom, Einspeisung	0.09 €
Strom, Freischaltung	0.12 €
Strom, Einspeisung, Freischaltung	0 €
Heizkessel	0.08 €
Heizkessel, Freischaltung	0.09 €

Materialkennwerte

Speicherkapazität Wasser	4183 kJ/kgK
Speicherkapazität Luft	1007 kJ/kgK
Speicherkapazität Glykol	3751 kJ/kgK
Dichte Wasser	997 g/cm ³
Dichte Luft	1.168 g/cm ³

Initialisierungstemperatur

Initialisierungstemperatur	20 °C
----------------------------	-------

Klimadatenfile

Klimadatenfile	4
----------------	---

Eingabe von allgemeinen Randbedingungen für die Simulation wie BGF, Energiepreise, Konversionsfaktoren und Materialkennwerte.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegung

Auslegungsmodus	2	0=Leistungsvorgabe; 1=stationäre Heizlastberechnung;
Ti Auslegung	20 °C	
Te Auslegung	-13 °C	NAT nach OIB-Excel
fKorrRHVerluste	1	
TVLhkStat	30 °C	Vor- und Rücklauftemperatur für die Auslegung
TRLhkStat	25 °C	
StatWWMode	2	1=Ermittlung der erf. WW Leistung auf Basis der eingelesenen Zeitreihen (Klimadaten); 2=Ermittlung der erf. WW Leistung nach ÖNORM
TbwStat	10 °C	
fKorrWWVerluste	1	Verlustbeiwert für Warmwasser
direkte Leistungsangabe	1800 W	direkte Leistungsangabe möglich
dTi_Auslegung	0.3 K	erlaubter Temperaturabfall bei idealer Simulation der Heizlast
nDU	1	-
nBW	1	-
nSpezDU	1	-
nGrWanne	1	-



Angaben zu den Auslegungstemperaturen und zur Ermittlung des Warmwasserbedarfs.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Aufbauten

Anzahl Aufbauten	-	4			
Eingabe von Aufbauten und Materialkennwerten von Außen nach Innen (innenliegende Decken von Unten nach Oben)					
Hinweis: Anzahl muss mit der Eingabe auf dem Tabellenblatt "Allgemein" übereinstimmen					
Hinweis zu Bauteilkategorie: 11AussenluftWand_12AussenluftDecke_13AussenluftBoden__21fErdeWand_22fErdeDecke_					
Hinweis: vorhandene Schichten eingeben, den Rest auf 0 setzen, mind. 2 und max. 10 Schichten					
Aufbau		1	2	3	4
Anzahl Layer Schicht A	-	1	1	1	1
Anzahl Layer Schicht B	-	3	1	3	1
Anzahl Layer Schicht C	-	0	1	1	1
Anzahl Layer Schicht D	-	0	0	1	3
Anzahl Layer Schicht E	-	0	0	1	0
Anzahl Layer Schicht F	-	0	0	0	0
Anzahl Layer Schicht G	-	0	0	0	0
Anzahl Layer Schicht H	-	0	0	0	0
Anzahl Layer Schicht I	-	0	0	0	0
Anzahl Layer Schicht J	-	0	0	0	0
Dicke A	m	0.4	0.12	0.3	0.07
Dicke B	m	0.22	0.22	0.25	0.03
Dicke C	m	0	0.18	0.04	0.04
Dicke D	m	0	0	0.03	0.25
Dicke E	m	0	0	0.07	0
Dicke F	m	0	0	0	0
Dicke G	m	0	0	0	0
Dicke H	m	0	0	0	0
Dicke I	m	0	0	0	0
Dicke J	m	0	0	0	0
cp A	kJ/kgK	1450	1000	1500	1000
cp B	kJ/kgK	1000	1030	1000	1450
cp C	kJ/kgK	0	1000	1000	1000
cp D	kJ/kgK	0	0	1450	1000
cp E	kJ/kgK	0	0	1000	0
cp F	kJ/kgK	0	0	0	0
cp G	kJ/kgK	0	0	0	0
cp H	kJ/kgK	0	0	0	0
cp I	kJ/kgK	0	0	0	0
cp J	kJ/kgK	0	0	0	0
Dichte A	g/cm³	20	600	30	2100
Dichte B	g/cm³	2300	105	2300	11
Dichte C	g/cm³	0	600	80	80
Dichte D	g/cm³	0	0	11	2300
Dichte E	g/cm³	0	0	2100	0
Dichte F	g/cm³	0	0	0	0
Dichte G	g/cm³	0	0	0	0
Dichte H	g/cm³	0	0	0	0
Dichte I	g/cm³	0	0	0	0
Dichte J	g/cm³	0	0	0	0
Lambda A	W/mK	0.0325	0.1	0.03	1.6
Lambda B	W/mK	2.3	0.03	2.3	0.044
Lambda C	W/mK	0	0.1	0.05	0.046
Lambda D	W/mK	0	0	0.035	2.3
Lambda E	W/mK	0	0	1	0
Lambda F	W/mK	0	0	0	0
Lambda G	W/mK	0	0	0	0
Lambda H	W/mK	0	0	0	0
Lambda I	W/mK	0	0	0	0
Lambda J	W/mK	0	0	0	0
Bauteilkategorie	-	12	11	23	52
Temperaturkorrekturfaktor oc	-	1	1	0.7	0
Absorptionsgrad	-	0	0	0	0
Bezeichnung	-	OD	AW	BP	ZD



Definition von Aufbauten.

Die Anzahl der Aufbauten wird unter „Allgemein“ festgelegt. Für jeden Aufbau wird eine eigene Spalte angezeigt. Pro Aufbau können maximal 10 Schichten eingegeben werden. Es werden für jede Schicht die Dicke, Wärmeleitfähigkeit, spez. Speicherkapazität und Dichte angegeben. Zusätzlich wird die Art des Bauteils festgelegt.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Bauteile

Anzahl Bauteile - 7
 Eingabe der Gebäudegeometrie
 Hinweis: Anzahl der Bauteile muss mit der Eingabe auf dem Tabellenblatt "Allgemein" übereinstimmen
 Hinweis: max. 50 Bauteile
 Hinweis: mehrere Bauteile können den selben Aufbau haben, z.B. eine Außenwand in 4 Himmelsrichtungen

Bauteil	1	2	3	4	5	6	7
Wahl Aufbau	2	2	2	2	3	1	4
Bruttofläche m ²	74.942	58.3275	74.942	58.3275	128.46	128.46	128.46
Anzahl Fenster	5	5	2	5	0	0	0
TABS Layer	0	0	0	0	3	3	5
TABS Mode	0	0	0	0	1	1	1
Bauteilteilung TABS	0	0	0	0	0	0	0
Ausrichtung °	225	315	45	135	0	0	0
Neigung °	90	90	90	90	0	0	0
SchichtDrucken	1	1	1	1	3	3	5
Bezeichnung	AW SW	AW NW	AW NO	AW SO	BP	OD	ZD



Definition der Bauteile.
 Für jedes Bauteil wird eine eigene Spalte angezeigt. Eingabe von Fläche und Ausrichtung der Bauteile, sowie Festlegung der Anzahl an Fenstern und Lage von ev. vorhandenen Rohrleitungen in Bauteilen.

Fenster

Anzahl Bauteile - 7
 Hinweis: Eingabe der Fensterkennwerte
 Hinweis: nach Bauteilen geordnet, Anzahl pro Bauteil muss mit der Angabe beim jeweiligen Bauteil übereinstimmen
 Hinweis zu Öffnung: 0=Fixverglasung, 0.1=kippbar, 1=öffenbar
 Hinweis zu Neigung: 0=waagrecht, 90=senkrecht (wie bei Bauteilen)

Bauteil	1	2	3	4	5	6	7
Fenster	1	1	1	1	1	1	1
Breite m	1.8	1.6	1.43	1.6	0	0	0
Höhe m	1.43	1.43	0.5	1.43	0	0	0
Rahmenbreite m	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Psi W/mK	0.025	0.025	0.025	0.025	0	0	0
Ug Wm ² K	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
Uf Wm ² K	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0
Öffnung	1	1	1	1	0	0	0
Neigung °	90	90	90	90	0	0	0
g	0.51	0.51	0.51	0.51	0	0	0
epsilon	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0
fc	0.15	0.15	0.15	0.15	0	0	0
fsc	0.98	0.98	0.98	0.98	0	0	0
fhor	1	1	1	1	0	0	0
fs	0.85	0.85	0.85	0.85	0	0	0

Bauteil	2	2	2	2	2	2	2
Fenster	2	2	2	2	2	2	2
Breite m	1.8	1.2	1.43	1	0	0	0
Höhe m	2.33	2.25	0.5	2.33	0	0	0
Rahmenbreite m	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Psi W/mK	0.025	0	0.025	0.025	0	0	0
Ug Wm ² K	0.5	0.8	0.5	0.5	0	0	0
Uf Wm ² K	0.9	0.8	0.9	0.9	0	0	0
Öffnung	1	1	1	1	0	0	0
Neigung °	90	90	90	90	0	0	0
g	0.51	0.51	0.51	0.51	0	0	0
epsilon	1.5	0	1.5	1.5	0	0	0
fc	0.15	0	0.15	0.15	0	0	0
fsc	0.98	0	0.98	0.98	0	0	0
fhor	1	0	1	1	0	0	0
fs	0.85	0	0.85	0.85	0	0	0

Definition der Fenster.
 Für jedes Bauteil wird eine eigene Spalte angezeigt. Untereinander werden die einzelnen Fenster angezeigt. Festlegung der

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Heizkessel

etaHK Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers



Für die Berechnung mit Heizkessel ist die Festlegung eines Wirkungsgrads erforderlich. Der eingesetzte Energieträger wird unter „Allgemein“ definiert.

Kollektor Solar

fSchmutzSolar	<input type="text" value="1"/>	-	Verschmutzungsfaktor
fRegelungSolar	<input type="text" value="0.98"/>	-	Faktor zur Berücksichtigung der Regelung
fWTSolar	<input type="text" value="1.1"/>	-	Faktor zur Berücksichtigung des Wärmetauschers
dTSolar	<input type="text" value="5"/>	-	Temperaturerhöhung über den Kollektor
TpufferMaxSolar	<input type="text" value="90"/>	°C	max. Puffertemperatur
Tstagnation	<input type="text" value="110"/>	°C	Stagnationstemperatur
Neigung	<input type="text" value="70"/>	°	
Orientierung	<input type="text" value="180"/>	°	
Akoll	<input type="text" value="30"/>	m ²	Aperturfläche des Kollektors
eta0	<input type="text" value="0.754"/>		
a1	<input type="text" value="3.89"/>		
a2	<input type="text" value="0.004"/>		
KthetaD	<input type="text" value="0.93"/>		
KthetaB	<input type="text" value="0.93"/>		
ZetaTest	<input type="text" value="50"/>		
STdirektInBt	<input type="text" value="2"/>		Solarthermie direkt an Flächenheizung angeschlossen? (0=Nein; 1=JA über ext. Wärmetauscher; 2=JA direkt mit Glykol in Bauteil)



Eingabe von Kennwerten, Orientierung und Neigung sowie Fläche des Kollektors der thermischen Solaranlage. Einzugeben sind auch weitere Parameter wie Stagnationstemperatur, Verschmutzungsfaktor, etc.

Kollektor PV

fSchmutzSolar	<input type="text" value="1"/>	-	Verschmutzungsfaktor
fWechselrichterSolar	<input type="text" value="0.98"/>	-	Faktor zur berücksichtigung der Regelung
etaModul0	<input type="text" value="0.15"/>		
etaModul50	<input type="text" value="0.08"/>		
Neigung	<input type="text" value="15"/>	°	
Orientierung	<input type="text" value="90"/>	°	
Akoll	<input type="text" value="0"/>	m ²	Aperturfläche



Eingabe von Kennwerten, Orientierung und Neigung sowie Modulfläche der Photovoltaikanlage. Einzugeben sind auch weitere Parameter wie Verschmutzungsfaktor sowie Kollektorkennwerte etc.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Lüftung

Raumvolumen	<input type="text" value="363.792"/>	m ³	Vraum=0.8*BGF*2.6
n50	<input type="text" value="0.59"/>	1/h	
HygLW	<input type="text" value="0.3"/>	1/h	
LageVent	<input type="text" value="2"/>	-	0=keine mech. Anlage; 1=ABLVent raumseitig & ZULVent raumseitig; 2=ABLVent außenseitig & ZULVent raumseitig;
etaWRG	<input type="text" value="0.8"/>	-	
SFPzu	<input type="text" value="0"/>	Wh/m ³	SFP=0 wenn etaWRG ein Wärmebereitstellungsgrad ist
SFPab	<input type="text" value="0.27777778"/>	Wh/m ³	



Eingabe des Raumluftvolumens, Luftdichtheit sowie hygienischer Luftwechsel. Bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage ist auch der Wärmerückgewinnungsgrad sowie die Lage der Ventilation zu erfassen.

Puffer

Vpuffer	<input type="text" value="1"/>	m ³	
Vschicht	<input type="text" value="0.1"/>	m ³	
WWVolumen	<input type="text" value="0.2"/>	-	Anteil des gesamten Puffervolumens für WW
nhydKreise-Anschlüsse	<input type="text" value="6"/>	-	Anzahl angeschlossener hydr. Kreise
lambdaeffMAX	<input type="text" value="0.664"/>	W/mK	
lambdaeffMIN	<input type="text" value="0.664"/>	W/mK	
a	<input type="text" value="1"/>	-	Koeffizienten Wärmeverluste nach H5056
b	<input type="text" value="0.5"/>	-	
c	<input type="text" value="0.25"/>	-	
d	<input type="text" value="0.4"/>	-	
BA	<input type="text" value="0.66"/>	W/K	Zusatzverluste Basisanschlüsse
ZA	<input type="text" value="0.28"/>	W/K	Zusatzverluste Zusatzanschlüsse
LagePuffer	<input type="text" value="1"/>	-	1=konditioniert; 0=unkonditioniert
fKorrPuffer	<input type="text" value="1"/>	-	Temperaturkorrekturfaktor (bei unkond. Lage)
TpufferMIN	<input type="text" value="50"/>	°C	
Wärmeverluste berücksichtigen	<input type="text" value="0"/>		(ja/nein - 1/0)



Notwendige Eingaben zur Berechnung des Puffers sind u.a.: Volumen, Schichtvolumen (über die Anzahl der Schichten), prozentueller Anteil des für das Warmwasser warm gehaltenen Volumens, Wärmeleitfähigkeiten sowie Kennwerte zur Berechnung der Wärmeverluste über den Puffer.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Raumknoten

Regelgröße	2	1=Top; 2=TAir; 3=Trad;
Ceinrichtung	6811025.76 J/K	BGF*38*1024.8
SollTheat	20 °C	
SollTcool	50 °C	
qidealheatMAXrad	0	
qidealcoolMAXrad	0	
qidealheatMAXconv	100000	
qidealcoolMAXconv	-100000	



Notwendige Eingaben für die Simulation von idealen Heiz und Kühlleistungen.

Sonnenstand

phi	48.4909755 °
lambda	16.1183047 °
Beginn_SZ	1
Ende_SZ	1



Längen- und Breitengrad des Gebäudes, Möglichkeit zur Berücksichtigung der Sommerzeit.

Strahlung

Hgeo	224 m
S0	1367 W/m ²
albedo	0.2



Eingabe der Seehöhe des Gebäudes sowie Auswahl des Modells zur Berechnung der solaren Einstrahlung.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

TABS

LHeizkreisMax	<input type="text" value="80"/>	m	maximale Rohrlänge je Heizkreis
Dx	<input type="text" value="0.2"/>	m	Achsabstand zw. Rohren
Dr	<input type="text" value="0.002"/>	m	Wandstärke der Rohre
Da	<input type="text" value="0.02"/>	m	Außendurchmesser der Rohre
lambdaB	<input type="text" value="2.3"/>	W/mK	Wärmeleitfähigkeit der Rohrträgerschicht (Beton)
lambdaR	<input type="text" value="0.45"/>	W/mK	Wärmeleitfähigkeit der Rohre



Angabe der maximalen Heizkreislänge, Durchmesser und Wandstärke sowie die Wärmeleitfähigkeit der Rohre und der Trägerschicht (Beton).

Wärmepumpe

COPNenn	<input type="text" value="4"/>	-
GueteGradWPA	<input type="text" value="-0.0002"/>	-
GueteGradWPB	<input type="text" value="0.0159"/>	-
GueteGradWPC	<input type="text" value="0.1506"/>	-
DimErzeuger	<input type="text" value="1"/>	



Die Gütegrade der Wärmepumpe werden, über die in den technischen Datenblättern angegebenen Temperaturbereiche, berechnet. Über den Parameter „DimErzeuger“ kann eine Erhöhung der Leistung der Wärmepumpe zu Freigabezeiten angegeben werden.

Wärmeverteilung_Heizkreis

fKorrWVhk	<input type="text" value="0.7"/>	-	Temperaturkorrekturfaktor für Leitungsverluste
kondVerteil	<input type="text" value="1"/>	-	0 = unkonditionierte Lage; 1= konditionierte Lage
kondSteig	<input type="text" value="1"/>	-	
feroVerteil *	<input type="text" value="1.3"/>	-	*
feroSteig *	<input type="text" value="1.15"/>	-	*
feroAnbinde *	<input type="text" value="1.09"/>	-	*
groVerteil **	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
groSteig **	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
groAnbinde **	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
Wärmeverluste berücksichtigen	<input type="text" value="0"/>		(ja/nein - 1/0)



Hier werden die Angaben zu den Wärmeverteilungsverlusten im Heizkreis gemacht. Festlegung der Lage der Leitungen im konditionierten oder unkonditionierten Bereich ist erforderlich.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Wärmeverteilung_Solarkreis

fKorrDach	<input type="text" value="1"/>	-	Temperaturkorrekturfaktor für Leitungsverluste
fKorrSteig	<input type="text" value="0"/>	-	
fKorrKeller	<input type="text" value="0.7"/>	-	
kondDach	<input type="text" value="0"/>	-	0 = unkonditionierte Lage; 1= konditionierte Lage
kondSteig	<input type="text" value="1"/>	-	
kondKeller	<input type="text" value="1"/>	-	
feroDach	<input type="text" value="1.2"/>	-	*
feroSteig	<input type="text" value="1.1"/>	-	*
feroKeller	<input type="text" value="1.3"/>	-	*
qroDach	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
qroSteig	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
qroKeller	<input type="text" value="0.3"/>	-	**
Wärmeverluste	<input type="text" value="0"/>		(ja/nein - 1/0)



Hier werden die Angaben zu den Wärmeverteilverlusten im Solarkreis gemacht. Festlegung der Lage der Leitungen im konditionierten oder unkonditionierten Bereich ist erforderlich.

Wärmeverteilung_Warmwasser

Messung	<input type="text" value="0"/>	-	Warmwasserverbrauch bekannt / gemessen?
Qmess	<input type="text" value="3112000"/>	Wh	
TZapf	<input type="text" value="50"/>	°C	
Tzirkulation	<input type="text" value="55"/>	°C	
ZirkulationMode	<input type="text" value="0"/>	-	0 = nicht vorhanden; 1 = vorhanden
fKorrWVww	<input type="text" value="0.7"/>	-	Temperaturkorrekturfaktor für Leitungsverluste
kondVerteil	<input type="text" value="1"/>	-	0 = unkonditionierte Lage; 1= konditionierte Lage
kondSteig	<input type="text" value="1"/>	-	
feroVerteil	<input type="text" value="1.3"/>	-	*
feroSteig	<input type="text" value="1.15"/>	-	*
qroVerteil	<input type="text" value="0.3"/>	W/m	**
qroSteig	<input type="text" value="0.3"/>	W/m	**
qroStich	<input type="text" value="1"/>	W/m	***
qTW_WA1	<input type="text" value="0.083"/>	W/m ²	****
qTW_WA2	<input type="text" value="0"/>	W/m ²	*****
Wärmeverluste berücksichtigen	<input type="text" value="0"/>		(ja/nein - 1/0)



Hier werden die Angaben zu den Wärmeverteilverlusten für Warmwasser gemacht. Festlegung der Lage der Leitungen im konditionierten oder unkonditionierten Bereich ist erforderlich.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Regelung

Sollwert1	24.5 °C	Sollwerte für Abschattung
Sollwert2	25.5 °C	
Sollwert1	25.5 °C	Sollwerte für Fensterlüftung
Sollwert2	26.5 °C	
TpufferSoll	55 °C	Regelung Heizkessel
TopSoll	20 °C	Regelung Heizkreis
dTopSoll	0.15 K	Hysterese
Heizgrenztemperatur	15 °C	
TopSollMIN	26.5 °C	Regelung Kühlkreis
TopSollMAX	24 °C	
Kühlgrenztemperatur	25 °C	
dThkSollwertCool	-5 K	
TopSoll FS	22 °C	Regelung Heizkreis bei Freischaltsignal
Averager FS	1 h	Zeitdauer für die Mittelwertbildung der Regelgröße (Wert>0)
dTopSoll FS	0.15 K	Hysterese
Heizgrenztemperatur FS	15 °C	
TpufferSoll	60 °C	Regelung Wärmepumpe
WPdirektInBt	1 -	1=Wärmepumpe direkt an Flächenheizung angeschlossen; 0=WP beheizt nur den Speicher
TpufferSoll FS	60 °C	Regelung Wärmepumpe bei Freischaltsignal
WPdirektInBt FS	1 -	1=Wärmepumpe bei Freischaltsignal direkt an Flächenheizung angeschlossen; 0=WP beheizt nur den Speicher

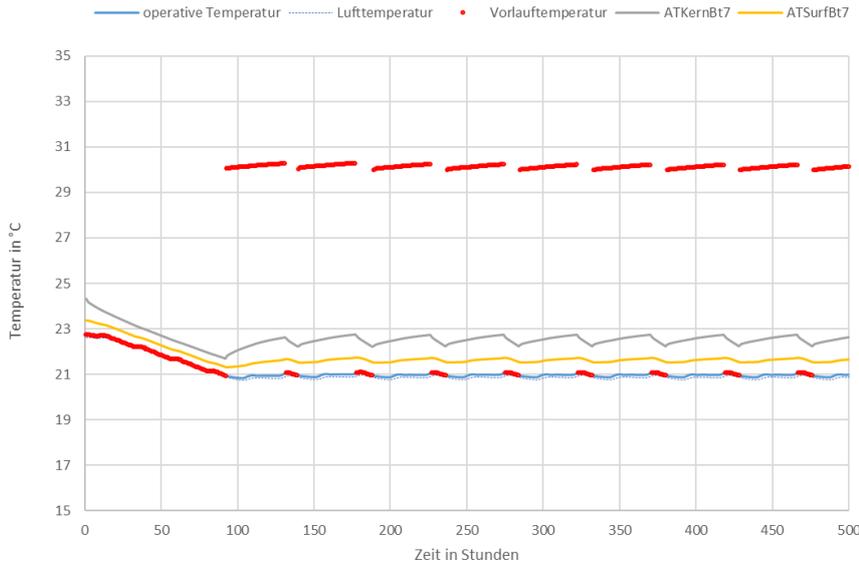


Alle zur Regelung der Lüftung (über die Fenster), Verschattung der Fenster und Regelung des Heizkreises notwendigen Temperaturen werden hier definiert. In den letzten beiden Zeilen sind die Temperaturdifferenzen für Raumheizung und Warmwasser bei Freischaltung zu finden.

5.4 Ausgabeoberfläche „Matlab Rechenkern“

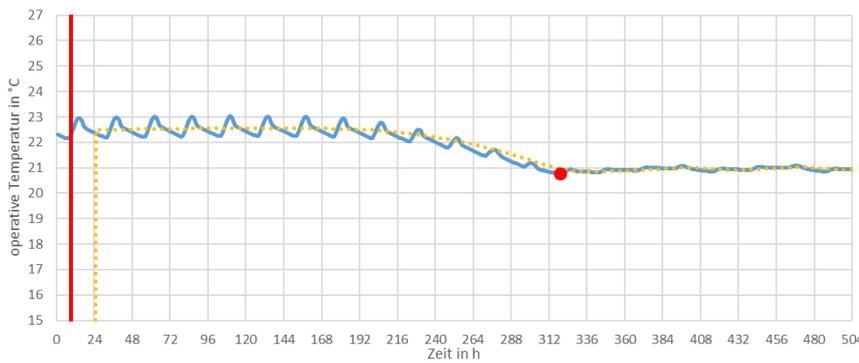
Der Rechenkern exportiert eine Vielzahl von Zeitreihen zu Leistungs- und Temperaturverläufen etc. in das Ausgabe-Excel. Darüberhinaus werden Monats- und Jahresmittelwerte zu den unterschiedlichen Energiekennzahlen ausgegeben. Auf Basis dieser Werte erfolgen standardisierte grafische Auswertungen. Diese sind nachfolgend dargestellt:

Bauteiltemperaturen

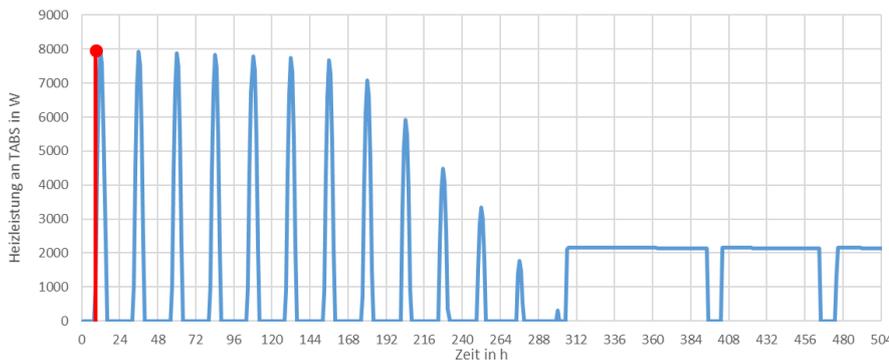


Dargestellt wird der Zusammenhang zwischen der operativen Temperatur, der Vorlauftemperatur sowie der Oberflächen- und Kerntemperatur

Darstellung von Auslegungsergebnissen

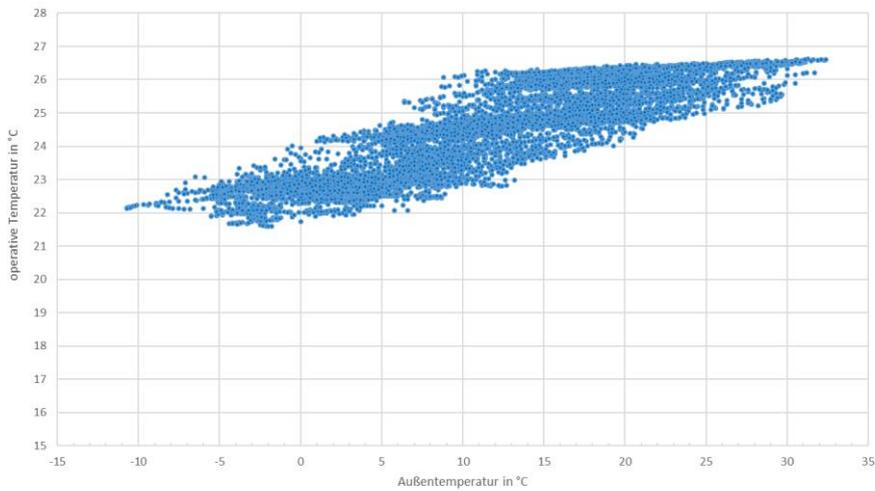


Dargestellt wird der Verlauf der operativen Temperatur während einer definierten Auslegungsperiode (oben) sowie die zugehörige Leistungsabgabe an die Bauteile (unten). Alternativ wird auch der Verlauf der Lufttemperatur und die ideale Heizleistung ausgegeben.

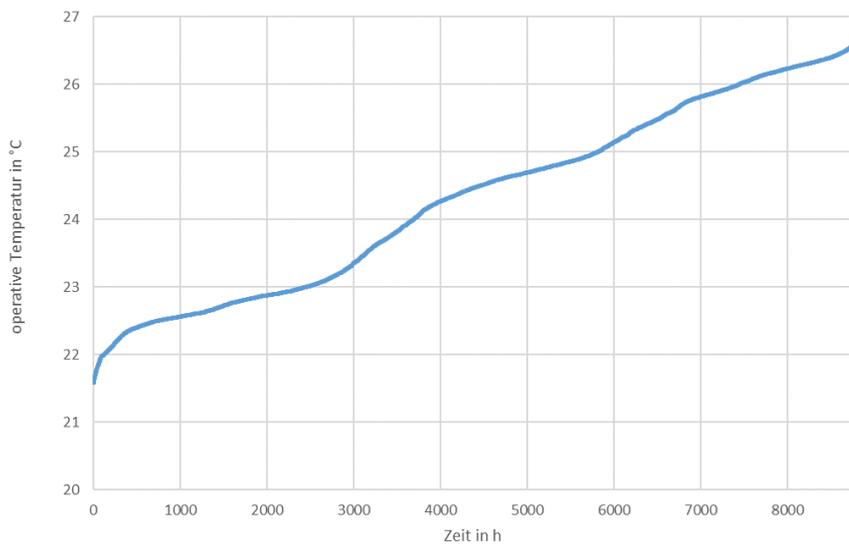


Auswertung Auslegung	
min. Lufttemperatur in Stunde	20.74 °C 104 -
min. operative Temperatur in Stunde	20.84 °C 103 -
max. ideale Heizleistung in Stunde	0.00 W 1 -
max. Heizleistung TABS in Stunde	2302.34 W 93 -

Ergebnisse von Ganzjahressimulationen



Dargestellt werden der Zusammenhang zwischen der Außenlufttemperatur und der operativen Temperatur als Ergebnis einer Ganzjahressimulation (oben) sowie die daraus abgeleiteten Temperatur-Unterschreitungenhäufigkeiten (unten).



6 Webservice und Schulungstool (Excel-Client)

In diesem Kapitel wird auf die Möglichkeit der Validierung für Softwarehersteller eingegangen. Die Forschungsergebnisse können mithilfe des Webservices direkt verwendet werden. Ein Webservice ist eine Ressource ausgelagert auf einem Server der bestimmte Service (z.B.: Software) für maschinelle Anfragen zur Verfügung stellt.

Die Idee des Webservice und die Entwicklung wurde im Projekt „SolCalc“ vorweggenommen, deshalb ist die folgende Beschreibung teilweise ident.

Das Schulungstool wird ebenfalls vorgestellt und bietet die Möglichkeit die Forschungsergebnisse durch eine vereinfachte Eingabesituation für Planer anwendbar zu machen.

6.1 Implementierung als Web Service

6.1.1 Architektur

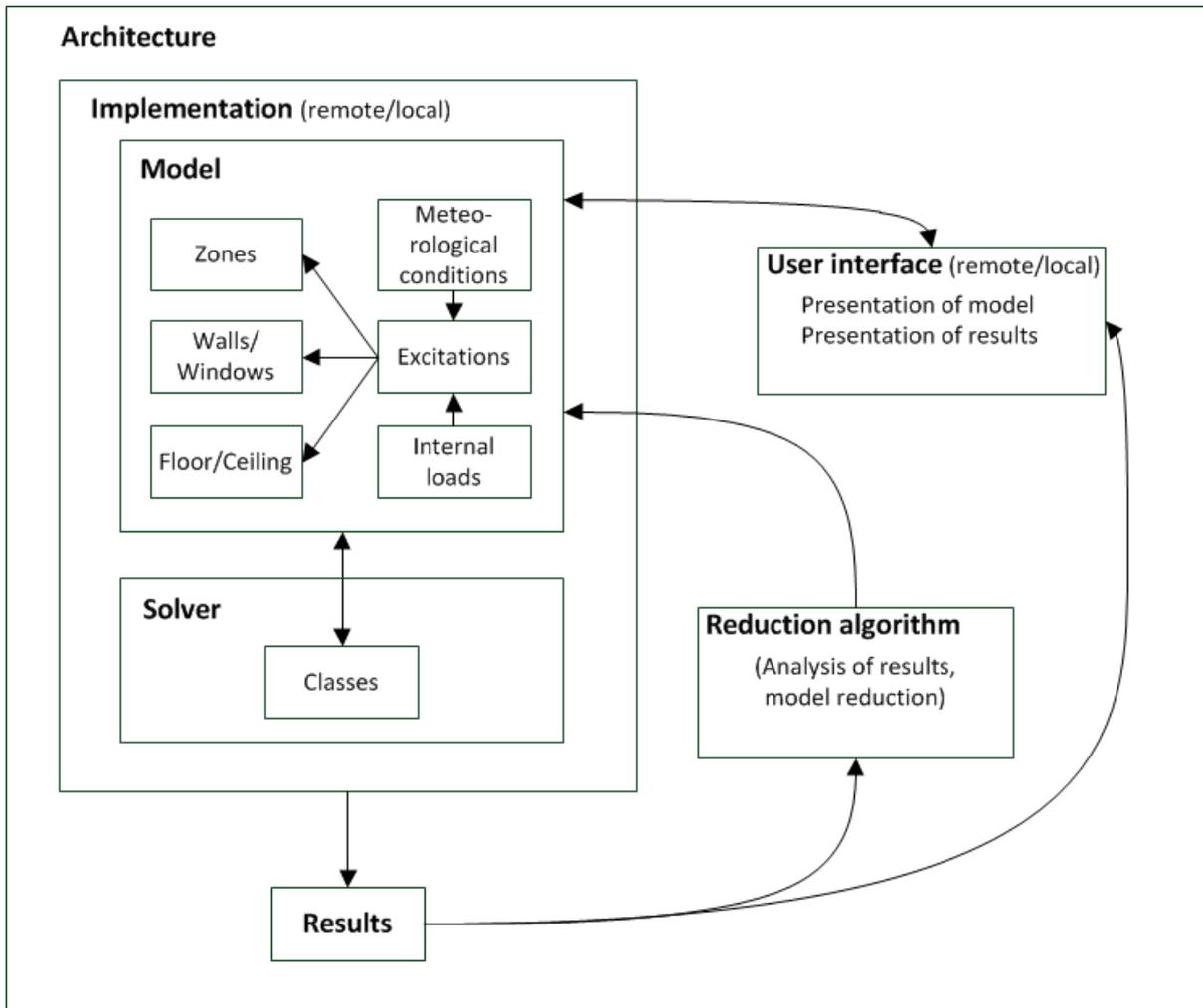


Abbildung 42: Architektur der Umsetzung aus [GLA14]

In der Implementierung werden wesentliche Teile des Modells i.S. einer sauberen objektorientierten Programmierung zusammengefasst. Die Architektur ist in Abbildung 42 zu sehen. Es gibt Objekte, die Zonen, Wände, Fenster und Anregungen in Form von äußeren (meteorologischen) und inneren (Geräte, Personen,...) Lasten repräsentieren, und so zu übersichtlichen Modellen zusammengefasst werden können. Im Rahmen einer thermischen Simulation

wird für jeden unbekanntem Temperaturverlauf eine Differentialgleichung aufgestellt. Das daraus entstehende Differentialgleichungssystem (DGL) kann einem DGL Solver übergeben werden, der die Temperaturen für den gewünschten Zeitraum (z.B. für ein Jahr im Falle einer Jahressimulation) berechnen kann.

Solver funktionieren im Wesentlichen auf praktisch jedem handelsüblichen PC und können auch über ein Web Service angesprochen werden. Dadurch ist es möglich, Berechnungen auf mehrere unterschiedliche Rechner zu verteilen und Hardware Ressourcen bestmöglich zu nutzen. Eine rein lokale Verwendung von Solvern (ohne Web Service) ist aber ebenso möglich und in vielen Fällen sinnvoll.

Solver liefern die Ergebnisse thermischer Simulationen in Form von Temperaturverläufen (Zeitreihen) zurück. Diese Temperaturverläufe lassen sich beliebig (z.B. mit Hilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen) weiterverarbeiten. In der vorliegenden Beispielimplementierung werden die Ergebnisse in dasselbe Excel File geschrieben, das auch die Repräsentation des Modells enthält.

6.1.2 Web Services

Sämtliche Web Services können über POST Requests erreicht werden. Der Port der für die Klimaservices verwendet wird ist 8002.

Eine komplette URL wäre daher z.B.:

<http://proserv1.bph.tuwien.ac.at:8002/sonnenvektoren>

Sonnenvektoren

- Pfad: /sonnenvektoren
- Request: Lambda (Längengrad in Grad), Phi (Breitengrad in Grad)
- Response: Sonnenhöhe (gamma), Sonnenazimut (alpha) Paare im Bogenmaß für jede volle Stunde

Lufttemperaturen

- Pfad: /airTemp
- Request: Postleitzahl, Jahr
- Response: Lufttemperatur in °C für jede volle Stunde

Direktstrahlung horizontal

- Pfad: /directRadHor
- Request: Postleitzahl, Jahr
- Response: Direktstrahlung (W/m²) auf eine horizontale Fläche für jede volle Stunde.

Diffusstrahlung horizontal

- Pfad: /diffuseRadHor
- Request: Postleitzahl, Jahr
- Response: Diffusstrahlung (W/m²) auf eine horizontale Fläche für jede volle Stunde.

Direktstrahlung auf Fläche

- Pfad: /directRadSurface
- Request: Postleitzahl, Jahr, Lambda (Längengrad in Grad), Phi (Breitengrad in Grad), Geographische Höhe (m), Solarkonstante (üblicherweise 1.367 W/m²), Neigung der Fläche (gamma, Bogenmaß), Orientierung der Fläche (alpha, Bogenmaß), Bodenreflexionszahl (rho, z.B. 0,2), Mindestsonnenhöhe (gammasMin, Bogenmaß, zur Vermeidung von numerisch bedingten Ungenauigkeiten, z.B. 0,17)
- Response: Direktstrahlung (W/m²) auf die Fläche für die die Neigung und Orientierung angegeben ist. Ein Wert für jede volle Stunde.

Diffusstrahlung auf Fläche

- Pfad: /diffuseRadSurface
- Request: Postleitzahl, Jahr, Lambda (Längengrad in Grad), Phi (Breitengrad in Grad), Geographische Höhe (m), Solarkonstante (üblicherweise 1.367 W/m²), Neigung der Fläche (gamma, Bogenmaß), Orientierung der Fläche (alpha, Bogenmaß), Bodenreflexionszahl (rho, z.B. 0,2), Mindestsonnenhöhe (gammasMin, Bogenmaß, zur Vermeidung von numerisch bedingten Ungenauigkeiten, z.B. 0,17)
- Response: Diffusstrahlung (W/m²) auf die Fläche für die die Neigung und Orientierung angegeben ist. Ein Wert für jede volle Stunde.

NAT 13 Temperaturverlauf (Sommer)

- Pfad: /typicalAirTempSummer
- Request: Postleitzahl, Jahr
- Response: Lufttemperaturen des Tages dessen Höchsttemperatur an zwölf anderen Tagen überschritten wird.

NAT 13 Temperaturverlauf (Winter)

- Pfad: /typicalAirTempWinter
- Request: Postleitzahl, Jahr
- Response: Lufttemperaturen des Tages dessen Tiefsttemperatur an zwölf anderen Tagen unterschritten wird.

Globalstrahlung auf Fläche

- Pfad: /globalRad
- Request: Postleitzahl, Jahr, Lambda (Längengrad in Grad), Phi (Breitengrad in Grad), Geographische Höhe (m), Solarkonstante (üblicherweise 1.367 W/m²), Neigung der Fläche (gamma, Bogenmaß), Orientierung der Fläche (alpha, Bogenmaß), Bodenreflexionszahl (rho, z.B. 0,2), Mindestsonnenhöhe (gammasMin, Bogenmaß, zur Vermeidung von numerisch bedingten Ungenauigkeiten, z.B. 0,17)
- Response: Globalstrahlung (W/m²) auf die Fläche für die die Neigung und Orientierung angegeben ist. Ein Wert für jede volle Stunde.

Gebäudesimulation

Simulationen können entweder lokal durchgeführt werden oder an einem eigens dafür vorbereiteten Server. Dieser Server stellt ein Web Service zu Verfügung, das zu jedem Zeitpunkt aufgerufen werden kann. Es erwartet einen JSON POST Request der in einer VBA Routine zusammengestellt wird. Ein unvollständiger Auszug eines solchen JSON Request ist in Abbildung 43 zu sehen.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
{
  "Zonen" : [{
    "name" : "z1",
    "grundflaeche" : "207",
    "forceldeal" : "F",
    "heizung" : "T",
    "heizTemp" : "22,5",
    "heizungIdeal" : "F",
    "startTemp" : "20",
    "kapEinrichtung" : "8061076,8"
    ...
  }],
  "Waende" : [{
    "name" : "z1w1s1e1",
    "seite1" : "z1",
    "seite2" : "z1w1s1e2",
    "flaeche" : "103,472",
    "kap" : "3600"
    ...
  }],
  "Fenster" : [{
    "zone" : "z1",
    "breite" : "24",
    "hoehe" : "2",
    "u" : "0,863",
    "g" : "0,6",
    "sf" : "0,5"
  }],
  "Lasten" : [{
    "zeit" : "0",
    "aussentemp" : "-1,5",
    "strahlung_z1" : "0",
    "temp_z1w1s5" : "6,6"
    ...
  }],
  "Params" : {
    "Name" : "Wert",
    "diffTsky" : "0",
    "ae" : "25",
    "aeBoden" : "10000",
    "aci" : "2,5",
    "aciUp" : "5",
    "aciDown" : "0,7",
    "ari" : "5"
    ...
  },
  "Speicher" : [{
    "name" : "s01",
    "kap" : "33456000",
    "heizlastKonstant" : "3000",
    "heizTemp" : "35",
    "tempKonstant" : "F",
    "lage" : "z1",
    "anzSchichten" : "3",
    "qrho2Koll" : "0,24"
    ...
  }],
  "userId" : "A12B7746-391E-483E-A84E-156F87E03EBF"}
}
```

Abbildung 43: Auszug eines JSON Requests zum Aufruf des Web Services

Die Antwort, die der Server am Ende der Simulation zurückliefert, ist ebenfalls im JSON Format und wird im entwickelten Client von einer VBA Routine verarbeitet und in ein Excel Blatt geschrieben. Ein Beispiel für die Ergebnisse einer Simulation folgt in Abbildung 44.

```
{
  'z1w5s4e2_temp': 20.0,
  's01_qabstr': 1803.1004999999998,
  't': 0.0,
  'z1w7s1e3_temp': 20.0,
  'z1w6s4e1_temp': 20.0,
  'z1w6s1e3_temp': 20.0,
  'z1w6s1e2_temp': 20.0,
  ...
}, {
  'z1w5s4e2_temp': -2.624995121345182,
  's01_qabstr': 1718.1678753401486,
  't': 1.0,
  'z1w7s1e3_temp': 19.935029345258705,
  'z1w6s4e1_temp': -2.5808156110974094,
  'z1w6s1e3_temp': 19.856004234083915,
  'z1w6s1e2_temp': 19.852073186207637,
  ...
},
...
]
```

Abbildung 44: Auszug einer JSON Response nach dem Aufruf des Web Services

6.1.3 Solver

Die Solver, die für das Lösen der bereits genannten Differentialgleichungssysteme verwendet werden, können prinzipiell nach Belieben ausgetauscht werden. Die Programmierplattform Python wird häufig zur Implementierung wissenschaftlicher Aufgabenstellungen verwendet. Einer der Gründe dafür ist die Verfügbarkeit zahlreicher Bibliotheken, die Lösungen für bekannte mathematische Probleme enthalten. Das entwickelte Web Service verwendet einer dieser Bibliotheken, nämlich Pythons SciPy¹. Pythons SciPy beinhaltet mehrere Solver, die alle über ein einheitliches API verfügen. Dadurch ist es möglich, über einfache Parameterwechsel unterschiedliche Solver zu testen und den jeweils effizientesten Solver z.B. für Langzeitsimulationen einzusetzen.

Ein weiterer Vorteil der Solver in Python ist die Möglichkeit Genauigkeiten vorab festzulegen und so für eine bestimmte geforderte Genauigkeit (z.B. 10^{-1} K) die optimale Performance einzustellen. Die Rechenzeit kann dadurch immer optimiert werden. Auch kann für z.B. Vorstudien die Genauigkeit herabgesetzt werden, um den Einfluss bestimmter Lasten oder Modellparameter im Vorfeld abschätzen zu können.

6.1.4 Client – User Interface

Die Benutzeroberfläche für Anwender ist in Excel umgesetzt. Prinzipiell können auch andere Plattformen bzw. Implementierungen als User Interface genutzt werden.

In dem entwickelten User Interface dient eine Excel Tabelle mit mehreren Blättern als Eingabeoberfläche und repräsentiert ein spezifisches Modell.

Die Blätter werden auf den folgenden Seiten inklusive der entsprechenden Modellparameter beschrieben.

¹ SciPy, package for scientific computing with Python: <http://numpy.scipy.org/> [Zuletzt besucht: 5.9.2016]

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Name	Wert							
diffTsky	0	Differenz zwischen Himmels- und Lufttemperatur						
ae	25	Kombinierter Übergangskoeffizient außen						
aeBoden	10000	Kombinierter Übergangskoeffizient Boden						
aci	2,5	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (horizontal, (W/(m2*K)))						
aciUp	5	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (von unten nach oben, (W/(m2*K)))						
aciDown	0,7	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (von oben nach unten, (W/(m2*K)))						
ari	5	Strahlungsübergangskoeffizient innen (W/(m2*K))						
cfSol	0,1	Konvektiver Anteil solarer Einträge						
cfGer	0,8	Konvektiver Anteil durch Geräte						
cfPer	0,5	Konvektiver Anteil durch Personen						
cfHeat	1	Konvektiver Anteil von Einträgen durch das Heizsystem						
fKorr	0,7	Temperaturkorrekturfaktor für bodenberührter Bauteile						
alphaSol	0,5	Absorptionsgrad für relevant wenn Klimadaten verarbeitet werden (z.B. nach VDI 6018)						
cWasser	4182	Wärmespeicherkapazität Wasser (J/(kg*K))						
anlWrg	0,8	Wärmerückgewinnungsgrad						
rho	0,25	Bodenreflexionsgrad (nur relevant wenn Klimadaten verarbeitet werden (z.B. nach VDI) und nicht durch Personen)						
tempGap	0,15	Temperaturdifferenz zwischen Einschalt- und Ausschaltpunkt der Heiz- bzw. Kühlsysteme (z.B. 2 K)						
anzStunden	8760	Anzahl der zu simulierenden Stunden						
interval	600	Ausgabeintervall in Sekunden						
status	Fertig							
remaining	00:00							
tmy2	F	Verwendung von Klimafiles						
forceLueftung	F	Fensteröffnung unabhängig von der Außentemperatur erzwingen						
sommerLueftung	T	Fensteröffnung nur bei niedrigeren Außentemperaturen						
precision	1,00E-02	Genauigkeit des Solvers						
check	T	Parameterprüfung vor Beginn der Simulation						
output	tAirExt tAir tRad tOp h	Auszugebende Größen						
anzKerne	1							
vorlauf	100							
maxStep	15							
solver	euler							

Abbildung 45: Tabellenblatt „Params“ der User Interface Excel Datei

In Blatt „Params“ (siehe Abbildung 45) werden Parameter eingetragen, die sich weder einer Zone noch einem Bauteil oder einem Speicher zuordnen lassen.

Mit einem Klick auf den „Export .csv!“ Button lässt sich das gesamte Modell im .csv Format exportieren. Die .csv Dateien können für die weitere Verarbeitung herangezogen werden.

Mit einem Klick auf den „Lokal!“ Button lässt sich eine Simulation lokal starten, sofern die entsprechende Installation vorgenommen wurde.

Mit einem Klick auf den „Web Service!“ Button lässt sich eine Simulation auf dem voreingestellten Simulationsserver starten und mit „Stop WS!“ vorzeitig abbrechen. Die Ergebnisse einer Simulation über das Web Service werden in das „Ergebnisse“ Blatt geschrieben.

Für sämtliche Werte im Blatt „Params“ werden sinnvolle default Werte angenommen sofern keine Werte durch den Benutzer angegeben werden.

Parameter	Einheit	Default Wert	Bedeutung
diffTsky	K	10	Differenz zwischen Himmels- und Lufttemperatur
ae	W/m²K	25	Kombinierter Übergangskoeffizient außen
aeBoden	W/m²K	10000	Kombinierter Übergangskoeffizient Boden

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>aci</i>	W/m²K	2,5	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (horizontal)
<i>aciUp</i>	W/m²K	5	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (von unten nach oben)
<i>aciDown</i>	W/m²K	0,7	Konvektiver Übergangskoeffizient innen (von oben nach unten)
<i>ari</i>	W/m²K	5	Strahlungsübergangskoeffizient innen
<i>cfSol</i>	-	0,1	Konvektiver Anteil solarer Einträge
<i>cfGer</i>	-	0,8	Konvektiver Anteil von Einträgen durch Geräte
<i>cfPer</i>	-	0,5	Konvektiver Anteil von Einträgen durch Personen
<i>cfHeat</i>	-	0,5	Konvektiver Anteil von Einträgen durch das Heizsystem
<i>fKorr</i>	-	0,7	Temperaturkorrekturfaktoren bodenberührter Bauteile
<i>anlWrg</i>	-	0	Wärmerückgewinnungsgrad
<i>rho</i>	-	0,2	Bodenreflexionsgrad (nur relevant, wenn Klimadaten verarbeitet werden (z.B. nach VDI) und nicht die Strahlung nach 8110 berechnet wird)
<i>tempGap</i>	K	2	Temperaturdifferenz zwischen Einschalt- und Ausschaltpunkt der Heiz- bzw. Kühlsysteme (z.B. 2 => Einschalten der Heizung bei Heizpunkt (z.B. 20 °C), Ausschalten bei 22 °C, min 2)
<i>anzStunden</i>	H	8760	Anzahl der zu simulierenden Stunden
<i>interval</i>	s	3600	Ausgabeintervall in Sekunden
<i>status</i>	-	-	Sofern die Simulation auf einem entfernten Rechner durchgeführt wird, gibt das Feld Status Aufschluss über den Zustand des Servers
<i>remaining</i>	-	-	Sofern die Simulation auf einem entfernten Rechner durchgeführt wird, gibt das Feld remaining Aufschluss über den Fortschritt der Simulation
<i>forceLueftung</i>	-	T	Fensteröffnung unabhängig von der Außentemperatur erzwingen T: ja; F: nein
<i>sommerLueftung</i>	-	T	Fensteröffnung: Wenn die Außentemperatur unter der Innentemperatur liegt und die Innentemperatur über der „fensterAufTemp“ der entsprechenden Zone liegt und der entsprechende Wert der zugehörigen lueftungsliste nicht auf 0 steht. T: ja; F: nein

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>precision</i>	-	0,1	Genauigkeit des Solvers
<i>maxStep</i>	s	-	Maximale Schrittweite des Solvers in Sekunden
<i>breitengrad</i>		48,25	Breitengrad zur Berechnung der solaren Einträge auf Fenster mit unterschiedlichen Neigungen und Orientierungen (z.B. 48,25 für Wien)
<i>laengengrad</i>		16,35778	Längengrad zur Berechnung der solaren Einträge auf Fenster mit unterschiedlichen Neigungen und Orientierungen (z.B. 16,35778 für Wien)
<i>geographischeHoehe</i>		198	Geographische Höhe (z.B. ca. 198 für Wien)
<i>solver</i>	-	Isoda	Typ des Solvers, der verwendet werden soll Zur Auswahl stehen sämtliche Solver, die auf http://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.ode.html#scipy.integrate.ode ersichtlich sind. Der Default Wert ist Isoda.

name	grundflaeche	forceldeal	heizung	heizTemp	heizungIdeal	heizlastKonstant	kuehlung	kuehlTemp	kuehlungIdeal	kuehllastKonstant	fensterAufTemp	startTemp	kapEinrichtung
z1	207	F	T	23	F	0	F	25	F	0	26	23	8061076,8

Abbildung 46: Tabellenblatt „Zonen“ der User Interface Excel Datei

In Blatt „Zonen“ werden alle Parameter zur Beschreibung der Zonen des betreffenden Modells eingetragen.

Parameter	Einheit	Default Wert	Bedeutung
<i>name</i> *	-	-	Eindeutiger Bezeichner einer Zone
<i>forceldeal</i>	-	F	Parameter, um einen konstanten Lufttemperaturverlauf zu erzwingen (um z.B. die Heizlast zu berechnen) T: ja; F: nein
<i>heizung</i>	-	F	Parameter, um Heizung ein- oder auszuschalten T: ja; F: nein
<i>heizTemp</i>	°C	-	Heiztemperatur, verpflichtend wenn heizung 'T' ist
<i>heizungIdeal</i>	-	F	Parameter, um festzulegen, ob die Temperatur nicht unter die Heiztemperatur fallen, aber sehr wohl darüber steigen darf T: ja; F: nein
<i>heizlastKonstant</i>	W	-	Konstante Heizlast, verpflichtend wenn heizung 'T' ist

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>kuehlung</i>	-	F	Parameter, um Kühlung ein- oder auszuschalten T: ja; F: nein
<i>kuehlTemp</i>	°C	-	Kühltemperatur, verpflichtend wenn <i>kuehlung</i> 'T' ist
<i>kuehlungIdeal</i>	-	F	Parameter, um festzulegen, ob die Temperatur nicht über die Kühltemperatur fallen, aber sehr wohl darüber steigen darf T: ja; F: nein
<i>kuehllastKonstant</i>	W	-	Konstante Kühllast, verpflichtend wenn <i>kuehlung</i> 'T' ist
<i>fensterAufTemp</i>	°C	25	Lufttemperatur der Zone ab der die Fenster aufgehen sollen wenn die Luftaußentemperatur unter der Lufttemperatur der Zone liegt
<i>sonnenschutzpunkt</i>	°C	-	Temperatur, ab der (sofern vorhanden) die der Verschattung entsprechenden solaren Einträge zur Anwendung kommen
<i>startTemp</i>	°C	20	Temperatur der Luft und sämtlicher Bauteile zu Beginn der Simulation
<i>kapEinrichtung *</i>	J/K	-	Wirksame Wärmespeicherkapazität der Einrichtung der Zone

name	kap	heizlastKonstant	heizTemp	tempKonstant	lage	anzSchichten	hoehe
s01	12546000	0	45	T	z1	6	3

Abbildung 47: Tabellenblatt „Speicher“ der User Interface Excel Datei

Im Tabellenblatt „Speicher“ werden alle Parameter zur Beschreibung des bzw. der Pufferspeicher des betreffenden Modells eingetragen.

Die Parameter die den Kollektor betreffen können in einem eigenen „Kollektor“ Blatt eingegeben werden. In diesem Fall werden außerdem die Attribute „name“ und „speicher“ benötigt, um die Ergebnisse zuzuordnen bzw. um den Kollektor einem Speicher zuzuordnen. Das ist z.B. dann sinnvoll wenn mehrere Kollektoren an einen Speicher angeschlossen sind.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Parameter	Einheit	Default Wert	Kollektor?	Bedeutung
<i>Name *</i>	-	-		Eindeutiger Bezeichner des Speichers
<i>Kap *</i>	J/K	-		Wirksame Speicherkapazität des Speichers
<i>heizlastKonstant</i>	W	-		Konstante Heizlast, sofern ein Heizstab vorhanden ist
<i>heizTemp</i>	°C	-		Heiztemperatur (Schaltpunkt für Heizung)
<i>tempKonstant</i>	-	F		Parameter, um einen konstanten Lufttemperaturverlauf zu erzwingen (um z.B. die Heizlast zu berechnen) T: ja; F: nein T: ja; F: nein
<i>lage *</i>	-	-		Name der Zone, in der sich der Speicher befindet oder „e“ für außen
<i>anzSchichten</i>	-	1		Anzahl der Schichten aus denen der Speicher bestehen soll
<i>hoehe</i>	m	3		Höhe des Speichers
<i>grundflaeche</i>	-	0		Fläche, mit der einzelne Schichten aneinander grenzen
<i>leff</i>	W/mK	0		effektive Wärmeleitfähigkeit zwischen den Schichten
<i>vorlaufTemp</i>	°C	32,0		Vorlauftemperatur für Bauteilaktivierung
<i>tempOben *</i>	°C	-		Speichertemperatur in der obersten Schicht
<i>tempUnten *</i>	°C	-		Speichertemperatur in der untersten Schicht
<i>tempKaltwasser</i>	°C	12		Trinkwassertemperatur
<i>wwb</i>	kWh/d	-		durchschnittlicher Warmwasserbedarf
<i>fbw</i>	-	1		Faktor für Beaufschlagung des Speichers durch Leitungsverluste (Warmwasser)
<i>a</i>	-	1		Parameter a für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 54]
<i>b</i>	-	0,5		Parameter b für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 54]
<i>c</i>	-	0,25		Parameter c für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 54]
<i>d</i>	-	0,4		Parameter d für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 54]
<i>ba</i>	-	0,66		Verluste der Anschlusssteile für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 55]
<i>za</i>	-	0,28		Verluste der Zusatzanschlüsse für Berechnung des Wärmespeicherverlusts lt. [PÖH12, S. 55]
<i>pufferVollnLiter</i>	l	0		Puffervolumen

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>useUaPuffer</i>	-	F		uaPuffer verwenden oder Berechnung lt. [PÖH12]
<i>uaPuffer</i>	W/K	0		Wärmeverlustrate, relevant sofern useUaPuffer = T
<i>qrho1</i>	W/mK	-		qrho (Wärmeabgabe) Verteilungen
<i>l1</i>	m	0		Länge Verteilungen
<i>z1</i>	-	0		Zone im Bereich der Verteilungen
<i>fero1</i>	-	0		Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Verteilungen
<i>qrho2</i>	W/mK	0		qro (Wärmeabgabe) Steigleitungen
<i>l2</i>	m	0		Länge Steigleitungen
<i>z2</i>	-	0		Zone im Bereich der Steigleitungen
<i>fero2</i>	-	0		Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Steigleitungen
<i>qrho3</i>	W/mK	0		qro (Wärmeabgabe) Anbindeleitungen
<i>l3</i>	m	0		Länge Anbindeleitungen
<i>z3</i>	-	0		Zone im Bereich der Anbindeleitungen
<i>fero3</i>	-	0		Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Anbindeleitungen
<i>da</i>	m	0,02		Außendurchmesser des Rohrs
<i>dr</i>	m	0,002		Wandstärke des Rohrs
<i>vf</i>		0,00000100		Viskosität Fluid
<i>lf</i>	W/mK	0,6		Lambda Fluid
<i>lb</i>	W/mK	2,3		Lambda Bauteil (i.d.R. Beton), muss gleich sein wie im Tabellenblatt „Waende“
<i>lr</i>	W/mK	0,45		Lambda Rohr
<i>rhof</i>	kg/m ³	997		Dichte des Fluids
<i>dx</i>	m	0,2		Rohrabstand
<i>l*</i>	m	-		Länge der Rohrschleife (eigtl. Wandfläche/Rohrabstand)
<i>mp</i>	kg/s	0,2		Massestrom pro aktiviertem Bauteil
<i>neigung*</i>	° (Grad)	-	J	Neigung des Kollektors zur Berechnung der solaren Einwirkungen (90: senkrecht)
<i>ausrichtung*</i>	° (Grad)	-	J	Ausrichtung des Kollektors zur Berechnung der solaren Einwirkungen (0: Norden)
<i>fRegelung</i>	-	0,98	J	Faktor zur Berücksichtigung der Regelung (1: keine Verluste)
<i>dTSolar</i>	K	3	J	Temperaturhub durch Kollektor

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>fWärmetauscher</i>	-	1,1	J	Faktor zur Berücksichtigung des Wärmetauschers
<i>f0</i>	-	0,82	J	Effektiver Wirkungsgrad für Direktstrahlung bei senkrechtem Einfall bezogen auf Aperturfläche/Bruttokollektorfläche (1: keine Verluste)
<i>aKoll</i>	m ²	0	J	Aperaturfläche/Kollektorfläche
<i>fs</i>	-	0,98	J	Faktor für Verschmutzung (1: keine Verluste)
<i>kd</i>	-	0,86	J	Einfallswinkel-Korrekturfaktor für Diffusstrahlung (1: keine Verluste)
<i>kb50</i>	-	0,9	J	Einfallswinkel-Korrekturfaktor für Direktstrahlung aus der Kollektorprüfung bei einem Einfallswinkel von 50°
<i>c1</i>	W/m ² K	3,5	J	Wärmedurchgangskoeffizient für Transmission/Konvektion
<i>c2</i>	W/m ² K ²	0,015	J	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient für Abstrahlung
<i>tempGrenzKollektor</i>	°C	110	J	Grenztemperatur ab der der Kollektor zu heiß ist, um weitere Energie an den Puffer abzugeben
<i>tempGrenzPuffer</i>	°C	90		Grenztemperatur ab der der Puffer zu heiß ist, um weitere Energie aufzunehmen
<i>mpKoll</i>	kg/s	0,5	J	Massestrom vom Kollektor zum Speicher und zurück
<i>qrho1Koll</i>	W/mK	0,0	J	qro (Wärmeabgabe) Dachleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>l1Koll</i>	m	0,0	J	Länge Dachleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>z1Koll</i>	-	e	J	Zone im Bereich der Dachleitungen zwischen Kollektor und Speicher oder „e“ für außenliegend
<i>fero1Koll</i>	-	0,0	J	Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Dachleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>qrho2Koll</i>	W/mK	0,0	J	qro (Wärmeabgabe) Steigleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>l2Koll</i>	m	0,0	J	Länge Steigleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>z2Koll</i>	-	0,0	J	Zone im Bereich der Steigleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>fero2Koll</i>	-	0,0	J	Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Steigleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>qrho3Koll</i>	W/mK	0,0	J	qro (Wärmeabgabe) Kellerleitungen zwischen Kollektor und Speicher

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>l3Koll</i>	m	0,0	J	Länge Kellerleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>z3Koll</i>	-	0,0	J	Zone im Bereich der Kellerleitungen zwischen Kollektor und Speicher
<i>fero3Koll</i>	-	0,0	J	Äquivalente Rohrleitungslänge (>1) für Kellerleitungen zwischen Kollektor und Speicher

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
name	copNenn	guetegradWp	guetegradWp	guetegradWp	speicher	zone	pEl	mDotKalt	mDotWarm	cFluidKalt	cFluidWarm	da	dr	vf	lf	lb	lr	
wp01	4	-0,0002	0,0159	0,1506	s01	z1		0	1	0,5	4183	4183	0,02	0,002	1,00E-06	0,6	2,3	0,45

Abbildung 48: Parameter für Wärmepumpen im Blatt "WP"

Im Tabellenblatt WP wird in jeder Zeile eine Wärmepumpe eingetragen.

Parameter	Einheit	Default Wert	Bedeutung
<i>Name *</i>	-	-	Eindeutiger Bezeichner der Wärmepumpe
<i>copNenn</i>	-	4	Nomineller COP Wert der Wärmepumpe
<i>guetegradWpa</i>	-	-0,0002	Parameter zur Beschreibung des COPs in Abhängigkeit der Temperatur
<i>guetegradWpb</i>	-	0,0159	Parameter zur Beschreibung des COPs in Abhängigkeit der Temperatur
<i>guetegradWpc</i>	-	0,1506	Parameter zur Beschreibung des COPs in Abhängigkeit der Temperatur
<i>pEl</i>	W	1500	Elektrische Leistung der Wärmepumpe
<i>mDotKalt</i>	kg/s	1	Massestrom auf der kalten Seite der Wärmepumpe
<i>cFluidKalt</i>	J/(kg*K)	4183	Massespezifische Wärmespeicherkapazität des Fluids auf der kalten Seite der Wärmepumpe
<i>mDotWarm</i>	kg/s	0,2	Massestrom auf der warmen Seite der Wärmepumpe (pro aktiviertem Bauteil)
<i>cFluidWarm</i>	J/(kg*K)	4183	Massespezifische Wärmespeicherkapazität des Fluids auf der warmen Seite der Wärmepumpe
<i>da</i>	m	0,02	Außendurchmesser des Rohrs
<i>dr</i>	m	0,002	Wandstärke des Rohrs
<i>vf</i>		0,000001003	Viskosität Fluid
<i>lf</i>	W/mK	0,6	Lambda Fluid
<i>lb</i>	W/mK	2,3	Lambda Bauteil (i.d.R. Beton), muss gleich sein wie im Tabellenblatt „Waende“
<i>lr</i>	W/mK	0,45	Lambda Rohr
<i>rhof</i>	kg/m³	997	Dichte des Fluids

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>dx</i>	m	0,2	Rohrabstand
<i>l</i> *	m	-	Länge der Rohrschleife (eigtl. Wandfläche/Rohrabstand)

name	seite1	seite2	d	n	c	l	r	speicher	zone	flaeche	isBoden	isDecke
z1w1s1	z1	z1w1s2	0,01	3	1600	0,16	675			103,472	T	F
z1w1s2	z1w1s1	z1w1s3	0,07	1	1080	1,33	2000					
z1w1s3	z1w1s2	z1w1s4	0,03	1	1450	0,035	80					
z1w1s4	z1w1s3	z1w1s5	0,2	1	1450	0,032	19,5					
z1w1s5	z1w1s4	e	0,3	3	1000	2,3	2300					
z1w2s1	z1	z1w2s2	0,3	5	1000	2,3	2300	s01	z1	103,472	F	T
z1w2s2	z1w2s1	z1w2s3	0,2	1	1450	0,032	19,5					
z1w2s3	z1w2s2	e	0,01	3	1260	0,23	1100					
z1w3s1	z1	z1w3s2	0,015	3	1000	0,78	1600			68,935	F	F
z1w3s2	z1w3s1	z1w3s3	0,25	1	1000	0,25	775					
z1w3s3	z1w3s2	z1w3s4	0,2	1	1450	0,032	15,8					
z1w3s4	z1w3s3	e	0,01	3	1000	0,78	1600					
z1w4s1	z1	z1w4s2	0,015	3	1000	0,78	1600			56,032	F	F
z1w4s2	z1w4s1	z1w4s3	0,25	1	1000	0,25	775					
z1w4s3	z1w4s2	z1w4s4	0,2	1	1450	0,032	15,8					
z1w4s4	z1w4s3	e	0,01	3	1000	0,78	1600					
z1w5s1	z1	z1w5s2	0,015	3	1000	0,78	1600			52,935	F	F
z1w5s2	z1w5s1	z1w5s3	0,25	1	1000	0,25	775					
z1w5s3	z1w5s2	z1w5s4	0,2	1	1450	0,032	15,8					
z1w5s4	z1w5s3	e	0,01	3	1000	0,78	1600					
z1w6s1	z1	z1w6s2	0,015	3	1000	0,78	1600			56,032	F	F
z1w6s2	z1w6s1	z1w6s3	0,25	1	1000	0,25	775					
z1w6s3	z1w6s2	z1w6s4	0,2	1	1450	0,032	15,8					
z1w6s4	z1w6s3	e	0,01	3	1000	0,78	1600					
z1w7s1	z1	z1w7s2	0,01	3	1600	0,16	675			103,472	T	F
z1w7s2	z1w7s1	z1w7s3	0,07	1	1080	1,33	2000					
z1w7s3	z1w7s2	z1w7s4	0,03	1	1450	0,035	80					
z1w7s4	z1w7s3	z1	0,3	5	1000	2,3	2300	s01	z1	103,472	F	T

Abbildung 49: Tabellenblatt „Waende“ der User Interface Excel Datei

Im Blatt „Waende“ werden alle Parameter zur Beschreibung der Schichten der einzelnen Bauteile des betreffenden Modells eingetragen.

Parameter	Einheit	Default Wert	Bedeutung
<i>Name</i> *	-	-	Eindeutiger Bezeichner eines Elements
<i>seite1</i> *	-	-	Bezeichner der auf der einen Seite angrenzenden Schicht bzw. der Zone oder „e“ für Außen
<i>seite2</i> *	-	-	Bezeichner der auf der anderen Seite angrenzenden Schicht bzw. der Zone oder „e“ für Außen
<i>d</i> *	m	-	Dicke der Schicht
<i>n</i> *	-	-	Anzahl der Elemente in die eine Schicht geteilt werden soll
<i>c</i> *	J/kgK	-	Massespezifische Wärmespeicherkapazität
<i>l</i> *	W/mK	-	Lambda
<i>r</i> *	kg/m³	-	Rho
<i>speicher</i>	-	-	Sofern dieses Element bauteilaktiviert ist, der Bezeichner des betreffenden Speichers

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>zone</i>	-	-	Sofern dieses Element bauteilaktiviert ist, der Bezeichner der Zone deren Lufttemperatur zur Steuerung der Bauteilaktivierung herangezogen werden soll
<i>flaeche</i>	m ²	-	Fläche der Schicht Ist nur für Schichten, die an eine Zone grenzen und für bauteilaktivierte Schichten relevant. In allen übrigen Fällen sind die Wärmeübergänge flächenunabhängig.
<i>isBoden</i>	-	-	Parameter zur Kennzeichnung einer Bodenschicht Relevant für Übergangswiderstände. T: ja; F: nein
<i>isDecke</i>	-	-	Parameter zur Kennzeichnung einer Deckenschicht Relevant für Übergangswiderstände. T: ja; F: nein
<i>wp</i>	-	-	Wärmepumpe die direkt in den entsprechenden Bauteil einspeist

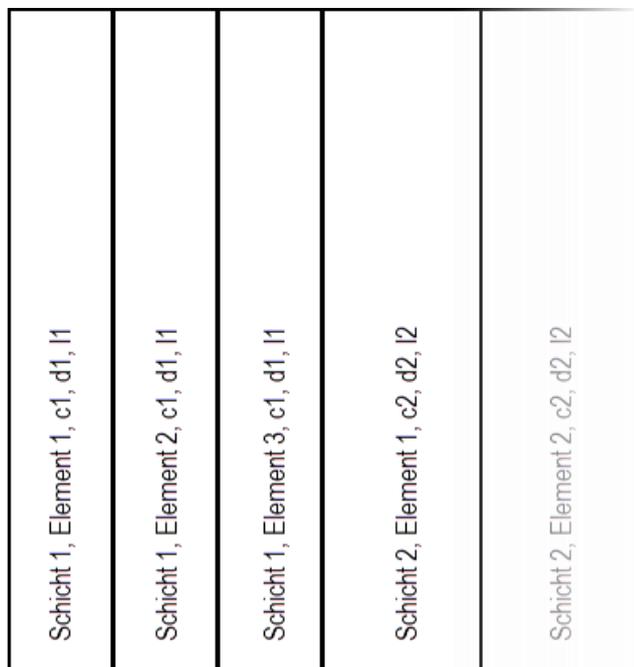


Abbildung 50: Eine Wand besteht aus beliebig vielen Schichten und Elementen

Jeder Bauteil eines RC Modells kann aus beliebig vielen Schichten bestehen. Eine Schicht zeichnet sich durch eine massespezifische Wärmespeicherkapazität (c), einen Wärmeleitwert (l) und eine Dicke (d) aus. Sie wird außerdem in beliebig viele Elemente unterteilt. Jedes Element hat die selbe Wärmespeicherkapazität und den selben Wärmeleitwert wie die Schicht zu der es gehört. Die Dicke des Elements ergibt sich aus der Anzahl der Elemente in die eine Schicht unterteilt wird.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Im Beispiel in Abbildung 50 besteht die erste Schicht aus drei Elementen.

RC Modelle bestehen aus beliebig vielen Knoten von denen jedem eine bestimmte wirksame Wärmespeicherkapazität und i.d.R. zwei Nachbarknoten zugewiesen wird. Zwischen jedem Knotenpaar gibt es einen Widerstand. Dieser Widerstand zwischen den ersten beiden Knoten eines Bauteils wird so berechnet, dass angenommen wird, dass sich die gesamte Wärmespeicherkapazität des Randelements an der Oberfläche des Bauteils befindet. (Siehe auch Abbildung 51.) Für alle weiteren Knoten wird angenommen dass der Widerstand zwischen den beiden Elementmitten berechnet wird.

Der Widerstand ergibt sich daher für das erste Knotenpaar zu:

$$R_{1,1-1,2} = R_{1,1} + R_{1,2}/2$$

Im Beispiel besteht die erste Schicht aus drei gleich großen Elementen, daher gilt:

$$R_{1,1} = R_{1,2} = R_{1,3}$$

$$R_{1,1} = d_1/l_1$$

$$d_1 = d_{Schicht}/3$$

Für $R_{1,1-1,2}$ gilt:

$$R_{1,3-2,1} = R_{1,3}/2 + R_{2,1}/2$$

Die Berechnung der Parameter der ersten Schicht, $R_{2,1}$ und d_2 , erfolgt analog zur ersten Schicht.

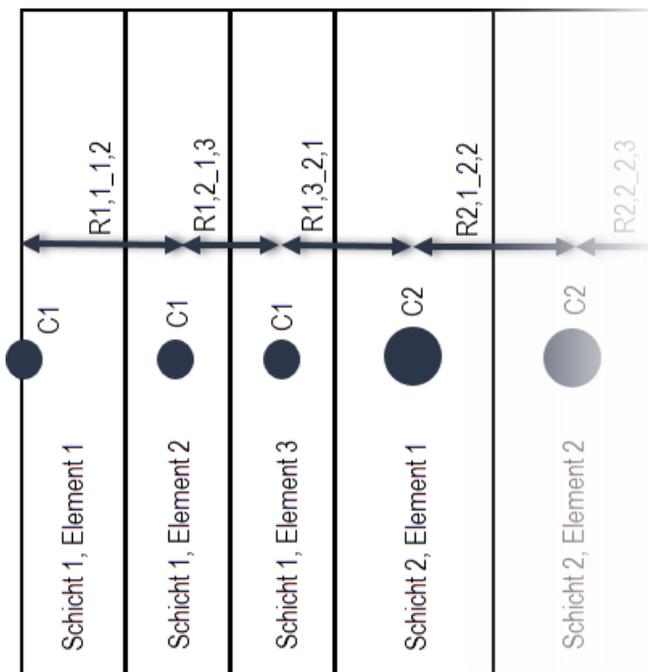


Abbildung 51: Umrechnung der massenspezifischen in flächenspezifische und damit elementwirksame Kapazität

Die Berechnung der elementwirksamen Wärmespeicherkapazität für die Schicht 1 erfolgt gemäß:

$$C_1 = d_i * c_i / 3 \text{ bzw. für eine beliebige Schicht}$$

$$C_i = d_i * c_i / n \text{ mit } n \text{ für die Anzahl der Elemente}$$

zone	breite	hoehe	u	g	sf
z1	24	2	0,863	0,5	0,5

Abbildung 52: Tabellenblatt „Fenster“ der User Interface Excel Datei

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Parameter	Einheit	Default Wert	Bedeutung
<i>name</i>	-	-	
<i>zone*</i>	-	-	Bezeichner der Zone der das Fenster zugeordnet wird
<i>breite*</i>	m	-	Breite des Fensters
<i>hoehe*</i>	m	-	Höhe des Fensters
<i>rahmenbreite</i>	m	0,12	Breite des Rahmens
<i>U</i>	W/m ² K		Effektiver U-Wert
<i>g</i>	-	0,6	Gesamtenergiedurchlassgrad
<i>sf</i>	-	0,5	Sichtfaktor (bezogen auf den Himmel), zur Berechnung der Scheibenaußentemperatur
<i>neigung</i>	°	90	Neigung (90: vertikal), verpflichtend sofern keine Werte für die gesamten solaren Einträge angegeben sind sondern nur horizontale Diffus- und Direktstrahlungswerte
<i>ausrichtung</i>	°	0	Ausrichtung (Norden: 0, Osten: 90,...), verpflichtend sofern keine Werte für die gesamten solaren Einträge angegeben sind sondern nur horizontale Diffus- und Direktstrahlungswerte
<i>eps</i>	-	2,0	Exponent gemäß ÖN 8110-3 zur Berechnung des Reduktionsfaktors
<i>fc</i>	-	0,15	Verschattung durch bewegliche Verschattung (Jalousinen etc., 1: unverschattet, 0: undurchlässig)
<i>fsc</i>	-	1,0	Verschattungsfaktor für Umgebung, auskragende Bauteile, Laibungsrücksprung (1: unverschattet, 0: undurchlässig)
<i>fs</i>	-	0,85	Verschmutzungsfaktor (1: keine Verschmutzung)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

bezeichnung	fero	qrho	l	temp	qrhoa	q	Q
steig/zirk	1,15	0,3	16,56	45		125,6904	1101,0479
anbinde	1,3	0,3	18,3056	45	1	559,785248	243,266675

Abbildung 53: Tabellenblatt „WwLeitungsverluste“ der User Interface Excel Datei

Das Blatt WwLeitungsverluste geht nicht direkt in die Simulation ein und kann für Nebenrechnungen beliebig verwendet werden.

zeit	aussentemp	strahlung_z1	temp_z1w2s3	temp_z1w3s4	temp_z1w4s4	temp_z1w5s4	temp_z1w6s4	rt_z1	infiltration_z1	lastPer_z1	ilastGer_z1	lueftungsliste	diffusStrahlung	direktStrahlung	wwbVol_s01	wwbVQ_s01	wwbQVVol_s01
0	-1,5	0,00	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	172,17408	17,217408	320	138,776151	0,1	0	0	9	0,0299885	0,35452905
1	-3,5	0,00	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	172,17408	17,217408	160	103,463603	0,1	0	0	0	0	0
2	-3,9	0,00	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9	172,17408	17,217408	240	90,5110358	0,1	0	0	0	0	0
3	-4,2	0,00	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	172,17408	17,217408	160	86,2105304	0,1	0	0	2	0,00666411	0,07878423
4	-4,3	0,00	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	172,17408	17,217408	160	87,3383613	0,1	0	0	7	0,02332439	0,27574482
5	-4,8	0,00	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	172,17408	17,217408	160	100,324016	0,1	0	0	14	0,04664877	0,55148963
6	-5,2	0,00	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	172,17408	17,217408	80	162,409552	0,1	0	0	9	0,0299885	0,35452905
7	-5,5	0,00	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	172,17408	17,217408	80	226,666611	0,1	0	0	8	0,02665644	0,31513693
8	-5,5	0,00	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	172,17408	17,217408	80	260,266142	0,1	0	0	0	0	0
9	-4,3	2338,19	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	172,17408	17,217408	0	276,28172	0,1	0	0	14	0,04664877	0,55148963
10	-2,5	4167,93	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	172,17408	17,217408	80	279,765423	0,1	22,222	33,333	3	0,00999617	0,11817635
11	-1,6	5818,23	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	172,17408	17,217408	160	291,122199	0,1	80,556	63,889	0	0	0
12	-1,2	4627,30	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	172,17408	17,217408	160	316,208639	0,1	150	97,222	42	0,13994631	1,6544689
13	-0,1	4332,55	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	172,17408	17,217408	160	300,205351	0,1	116,667	116,667	2	0,00666411	0,07878423
14	0,6	3863,05	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	172,17408	17,217408	320	260,718031	0,1	108,333	125	0	0	0
15	0,5	2877,11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	172,17408	17,217408	240	235,211845	0,1	77,778	122,222	0	0	0
16	2,6	547,58	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	172,17408	17,217408	160	225,86777	0,1	36,111	100	5	0,01666028	0,19696058
17	3	0,00	3	3	3	3	3	172,17408	17,217408	160	252,726786	0,1	2,778	38,889	11	0,03665261	0,43331328
18	2,9	0,00	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	172,17408	17,217408	320	306,853219	0,1	0	0	8	0,02665644	0,31513693
19	3,5	0,00	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	172,17408	17,217408	320	349,64462	0,1	0	0	15	0,04998083	0,59088175
20	3,6	0,00	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	172,17408	17,217408	320	332,187347	0,1	0	0	2	0,00666411	0,07878423
21	4	0,00	4	4	4	4	4	172,17408	17,217408	320	296,620493	0,1	0	0	8	0,02665644	0,31513693
22	4	0,00	4	4	4	4	4	172,17408	17,217408	160	262,489662	0,1	0	0	0	0	0
23	3,9	0,00	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	172,17408	17,217408	160	200,936372	0,1	0	0	0	0	0
24	4	0,00	4	4	4	4	4	172,17408	17,217408	320	138,776151	0,1	0	0	0	0	0
25	3,4	0,00	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	172,17408	17,217408	320	103,463603	0,1	0	0	0	0	0
26	4,1	0,00	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	172,17408	17,217408	240	90,5110358	0,1	0	0	0	0	0
27	4	0,00	4	4	4	4	4	172,17408	17,217408	240	86,2105304	0,1	0	0	0	0	0
28	3,9	0,00	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	172,17408	17,217408	160	87,3383613	0,1	0	0	12	0,03998466	0,4727054
29	4,1	0,00	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	172,17408	17,217408	160	100,324016	0,1	0	0	13	0,04331672	0,51209752
30	4,3	0,00	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	172,17408	17,217408	0	162,409552	0,1	0	0	42	0,13994631	1,6544689

Abbildung 54: Tabellenblatt „Lasten“ der User Interface Excel Datei

Einwirkungen auf das Modell werden in Form von Zeitreihen in den Spalten des Tabellenblatts „Lasten“ eingegeben. Jede Einwirkung steht in einer Spalte.

Die Spalte „zeit“ repräsentiert die Zeitpunkte in Stunden.

Lasten werden üblicherweise einer Zone, einem Element oder einem Speicher zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt über das Suffix „_<Bezeichner>“.

Spaltenname	Einheit	Bedeutung
zeit	h	Einwirkungszeitpunkte
aussentemp*	°C	Außenlufttemperatur (wird als einzige Zeitreihe nicht zugeordnet)
direktHorizontal	W	Strahlungswerte die die Direkthorizontalstrahlung repräsentieren. Nicht erforderlich wenn der Gesamteintrag in die Zone mit strahlung_<Zone> angegeben ist.
diffusHorizontal	W	Strahlungswerte die die Diffushorizontalstrahlung repräsentieren. Nicht erforderlich wenn der Gesamteintrag in die Zone mit strahlung_<Zone> angegeben ist.
strahlung_<Zone>	W	Strahlungseinwirkung auf eine spezielle Zone

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<i>Strahlung2_<Zone></i>	W	Strahlungseinwirkung auf eine spezielle Zone bei Verschattung (Überschreitung der Temperatur „sonnen-schutzpunkt“ im Blatt „Zonen“)
<i>temp_<Element> *</i>	°C	Äquivalente Temperatur an einer Schicht
<i>rit_<Zone></i>	m³/h	Mechanisch herbeigeführter Luftwechsel in einer Zone
<i>infiltration_<Zone></i>	m³/h	Infiltration
<i>ilastGer_<Zone></i>	W	Innere Lasten durch Geräte
<i>ilastPer_<Zone></i>	W	Innere Lasten durch Personen (W)
<i>lueftungsliste_<Zone></i>	-	Fensteröffnungen 0<Wert<1: gekippt; 0: geschlossen; 1: geöffnet
<i>wwbVol_<Speicher></i>	l	Warmwasserverbrauch
<i>Aktiv_<Wärmepumpe></i>	-	1 oder 0. Gibt an ob es ein Freigabesignal (1) gibt oder nicht (0).
<i>aktiv_<Kollektor></i>		ob der Kollektor direkt (1) für die Bauteilaktivierung oder in den Speicher (0) ladet. Default: (1)
<i>ritQmaxCool_<Zone></i>	W	maximale Kühlleistung der Lüftungsanlage
<i>ritTempMin_<Zone></i>	°C	die Zulufttemp. In den Raum die vom Kühlaggregat nicht unterschritten werden darf
<i>heizTemp_<z1 (Zone)></i>	°C	Stündliche Lufttemperatur in der Zone, z.B. für Nachtabsenkung
<i>verschattungsliste_<f1 (Fenster)></i>	-	Gibt die prozentuale Verschattung je Stunde für das jeweilige Fenster an.

6.1.5 Ergebnisse

Das Format der Ergebnisse hängt davon ab, ob das Web Service zur Simulation aufgerufen wird oder eine lokale Simulation angestoßen wird.

Das Web Service liefert sämtliche Ergebnisse im JSON Format zurück, während die Ergebnisse einer lokalen Simulation in eine .csv Datei geschrieben werden. In beiden Fällen können die Ergebnisse in Form von Zeitreihen z.B. in ein Excel Blatt geschrieben und dort nach Belieben weiterverarbeitet werden.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

CB10 449,57720992

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	t	tAirExt	z1_tAir	z1_tOp	z1_heatCool	z1_tRad	z1_volStr	z1wis1e1	z1wis1e2	z1wis1e3	z1wis1e1	z1wis1e1	z1wis1e1	z1wis1e1	z1wis1e2	z1wis1e3	z1wis1e1
2	0	-1,5	23	22,9137235	0	22,827447	189,391488	2,30E+01	23	23	23	23	23	23	23	23	23
3	0,16666667	-1,83333333	22,9633002	22,8809256	0	22,798551	189,391488	2,29E+01	22,9715729	22,9825558	22,9991254	22,9999086	22,9998178	22,9822512	22,3656686	5,61591571	22,99607
4	0,33333333	-2,16666667	2,29E+01	2,29E+01	0	2,28E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,18E+01	5,37E+00	2,30E+01
5	0,5	-2,5	2,29E+01	2,28E+01	0	2,28E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,28E+01	2,12E+01	5,13E+00	2,30E+01
6	0,66666667	-2,83333333	2,29E+01	2,28E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,27E+01	2,07E+01	4,89E+00	2,30E+01
7	0,83333333	-3,16666667	2,28E+01	2,28E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,26E+01	2,02E+01	4,65E+00	2,30E+01
8	1	-3,5	2,28E+01	2,28E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,24E+01	1,97E+01	4,41E+00	2,30E+01
9	1,16666667	-3,56666667	2,28E+01	2,28E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,23E+01	1,93E+01	4,36E+00	2,30E+01
10	1,33333333	-3,63333333	2,28E+01	2,28E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,21E+01	1,89E+01	4,31E+00	2,30E+01
11	1,5	-3,7	2,28E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,19E+01	1,85E+01	4,26E+00	2,30E+01
12	1,66666667	-3,76666667	2,28E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,17E+01	1,81E+01	4,21E+00	2,30E+01
13	1,83333333	-3,83333333	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,28E+01	2,15E+01	1,78E+01	4,16E+00	2,31E+01
14	2	-3,9	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	1,89E+02	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,30E+01	2,28E+01	2,12E+01	1,75E+01	4,11E+00	2,31E+01
15	2,16666667	-3,95	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,30E+01	2,29E+01	2,27E+01	2,10E+01	1,72E+01	4,07E+00	2,31E+01
16	2,33333333	-4	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,27E+01	2,08E+01	1,69E+01	4,04E+00	2,32E+01
17	2,5	-4,05	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,26E+01	2,06E+01	1,66E+01	4,00E+00	2,32E+01
18	2,66666667	-4,1	2,27E+01	2,27E+01	0	2,27E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,26E+01	2,03E+01	1,64E+01	3,96E+00	2,32E+01
19	2,83333333	-4,15	2,27E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,25E+01	2,01E+01	1,61E+01	3,93E+00	2,33E+01
20	3	-4,2	2,27E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,24E+01	1,98E+01	1,59E+01	3,89E+00	2,33E+01
21	3,16666667	-4,21666667	2,27E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,23E+01	1,96E+01	1,56E+01	3,86E+00	2,34E+01
22	3,33333333	-4,23333333	2,27E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,23E+01	1,94E+01	1,54E+01	3,87E+00	2,34E+01
23	3,5	-4,25	2,27E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,22E+01	1,91E+01	1,52E+01	3,86E+00	2,34E+01
24	3,66666667	-4,26666667	2,26E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,28E+01	2,21E+01	1,89E+01	1,50E+01	3,85E+00	2,35E+01
25	3,83333333	-4,28333333	2,26E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,28E+01	2,20E+01	1,87E+01	1,48E+01	3,84E+00	2,35E+01
26	4	-4,3	2,26E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,28E+01	2,19E+01	1,84E+01	1,46E+01	3,83E+00	2,36E+01
27	4,16666667	-4,28333333	2,26E+01	2,27E+01	0	2,28E+01	189,391488	2,28E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,29E+01	2,28E+01	2,18E+01	1,83E+01	1,45E+01	3,77E+00	2,36E+01

Abbildung 55: Tabellenblatt „Daten“ (Ergebnisse) der User Interface Excel Datei

Spaltenname	Einheit	Bedeutung
t	h	Zeitpunkte (h)
tAirExt	°C	Außenlufttemperatur Ist kein Ergebnis sondern nur die Kopie der Außenlufttemperaturreihe
<Zone>_tAir	°C	Lufttemperatur in einer bestimmten Zone
<Zone>_tOp	°C	Operative Temperatur in einer bestimmten Zone
<Zone>_tRad	°C	Strahlungstemperatur in einer bestimmten Zone
<Zone>_heatCool	W	Heiz- bzw. Kühllast (positive bzw. negative Werte), die in einer Zone wirkt
<Zone>_volStr	m³/h	Luftwechsel der sich aus Fensteröffnung, mechanischem Luftwechsel und Infiltration ergibt
<Element>_temp	°C	Temperatur eines Elements
<Speicher>_<Schicht>_temp	°C	Temperatur einer Speicherschicht
<Speicher>_qheat	W	Heizleistung, die dem Speicher zugeführt wird
<Speicher>_qkollektor	W	Verwertbare Leistung des Kollektors
<Wärmepumpe>_qHeat	W	von WP erzeugte Leistung
<Wärmepumpe>_cop	-	COP
<Wärmepumpe>_tempKaltRueck	°C	Rücklauftemperat auf der kalten Seite
<Wärmepumpe>_tempKaltHin	°C	Vorlauftemperatur auf der kalten Seite (in der derzeitigen Implementierung die halbe Außentemperatur)
<Wärmepumpe>_tempWarmRueck	°C	Rücklauftemperatur auf der warmen Seite (also zum Bauteil bzw. zum Speicher)
<Wärmepumpe>_tempWarmHin	°C	Vorlauftemperatur auf der warmen Seite (also vom Bauteil bzw. vom Speicher zur WP)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

<Kollektor>_qkollektor	W	Nutzbare Leistung des Kollektors inklusive Verteilverluste (Nutzbare Strahlung - Abstrahlung - Transmissions- und Konvektionsverluste bei der
<Kollektor>_qstr	W	Nutzbare Strahlung (nur rechnerisch interessant)
<Kollektor>_qabstr	W	Abstrahlung vom Kollektor (nur rechnerisch interessant)
<Kollektor>_verteillKoll	W	Nutzbare Verteilverluste (über Leitungen die in konditionierten Zonen verlaufen)
<Kollektor>_teta	-	Rechnerischer Wert für Berechnung der Strahlung
<Kollektor>_qtrans	W	Transmissions- und Konvektionsverluste bei der Energieerzeugung (nur rechnerisch interessant)
<Kollektor>_tabsHeat	W	Leistungsabgabe an Bauteile (ohne Verteilverluste usw.)
<Kollektor>_direkt	W/m ²	Direktstrahlung (pro m2) in Kollektorebene
<Kollektor>_diffus	W/m ²	Diffusstrahlung (pro m2) in Kollektorebene
<Zone>_qVentCool	W	momentane Kühlleistung der Lüftungsanlage
<Zone>_tempVentCool	°C	Momentane Einspeistemperatur der Lüftungsanlage

Die übrigen Spalten stellen Zwischenergebnisse dar und können unbeachtet bleiben.

6.2 Schulungstool

In diesem Kapitel wird das Schulungstool als Excel-Client mithilfe von Screenshots der wichtigsten Eingabemöglichkeiten erklärt. Vor der Verwendung sollte eine Einschulung erfolgen. Die oben angeführten Eingabe- und Berechnungsparameter sind im Excel-Client wie folgt zusammengefasst.

BAUWERK			
Standort		Wien	
Standortdaten	EZ (Grundbuch)		
	Grundstücks Nr		
	Katastralgemeinde		
	Bundesland		
	Adresse		
	Erbaut im Jahr		
Eingabe der Gebäudedaten		Vereinfacht	
Gebäude-nutzung	Anz Wohnungen	6	
	AnzPers je Wohnung	3	
	Anwesenheit	12 h/Tag	
	Raumlufttemperatur	21 °C	
Auslegungsziel	hoher solarer Deckungsgrad		ja/nein
	großer Bauteilspeicher		ja/nein
	geringer Primärenergiebedarf		ja/nein
	geringe Kosten		ja/nein
	Energieeffizients		ja/nein
	geringe Leistung		ja/nein

Abbildung 56 Der Screenshot "Bauwerk" zeigt die Eingabemöglichkeiten im Speziellen die Gebäudenutzung.

Eingabe ARCHITEKTUR			
Standort	Klagenfurt (g.L. 14°20'00", g.B. 46°39'00", Seehöhe 447 m)		
Gebäudetyp	MFH		
Kubatur	AnzStockwerke	3	Bauteilflächen
	L_OstWest	13 m	342 m ²
	B_NordSüd	19 m	234 m ²
	H_Stockwerk	3 m	247 m ²
	BGF	741 m ²	
Fenster und Verschattung	Fensterfläche		
	Fensteranteil_Nord	32 %	54.72 m ²
	Ost	0 %	0.00 m ²
	Süd	55 %	94.05 m ²
	West	13 %	15.21 m ²

Abbildung 57 Der Screenshot zeigt die Eingaben für die opaken, transparenten Bauteile und die Standorteingabe für das Gewerk "Architektur".

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Eingabe BAUPHYSIK							
		U-Werte/Wärmewiderstand		Flächen		Baustoff Tragkonstruktion	
Gebäudequalität und Pufferkapazität	U-OGD	0.18	W/m ² K	OGD	247	m ²	Beton
	U-AW	0.14	W/m ² K	AW	335	m ²	Ziegel
	Uw	0.78	W/m ² K	Fensterfläche	163.98	m ²	
	g	0.6	-				
	U-GD	0.8	W/m ² K	GD	494	m ²	Beton
	R-KW	5	m ² K/W	KW	192	m ²	Beton
	U-KD	0.16	W/m ² K	KD	247	m ²	Beton
	Betondicke	0.2	m	IW	135	m ²	Leichtbau
	Estrichhöhe	0.07	m				
	n50	1	1/h				
mindest. Luftwechsel	0.4	1/h					
Verschattung g (Fc)	Nord	0.1					
	Ost	0.1					
	Süd	0.1					
	West	0.1					

Abbildung 58 Der Screenshot "Bauphysik" zeigt im Wesentlichen die Eingabemöglichkeit der Wärmedurchgangskoeffizienten und eine genauere Flächenangabe der Bauteile.

Eingabe GEBÄUDETECHNIK					
Regelungsstrategie:					
Lage der Heizschlangen (Abgabe Raumheizung)		Betondecke			
Heizsystem		Strom direkt			
Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)		Nein			
Kühlgerät		kein Kühlsystem			
Klimarandbedingungen	gewünschte Lufttemperatur	21	°C	gefühlte Temperatur liegt höher	
	Auslegungstemperaturen	-13.2	-5.9	nach Klimadatenrechner BMDW	
	Warmwassertemp.	60	°C		
	Start Kühlung	26	°C	Start-Temperatur für die Kühlung	
	Start Fenster Auf	25	°C	Innentemperatur zur Fensteröffnung	
Freigabe	Aufheizen bei Freigabesignal	nein	ja/nein	Freigabe EVU	
	Raumtemperatur Toleranz +/-	2	°C		
Anlagenkomponente:					
Puffer-speicher	Lage des Speichers	beheizt			
	Speichervolumen	77 000	l		
	WWVol	25	l/d Pers bei 60°C	25	
Heizsystem	Heizleistung des Heizsystems	gewählt	NormHeizlast*	Optimierung	*vereinfachte Berechnung
	Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)	11000.00	56 010	6 182	W
		0.00	W		
Lüftungs-anlage	RLT	ja	ja/nein		
	Wrg	0.8			
Solar-Kollektor	Kollektor 1	Hochselektiv			
	Aperturfläche	105	m ²		
	Orientierung	S			
	Neigung	60	°		

Abbildung 59 Der Screenshot zur Gebäudetechnik ist sehr umfangreich. Im Wesentlichen sind die typischen Eingaben zu den Technikkomponenten, aber auch das Freigabesignal zur Berücksichtigung eines Temperaturbandes zu sehen.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegung

Nach der Eingabe der Bauwerksdaten können Sie hier die Gebäudeperformance besser überprüfen.

Ihre Eingabe:	gewählte Heizleistung =	11000.00 W		
Kriterien:	Raumtemperatur >	20 °C	nicht	0 h
	Lufttemperatur >	20 °C	eingehalten in	0 h
	Speichertemperatur oben (WW)>	57 °C	Stunden	0 h

Auslegungsschritte

Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3
Berechnung: Optimale Gebäudeheizlast	Simulation: mit konstanter Speichertemperatur	Simulation: mit gewählter Speicherheizleistung <i>Rechenintensiv!</i>
Raumheizlast_opt (RH) 6182 W	Speicherheizlast_2h Mittel 22576 W	Speicherheizlast: 24h Mittel 0 W 2h Mittel 0 W

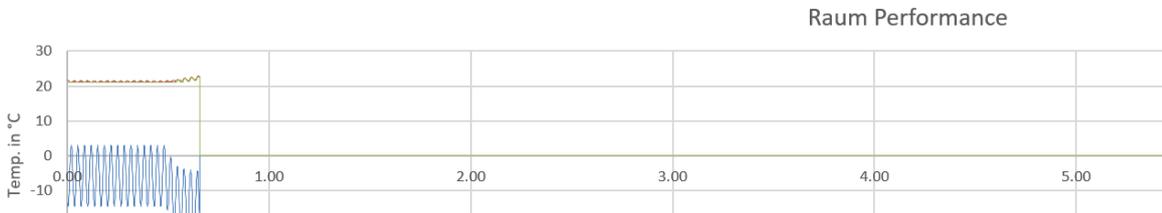


Abbildung 60 Der Screenshot "Auslegung" beinhaltet im „Schritt 1“ die Klimaszenarien nach [ROS12] und im „Schritt 2“ und „3“ die Ganzjahressimulation.

Simulation

bezogen auf das ausgewählte Standortklima:

Heizwärmebedarf	0.0 kWh/a	0.0 kWh/m²a
*Heizwärmebedarf inklusive Leitungsverluste	0.0 kWh/a	0.0 kWh/m²a
Warmwasserwärmebedarf	533.4 kWh/a	0.7 kWh/m²a
*Warmwasserwärmebedarf inkl Leitungsverluste (fbw)	595.8 kWh/a	0.8 kWh/m²a
Heizenergiebedarf	0.0 kWh/a	0.0 kWh/m²a
Kühlbedarf	0.0 kWh/a	0.0 kWh/m²a
Kühlenergiebedarf	0.0 kWh/a	0.0 kWh/m²a
Haushaltsstrombedarf	13500.0 kWh/a	18.2 kWh/m²a
Endenergiebedarf	13500.0 kWh/a	18.2 kWh/m²a
Primärenergiebedarf	35370.0 kWh/a	47.7 kWh/m²a
Kohlendioxidemissionen	5629.5 kg.CO2_äqui/a	7.6 kg-Co2_äqui/m²a
Energiekosten <small>Quelle:konsument.at (2015)</small>	2 484.00 € €/a	3.35 € €/m²a
Fixkosten	52 000.00 € €	70.18 € €/m²
Solarer Deckungsgrad	100%	

Empfundene Raumtemperatur, Außentemperatur und Freigabesignal

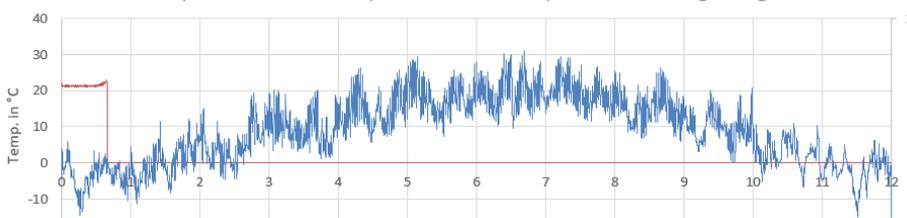


Abbildung 61 Die Ergebnisse können anschließend in einer Gliederung die dem Energieausweis angelehnt ist analysieren. Dieser Screenshot zeigt die Energiekennzahlen des aktuell berechneten Gebäudes und eins von unterschiedlichen Diagrammen.

6.2.1 Übungsbeispiel Schulungstool

6.2.1.1 Solar beheiztes Wohngebäude für 8 Wohnungen an Nahwärmenetz

Kenngößen des Gebäudes:

Nord/Südfassade = 30 m, Ost/Westfassade = 15m Geschoßhöhe = 3.5 m
4 Stockwerke

Konditionierte Bruttogrundfläche = 1800 m²

Gebäudehülle (Netto) Massivbau mit Wärmedämmverbundsystem
 $n_{50}=0.3$ 1/h

	U-Wert	g-Wert	Fläche
Außenwand	0,14 W/m ² K		335m ²
Oberste Geschossdecke	0,18 W/m ² K		450m ²
Decke über Keller	0,16 W/m ² K		450m ²
Fenster und Außentüren	0,78 W/m ² K	0,6	
	Nord: 50,4 m ²	Süd: 105 m ²	Ost bzw. West: 12,6 m ²

Speichervolumen 205.000 l Schichtspeicher mit Warmwassererzeugung im Durchlauf
Dicke der Wärmedämmung des Speichers im Mittel 70 cm

Solarkollektor 280m² als Satteldach
 $\eta_0=0.75$ $a_1=2.86$ $a_2=0.01$ bezogen auf Bruttofläche

Fußbodenheizung
Bedarfsgerechte Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung je Wohnung

Wärmebereitstellung: Nur für „Notfall“ über ein Verbundnetz mit Hilfe eines Biomassekessels.
Wärmeexport: Bei Überschuß ins Verbundnetz.

Dieses Beispiel entspricht der Konzipierung eines Gebäudes mit 100% solarem Deckungsgrad für Heizung und Warmwasser. Ein ausgeführtes Beispiel ist unter http://www.jenni.ch/files/jenni/inhalte/pdf/Publikationen/Solarbeheizte_MFH_bewaehren_sich.pdf dokumentiert.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Eingabe in SolBau-Tool:

A	B	C	D	E
BAUWERK				
1	Standort	Innsbruck		
2	Standarddaten	EZ (Grundbuch)		
3		Grundstücks Nr		
4		Katastralgemeinde		
5		Bundesland		
6		Adresse		
7	Erbaut im Jahr			
8	Eingabe der Gebäudedaten		Expertenmodus	
9	Gebäude-nutzung	Anz Wohnungen	12	
10		AnzPers je Wohnung	3	
11		Anwesenheit	12 h/Tag	
12		Raumlufttemperatur	22 °C	
13	Auslegungsziel	hoher solarer Deckungsgrad	ja	ja/nein
14		großer Bauteilspeicher	ja	ja/nein
15		geringer Primärenergiebedarf	ja	ja/nein
16		geringe Kosten	ja	ja/nein
17		Energieeffizient	ja	ja/nein
18	geringe Leistung	ja	ja/nein	

A	B	C	D	E	F	G	H
Eingabe ARCHITEKTUR							
1	Standort	Innsbruck-Universität (g.L. 11°23'06", g.B. 47°15'38", Seehöhe 577 m)					
2	Gebäudetyp	Wohngebäude					
3		Kubatur	AnzStockwerke	4	Bauteilflächen		
4			L_OstWest	15 m	840 m ²		
5			B_NordSüd	30 m	420 m ²		
6			H_Stockwerk	3.5 m	450 m ²		
7	BGF	1800 m ²					
8	Fenster und Verschattung	Fensteranteil_Nord		12 %	50.40 m ²		
9		Ost		6 %	12.60 m ²		
10		Süd		25 %	105.00 m ²		
11		West		6 %	12.60 m ²		

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Eingabe BAUPHYSIK									
Gebäudequalität und Pufferkapazität									
U-Werte/Wärmewiderstand									
		U-OGD	0.18 W/m ² K	OGD	450 m ²		Baustoff Tragkonstruktion		
		U-AW	0.18 W/m ² K	AW	335 m ²		Leichtbau		
		Uw	0.85 W/m ² K	Fensterfläche	180.6 m ²		Ziegel		
		g	0.5 -						
		U-GD	0.8 W/m ² K	GD	1350 m ²		Beton		
		R-KW	5 m ² K/W	KW	315 m ²		Beton		
		U-KD	0.16 W/m ² K	KD	450 m ²		Beton		
		Betondicke	0.2 m	IW	135 m ²		Leichtbau		
		Estrichhöhe	0.07 m						
		n50	0.6 1/h						
		mindest. Luftwechsel	30 m ³ /h Person						
Verschattung (Fc)									
		Nord	0.1						
		Ost	0.1						
		Süd	0.1						
		West	0.1						

Abbildung 62 Eingabedaten für Bauherr, Architektur und Bauphysik

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

	A	B	C	D	E	F	G
1	Eingabe GEBÄUDETECHNIK						
2	Regelungsstrategie:						
3		Lage der Heizschlangen (Abgabe Raumheizung)		Estrich			
4		Heizsystem		Biomasse/pellets			
5		Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)		Nein			
6		Kühlgerät		kein Kühlsystem			
7							
8	Klimarand- bedingungen	gewünschte Lufttemperatur		22	°C	gefühlte Temperatur liegt höher	
9		Auslegungstemperaturen		-13.2		-5.9	nach Klimadatenrechner BMDW
10		Warmwassertemp.		45	°C		
11		Start Kühlung		29	°C		Start-Temperatur für die Kühlung
12		Start Fenster Auf		24	°C		Innentemperatur zur Fensteröffnung
13							
14	Freigabe WP	Aufheizen bei Freigabesignal		nein	ja/nein	Freigabe EVU	
15		Raumtemperatur Toleranz +/-		1.5	°C		
16							
17	Anlagenkomponente:						
18	Puffer- speicher	Lage des Speichers		beheizt			
19		Speichervolumen		205 000	l		
20		WWVol		25	l/d Pers bei 60°C		
21				gewählt	NormHeizlast*	Optimierung	*vereinfachte Berechnung
22	Heizsystem	Heizleistung des Heizsystems		20 000		349 557	2 093 W
23		Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)		0.00	W		
24							
25	Lüftungs- anlage	RLT		ja	ja/nein		
26		Wrg		0.8			
27							
28	Solar- kollektor	Kollektor 1		Hochselektiv			
29		Aperturfläche		280	m²		
30		Orientierung		S			
31		Neigung		45	°		
32	Freigabe Kollektor			nein	ja/nein		
33							

Abbildung 63 Eingabedaten für Gebäudetechnik

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ergebnis:

1. Jahr

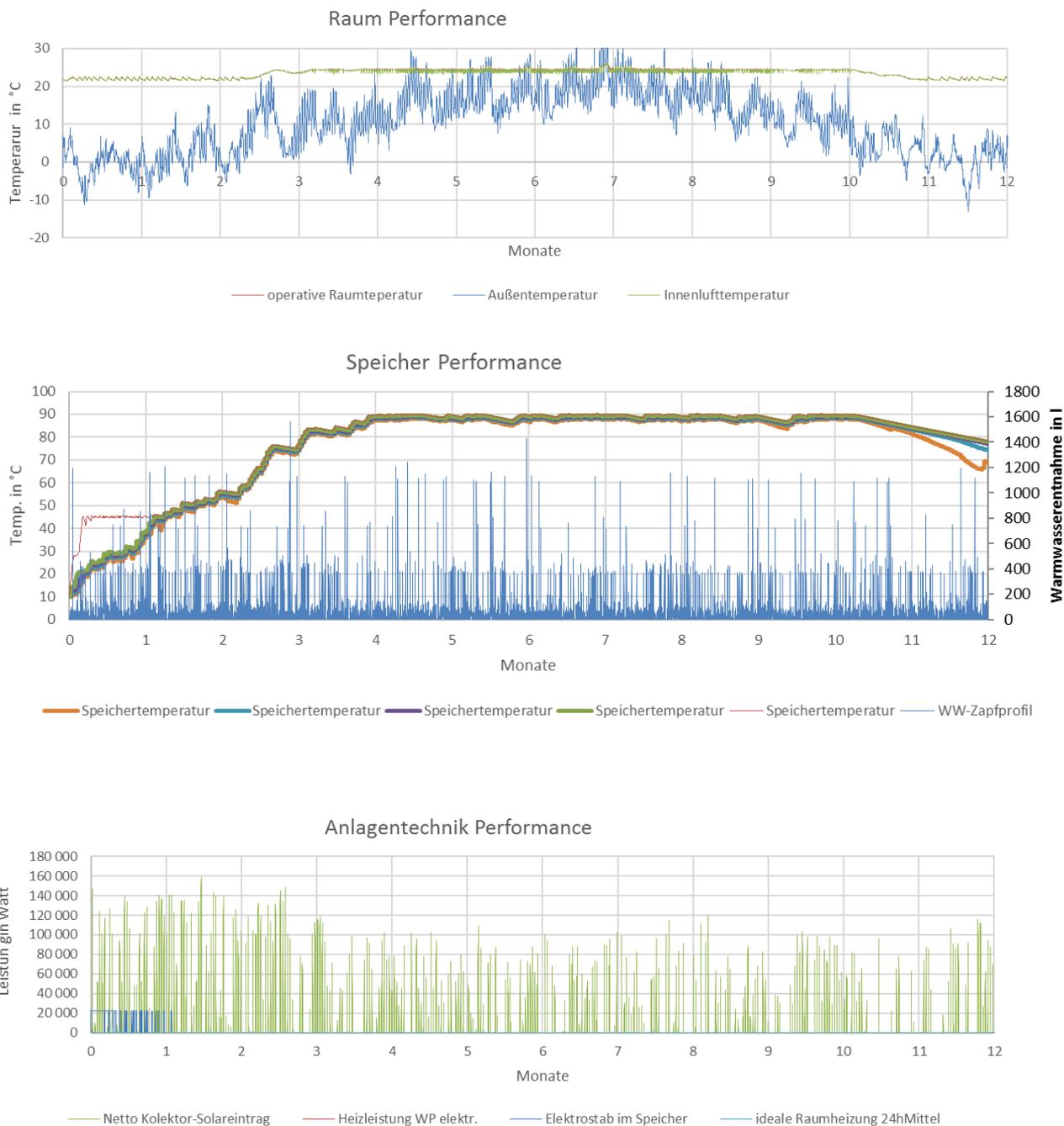


Abbildung 64 Ergebnisse der Simulation für das erste Jahr. Erkennbar ist der Aufheizvorgang durch den Kessel im Jänner. Im ersten Winter kühlt der Speicher nicht unter 60°C.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

2.Jahr

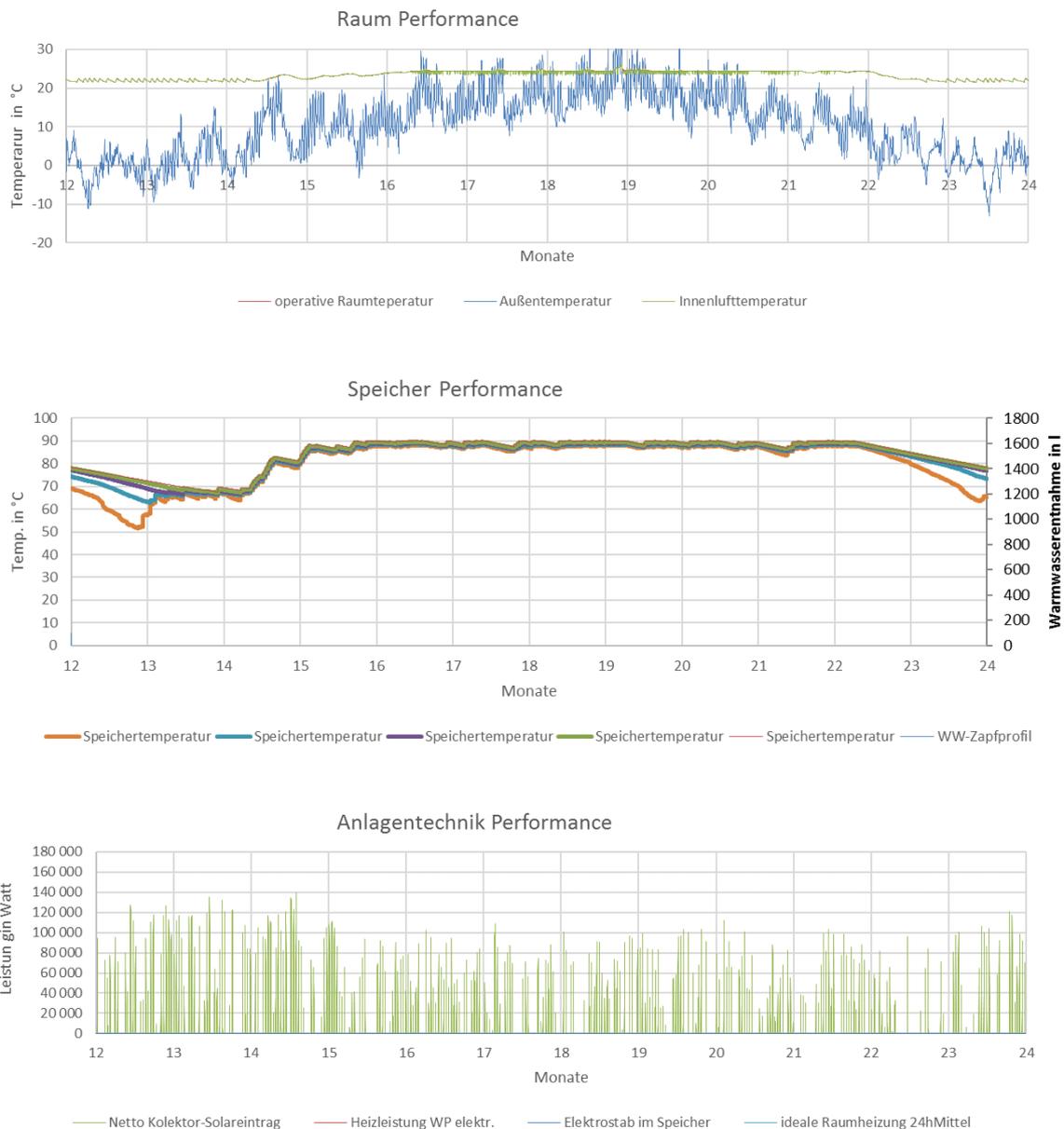


Abbildung 65 Ergebnisse der Simulation für das zweite Jahr. Erkennbar das eine externe Wärmezufuhr zum System nicht mehr notwendig ist.

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung des Solaren Deckungsgrad für die Basisvariante, einen erhöhten Warmwasserverbrauch und dem weglassen der Lüftungsanlage.

Variante	Solarer Deckungsgrad
Basiseingabe	100%
Warmwasserbedarf 35 l/Tag Person	100%
keine RLT Anlage	89%

6.2.1.2 Wohngebäude mit einer Wohnungen und Flexibilität zur Nutzung von Ökostromangeboten

Kenngrößen des Gebäudes:

Nord/Südfassade = 10 m, Westfassade = 10m Geschoßhöhe = 3,5m
2 Stockwerke

Konditionierte Bruttogrundfläche = 200 m² Konditionierte Nutzfläche = 670 m²

Gebäudehülle (Netto) Massivbau mit Wärmedämmverbundsystem

$n_{50}=0.3$ 1/h

	U-Wert	g-Wert	Fläche
Außenwand	0,14 W/m ² K		335m ²
Oberste Geschossdecke	0,18 W/m ² K		215m ²
Decke über Keller	0,16 W/m ² K		215m ²
Fenster und Außentüren	0,78 W/m ² K	0,6	
	Nord: 8,4 m ² Süd: 17,5 m ² Ost bzw. West: 4,2 m ²		

Speichervolumen 6.000 l Schichtspeicher - oberes Drittel für Warmwasser

Dicke der Wärmedämmung des Speichers im Mittel 20 cm

Solarkollektor 0m²

Bedarfsgerechte Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung

Wärmebereitstellung über Wärmepumpe

- A) Auslegung auf minimal notwendige Leistung $P_{\text{therm}}=1500\text{W}$
- B) Nutzung eines Ökostrom Freigabesignals $P_{\text{therm}}=1500\text{W}$
 - B1) 20% des Stromangebots is Ökostrom
 - B1) 40% des Stromangebots is Ökostrom
- C) Auslegung auf Maximierung der Nutzung eines Ökostrom Freigabesignals $P_{\text{therm}}=3000\text{W}$
 - B1) 20% des Stromangebots is Ökostrom
 - B1) 40% des Stromangebots is Ökostrom

Wärmezufuhr in Wasserspeicher bzw. in Betondecken

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Eingabe in SolBau-Tool:

A	B	C	D	E
BAUWERK				
	Standort	Innsbruck		
	Standortdaten	EZ (Grundbuch) Grundstücks Nr Katastralgemeinde Bundesland Adresse Erbaut im Jahr		
	Eingabe der Gebäudedaten	Vereinfacht		
	Gebäude-nutzung	Anz Wohnungen: 1 AnzPers je Wohnung: 3 Anwesenheit: 12 h/Tag Raumlufitemperatur: 22 °C		
	Auslegungsziel	hoher solarer Deckungsgrad großer Bauteilspeicher		
			ja/nein	

A	B	C	D	E	F	G	H
Eingabe ARCHITEKTUR							
	Standort	Innsbruck-Universität (g.L. 11°23'06", g.B. 47°15'38", Seehöhe 577 m)					
	Gebäudetyp	Wohngebäude					
	Kubatur	AnzStockwerke	2		Bauteilflächen		
		L_OstWest	10 m		140 m ²		
		B_NordSüd	10 m		140 m ²		
		H_Stockwerk	3.5 m		100 m ²		
		BGF	200 m ²				
	Fenster und Verschattung	Fensteranteil_Nord	12 %		Fensterfläche		
		Ost	6 %		8.40 m ²		
		Süd	25 %		17.50 m ²		
		West	6 %		4.20 m ²		

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Eingabe BAUPHYSIK										
	Gebäudequalität und Pufferkapazität	U-Werte/Wärmewiderstand			Flächen		Baustoff Tragkonstruktion			
		U-OGD	0.18 W/m ² K		OGD	100 m ²		Leichtbau		
		U-AW	0.14 W/m ² K		AW	335 m ²		Ziegel		
		Uw	0.78 W/m ² K		Fensterfläche	34.3 m ²				
		g	0.6 -							
		U-GD	0.8 W/m ² K		GD	100 m ²		Beton		
		R-KW	5 m ² K/W		KW	140 m ²		Beton		
		U-KD	0.16 W/m ² K		KD	100 m ²		Beton		
		Betondicke	0.3 m		IW	135 m ²		Leichtbau		
		Estrichhöhe	0.07 m							
		n50	0.3 1/h							
		mindest. Luftwechsel		30 m ³ /h Person						
	Verschattung (Fc)	Nord	0.1							
		Ost	0.1							
		Süd	0.1							
		West	0.1							

Abbildung 66 Eingabedaten für Bauherr, Architektur und Bauphysik

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

	A	B	C	D	E	F	G
1		Eingabe GEBÄUDETECHNIK					
2		Regelungsstrategie:					
3		Lage der Heizschlangen (Abgabe Raumheizung)		Betondecke			
4		Heizsystem		dyn. Wärmepumpe			
5		Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)		Nein			
6		Kühlgerät		kein Kühlsystem			
7							
8		Klimarand- bedingungen	gewünschte Lufttemperatur	22	°C	gefühlte Temperatur liegt höher	
9	Auslegungstemperaturen		-13.2	-5.9		nach Klimadatenrechner BMDW	
10	Warmwassertemp.		45	°C			
11	Start Kühlung		29	°C		Start-Temperatur für die Kühlung	
12	Start Fenster Auf		24	°C		Innentemperatur zur Fensteröffnung	
13							
14		Freigabe WP	Aufheizen bei Freigabesignal	nein	ja/nein	Freigabe EVU	
15			Raumtemperatur Toleranz +/-	1.5	°C		
16							
17		Anlagenkomponente:					
18		Puffer- speicher	Lage des Speichers	beheizt			
19			Speichervolumen	6 000	l		
20			WWVol	25	l/d Pers	bei 60°C	
21				gewählt	NormHeizlast*	Optimierung	*vereinfachte Berechnung
22		Heizsystem	Heizleistung des Heizsystems	1 500	41 561	2 093	W
23			Zusatzheizung im Speicher (Elektrostab)	0.00	W		
24							
25		Lüftungs- anlage	RLT	ja	ja/nein		
26			Wrg	0.8			
27							
28		Solar- Kollektor	Kollektor 1	Hochselektiv			
29			Aperturfläche	0	m²		
30			Orientierung	S			
31			Neigung	45	°		
32		Freigabe Kollektor		nein	ja/nein		

Abbildung 67 Eingabedaten für Gebäudetechnik

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung des Stromverbrauchs und des Anteils innerhalb der Freigabe für Ökostrom.
 Durch die Aktivierung der Betondecken kann die Zeit verdoppelt werden in der Strom in der freigegebenen Zeit konsumiert wird. Eine

	Freigabe in 20 % der Zeit ²		Freigabe in 41 % der Zeit	
	Gesamtverbrauch	Anteil in Freigabezeit	Gesamtverbrauch	Anteil in Freigabezeit
konventionelle Beheizung durch Einspeisung der Wärme in den Estrich ohne Berücksichtigung der Freigabe	-	-	3445	36%
konventionelle Beheizung durch Einspeisung der Wärme in den Estrich mit Berücksichtigung der Freigabe sehr geringe Toleranz bei der Raumtemperatur 0,2K	-	-	3294	45%
Aktivierung der Betondecken ohne Berücksichtigung der Freigabe	2570 kWh	16%	2570	39%
mit Berücksichtigung der Freigabe	2302 kWh	44%	2200	71%
mit Berücksichtigung der Freigabe und doppelte Leistung der Wärmepumpe	2499 kWh	48%	2310	78%
<hr/>				
Heizwärmebedarf	8300 kWh			
Warmwasserwärmebedarf	1590 kWh			

² Eine Freigabe in 20% der Zeit entspricht bei dem verwendeten Klimadatensatz eine Freigabe ab einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s. 40% der Zeit entspricht einer Freigabe ab einer Windgeschwindigkeit von 2 m/s.

7 Case Studies

In diesem Kapitel werden mehrere Case-Studies beschrieben. Anhand dieser Case-Studies wird das Auslegungsverfahren getestet und in einem iterativen Prozess weiterentwickelt. Darüber hinaus werden die Case-Studie-Gebäude auch für die Validierung der entwickelten Simulationsprogramme herangezogen. Im Anhang zu diesem Bericht findet sich eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Validierungsschritte. Die Validierungsbeispiele sind so aufgebaut, dass sie in weiterer Folge als Ringrechnungsbeispiele für kommerzielle Softwareentwickler genutzt werden können.

Anmerkung: Ergänzend zu den fünf ursprünglich vorgesehenen und für die Validierungsbeispiele dokumentierten Case-Studie-Gebäuden sind in diesem Kapitel die Ergebnisse zweier zusätzlicher Projekte dokumentiert. Diese wurden während der Projektlaufzeit projektiert und / oder im Rahmen von Schulungen als Demonstrationsgebäude herangezogen. Dabei wurde das entwickelte Auslegungsverfahren weiter getestet und mit anderen Berechnungen verglichen.

Um das neue Auslegungsverfahren bewerten zu können, werden die Ergebnisse der Simulationen zur Heizlast- und Energiebedarfsermittlung für die Case-Studie-Gebäude mit jenen derzeit gängiger und genormter Auslegungsverfahren verglichen. Dabei werden nachfolgende Berechnungsergebnisse verglichen:

- Heizlast (Normheizlastberechnung nach ÖNORM H 7500 (2015) bzw. Heizlast-Abschätzung über das Hüllflächenverfahren vs. neues Auslegungsverfahren)
- Heizwärmebedarf (Energieausweisberechnung vs. Simulation)
- Endenergiebedarf (Energieausweisberechnung vs. Simulation)
- Deckungsgrad (Simulation)

Während sich nachfolgend lediglich die Ergebnisse der Auslegungs- und Energiebedarfsberechnungen wiederfinden, ist im Anhang zu diesem Bericht eine detaillierte Beschreibung der fünf Gebäude zu finden. Darin enthalten sind sämtliche Eingangsgrößen in das Simulationstool, die erforderlich sind, um die Ergebnisse der Case-Studies reproduzieren zu können.

Bei der Betrachtung der nachfolgenden Berechnungsergebnisse ist zu beachten, dass die Innentemperatur bei den normativen Berechnungen zur Ermittlung des Leistungs- und Energiebedarfs jeweils mit 20°C angesetzt ist. In sämtlichen Simulationen wird die Solltemperatur im Gebäude mit 22°C berücksichtigt.

Die Luftwechselzahl ist in der Normheizlastberechnung mit 0,5 1/h und in der Heizlastabschätzung nach dem Hüllflächenverfahren mit 0,4 1/h angesetzt. In den Berechnungen nach dem in diesem Projekt entwickelten Auslegungsverfahren wird eine Luftwechselzahl von 0,3 1/h berücksichtigt. Für sämtliche Jahressimulationen wird eine Luftwechselzahl von 0,4 1/h festgelegt.

Das Temperaturband zur Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher wird für die durchgeführten Simulationen mit 2 K angesetzt. Bei einer Solltemperatur von 22°C und einem Temperaturband von 2 K liegt die minimal sicherzustellende operative Temperatur somit bei 21°C und die obere Grenze für die Beladung des Speichers bei 23°C.

Während bei den Simulationen zur Leistungsermittlung der Warmwasserbedarf nicht berücksichtigt wird, wird bei den Jahressimulationen zur Bestimmung des Energiebedarfs auch der Warmwasserbedarf mitberücksichtigt. Da sich die in diesem Projekt erstellten Nomogramme auf die Raumheizung beschränken wird der Deckungsgrad auch jeweils einmal ohne Warmwasser ausgewertet, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

7.1.1 Gebäude 1, MFH 1130

Bei dem ersten Case-Studie-Gebäude handelt es sich um ein in Wien projektiertes Mehrfamilienhaus mit einer Bruttogeschoßfläche von ca. 1.450 m². Das Gebäude wird über eine Wärmepumpe und aktivierte Geschoßdecken konditioniert. Kontrollierte Wohnraumlüftung ist nicht vorhanden. Solarthermie oder Photovoltaik ist ebenfalls nicht vorgesehen. Anstatt dessen erfolgt eine Versorgung mit netzseitiger Umweltenergie. Das dafür erforderliche externe Umweltenergiefreigabesignal wird in [FRI16] beschrieben und ist aus den realen Stromerzeugungsdaten eines Windparkbetreibers abgeleitet. Während der Dauer eines Jahres ist zu 32% der Zeit Umweltenergiefreigabe gegeben. In der nachfolgenden Tabelle sind die Auslegungsergebnisse zusammengestellt:

Tabelle 8: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	26.900 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	49 W/m ²
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	26.200 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	22.700 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	36 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung	14.000 W
zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	30.652 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	51.652 kWh
HWB (Simulation, ideal)	26.000 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	28.000 kWh
HWB (Simulation, real)	23.200 kWh
EEB (Simulation, real)	32.000 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	40 h
d _{Netz,Raumheizung} (Nomogramm)	~ 0,78 bis 0,87
d_{Netz,Raumheizung} (Simulation, real)	0,82
d _{Netz,Gesamt} (Simulation, real)	0,56

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

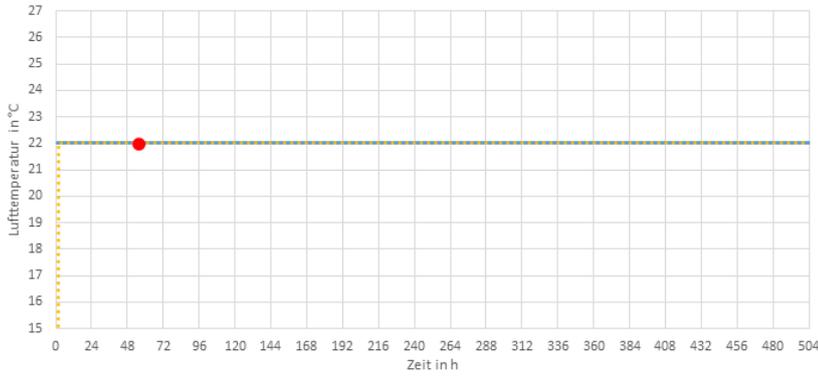
Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 22.700 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 14.000 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21 °C akzeptiert wird. Kürzere Kälteperioden können dabei mit der im Gebäude gespeicherten Wärme überbrückt werden.

Die Nutzung von netzseitig zur Verfügung gestellter Umweltenergie kann für Raumheizung durch die Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher von 32% auf 82% gesteigert werden. Da für die Warmwasserbereitung keine Speicherung vorgesehen wird, liegt der Deckungsgrad für netzseitige Umweltenergien bei Betrachtung des gesamten Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser lediglich bei 56%. Hier könnte analog zur Nutzung der Gebäudemasse als Wärmespeicher beispielsweise ein größerer Warmwasserspeicher vorgesehen werden, um den warmwasserseitigen Deckungsgrad zu erhöhen.

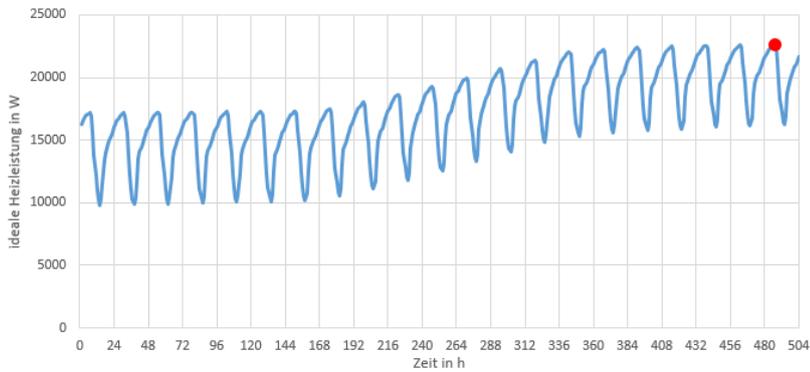
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

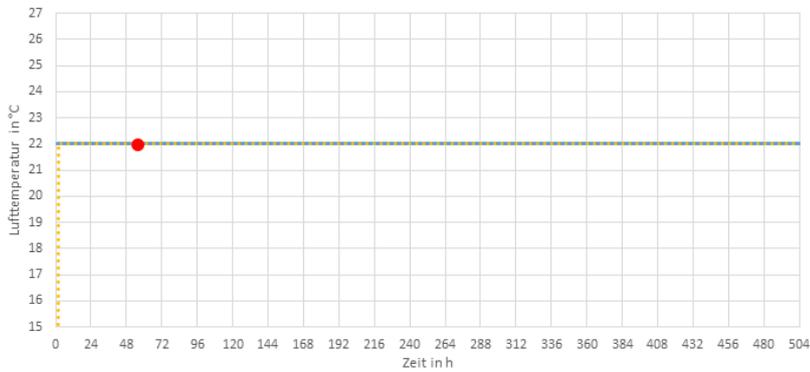


Lufttemperatur = 22°C

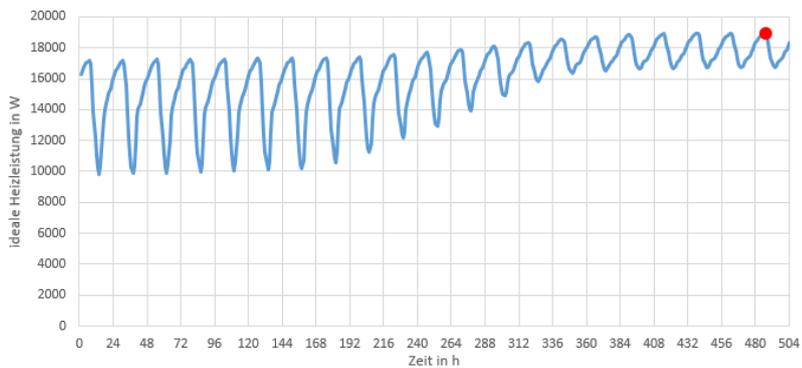


max. Heizleistung = ca. 22.700 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 18.900 W

Abbildung 68: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

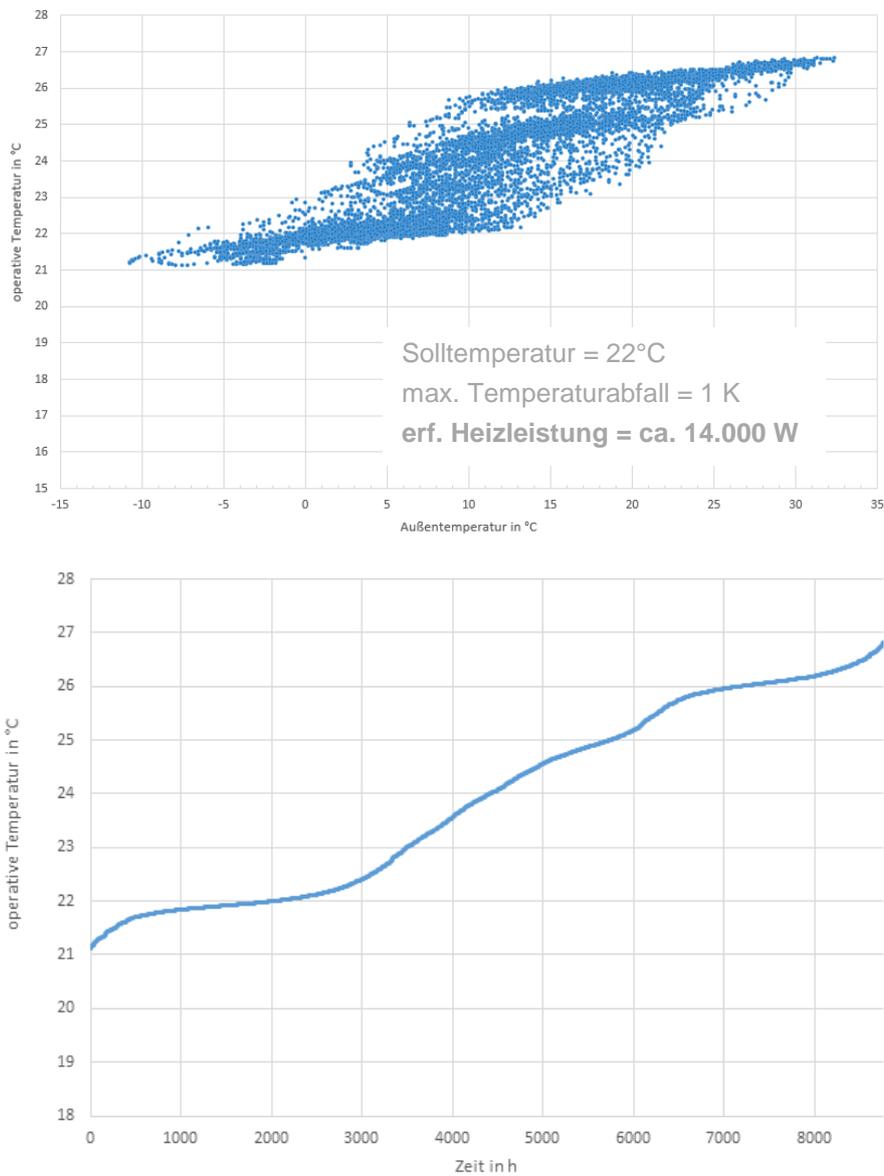


Abbildung 69: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

7.1.2 Gebäude 2, MFH LoftLiving

Bei dem zweiten Case-Studie-Gebäude handelt es sich um ein in Wien projektiertes Mehrfamilienhaus mit einer Bruttogeschoßfläche von ca. 2.500 m². Im Erdgeschoss befinden sich ein Café sowie zwei Ateliers. Die Ateliers reichen über das Erdgeschoss sowie das 1. OG, wo sich jedoch nur eine Galerie befindet. Der Rest des 1. Obergeschosses und die weiteren 5 Obergeschosse werden als Wohnungen genutzt. In der Simulation wird das gesamte Gebäude als Wohngebäude abgebildet. Das Gebäude verfügt noch über einen unbeheizten Keller. Sämtliche tragende Bauteile bestehen aus Stahlbeton bzw. Mauerwerk. Die Außenwände sind in monolithischer Ziegelbauweise geplant. Nicht tragende Innenwände blieben in der Simulation unberücksichtigt. Als Dachkonstruktion ist ein Flachdach als Warm- bzw. Duodach ausgeführt. Das Gebäude wird über eine Wärmepumpe sowie aktivierte Geschoßdecken konditioniert. Kontrollierte Wohnraumlüftung ist nicht vorhanden. Die Warmwasseraufbereitung ist dezentral über Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen geplant. Die Simulation ist im Hinblick auf die Warmwasserbereitstellungssysteme ähnlich dem Energieausweis aufgebaut. Das Ziel besteht darin gängige Konzepte zur Versorgung von Wohngebäuden insbesondere im Hinblick die Raumkonditionierung mit thermisch aktivierten Bauteilen beurteilen zu können. Dezentrale Warmwasserwärmepumpen sind dementsprechend nicht abbildbar. Aus diesem Grund wird die Warmwasserbereitung in der Simulation über eine zentrale Wärmepumpe abgebildet. Solarthermie oder Photovoltaik werden in der Simulation nicht vorgesehen. Anstatt dessen erfolgt eine Versorgung mit netzseitiger Umweltenergie. Es gelten dafür die gleichen Randbedingungen wie bei Gebäude 1. In der nachfolgenden Tabelle sind die Auslegungsergebnisse zusammengestellt:

Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

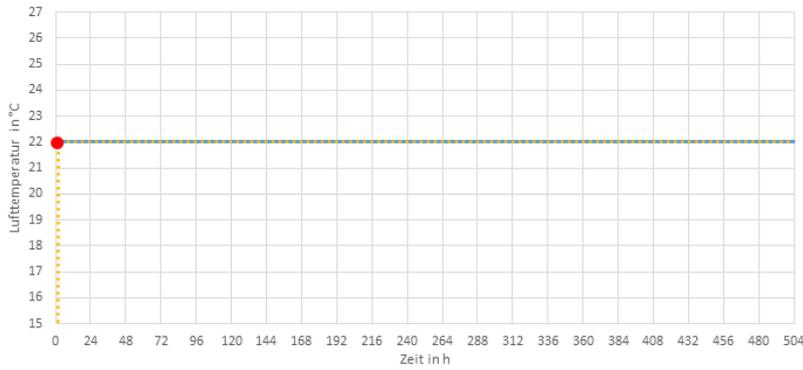
	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	46.000 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	k.A.
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	48.000 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	41.000 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	25 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	~ 26.000 W
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	k.A.
EEB (Energieausweisberechnung)	k.A.
HWB (Simulation, ideal)	52.500 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	56.500 kWh
HWB (Simulation, real)	46.400 kWh
EEB (Simulation, real)	55.000 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	38 h
d _{Netz,RH} (Nomogramm)	~ 0,77 bis 0,87
d_{Netz,RH} (Simulation, real)	0,81
d _{Netz,Gesamt} (Simulation, real)	0,57

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

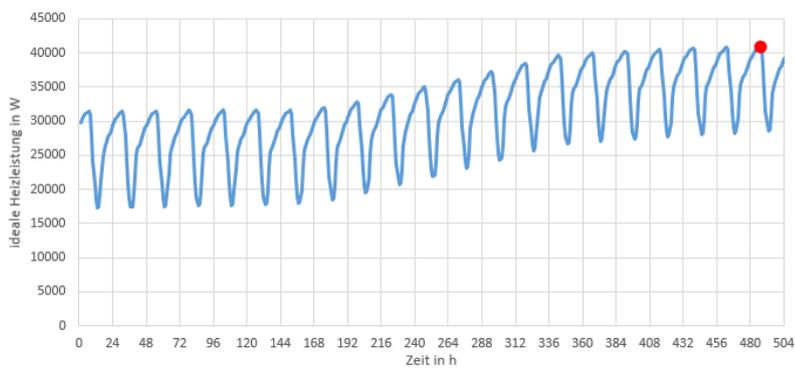
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

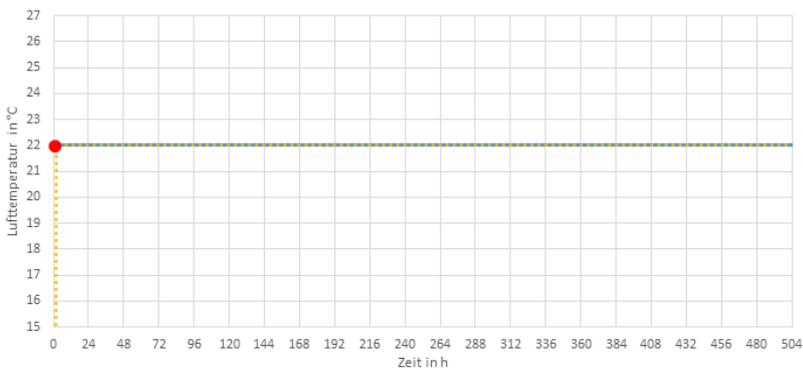


Lufttemperatur = 22°C

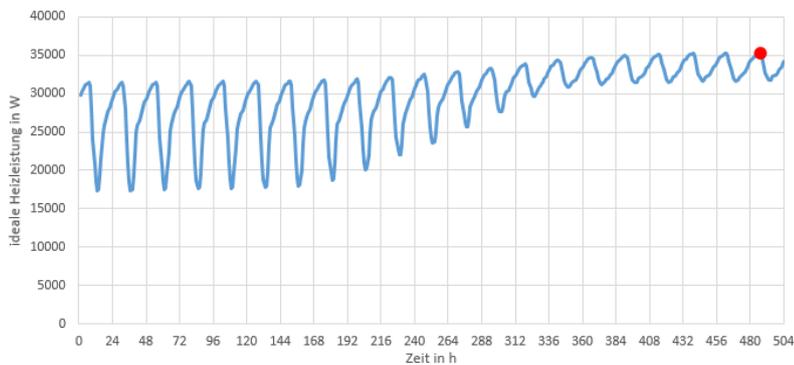


max. Heizleistung = ca. 41.000 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 35.000 W

Abbildung 70: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

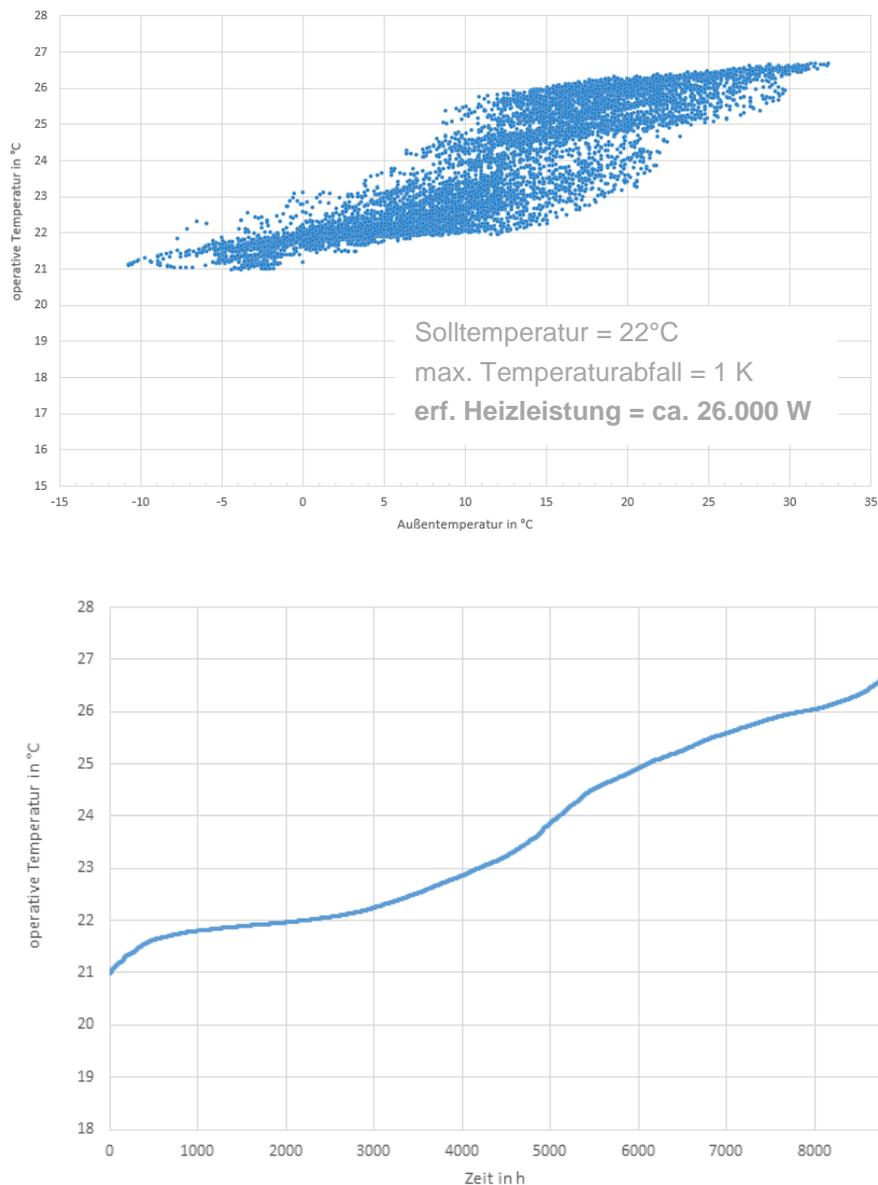


Abbildung 71: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 41.000 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 26.000 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Der Deckungsgrad für netzseitig zur Verfügung gestellte Umweltenergien kann für Raumheizung durch die Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher von 32% auf 81% gesteigert werden. Da für die Warmwasserbereitung keine Speicherung vorgesehen wird, sinkt der Deckungsgrad für netzseitige Umweltenergien bei Betrachtung des gesamten Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser auf 57%. Hier könnte analog zur Nutzung der Gebäudemasse als Wärmespeicher z.B. ein größerer Warmwasserspeicher vorgesehen werden, um den warmwasserseitigen Deckungsgrad zu erhöhen.

7.1.3 Gebäude 3, Solar 2014

Beim dritten Referenzgebäude handelt es sich um ein in Oberösterreich erbautes Einfamilienhaus mit 193 m² Bruttogeschosfläche. Das Gebäude befindet sich in Hanglage und verfügt deshalb über mehrere erdberührte Bauteile im Keller. Dieser ist jedoch unbeheizt und wird somit in der Simulation nicht berücksichtigt. Das Gebäude ist in Massivbauweise gebaut, lediglich das Pultdach ist in Holzbauweise realisiert. Nicht tragende Innenwände bleiben in der Simulation unberücksichtigt.

Das Gebäude verfügt über eine ca. 39 m² große Solarthermieanlage, welche die aktivierten Bauteile mit Wärme versorgt. Zusätzlich ist ein Pelletskessel verbaut, um den zusätzlich erforderlichen Wärmebedarf abdecken zu können. Die Solaranlage ist bei diesem Konzept direkt in den Heizkreis der Bauteilaktivierung eingebunden. Dies wird auch in den Simulationen so berücksichtigt. Zusätzlich sind weitere Heizkreise für Handtuchheizkörper und Fußbodenheizung projektiert. Diese bleiben in der Simulation unberücksichtigt.

Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

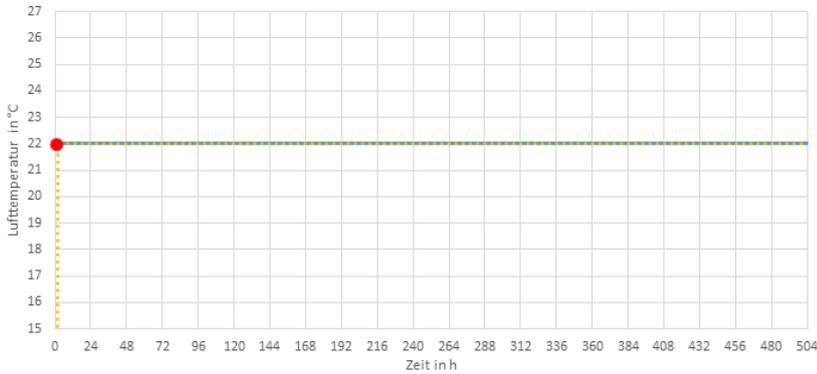
	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	k.A.
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	k.A.
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	6.200 W
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (PHPP)	4.500 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	5.800 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	31 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	~ 3.800 W
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	8.800 kWh
HWB (PHPP)	8.100 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	k.A.
HWB (Simulation, ideal)	7.200 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	8.300 kWh
HWB (Simulation, real)	6.600 kWh
EEB (Simulation, real)	9.400 kWh
Auskühdauer (Simulation real)	27 h
S _{d,RH} (Nomogramm)	~ 0,47 bis 0,58
S _{d,Gesamt} (PHPP mit 30m ² Aperturfläche, real)	0,50
S _{d,RH} (Simulation, real)	0,47
S_{d,Gesamt} (Simulation, real)	0,53

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

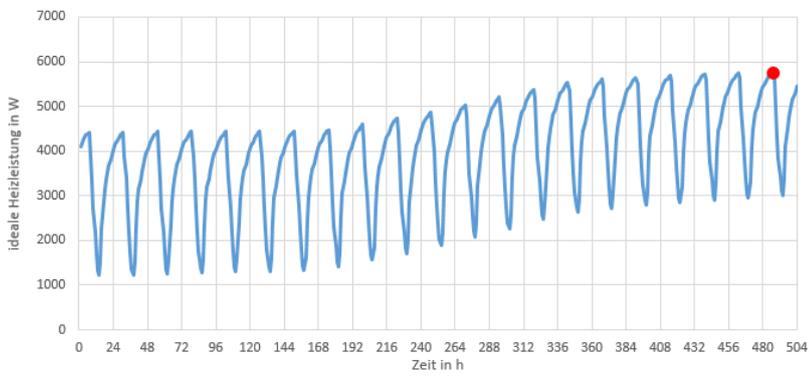
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

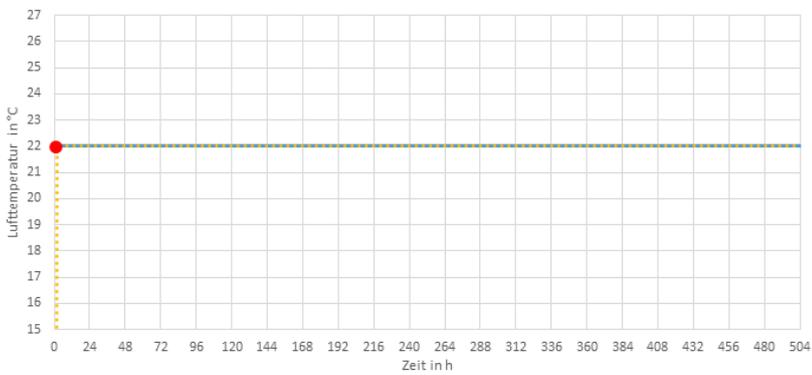


Lufttemperatur = 22°C

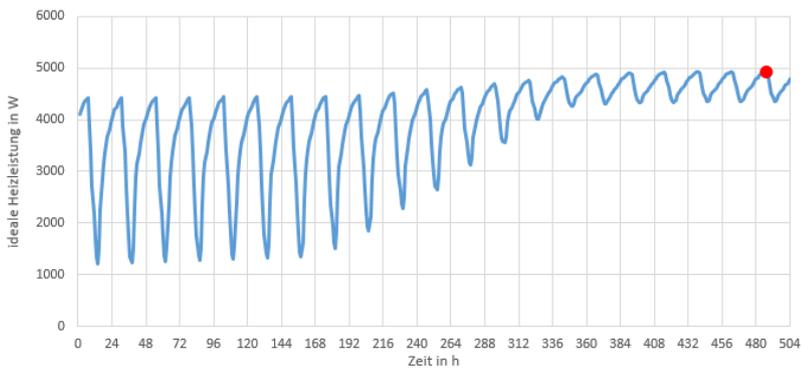


max. Heizleistung = ca. 5.800 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 4.900 W

Abbildung 72: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

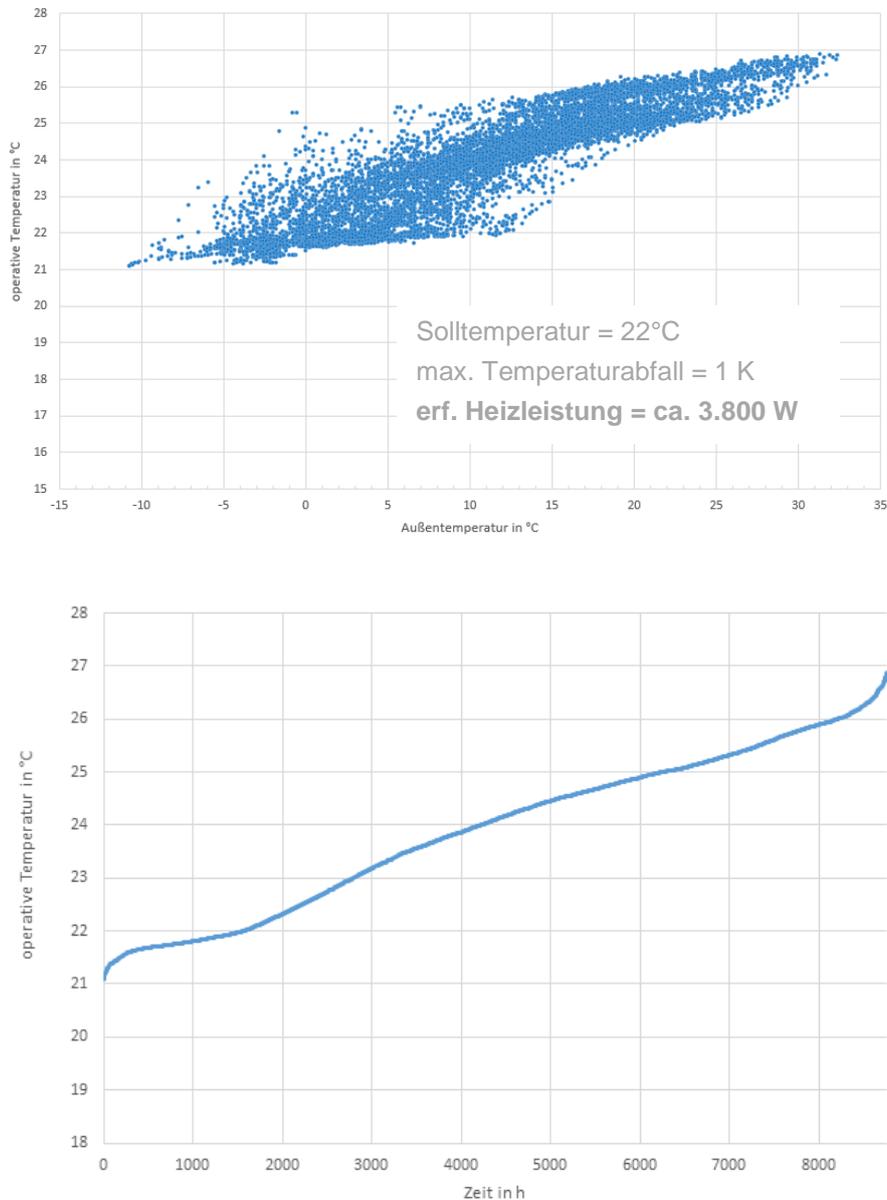


Abbildung 73: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 5.800 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 3.800 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Der solare Deckungsgrad beträgt unter den gesetzten Randbedingungen ca. 53%.

7.1.4 Gebäude 4, Solar 2015

Bei dem vierten Case-Studie-Gebäude handelt es sich um ein in Niederösterreich projektiertes Einfamilienhaus mit einer Bruttogeschoßfläche von ca. 257 m². Das Gebäude ist mit einem zweischaligen Mauerwerk aus Blähtonbeton erbaut. Das Dach ist als Warmdach ausgeführt. Das Einfamilienhaus verfügt über ein Erdgeschoss und ein Obergeschoss und ist nicht unterkellert. Das Gebäude wird über eine Wärmepumpe und aktivierte Geschoßdecken konditioniert. Kontrollierte Wohnraumlüftung ist vorhanden. Eine Solarthermieanlage mit einer Kollektorfläche von 13,5 m² ist ebenfalls vorgesehen. Die Einbindung der Solaranlage erfolgt über einen externen Wärmetauscher. Die Warmwasserbereitung erfolgt über eine Frischwasserstation. Das Gebäude verfügt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Auslegungsergebnisse zusammengestellt:

Tabelle 11: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

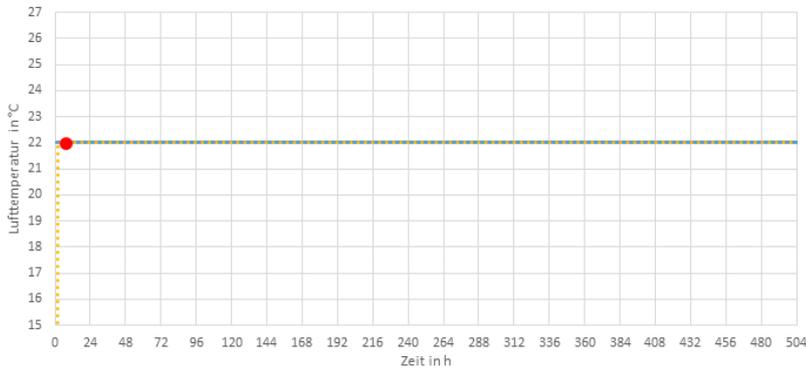
	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	k.A.
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	k.A.
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	5.000 W
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren, mit Berücksichtigung der WRG)	3.800 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	2.750 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	13 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	1.200 W
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	3.200 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	6.500 kWh
HWB (Simulation, ideal)	1.500 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	2.100 kWh
HWB (Simulation, real)	1.250 kWh
EEB (Simulation, real)	5.400 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	72 h
S _{d,RH} (Nomogramm)	~ 0,6 bis 0,72
S _{d,RH} (Simulation, real)	0,67
S_{d,Gesamt} (Simulation, real)	0,69

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

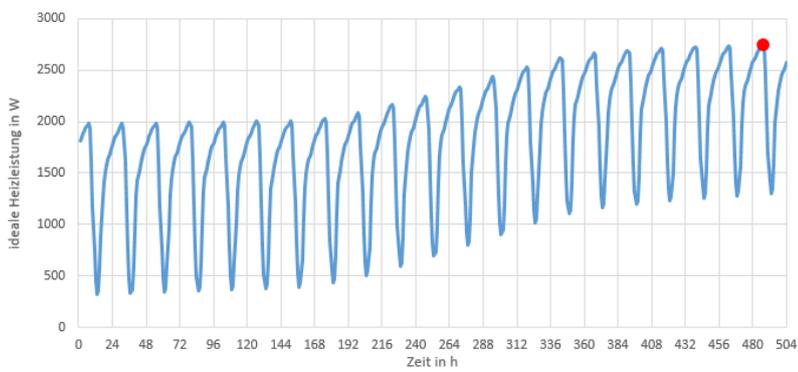
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

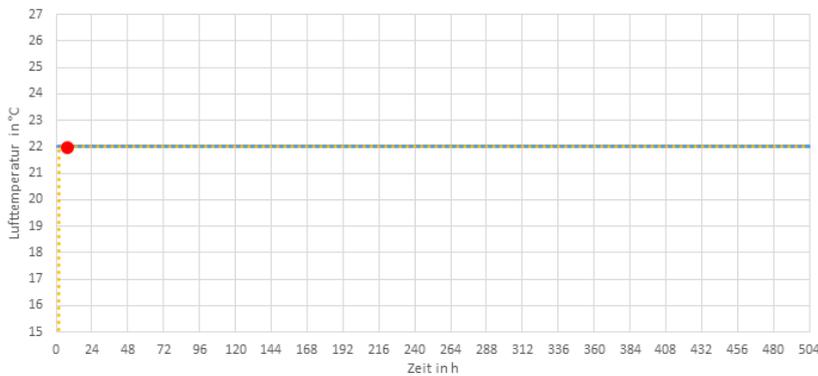


Lufttemperatur = 22°C

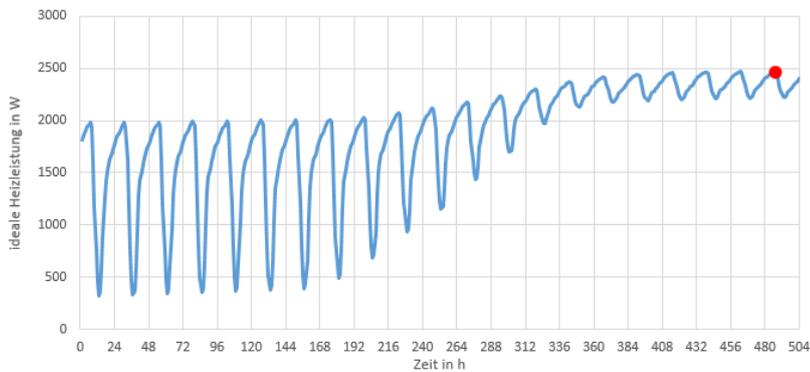


max. Heizleistung = ca. 2.750 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 2.450 W

Abbildung 74: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

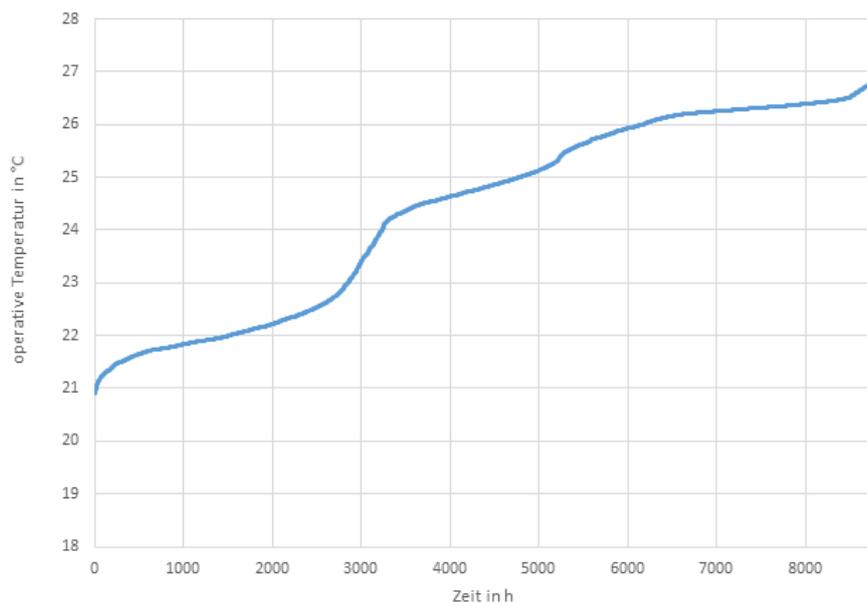
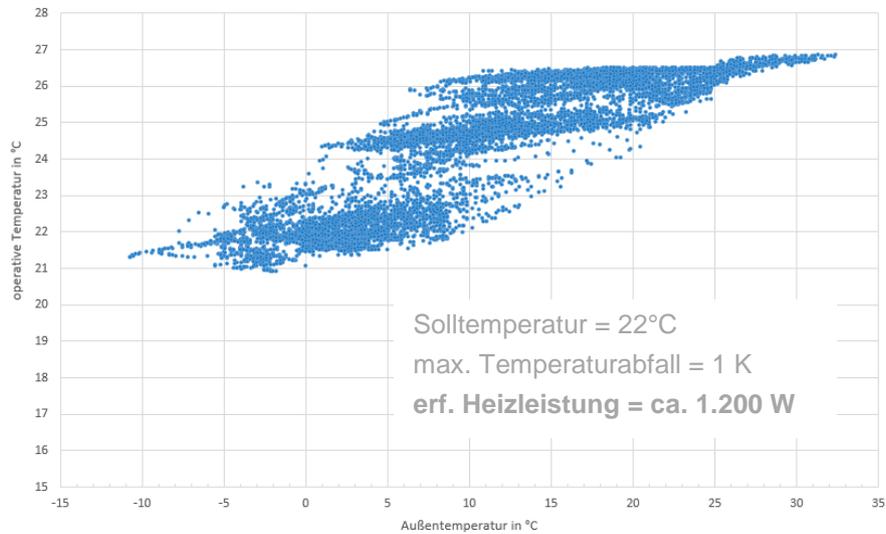


Abbildung 75: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 2.750 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 1.200 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Der mittels Jahressimulation berechnete solare Deckungsgrad beträgt unter den gesetzten Randbedingungen ca. 69%.

7.1.5 Gebäude 5, Kugler

Das fünfte Referenzgebäude ist wiederum ein Einfamilienhaus. Die Bruttogeschossfläche beträgt 219 m². Das Einfamilienhaus verfügt über ein Erdgeschoss und ein Obergeschoss und ist nicht unterkellert. Bis auf die massive Bodenplatte ist das Gebäude in Holzbauweise realisiert. Daher konnte dieses Gebäude nur mit aktivierter Bodenplatte gerechnet werden. Die Solaranlage speist direkt in die Bodenplatte ein. Da die massive Bodenplatte auf der Ober- und Unterseite gedämmt ist, gibt sie die gespeicherte Wärme nur sehr langsam an den Raum ab. Einerseits kühlt die Platte dadurch nur sehr langsam aus, andererseits kann nur sehr wenig Heizleistung an den Raum abgegeben werden. Es sind aus diesem Grund zusätzliche Heizkreise für Radiatoren vorgesehen. Die Solaranlage verfügt über eine Kollektorfläche von 27 m² und speist neben der aktivierten Bodenplatte auch einen 900 l Pufferspeicher. Als zusätzlicher Wärmeerzeuger wird ein wasserführender Kachelofen verwendet. Grundsätzlich ist in dem entwickelten Rechenkern die Bauteilaktivierung als alleiniges Wärmeabgabesystem vorgesehen. Da die Simulationen aber zeigen, dass die Kerntemperatur der Bodenplatte bei alleiniger Konditionierung über die Bodenplatte stark ansteigt und die Solltemperatur im Raum dennoch nicht erreicht wird, werden die - auch in der Realität vorhandenen - Radiatoren als ideale Wärmeabgabesysteme zusätzlich vorgesehen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Solaranlage keine Wärme an die Radiatoren liefert, sondern lediglich die Bodenplatte und den Puffer für die Warmwasserversorgung speist. In der nachfolgenden Tabelle sind die Auslegungsergebnisse zusammengestellt:

Tabelle 12: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

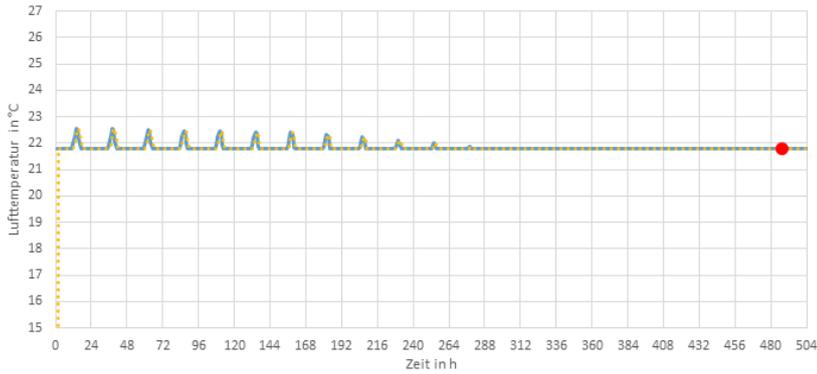
	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	7.900 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	k.A.
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	6.600 W
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren, mit Berücksichtigung der WRG)	5.000 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	6.200 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	42 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung	4.200 W
zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	5.600 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	11.200 kWh
HWB (Simulation, ideal)	6.900 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	9.500 kWh
HWB (Simulation, real)	8.000 kWh
EEB (Simulation, real)	10.600 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	-
S _{d,RH} (Nomogramm)	-
S _{d,RH} (Simulation, real)	0,52
S_{d,Gesamt} (Simulation, real)	0,48

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

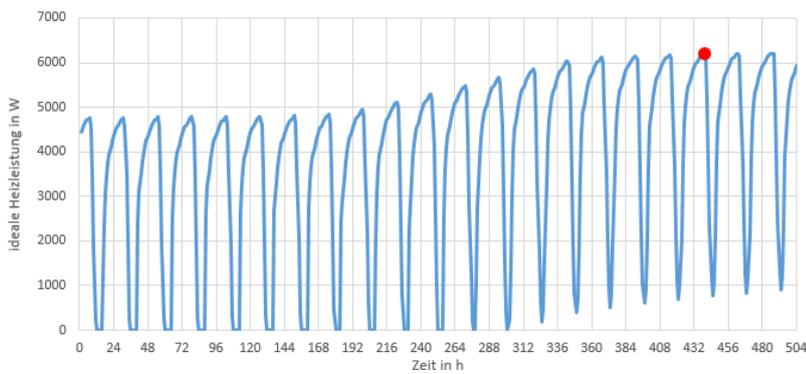
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

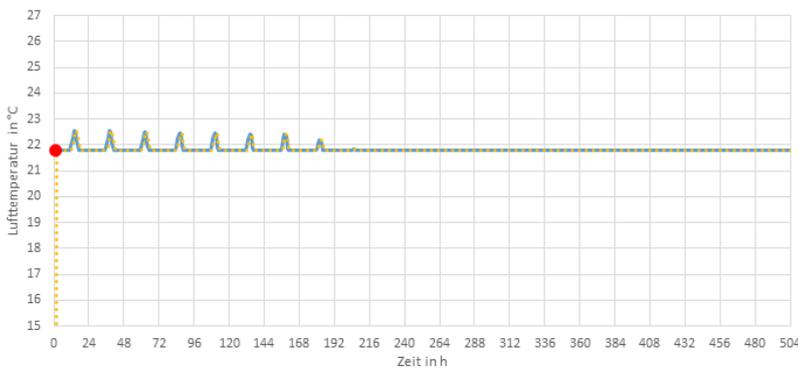


Lufttemperatur = 22°C

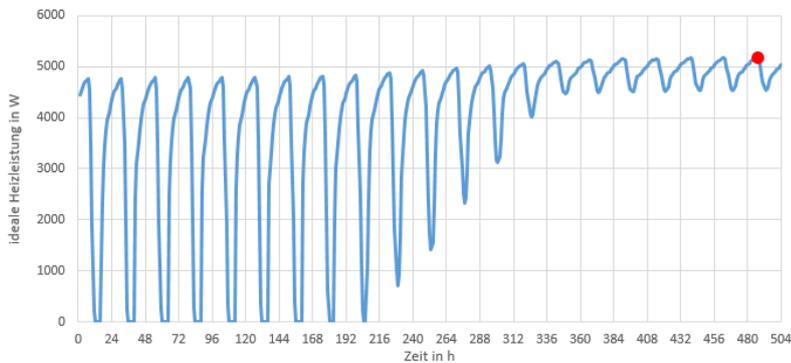


max. Heizleistung = ca. 6.200 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 5.200 W

Abbildung 76: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

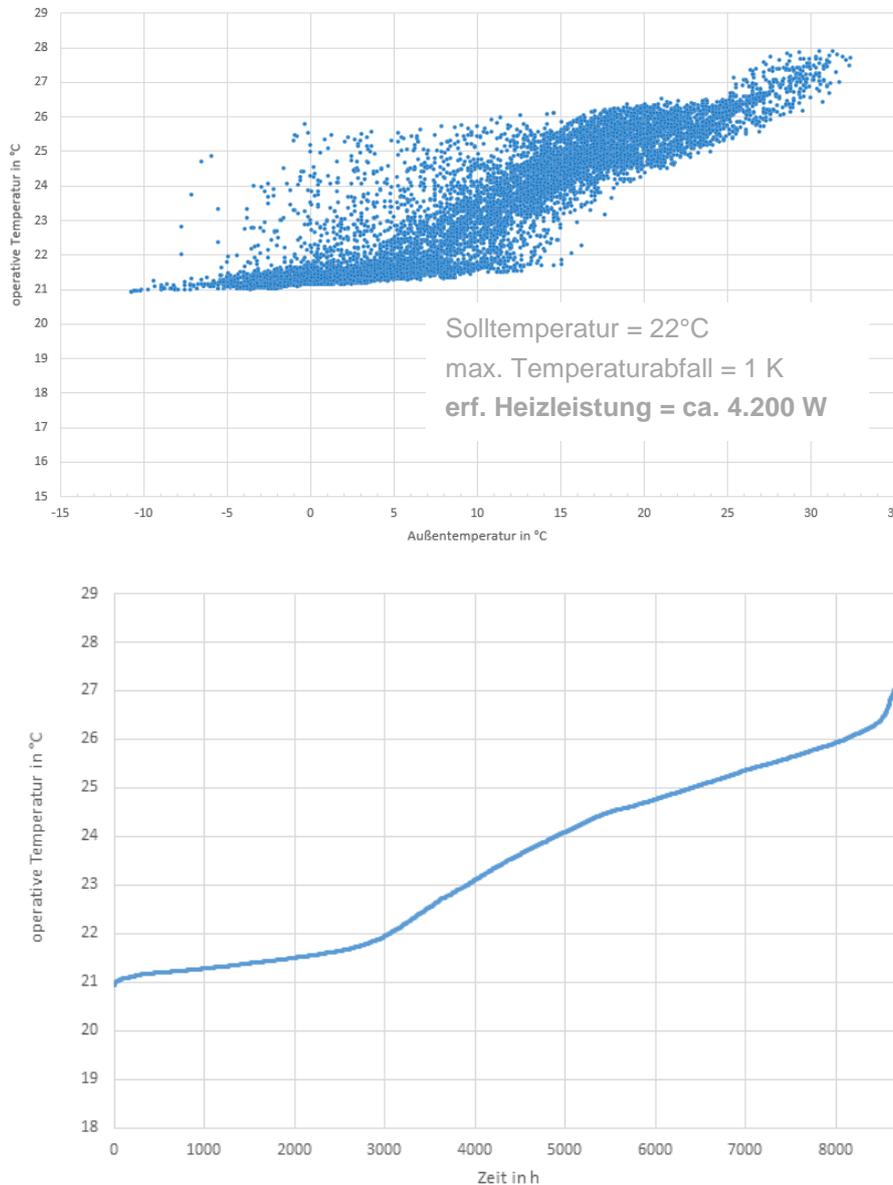


Abbildung 77: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 6.200 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 4.200 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Der mittels Jahressimulation berechnete solare Deckungsgrad beträgt unter den gesetzten Randbedingungen ca. 48%.

7.1.6 Gebäude 6, EFH Niederösterreich

Bei diesem zusätzlichen Case-Studie-Gebäude handelt es sich um ein in Niederösterreich projektiertes Einfamilienhaus. Das Einfamilienhaus mit 175 m² Bruttogrundfläche (BGF) befindet sich in der Nähe von Stockerau in Niederösterreich. Das Gebäude ist nicht unterkellert und weist eine einfache, quaderförmige Kubatur mit den Abmessungen 8,25 x 10,60 x 7,07 m auf. Das Gebäude ist als Massivbau errichtet mit einer zweischaligen Außenwand aus Blähtonsteinen. Alle Außenbauteile weisen U-Werte $\leq 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ auf. Fenster und Außentüren sind in Passivhausqualität mit 3-fach Verglasung ausgeführt. Die Fensterflächen sind hauptsächlich nach Süd-West und Süd-Ost ausgerichtet. Das Gebäude wird über eine Wärmepumpe und aktivierte Geschoßdecken konditioniert. Kontrollierte Wohnraumlüftung ist ebenfalls vorhanden. Solarthermie oder Photovoltaik ist nicht vorgesehen. Anstatt dessen erfolgt eine Versorgung mit netzseitiger Umweltenergie. Für die Simulationen wird ein Freigabesignal gewählt, bei dem zu 32% der Zeit Umweltenergiefreigabe vorliegt. Das verwendete externe Umweltenergiefreigabesignal ist aus den realen Stromerzeugungsdaten eines Windparkbetreibers abgeleitet und wird so wie das gesamte Gebäude in [FRI16] beschrieben. Darin ist auch das Ergebnis einer Heizlastberechnung nach PHPP angegeben. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse aus der PHPP-Berechnung zusätzlich angeführt:

Tabelle 13: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

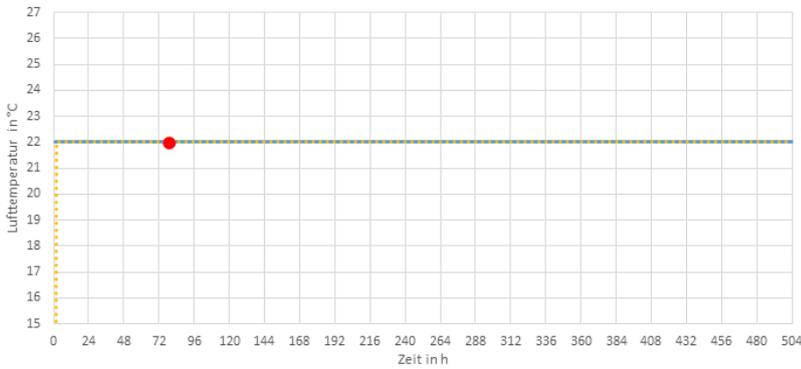
	Leistung
Gebäude-Heizlast (Normheizlastberechnung)	4.600 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	k.A.
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren)	3.700 W
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Hüllflächenverfahren, mit Berücksichtigung der WRG)	2.600 W
Gebäude-Heizlast (PHPP)	1.700 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (PHPP)	12 W/m ²
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	2.100 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	12 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	1.000 W
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	2.000 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	4.800 kWh
HWB (Simulation, ideal)	1.400 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	2.500 kWh
HWB (Simulation, real)	1.200 kWh
EEB (Simulation, real)	4.700 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	89 h
d _{Netz,RH} (Nomogramm)	0,88 bis 0,94
d_{Netz,RH} (Simulation, real)	0,84
d _{Netz,Gesamt} (Simulation, real)	0,48

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

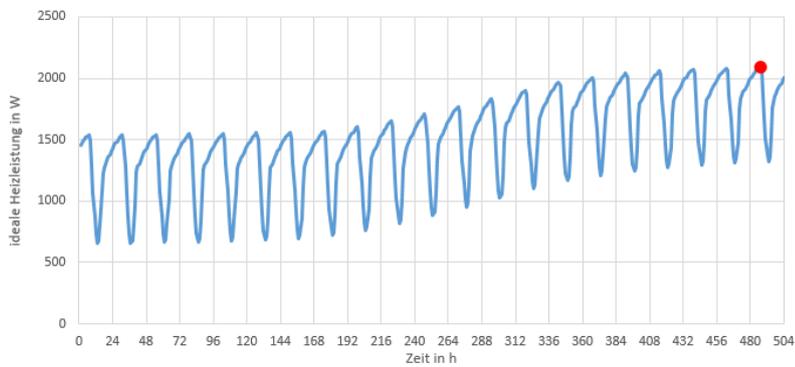
Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

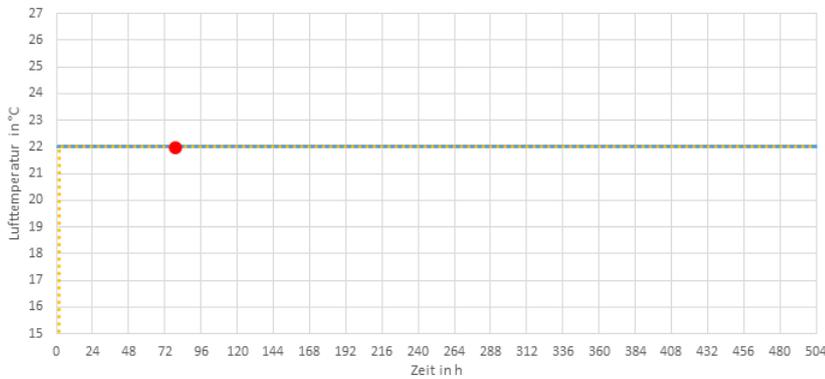


Lufttemperatur = 22°C

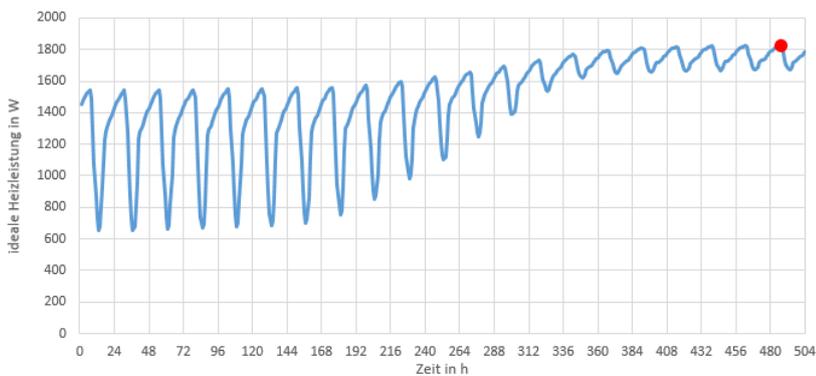


max. Heizleistung = ca. 2.100 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 1.800 W

Abbildung 78: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

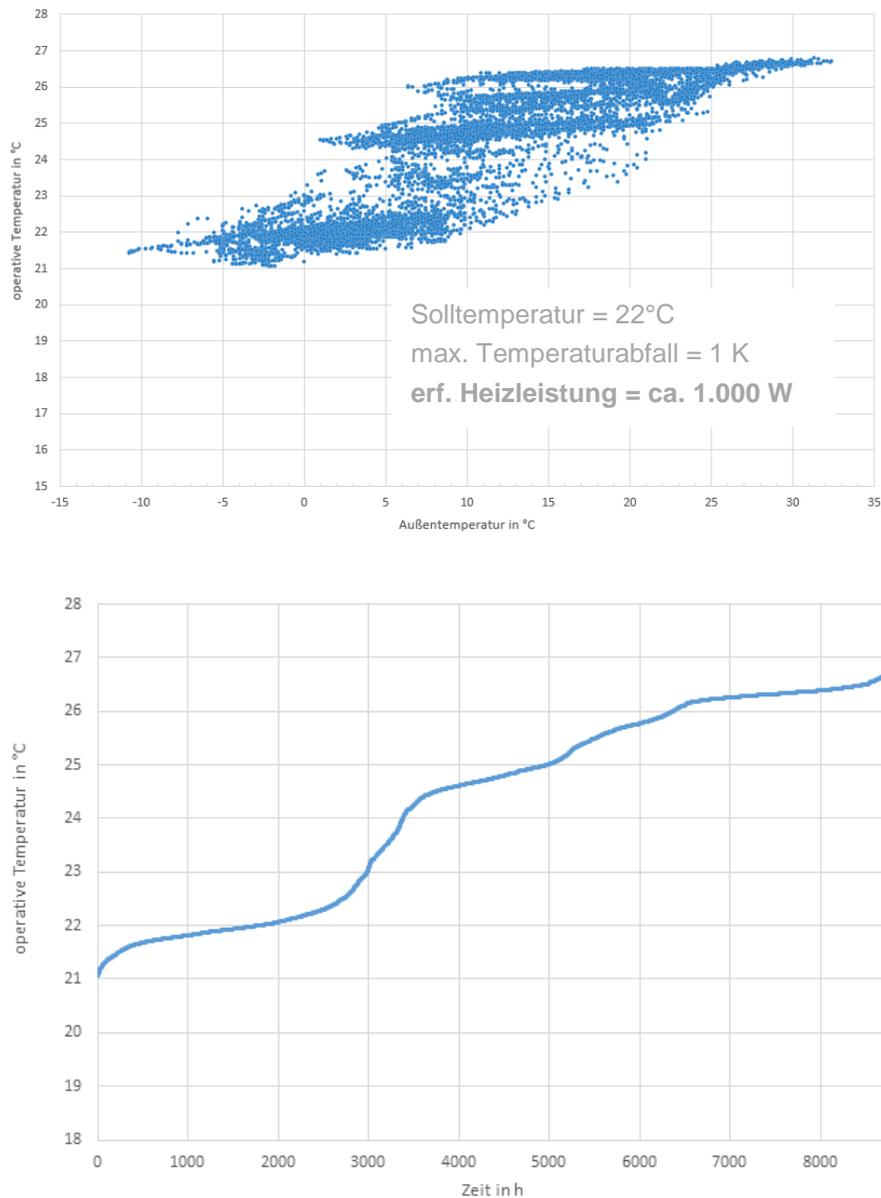


Abbildung 79: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 2.100 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 1.000 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Die Nutzung von netzseitig zur Verfügung gestellten Umweltenergie kann für Raumheizung durch die Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher von 32% auf 84% gesteigert werden. Da für die Warmwasserbereitung keine Speicherung vorgesehen wird, sinkt der Deckungsgrad für netzseitige Umweltenergien bei Betrachtung des gesamten Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser auf 48%. Hier könnte analog zur Nutzung der Gebäudemasse als Wärmespeicher z.B. ein größerer Warmwasserspeicher vorgesehen werden, um den warmwasserseitigen Deckungsgrad zu erhöhen.

7.1.7 Gebäude 7, MFH Niederösterreich

Bei diesem zusätzlichen Case-Studie-Gebäude handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten und einer Bruttogrundfläche von 773 m². Die gesamte Gebäudehülle ist in Passivhausqualität projektiert. Das Gebäude wird über thermisch aktivierte Bauteile beheizt und gekühlt, welche von einer Luft/Wasser Wärmepumpe an gespeist werden. Die Warmwasserbereitung erfolgt wohnungsweise mittels Kleinstwärmepumpen, die die Wärme aus den Bauteilen nutzen um das Warmwasser auf ein höheres Temperaturniveau zu heben. Das Gebäude verfügt über keine Lüftungsanlage. Durch die Nutzung von flexiblen Stromtarifen wird das Gebäude bei niedrigen Strompreisen aufgeheizt. Für die Simulationen wird hierfür ein Freigabesignal gewählt, bei dem zu 32% der Zeit Umweltenergiefreigabe vorliegt. Das verwendete externe Umweltenergiefreigabesignal ist aus den realen Stromerzeugungsdaten eines Windparkbetreibers abgeleitet und wird in [FRI16] beschrieben und. Ebenfalls ist eine Photovoltaikanlage mit ca. 10 kWp geplant, die zusätzlich Strom für den Betrieb der Wärmepumpen liefert. Neben der Berechnung mit dem in diesem Projekt entwickelten Rechenkern erfolgt eine Analyse mit der Software „Designbuilder“. Die Ergebnisse beider Simulationen sind in der nachfolgenden Tabelle zu sehen:

Tabelle 14: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

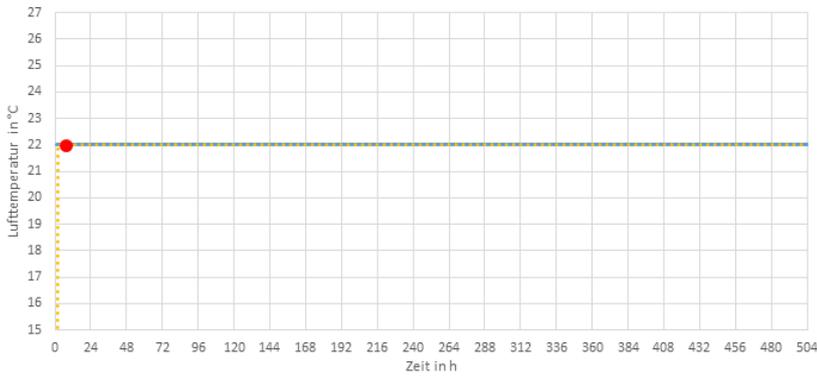
	Leistung
Gebäude-Heizlast (DesignBuilder stationär)	14.900 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (Normheizlastberechnung)	36 W/m ²
Gebäude-Heizlast-Abschätzung (Energieausweisberechnung)	17.400 W
Gebäude-Heizlast (neues Auslegungsverfahren)	12.600 W
max. spez. Raumheizlast eines Aufenthaltsraumes (neues Auslegungsverfahren)	31 W/m ²
min. Gebäude-Heizleistung	8.500 W
zur Sicherstellung eines maximalen Temperaturabfalls von 1K (Jahressimulation, real)	
min. Gebäude-Heizleistung (DesignBuilder)	7.100 W
bei durchgängigem Anlagenbetrieb und 0,3-fachem Luftwechsel (Jahressimulation)	
	Energie
HWB (Energieausweisberechnung)	20.400 kWh
EEB (Energieausweisberechnung)	21.800 kWh
HWB (Simulation, ideal)	15.000 kWh
HWB (Simulation, real ohne rückgewinnbare Anlagenverluste)	22.300 kWh
HWB (Simulation, real)	17.900 kWh
EEB (Simulation, real)	13.400 kWh
Auskühldauer (Simulation real)	62 h
d _{Netz,RH} (Nomogramm)	~ 0,84 bis 0,90
d_{Netz,RH} (Simulation, real)	0,84
d _{Netz,Gesamt} (Simulation, real)	0,67

In den unten dargestellten Abbildungen sind die Ergebnisse der Auslegungssimulationen unter den beiden Auslegungsklimazuständen sowie die Ergebnisse einer Jahressimulation zur Ermittlung der minimal erforderlichen Heizleistung dargestellt.

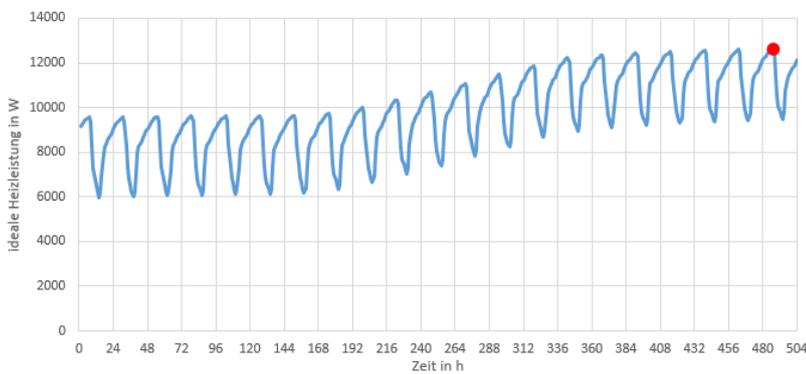
Auslegungsklima 1 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

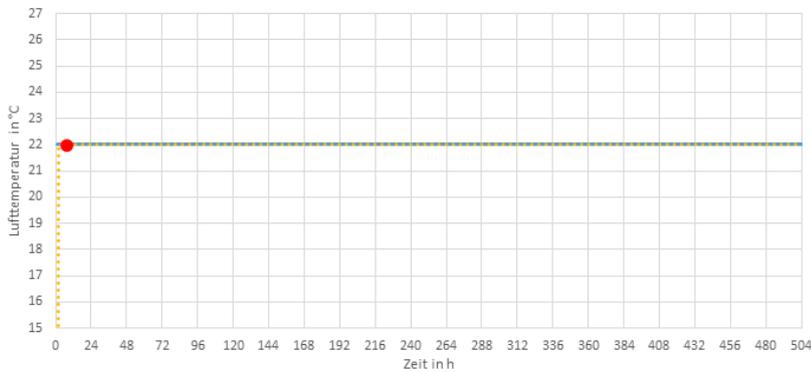


Lufttemperatur = 22°C

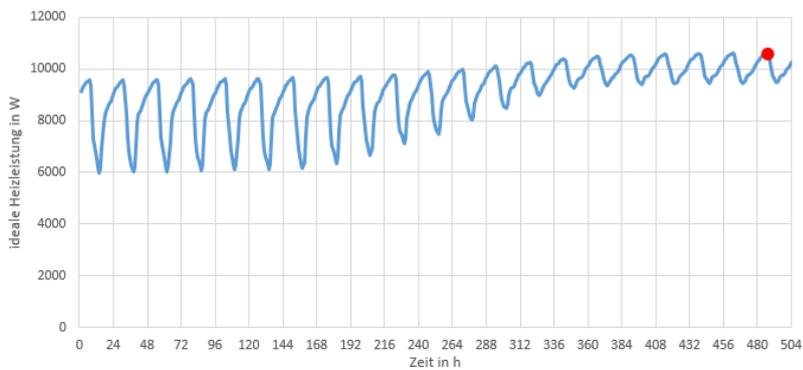


max. Heizleistung = ca. 12.600 W

Auslegungsklima 2 – ideale Technik (100% konvektive Wärmeabgabe)



Lufttemperatur = 22°C



max. Heizleistung = ca. 10.800 W

Abbildung 80: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums

Jahressimulation – reale Technik (TABS)

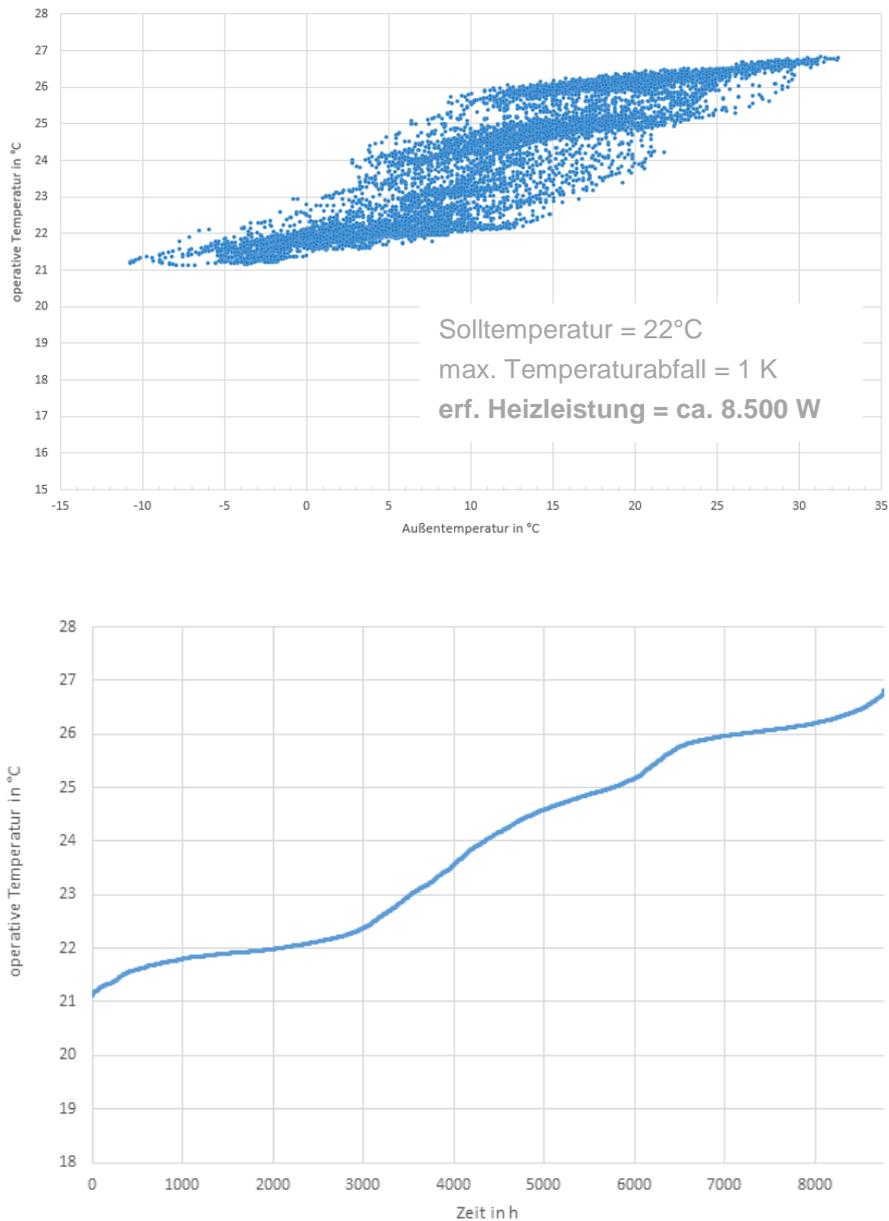


Abbildung 81: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation

Für das Gebäude ist der Auslegungsklimazustand 1 „kalt und sonnig“ maßgebend. Die maximale ideale Heizleistung beträgt 12.600 W. Wird in einer Jahressimulation die reale Gebäudetechnik berücksichtigt, lässt sich die Heizleistung auf 8.500 W reduzieren, wenn ein Temperaturabfall um 1 K auf minimal 21°C akzeptiert wird.

Die Nutzung von netzseitig zur Verfügung gestellter Umweltenergie kann für Raumheizung durch die Nutzung des Gebäudes als Energiespeicher von 32% auf 84% gesteigert werden. Da für die Warmwasserbereitung keine Speicherung vorgesehen wird, sinkt der Deckungsgrad für netzseitige Umweltenergien bei Betrachtung des gesamten Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser auf 67%. Hier könnte analog zur Nutzung der Gebäudemasse als Wärmespeicher z.B. ein größerer Warmwasserspeicher vorgesehen werden, um den warmwasserseitigen Deckungsgrad zu erhöhen.

7.1.8 Analyse – Case-Studies

In diesem Kapitel wird das entwickelte Auslegungsverfahren auf sieben beispielhafte Gebäude angewandt. Die Case-Studies stellen dabei die Grundlage für die Entwicklung des Auslegungsverfahrens dar. In einem iterativen Prozess wird das Auslegungsverfahren anhand von Beispielgebäuden analysiert und verbessert. Zusätzlich werden die ersten fünf Case-Studie-Gebäude im Anhang detailliert dokumentiert, so dass sie in weiterer Folge als Ringrechnungsbeispiele für Softwarehersteller dienen können.

Allgemein zeigt sich, dass die Eingabe der Daten in den Rechenkern ähnlich dem Energieausweis erfolgt. Der Mehraufwand für die Durchführung einer Simulation zur Heizlastberechnung oder zur Berechnung des Heizwärmebedarfs ist dabei minimal. Der Aufwand und das erforderliche Know-How steigt deutlich an, wenn die tatsächlich eingesetzte Technik in der Simulation berücksichtigt werden soll. Hierbei spielt insbesondere die Abbildung der Regelstrategie eine wesentliche Rolle. Soll mit einer Simulation das reale Gebäudeverhalten abgebildet werden, so muss die Regelung exakt gleich aufgebaut sein, wie bei dem realen Gebäude. Bereits geringe Unterschiede können hier große Auswirkungen auf das Berechnungsergebnis haben. Für die Case-Studies wird eine beispielhafte Regelstrategie entwickelt und im Rechenkern umgesetzt. Da keine genaueren Informationen zur Regelung der Gebäudetechnik für die Case-Studie-Gebäude vorliegen, kann entsprechend nicht ausgeschlossen werden, dass mit veränderter Regelstrategie auch beispielsweise höhere Deckungsgrade erreichbar sind.

Abgesehen davon zeigt sich, dass die betrachteten Gebäudeenergiekonzepte mit dem entwickelten Rechenkern sehr gut abgebildet werden können. Sowohl für Konzepte bei denen solare Energie innerhalb der Gebäude gespeichert wird, als auch für Konzepte zur Nutzung von netzseitigen Umweltenergien zeigt sich, dass die Qualität der Gebäudehülle großen Einfluss auf den Deckungsgrad hat. Dies ist gut nachvollziehbar. Über die Gebäudehülle werden schließlich die Wärmeverluste des Gebäudes als Speicher definiert. Solare Deckungsgrade von über 70% sind mit gut gedämmten Gebäuden jedenfalls erreichbar. Für Gebäude mit schlechter gedämmter Gebäudehülle, ist dies gemäß den durchgeführten Simulationen nur schwer möglich.

Bei der Anwendung der entwickelten Nomogramme zur Ermittlung des Deckungsgrads stellt die Berechnung Auskühldauer die wesentliche Eingangsgröße dar. Bei Ermittlung der Auskühldauer über Simulationen liefern die Auslegungsnomogramme ausreichend gute Ergebnisse. Wegen des geringen Mehraufwands wird dennoch die Anwendung von Simulationen zur Ermittlung des Deckungsgrads empfohlen.

Die Ergebnisse des neu entwickelten Verfahrens zur Berechnung der Heizlast zeigen, dass die erforderlichen Heizleistungen bei den fünf Gebäuden im Schnitt um 25% unter der Normheizlast liegen. Zu beachten ist dabei allerdings, dass die Wärmerückgewinnung bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen nur im neu entwickelten Verfahren berücksichtigt wird. Bei den Gebäuden ohne Lüftungsanlage liegt die simulierte Heizlast um ca. 10-20% tiefer als die Normheizlast.

Die für das neue Auslegungsverfahren angesetzte Außenlufttemperatur liegt bei dem zumeist maßgeblichen Klimazustand „kalt und sonnig“ im Tagesmittel bei ca. -13°C und somit etwa im Bereich der Normaußentemperatur. Dies wird im Zuge der Entwicklung des Auslegungsverfahrens bewusst so gewählt, um hier von einem ähnlichen Sicherheitsniveau auszugehen. Aufgrund der Tagesamplitude der Außentemperatur liegt die minimale Temperatur in der Simulation allerdings in weiterer Folge deutlich unter der Normaußentemperatur, weshalb mit der Simulation theoretisch auch Heizlasten ermittelt werden können, die über der Normheizlast liegen. Das PHPP setzt die Außentemperatur im Klimazustand „kalt und sonnig“ im Vergleich deutlich milder an. Bei der Festlegung des Tagesmittels der Außentemperatur für die Heizlastberechnung mit dem neuen Verfahren sollte daher das erforderliche Sicherheitsniveau nochmals bewertet werden.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Der Einfluss von in den Bauteilen gespeicherter Wärme lässt sich in der Simulation mit ideal konvektiver Wärmeabgabe – so wie dies bei dem neu entwickelten Verfahren zur Berechnung der Heizlast vorgesehen ist – nur begrenzt abbilden.

Wird allerdings das Gebäudeverhalten mit realer Technik (aktivierte Bauteile etc.) betrachtet und ein Temperaturabfall zu besonders ungünstigen Klimabedingungen akzeptiert, kann mit deutlich geringeren Heizleistungen das Auslangen gefunden werden. Wird beispielsweise ein Temperaturabfall von 1 K während Kälteperioden zugelassen, kann die Heizleistung bei den fünf Case-Studie-Gebäuden unter den angesetzten Randbedingungen im Mittel um 50% unter der Normheizlast liegen.

8 Entwicklung von Monitoringkonzepten

8.1.1 Liste mit typischen Fehlern und Problemen bei Monitorings

Durch die zahlreichen bereits durchgeführten Monitoringprojekte konnte das Konsortium auf langjährige Erfahrung zurückgreifen und daraus Fehler und Problem im Zusammenhang mit dem Monitoring von Gebäuden und haustechnischen Anlagen identifizieren.

Dazu wurden drei Fehlerkategorien definiert:

- Fehler/Probleme bei der Konzeptionierung des Monitorings
- Fehler/Probleme bei der Installation der Messtechnik
- Fehler/Probleme bei der Datenaufzeichnung und -auswertung

Eine Beschreibung der identifizierten Fehler und Probleme sowie deren Auswirkungen und Maßnahmen zur Vermeidung sind den nachfolgenden Tabelle 15, Tabelle 16 und Tabelle 17.

Tabelle 15: identifizierte Fehler und Probleme bei der Konzeptionierung des Monitorings

Bezeichnung	Beschreibung	Auswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung
Zähler/Sensor im Konzept nicht vorgesehen	Es wurde verabsäumt bei der Konzeptionierung an einer bestimmten Stelle einen benötigten Zähler bzw. Sensor vorzusehen.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Genaue Auflistung, welche Daten vom System bekannt sein sollen. Erneute Kontrolle des Konzepts durch projektfernde Fachkraft.
Zähler/Sensor mit falschem Messbereich	Es wurden Zähler bzw. Sensoren ausgewählt, deren Messbereiche nicht zu der zu messenden Größe passen.	Zumindest teilweise können einzelne Messwerte nicht erfasst werden bzw. die erfassten Werte sind nicht reliabel.	Genaue Auflistung, in welchem Bereich sich die zu messenden Größen befinden werden. Erneute Kontrolle der Messbereichswahl durch projektfernde Fachkraft.
Zähler/Sensor mit zu geringer Genauigkeit	Es wurden Zähler bzw. Sensoren ausgewählt, deren Genauigkeiten nicht zu der zu messenden Größe passen.	Messwerte sind nicht genau genug und es können deswegen keine genauen Aussagen getroffen werden.	Genaue Auflistung, in welchem Bereich sich die zu messenden Größen befinden werden. Erneute Kontrolle der Messbereichswahl durch projektfernde Fachkraft.
Zeitliche Auflösung nicht groß genug.	Das Intervall, in dem Daten übertragen werden, ist zu groß.	Abläufe, die innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne stattfinden, können nicht detailliert erfasst werden.	Genaue Auflistung, welche Daten vom System bekannt sein sollen und welche zeitliche Auflösung dafür benötigt wird. Erneute Kontrolle des Konzepts durch projektfernde Fachkraft.
Datenloggersystem nicht als eigenständiges System ausgeführt	Das Datenloggersystem muss grundsätzlich als eigenständiges und von anderen Einflüssen unabhängiges System ausgeführt sein.	Einfluss anderer System auf die Messdatenaufzeichnung vorhanden, der eventuell nicht quantifiziert werden kann.	Datenloggersystem als eigenständiges, unabhängiges System ausführen.

Tabelle 16: identifizierte Fehler und Probleme bei der Installation der Messtechnik

Bezeichnung	Beschreibung	Auswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung
Zähler/Sensor vergessen	Es wurde verabsäumt bei der Ausführung an einer bestimmten Stelle einen benötigten Zähler bzw. Sensor zu installieren.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Dokumentation von Abweichungen, Erforschung der Ursachen und Reflektion, ob Abweichungen akzeptabel sind oder ob Maßnahmen ergriffen werden müssen.
Zähler/Sensor an falscher Stelle installiert	Es wurden Zähler bzw. Sensoren an anderen Positionen installiert, als im Konzept vorgesehen.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Dokumentation von Abweichungen, Erforschung der Ursachen und Reflektion, ob Abweichungen akzeptabel sind oder ob Maßnahmen ergriffen werden müssen.
Falscher Zähler/Sensor installiert	Es wurden Zähler bzw. Sensoren mit anderen Eigenschaften installiert, als notwendig gewesen wäre.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt, zu ungenau, können nicht erfasst werden oder sind nicht reliabel. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Dokumentation von Abweichungen, Erforschung der Ursachen und Reflektion, ob Abweichungen akzeptabel sind oder ob Maßnahmen ergriffen werden müssen.
Zähler/Sensor falsch parametriert	Es wurden Zähler bzw. Sensoren mit anderen Werten parametriert, als notwendig gewesen wäre.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt, zu ungenau, können nicht erfasst werden oder sind nicht reliabel. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Kontrolle der Parametrierung durch Fachkraft und Plausibilitätskontrolle der Messwerte.
Zähler/Sensor falsch angeschlossen	Es wurden Zähler bzw. Sensoren falsch angeschlossen.	Zumindest teilweise können einzelne Messwerte nicht erfasst werden bzw. die erfassten Werte sind nicht reliabel.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Kontrolle des Anschlusses der Zähler bzw. Sensoren durch Fachkraft und Plausibilitätskontrolle der Messwerte.
Verbindung des Zählers/Sensors zur Datenbank nicht hergestellt	Es wurde verabsäumt, die Messwerte der Zähler bzw. Sensoren in die Datenbank zu übertragen.	Einzelne Energieströme bzw. Messwerte sind unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können über gewisse Systemeigenschaften keine genauen Aussagen getroffen werden.	Sorgfältige Dokumentation des Konzepts und Vergleich mit der Ausführung. Kontrolle der Daten in der Datenbank mit den gewünschten Daten durch Fachkraft.
Falsche Position der Sensorik	Zähler oder Sensoren wurden zB. am Puffer falsch situiert oder Außenfühler mit Sonnenbestrahlung	Die erfassten Messwerte liefern nicht die Werte die für Aussagen die reale Situation wiedergeben	Genauere Situierung schon im Konzept überlegen und definieren

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Bezeichnung	Beschreibung	Auswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung
Sensorik nicht messwirksam eingebaut	z.B Tauchhülsen zu kurz oder Tauchhülse nicht im Massenstrom	Falsche Messdaten	Genauere Vorgaben der Einbaulage und Einbaulänge von Sensoren

Tabelle 17: identifizierte Fehler und Probleme bei der Datenaufzeichnung und -auswertung

Bezeichnung	Beschreibung	Auswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung
Kommunikationsstörung	Die Übertragung der Messwerte von den Zählern bzw. Sensoren zur Datenbank ist beeinträchtigt bzw. gestört.	Einzelne oder mehrere Energieströme bzw. Messwerte sind während eines bestimmten Zeitraumes unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können während diesem Zeitraum über gewisse Systemeigenschaften keine Aussagen getroffen werden.	Implementierung eines Systems, das bei einer Kommunikationsstörung automatisch eine Fehlermeldung per E-Mail ausgibt.
Ausfall der Datenbank	Die Messwerte von den Zählern bzw. Sensoren wurden nicht in der Datenbank abgespeichert.	Einzelne oder mehrere Energieströme bzw. Messwerte sind während eines bestimmten Zeitraumes unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können während diesem Zeitraum über gewisse Systemeigenschaften keine Aussagen getroffen werden.	Implementierung eines Systems, das bei dem Ausfall der Datenbank automatisch eine Fehlermeldung per E-Mail ausgibt. Dafür sorgen, dass die Messdaten mindestens drei Monate unabhängig von Stromausfällen im Datenlogger gespeichert werden.
Limit der Datenbank wurde überschritten	Die Messwerte von den Zählern bzw. Sensoren wurden nicht in der Datenbank abgespeichert.	Einzelne oder mehrere Energieströme bzw. Messwerte sind während eines bestimmten Zeitraumes unbekannt. Abhängig von der Art des Zählers bzw. des Sensors können während diesem Zeitraum über gewisse Systemeigenschaften keine Aussagen getroffen werden.	Konzept vorsehen, wie die Datenbank regelmäßig geleert werden kann oder, sofern möglich, eine Lizenz für größeres Datenbankvolumen erwerben.
Automatisierte Plausibilitätsprüfung	Während der Datenerfassung muss auch eine automatisierte Plausibilitätsprüfung der Messdaten durchgeführt werden.	Unplausible Messdaten werden aufgezeichnet und ausgegeben	Automatisierte Plausibilitätsprüfung bei der Messdatenaufzeichnung und -auswertung implementieren
Sensoren defekt	Korrekte Zähler oder Sensoren werden im Laufe des Monitoring schadhaft	Keine Daten aus den Zählern und Sensoren	Fehlermeldung bei unrealistischen Daten

8.1.2 Vorschläge für wissenschaftliche Monitoringkonzepte

Aufbauend auf die simulierten Gebäude und Varianten wurden Vorschläge für ein wissenschaftliches Monitoringkonzept erarbeitet.

Das Monitoringkonzept umfasst dabei:

- Anlagenschema
- Beschreibung der Messgrößen
- Beschreibung der Messeinrichtungen (Datenerfassung und Sensorik)

Folgende Anlagenvarianten wurden dabei untersucht:

1. Wärmeerzeugung ausschließlich über einen Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; ausgehend vom Pufferspeicher erfolgt die Wärmeverteilung zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
2. Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, die den Pufferspeicher belädt; Wärmeverteilung ausgehend vom Pufferspeicher zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
3. Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, die entweder den Pufferspeicher belädt oder direkt die zu aktivierenden Bauteile mit Wärme versorgt; Wärmeverteilung daher ausgehend vom Pufferspeicher und/oder Wärmepumpe zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Ergänzung zu Variante 2)
4. Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe; beide Wärmeerzeuger beladen zuerst den Pufferspeicher, über diesen erfolgt dann die Wärmeverteilung zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
5. Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, die entweder den Pufferspeicher belädt oder direkt die zu aktivierenden Bauteile mit Wärme versorgt; Wärmeverteilung daher ausgehend vom Pufferspeicher und/oder Solarthermie zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
6. Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; über den Pufferspeicher erfolgt die Wärmeverteilung zu den aktivierten Bauteilen; optional: mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

8.1.2.1 Anlagenschemen

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Anlagenschemen zu den im Projekt untersuchten Energieversorgungsvarianten dargestellt. Darin enthalten sind die relevantesten haustechnischen Elemente sowie die erforderlichen messtechnischen Einrichtungen.

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

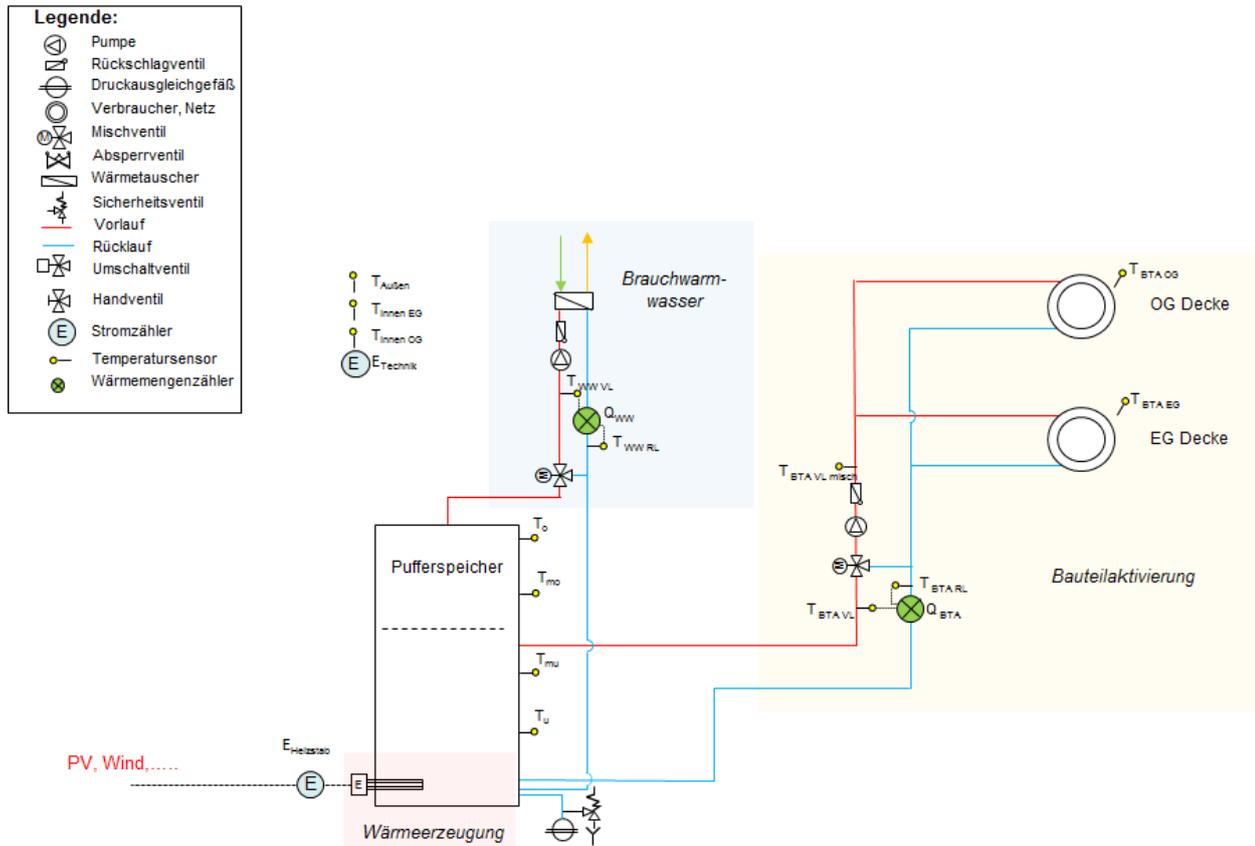


Abbildung 82: Anlagenschema Wärmeerzeugung ausschließlich über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

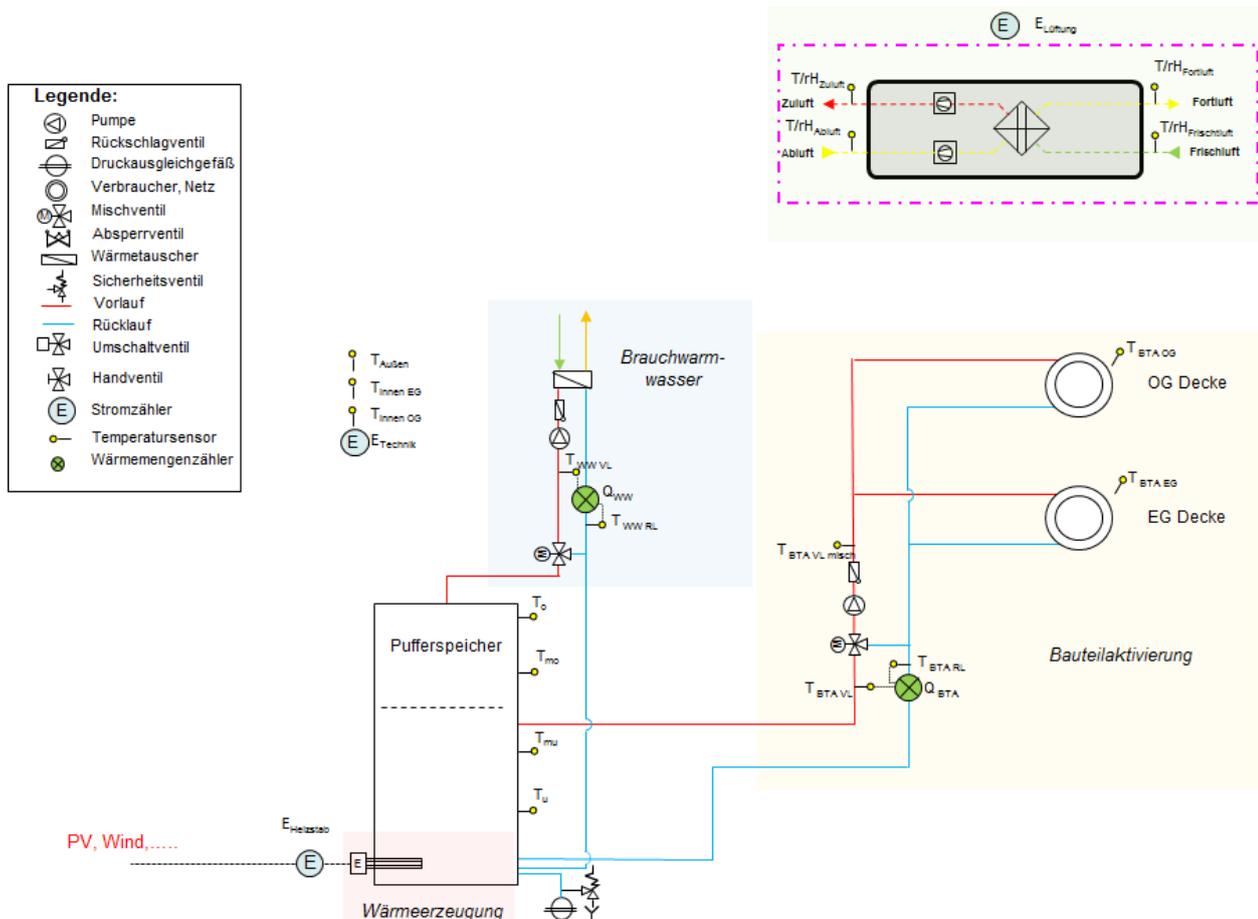


Abbildung 83: Anlagenschema Wärmeezeugung ausschließlich über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

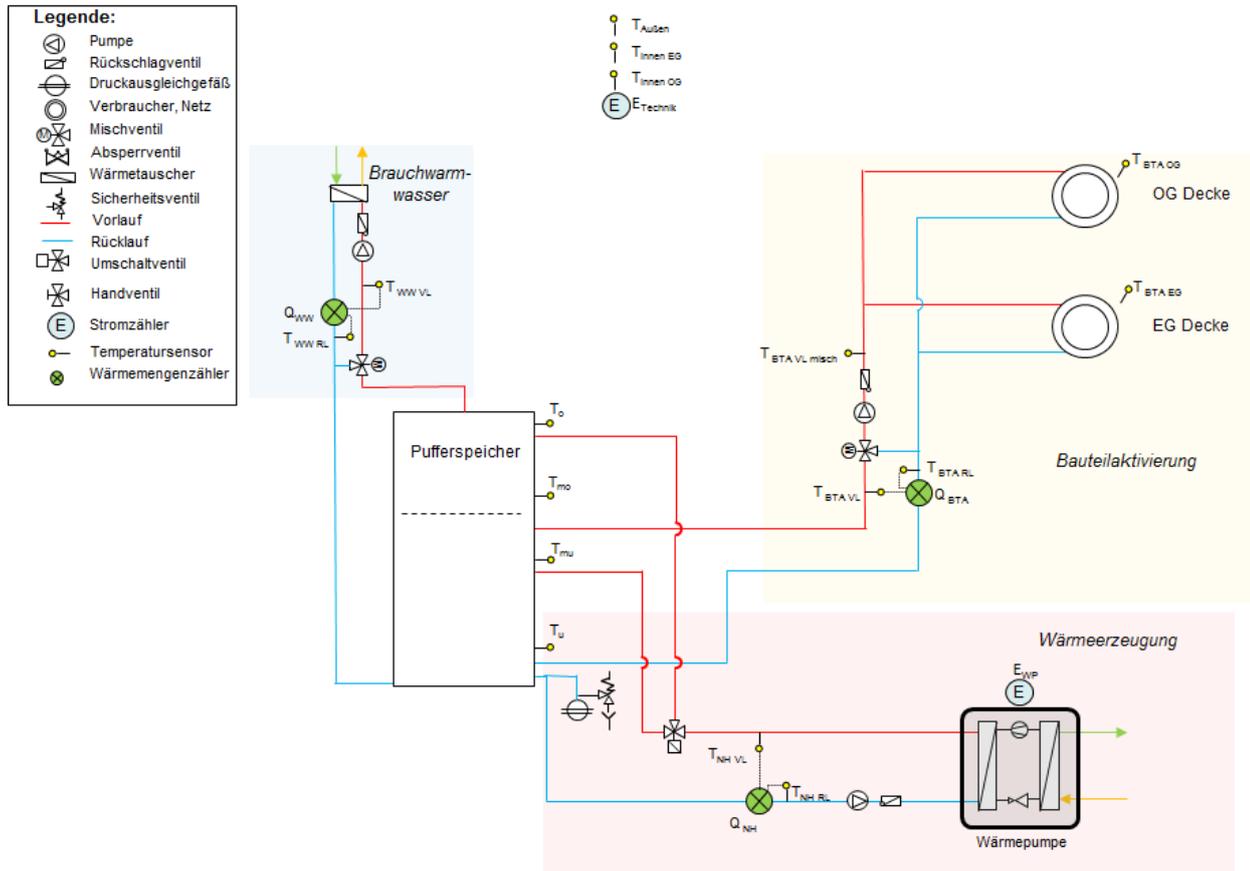


Abbildung 84:Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

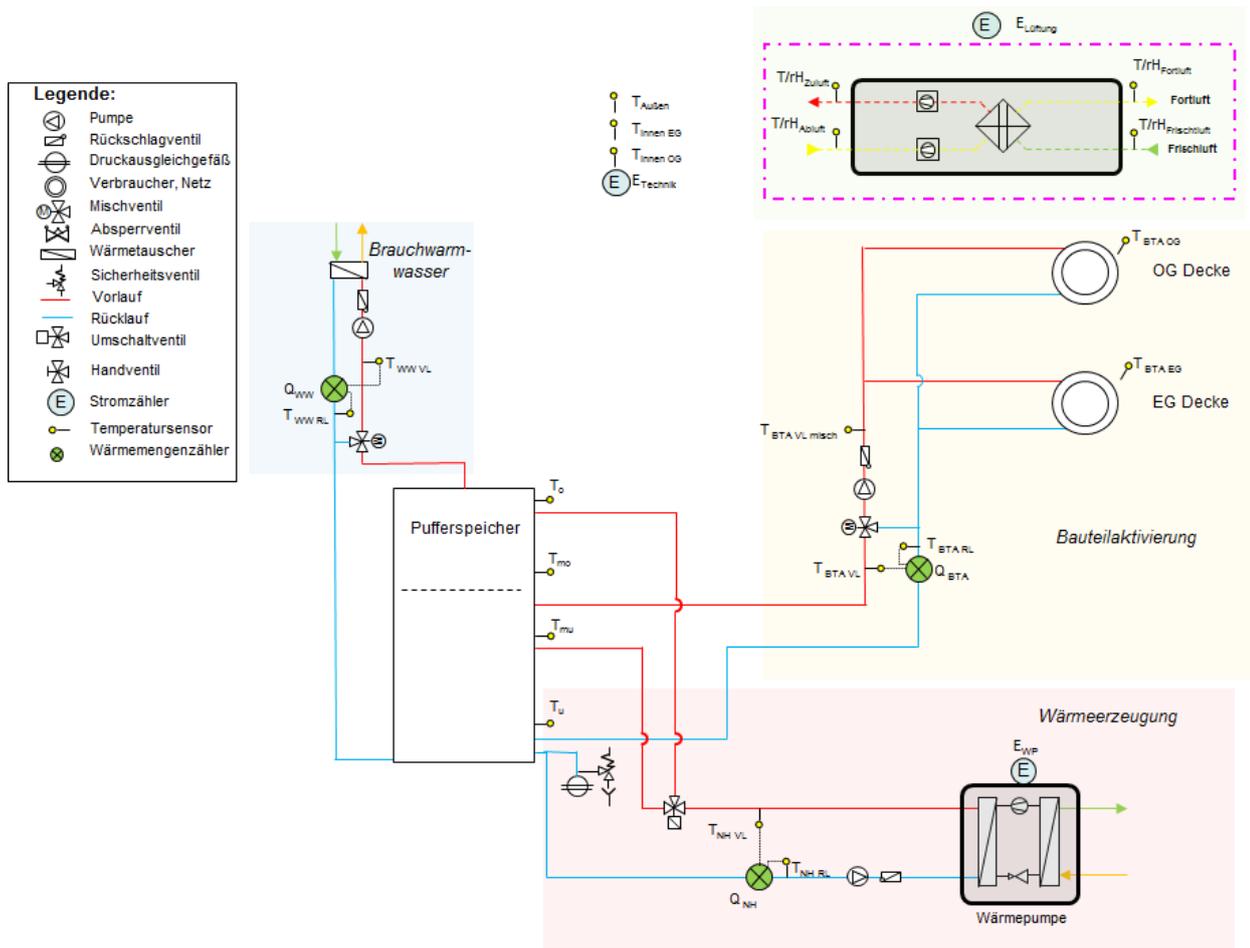


Abbildung 85: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

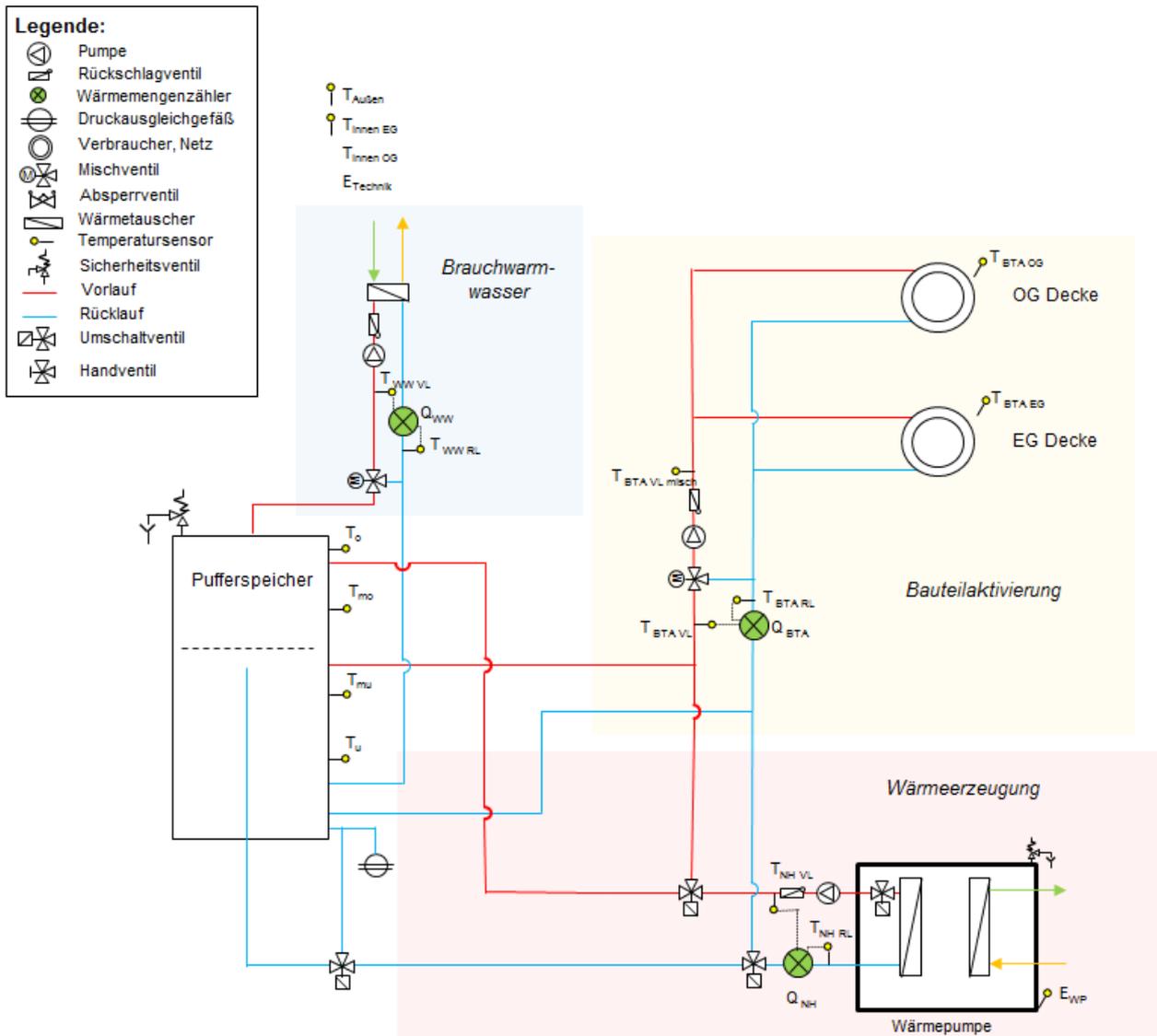


Abbildung 86: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

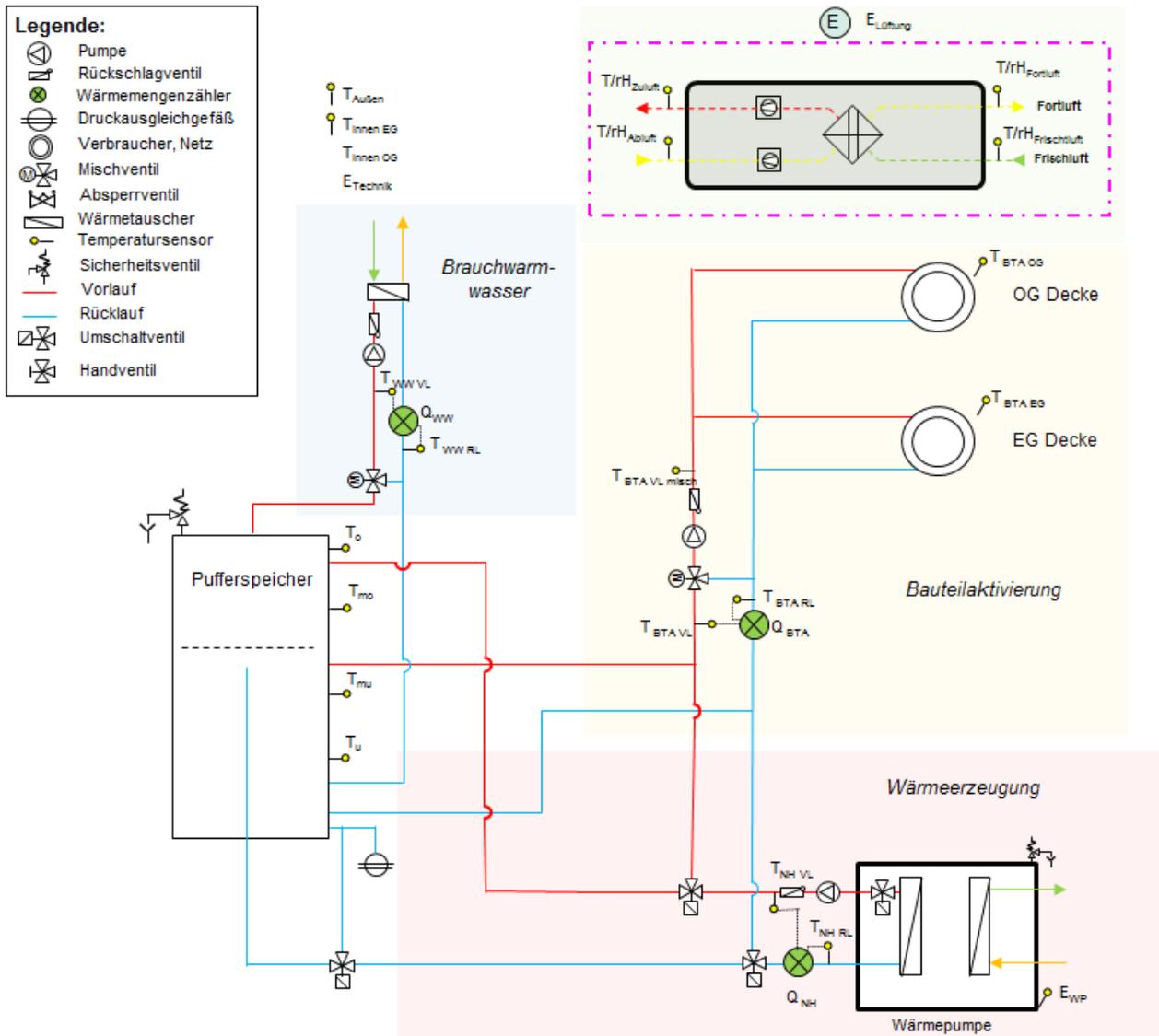


Abbildung 87: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

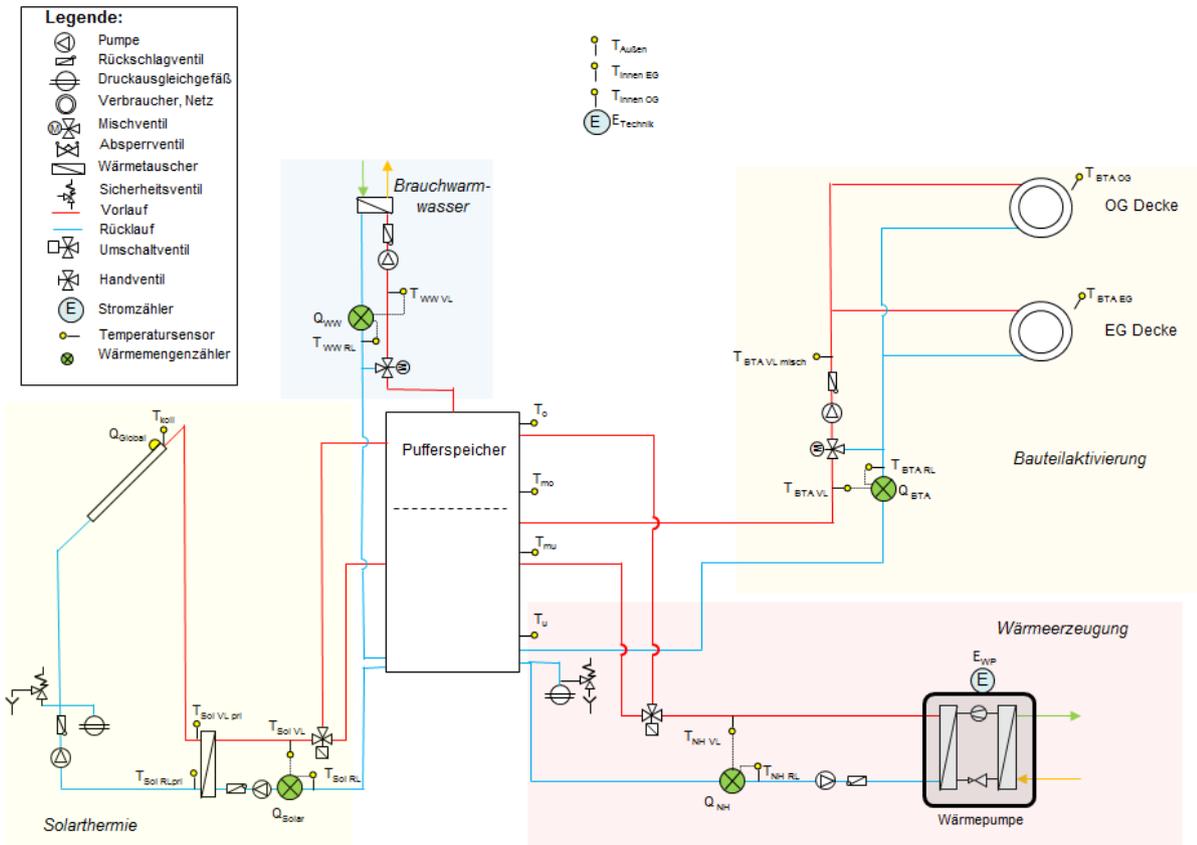


Abbildung 88: Anlagenschema Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

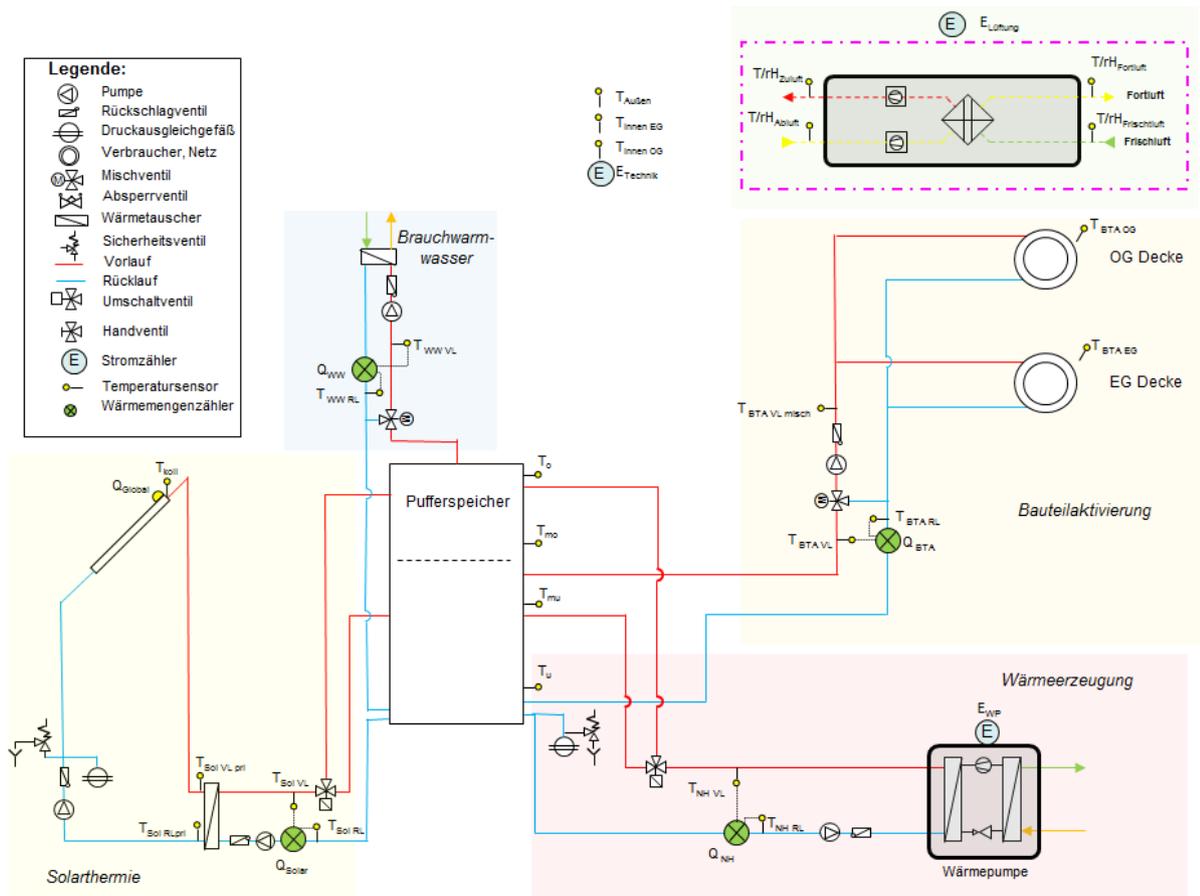


Abbildung 89: Anlagenschema Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; mit mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

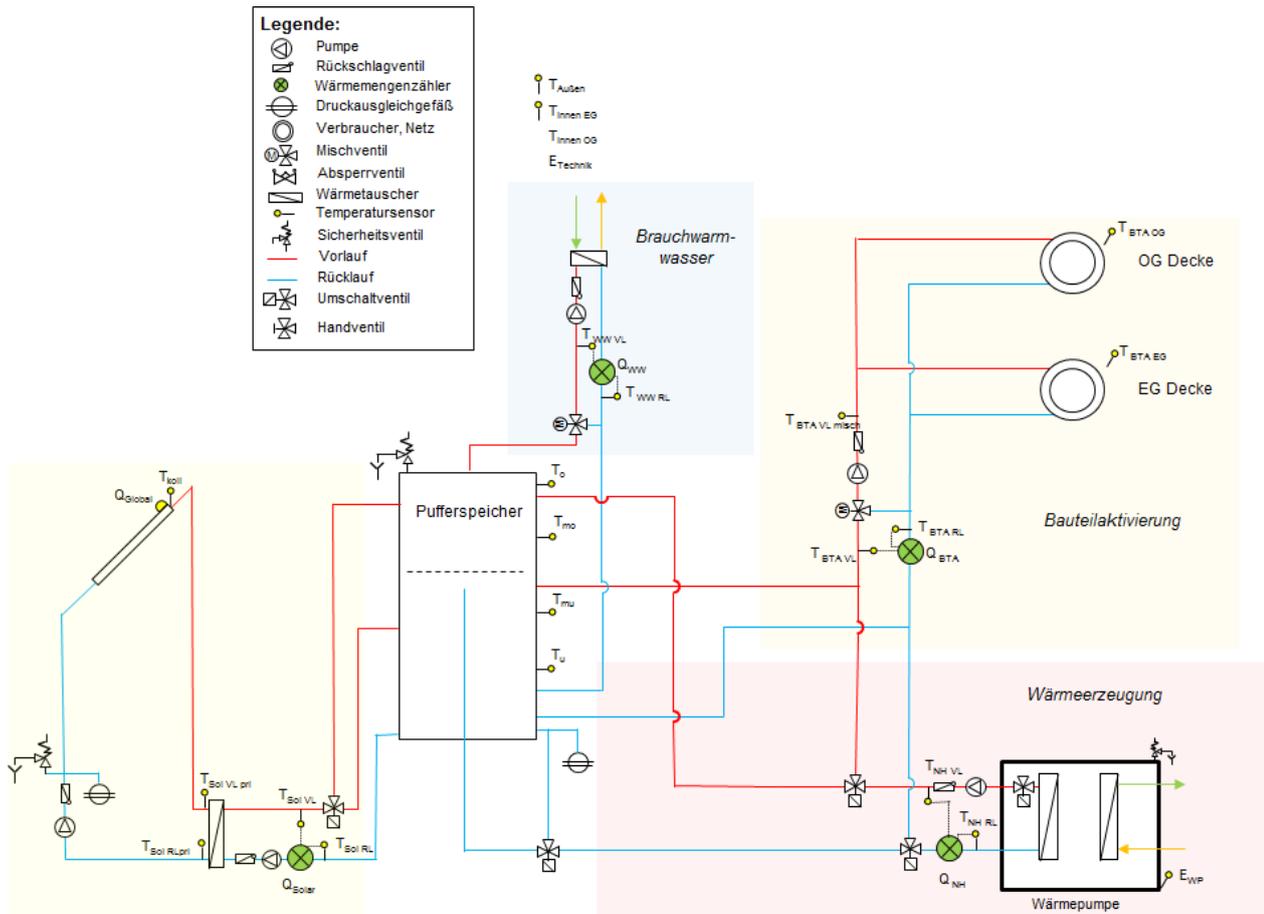


Abbildung 90: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

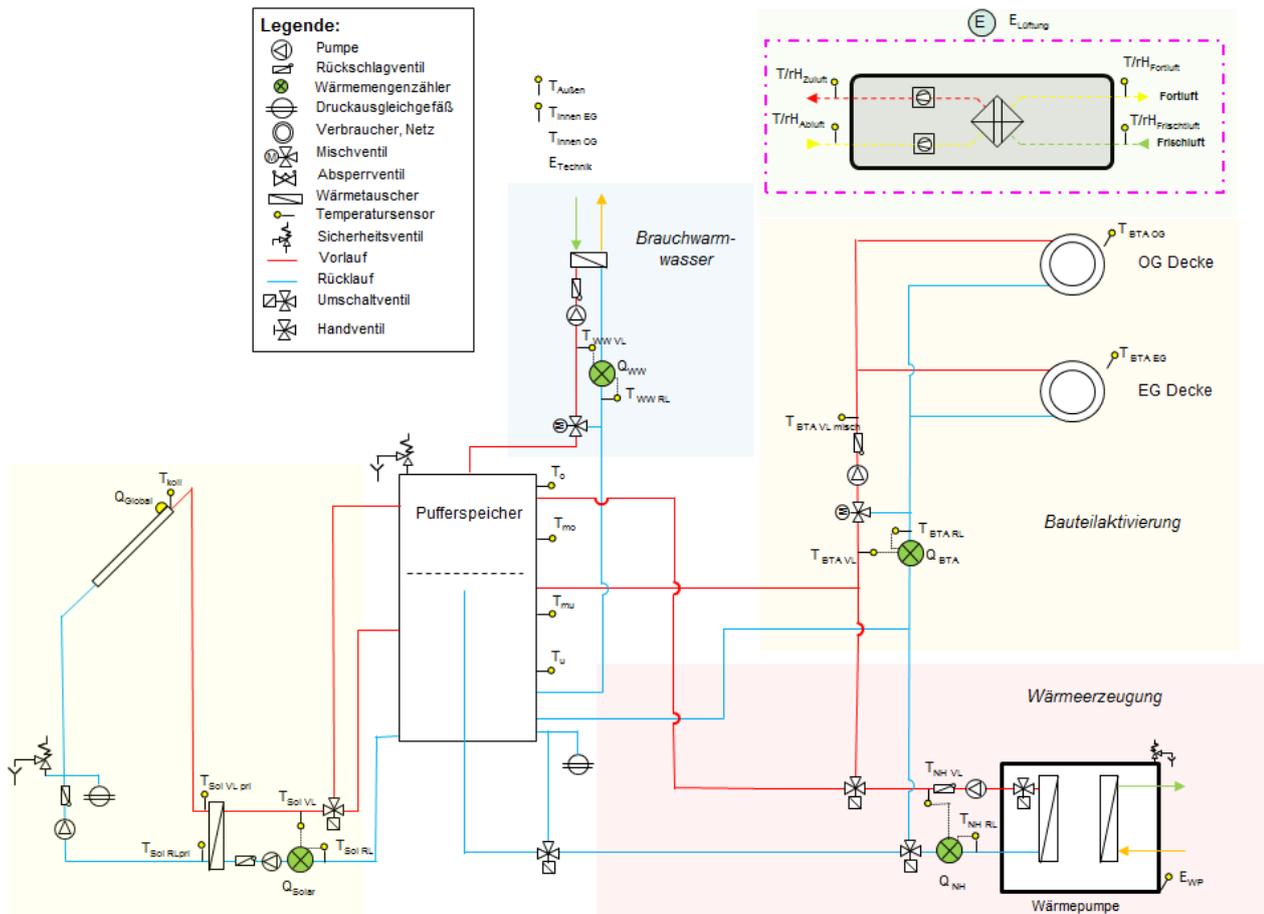


Abbildung 91: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

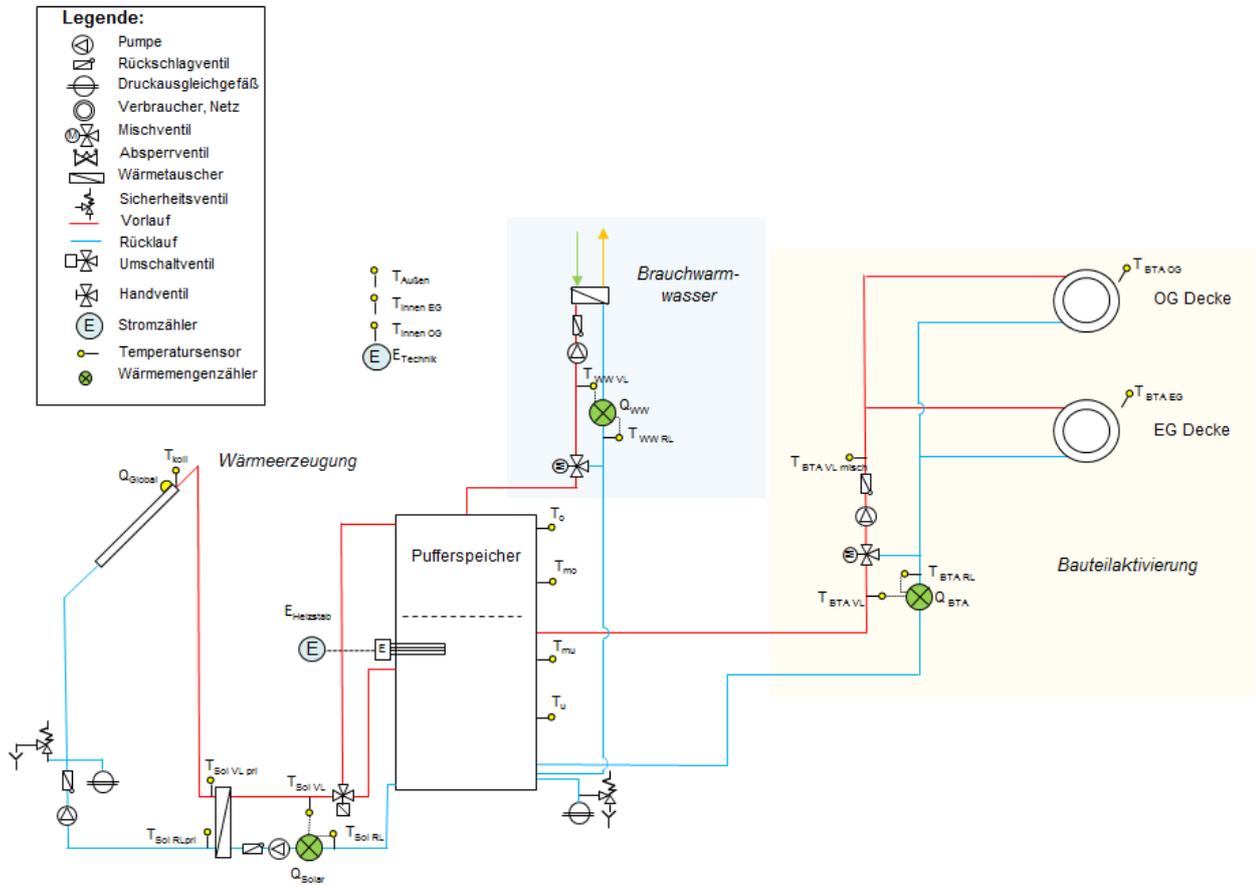


Abbildung 92: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers, ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

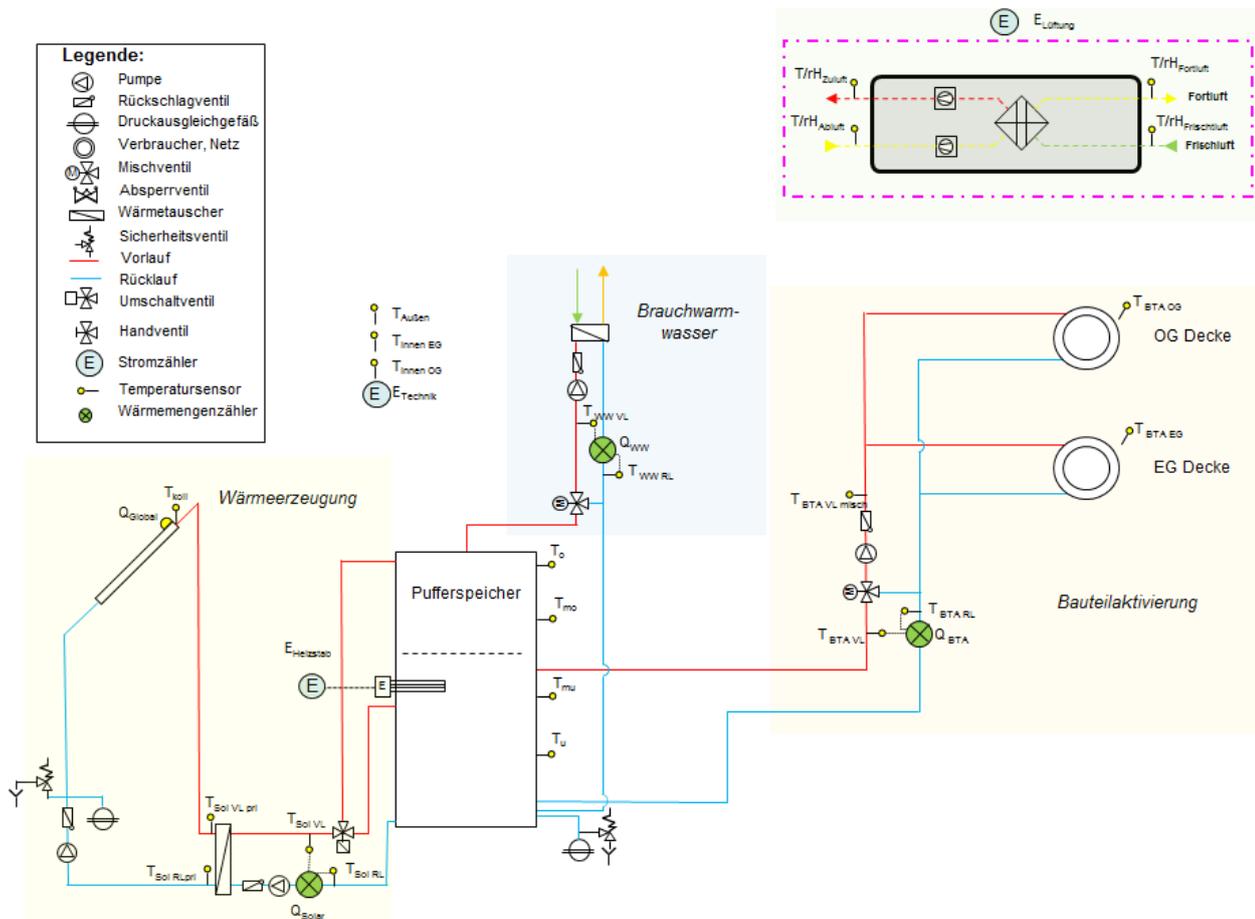


Abbildung 93: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers, mit mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)

8.1.2.2 Messgrößen

Basierend auf den Anlagenschemen im vorherigen Kapitel findet sich hier eine Liste der Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung. Unter einer Input-Output Bilanzierung wird die Energiebilanzierung verstanden, bei der sowohl die Inputs (Solarthermie, Wärmepumpe, Elektroheizstab) in den Pufferspeicher bzw. in die Bauteilaktivierung als auch sämtliche Outputs (alle Verbraucher) inkl. der dazugehörigen Temperaturen erfasst werden.

Dadurch können verbrauchsspezifische Rahmenbedingungen erfasst und Wechselwirkungen mit dem Solarsystem bzw. Beeinflussungen festgestellt werden. Ebenso kann der solare Deckungsgrad unter Berücksichtigung der Speicherverluste bestimmt werden.

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:

- Wärmeverbrauch
 - Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{Solar}
 - Wärmemengenzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH}
 - Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Raumheizung WMZ_{FBH}
 - Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Bauteilaktivierung WMZ_{BTA}
 - Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Warmwasser WMZ_{WW}
 - Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Zirkulationsleitung WMZ_{Zirk} (falls vorhanden)
- Stromverbrauch
 - Stromzähler Haustechnik $E_{Technik}$
 - Stromzähler Haushaltsstrom E_{HH}
- Temperaturen
 - Außentemperatur T_A
 - Wohnraumtemperatur T_{Innen}
 - Kollektortemperatur T_{Koll}
 - Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{Solar-pri_VL}$
 - Solarrücklauftemperatur im Primärkreis $T_{Solar-pri_RL}$
 - Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis $T_{Solar-sec_VL}$
 - Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis $T_{Solar-sec_VL}$
 - Vorlauftemperatur im Nachheizungskreis T_{NH-VL}
 - Rücklauftemperatur im Nachheizungskreis T_{NH-RL}
 - Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{FBH-VL}
 - Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{FBH-RL}
 - Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{BTA-VL}
 - Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{BTA-RL}
 - Warmwassertemperatur T_{WW_VL}
 - Kaltwassertemperatur T_{WW_RL}
 - Energiespeichertemperatur $T_{Puffer-u}, T_{Puffer-mu}, T_{Puffer-mo}, T_{Puffer-o}, \dots$
 - Bauteiltemperatur $T_{Baut-1}, T_{Baut-2}, T_{Baut-3}, T_{Baut-4}, \dots$
- Einstrahlung
 - Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}

8.1.2.3 Datenerfassung und Sensorik

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung der Anforderungen an das Messdatenerfassungssystem sowie an die Sensoren. Einbauerfordernisse für die Sensorik runden die Ausführungen ab.

Grundsätzliche Anforderungen an das System

Das System zur Messdatenerfassung, Speicherung und Messdatenübertragung muss folgende Punkte erfüllen.

- Das Datenloggersystem muss grundsätzlich als eigenständiges und von anderen Einflüssen unabhängiges System ausgeführt sein.
- Während der Datenerfassung muss eine automatisierte Plausibilitätsprüfung der Messdaten durchgeführt werden.
- Die erfassten Messdaten müssen mindestens drei Monate unabhängig von Stromausfällen im Datenlogger gespeichert bleiben.
- Sämtliche Messdaten der Sensoren müssen in einem 1 Minutenintervall auf dem Logger abgespeichert werden. Die Abtastung aller Sensoren hat alle 60 zu Sekunden erfolgen. Abtastraten kleiner 60 Sekunden sind zulässig.
- Der Datenfluss von der Messdatenerfassung bis zur Datenübertragung über mobiles- oder Festnetz - Internet muss vollkommen automatisiert ablaufen.
- Das Datenformat muss einen Aufbau haben, der eine automatische Verarbeitung (Datenimport) Datenbank des jeweils zuständigen Begleitforschungsteams ermöglicht.
- Alle Sensoren müssen den nachfolgenden Spezifikationen entsprechen und den anlagenspezifischen Anforderungen genügen. Es sind alle Einbauvorschriften der Hersteller einzuhalten!
- Für die Datenübertragung ist eine dauerhaft Internetverbindung bereitzustellen

Die Einheiten und die benötigte Auflösung der Messwerte sind der nachfolgenden Tabelle 18 zu entnehmen:

Tabelle 18: Einheiten und geforderte Auflösung zu den jeweiligen physikalischen Größen

Physikalische Größe	Einheit	Auflösung der Messwerte
Temperatur	°C	1 Nachkommastelle
Energie	kWh	3 Nachkommastellen bzw. Wh
Volumen	m ³	3 Nachkommastellen bzw. Liter
Leistung (therm. oder elektr.)	kW	3 Nachkommastellen bzw. W
Durchfluss	m ³ /h	3 Nachkommastellen oder Liter/h
Temperaturdifferenz	K	1 Nachkommastelle
Druck	bar	1 Nachkommastelle
Differenzdruck	bar	2 Nachkommastellen
Solarstrahlung	W/m ²	0 Nachkommastellen

Spezifikation der Sensoren

Wärmemengenzähler

Messung bei Medium Wasser:

- M-Bus fähiger Ultraschall-Wärmemengenzähler
- Ausgerüstet mit M-Bus Schnittstellenmodulen

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- Genauigkeitsklasse 2 (nach EN 1434)
- Geeicht; MID
- Zusätzliche Messwertspeicherung auf Monatsbasis im Rechenwerk
- Stichtagsprogrammierbar, LC-Display
- Nachrüstbar für Impulsausgang für Energie und Volumen.
- Stromversorgung: Batterie (5+1 Jahre) (Netzteil nachrüstbar)
- Temperaturbereich θ : 2 °C...150 °C
- Differenzbereich $\Delta\theta$: 3 K...130 K
- Temperatursensoren gepaart nach DIN IEC 751 und geeicht.
- opt. Schnittstelle: ZVEI kompatibel, Protokoll nach N 60870-5
- Platin-Widerstandsthermometer JMT 100-00 oder JMT 500
- Einbau: nass in Kugelhahn im Vor und Rücklauf.
- Zulassung nach PTB

Empfohlene Produkte:

Techem Ultra S3; Kamstrup MULTICAL® 302 (mit 12 Jahre Batterie) oder Vergleichbares

Kombinierte Wärme/Kälte Messung:

Für eine Wärme- und Kältemessung mit einem Zähler ist sicherzustellen, dass ein geeigneter Wärmemengenzähler mit einem separaten Zählregister verwendet wird. Zudem muss dieses per M-Bus ausgelesen werden können.

Messung bei Medium Frostschutzgemisch:

Bei der Energiemessung in hydraulischen Kreisen mit Wärmeträger (z.B. Glykol/Wasser Gemisch) ist auf Folgendes zu achten:

- Das Volumenstrommessteil muss für das jeweilige Medium geeignet sein und dieses mit entsprechender Genauigkeit erfassen.
 - Klasse 2: $\pm \left(2 + 0,02 \frac{qv}{q} \right) \%$ aber nicht mehr als $\pm 5 \%$
 - Klasse 3: $\pm \left(3 + 0,05 \frac{qv}{q} \right) \%$ aber nicht mehr als $\pm 5 \%$
- Das Rechenwerk muss für Medium Wasser ausgelegt sein und die Kalkulation der Energiemenge mit den Stoffdaten für Wasser durchführen.
- Der Begleitforschung ist eine exakte Angabe des Wärmeträgermediums (z.B. Wasser-Propylenglycol 40%; TYFOCOR® LS®; etc.) sowie ein Datenblatt mit Angabe der Dichte und Wärmekapazität des Gemisches zu übermitteln.

Das Rechenteil muss über eine M-Bus Schnittstelle verfügen.

Empfohlene Produkte:

superstatic-440 mit Rechenwerk supercal-531 mit Einstellung für Medium Wasser; Solar-Erfassungsgerät WZE 1,5 mit Rechenwerk classic S3 mit Einstellung für Medium Wasser;

Informationen zum Einbau von Wärmemengenzählern:

Damit bei der Montage von Wärmemengenzählern Fehler vermieden werden, sollten folgende Punkte beachtet werden (EN 1434-6:2016):

- Beim Einbau des Zählers sind die Anweisungen des Lieferanten einzuhalten, die sich auf die Fließrichtung, Einbaulage des Zählers und den richtigen Einbau der Temperaturfühler des Wärmezählers beziehen. Werden vom Hersteller keine Ein- und Auslaufstrecken angegeben, wird in der EN 1434-6 eine Einlaufstrecke $> 10 \times DN$ und eine Auslaufstrecke $> 8 \times DN$ empfohlen (siehe Abbildung 94).

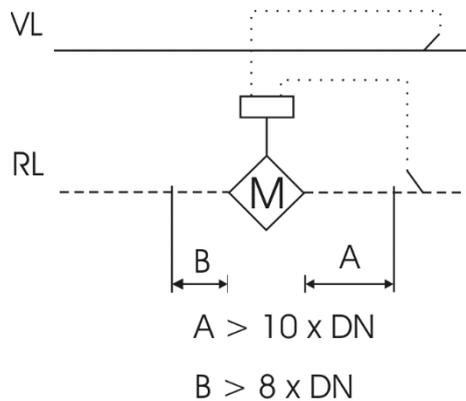


Abbildung 94: Ein- und Auslaufstrecke bei Wärmemengenzählern (EN 1434-6)

- Vor dem Einbau ist der Kreislauf, in den der Durchfluss-Sensor eingebaut werden soll, gründlich zu spülen um Verunreinigungen zu entfernen. Das Sieb ist, soweit vorhanden, zu säubern.
- Der Wärmezähler ist gegen Beschädigungen durch Stöße oder Vibrationen zu schützen, die am Einbauort entstehen können.
- Der Wärmezähler darf keinen, von Rohren oder Formstücken verursachten, übermäßigen Spannungen ausgesetzt werden,
- Die Rohrleitungen des Heizungssystems sind vor und hinter dem Wärmezähler hinreichend zu verankern.
- Wärmezähler, die eine Netzversorgung haben, sind entsprechend den gültigen elektrischen Vorschriften anzuschließen.
- Signalleitungen dürfen nicht unmittelbar neben Hauptversorgungsleitungen verlegt und müssen unabhängig geschützt sein. Der Abstand zwischen Signalleitungen und Versorgungsleitungen muss mindestens 50 mm betragen.
- Jede Signalleitung zwischen Temperaturfühlern und Rechenwerk muss in der Länge kontinuierlich sein und darf keine Verbindungen aufweisen.
- Es sind Maßnahmen zu treffen, damit der Wärmezähler nicht durch hydraulische Einflüsse wie Kavitation, Rückschläge und Druckstöße beschädigt wird.

Temperatursensoren

Spezifikation des Messelements:

PT1000 1/3 DIN B Ausführung mit Messumformer 4...20mA oder 3 bzw. 4 Leitermessung!

Hinweis:

Im gesamten Solar-Primärkreislauf ist auf eine temperaturbeständige Ausführung der Temperaturmessung zu achten (Temperaturen bei Flachkollektoren bis 220° und bei Vakuumkollektoren bis 300°C sind möglich). In diesen Bereichen muss auf temperaturbeständige Fühlerelemente bzw. temperaturbeständige Anschlussleitung aus Silikon oder PTFE zurückgegriffen werden.

Informationen zum Einbau von Temperatursensoren

Damit optimale Messbedingungen vorherrschen, sollten beim Einbau von Temperatursensoren folgende Punkte beachtet werden:

- Temperatursensoren sind „nass“ einzubauen. Ist dies aus Gründen der Betriebssicherheit nicht möglich, so ist der Einbau von Tauchhülsen grundsätzlich möglich. Anlegefühler sind nicht zulässig.
- Die erforderliche Länge der Tauchhülse ist von der Größe des Wärmeüberganges, also von der Art des Wärmeträgers abhängig. Die Eintauchtiefe bzw. die Schutzrohrlänge hat mind. das 1,5-fache der Länge des Fühlerelementes und mindestens das 8-fache des Schutzrohrdurchmessers zu betragen.
- Die Temperatur der Rohrwand sowie die der Einbaustelle müssen annähernd gleich der Temperatur des Wärmeträgers sein. Dies wird durch ausreichende Wärmeschutzisolierung der Rohrleitung und der Einbaustelle erreicht.
- Die mechanische Beanspruchung ist gering zu halten.
- Das Fühlerelement bzw. die Fühlerleitung nach der höchst möglichen Temperaturbelastung auswählen.
- Der Wärmeübergang kann durch den Einsatz entsprechender Wärmeleitpasten (auf die Temperaturbeständigkeit achten) verbessert werden.
- Der Messeinsatz ist kraftschlüssig mit dem Schutzrohr bzw. der Tauchhülse zu verbinden. Besonders wichtig ist es, die Messeinsätze ohne Spiel im Schutzrohr einzupassen und sie mit dem untersten Teil des Schutzrohres bzw. Schutzrohrbodens wärmeschlüssig zu verbinden (Wärmeleitpasta).

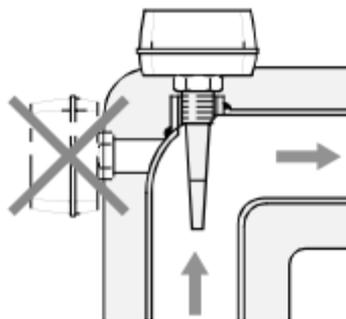


Abbildung 95: Ideale Einbausituation eines Temperatursensors

Empfohlenes Produkt:

PT1000 1/3 DIN B 3 oder 4 Leiter; Messumformer PAQ-H PLUS oder ähnliches

Einstrahlungssensoren

Nachfolgende Spezifikationen beschreiben die Anforderungen an den Einstrahlungssensor:

- Messbereich : 0 - 1500 W/m²
- Sensortyp: Monokristalline Zelle (33 mm / 50 mm)
- Sensor-Genauigkeit: ±5 % Jahresmittel
- Elektrischer Ausgang: 4 - 20 mA oder 0 - 10 V oder 0 - 3.125 V oder 0 - 150 mV
- Kalibrierung: Sonnensimulator Solar Constant 1200 mit einem im Fraunhofer ISE (Freiburg) kalibrierten Referenzsensor
- Sensoraufbau: Kapselung der Messzelle in Glas
- Versorgungsspannung: 5 - 30 V DC oder 12 - 30 V DC
- Leistungsaufnahme: Ca. 30 mW
- Gehäuse: Polycarbonat, UV-beständig mit PG-Verschraubung
- Anschlusstyp: Anschlussklemmen, 1,5 mm²

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- Montage: Bohrungen zur Befestigung mit Schrauben und rückseitigem Schlitz für die Befestigung mit Schlauchschelle
- Dimensionen (L / B / H): 150 mm / 80 mm / 60 mm
- Gewicht: 300 g
- Garantie: 2 Jahre
- Normen: CE-Zeichen

Empfohlenes Produkt:

Spektron 320 oder Vergleichbares

Der Strahlungssensor ist exakt in Kollektorebene zu positionieren! (Neigung & Azimut)

Stromzähler

Es sind geeichte M-Bus oder Modbus fähige Stromzähler der Klasse 1 (CEI 62052-11 & 62053-21) oder Klasse B (MID EN50470-1 & 50470-3) zu verwenden. (z.B. DZ65 (MID) MBus)

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

9 Kontaktdaten

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Bednar

Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz
Institut für Hochbau und Technologie
Fakultät für Bauingenieurwesen
Technische Universität Wien

Postadresse: Karlsplatz 13/206/2, A-1040 Wien
Büro: Adolf-Blamauer-Gasse 1-3/206/2, A-1030 Wien

T +43-1-58801-20602
F +43-1-58801-20698

thomas.bednar@tuwien.ac.at
www.bph.tuwien.ac.at

Auflistung der weiteren Projekt- bzw. KooperationspartnerInnen Name / Institut oder Unternehmen

10 Literaturverzeichnis

- [ANT13] Antretter Florian, Klingenberg Katrin, Pazold Matthias, Krause Harald, Holm Andreas, Künzel Hartwig: Planungs-Tool für Passivhäuser - Monatsbilanzverfahren und hygrothermische Simulation. Neu-Isenburg: Zeittechnik Verlag GmbH - wksb 69/2013. 2013.
- [BAE10] Baehr Hans D., Stephan Karl: Wärme und Stoffübertragung. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 7. Auflage. ISBN: 978-3-642-05500-3.
- [BOI12] Bointner Raphael, Ghaemi Sara, Haas Reinhard, Huber-Fauland Heike, Ponweiser Karl, Wertz Dietrich, Bednar Thomas, Leeb Thomas, Wegerer Paul, Harreither Christoph, Ipser Christina, Krec Klaus, Steiner Tobias, Stieldorf Karin, Wimmer Robert, Eikemeier Sören: Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2012.
- [BMW12] Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend. URL: <http://www.bmwfj.gv.at/hp/klimadatenbank/Seiten/klimadaten.aspx> [Datum des Zugriffs: 22.05.2012]. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht erreichbar.
- [FEI05] Feist Wolfgang: Heizlast in Passivhäusern – Validierung durch Messungen. Darmstadt: Passivhaus Institut. 2005
- [FRI16] Felix Friembichler, Simon Handler, Klaus Kreč, Harald Kuster: Thermische Bauteilaktivierung – Planungsleitfaden für Einfamilien- und Reihenhäuser. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2016.
- [GEQ18] GEQ Zehentmayer Energieausweis Software. Version 2018.7. Salzburg: Zehentmayer Software GmbH. 2018.
- [HAN13] Simon Handler: Ein Beitrag zur Berücksichtigung der solaren Wärmegewinne bei der Ermittlung der Heizleistung eines Referenzraumes. Diplomarbeit an der FH Burgenland. 2013.
- [HAN14] Simon Handler: Steigerung der Effizienz von kleinvolumigen Wohnbauten durch solarthermische Aktivierung von Betondecken. Dissertation an der Technischen Universität Wien. 2014.
- [KLI18] Klima- und Energiefonds – Leitfaden Demoprojekte Solarhaus. URL: https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Leitfaden_Solarhäuser_2018_final.pdf [Datum des Zugriffs: 14.12.2018].
- [KRE08] Klaus Kreč: Programmpaket GEBA. Version 7.0. Simulation des thermischen Verhaltens von Räumen, Raumgruppen oder Gebäuden. Schönberg am Kamp: 1995-2008.
- [NAT08] OIB – Richtlinie 6, NAT Excel. EXCEL – Tool zur Berechnung der Normaußentemperatur. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik. 2008.

- [ONO06] ÖNORM EN ISO 7730. Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2006.
- [ONO08] ÖNORM EN 13577-1 (zurückgezogen). Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von eingebetteten Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasser als Arbeitsmedium – Teil 1: Bestimmung der Auslegungs-Heiz- bzw. Kühlleistung; Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2008.
- [ONO09] ÖNORM EN 1264-3. Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 3: Auslegung. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2009.
- [ONO 11] ÖNORM B 8110-5. Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2011.
- [ONO12] ÖNORM B 8110-3. Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2012.
- [ONO13] ÖNORM B 8110-7. Wärmeschutz im Hochbau – Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2013.
- [ONO14] ÖNORM B 8110-6. Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2014.
- [ONO15] ÖNORM H 7500. Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert $\geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2015.
- [ONO16] ÖNORM EN ISO 11855-1. Umweltgerechte Gebäudeplanung – Planung Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter Strahlheizungs- und -kühlsysteme – Teil 1: Begriffe, Symbole und Komfortkriterien (ISO 1855-1:2012). Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2015.
- [ONO18] ÖNORM EN 12831-1. Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Teil 1: Raumheizlast. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2018.
- [ONO18a] ENTWURF ÖNORM H 12831-1. Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Nationale Festlegungen und nationale Erläuterungen zu ÖNORM EN 12831-1. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 2018.
- [PÖH13] Pöhn Christian, Pech Anton, Bednar Thomas, Streicher Wolfgang: Bauphysik – Erweiterung 1, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Energieausweis – Gesamtenergieeffizienz. Wien: Springer-Verlag Wien. 2012. 2. Auflage. ISBN: 978-3-211-89236-7.
- [ROS12] Rosenberger Robert, Bednar Thomas, Handler Simon, Korjenic Azra, Leeb Markus, Schöberl Helmut, Hanic Radoslav, Hofer Richard, Ponweiser Karl, Huber-Fauland Heike, Pöhn Christian, Storch Alexander, Böhmer Siegmund, Fischer Daniela, Gössl Michael, Pölz Werner, Reisinger Hubert, Wagner Waldemar: Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für

Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2012.

[SOM40] Heidt F.D.: SOMBRERO. Version 4.01b. Software zur zeitabhängigen Berechnung des Schattenwurfs von Objekten auf eine beliebig orientierte Fläche. Universität Siegen. Fachgebiet Bauphysik und Solarenergie.

[VDI94] VDI – Wärmetlas: Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. Düsseldorf: VDI Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. 1994. 7. Auflage. ISBN: 3-18-401361-8.

ANHANG 1:

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablaufschema zur optimalen Auslegung der Gebäudetechnik (Auslegungsstrategie)	8
Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung der Berechnungsgrenzen für die Raumheizlast (links) und die Gebäudeheizlast (rechts).....	12
Abbildung 3: Rendering des Beispielgebäudes für die Analyse der wesentlichen Einflussgrößen (Quelle: [FRI16])	13
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Bilanzierung zur Berechnung der Heizlast	14
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen dem Tagesmittel der Außentemperatur und dem Tagesmittel der Heizleistung. Quelle: [FEI05]	19
Abbildung 6: Zusammenhang zwischen dem Tagesmittel der Außentemperatur und dem Tagesmittel der Globalstrahlung gemessen von einer Wetterstation am Standort Wien von 2005 bis 2012 mit Kennzeichnung des Auslegungszustands laut bestehender Normung. Quelle: [ROS12]	20
Abbildung 7: Festlegung des Reiz'schen Diffusstrahlungsfaktors (rechts) sowie des Link'schen Trübungs-faktors (links) für unterschiedliche Bewölkungszustände. Quelle: [KRE08].....	21
Abbildung 8: Synthetisch generiertes Auslegungsklima 1 „sonnig und kalt“ (links) und Auslegungsklima 2 „gemäßigt und bedeckt“ (rechts).....	22
Abbildung 9: Auswirkung der unterschiedlichen Einflussgrößen auf das Ergebnis der Heizlastberechnung des Beispielgebäudes	23
Abbildung 10: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums	24
Abbildung 11: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur bei gegebener Heizleistung über die thermisch aktivierten Bauteile während des Auslegungsklimas 1 mit Kennzeichnung des Minimums.....	25
Abbildung 12: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude als Ergebnis der Jahressimulation	26
Abbildung 13: Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit als Ergebnis der Jahressimulation	26
Abbildung 14: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur bei gegebener Heizleistung über die thermisch aktivierten Bauteile während des Auslegungsklimas 1, bei Auslegung auf das „gemäßigte und sonnige“ Klima	27
Abbildung 15: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation	28
Abbildung 16: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation	29
Abbildung 17: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation	30
Abbildung 18: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur und der Leistungsabgabe an die Bauteile über Wärmepumpe und 30 m ² Solarthermie während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) mit Kennzeichnung der Extremwerte	32
Abbildung 19: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der operativen Temperatur und der Leistungsabgabe an die Bauteile über Wärmepumpe und 30 m ² Photovoltaik während des Auslegungsklimas 1 mit Kennzeichnung der	

Extremwerte (oben: max. Leistung der Wärmepumpe 2.000 W; unten: max. Leistung der Wärmepumpe 4.000 W)	33
Abbildung 20: Monatsmittelwerte der Außenlufttemperatur der gewählten halbsynthetischen Klimadaten für die Standorte Wien und Klagenfurt	34
Abbildung 21: Ermittlung der Auskühldauer des Beispielgebäudes von 23°C auf 21°C unter dem Klimazustand „gemäßigt und bewölkt“	40
Abbildung 22: Darstellung des solaren Deckungsgrads in Abhängigkeit der Auskühldauer für sämtliche Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 1 „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“	41
Abbildung 23: Nomogramm 1 „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ mit Darstellung der für die Förderung „Demoprojekte Solarhaus“ relevanten 70% Grenze [KL18]	41
Abbildung 24: Darstellung des solaren Deckungsgrads in Abhängigkeit der Auskühldauer für sämtliche Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 2 „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“	42
Abbildung 25: Nomogramm 2 „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“	42
Abbildung 26: Darstellung des Deckungsgrads für netzseitige Umweltenergieversorgung in Abhängigkeit der Auskühldauer sämtlicher Simulationsvarianten für die Erstellung des Nomogramm 3 „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“	43
Abbildung 27: Nomogramm 3 „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“	43
Abbildung 28: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Solarthermieanlagen	44
Abbildung 29: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Photovoltaikanlagen	44
Abbildung 30: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Pufferspeicher	45
Abbildung 31: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten sowie Wartungskosten für den Elektroheizstab	45
Abbildung 32: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 2 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für gasbetriebene Heizkessel	45
Abbildung 33: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für biomassebetriebene Heizkessel	46
Abbildung 34: Beispielhafte Kostenfunktionen für die Installationskosten (in 3 Effizienzstufen) sowie Wartungskosten für Wärmepumpen	46
Abbildung 35: Beispielhafte Ergebnisse der kostenoptimalen Auslegung des Solarhauses 2015 mit dem System „Photovoltaik - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ (ohne Berücksichtigung von Haushaltsstrom)	47
Abbildung 36: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von Solarthermie und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FRI16])	48
Abbildung 37: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von Photovoltaik und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FRI16])	49
Abbildung 38: Darstellung des im Rechenkern abgebildeten Gebäudekonzepts für die Kombination von netzseitig bereitgestellter Umweltenergie und Bauteilaktivierung (Quelle: Planungsleitfaden [FRI16])	50
Abbildung 39 Darstellung der grundsätzlichen Funktionsweise des Gebäudes als Energiespeicher	51
Abbildung 40: Auswertung von Messdaten eines repräsentativen Zeitraums eines umgesetzten Einfamilienhauses mit dem Gebäudekonzept „Externes Freigabesignal - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ zur Darstellung des regelungstechnischen Funktionsprinzips (Datenquelle: VÖZ)	51
Abbildung 41: Auswertung von Simulationsergebnissen eines Gebäudes mit dem Gebäudekonzept „Solarthermie - Wärmepumpe - Bauteilaktivierung“ zur Darstellung des regelungstechnischen Funktionsprinzips	52
Abbildung 42: Architektur der Umsetzung aus [GLA14]	65

Abbildung 43: Auszug eines JSON Requests zum Aufruf des Web Services	68
Abbildung 44: Auszug einer JSON Response nach dem Aufruf des Web Services	69
Abbildung 45: Tabellenblatt „Params“ der User Interface Excel Datei	70
Abbildung 46: Tabellenblatt „Zonen“ der User Interface Excel Datei	72
Abbildung 47: Tabellenblatt „Speicher“ der User Interface Excel Datei	73
Abbildung 48: Parameter für Wärmepumpen im Blatt "WP"	77
Abbildung 49: Tabellenblatt „Waende“ der User Interface Excel Datei	78
Abbildung 50: Eine Wand besteht aus beliebig vielen Schichten und Elementen	79
Abbildung 51: Umrechnung der massespezifischen in flächenspezifische und damit elementwirksame Kapazität	80
Abbildung 52: Tabellenblatt „Fenster“ der User Interface Excel Datei	80
Abbildung 53: Tabellenblatt „WwLeitungsverluste“ der User Interface Excel Datei	82
Abbildung 54: Tabellenblatt „Lasten“ der User Interface Excel Datei	82
Abbildung 55: Tabellenblatt „Daten“ (Ergebnisse) der User Interface Excel Datei	84
Abbildung 56 Der Screenshot "Bauwerk" zeigt die Eingabemöglichkeiten im Speziellen die Gebäudenutzung.	86
Abbildung 57 Der Screenshot zeigt die Eingaben für die opaken, transparenten Bauteile und die Standorteingabe für das Gewerk "Architektur".	86
Abbildung 58 Der Screenshot "Bauphysik" zeigt im Wesentlichen die Eingabemöglichkeit der Wärmedurchgangskoeffizienten und eine genauere Flächenangabe der Bauteile.....	87
Abbildung 59 Der Screenshot zur Gebäudetechnik ist sehr umfangreich. Im Wesentlichen sind die typischen Eingaben zu den Technikkomponenten, aber auch das Freigabesignal zur Berücksichtigung eines Temperaturbandes zu sehen.	87
Abbildung 60 Der Screenshot "Auslegung" beinhaltet im „Schritt 1“ die Klimaszenarien nach [ROS12] und im „Schritt 2“ und „3“ die Ganzjahressimulation.	88
Abbildung 61 Die Ergebnisse können anschließend in einer Gliederung die dem Energieausweis angelehnt ist analysieren. Dieser Screenshot zeigt die Energiekennzahlen des aktuell berechneten Gebäudes und eins von unterschiedlichen Diagrammen.	88
Abbildung 62 Eingabedaten für Bauherr, Architektur und Bauphysik.....	90
Abbildung 63 Eingabedaten für Gebäudetechnik	91
Abbildung 64 Ergebnisse der Simulation für das erste Jahr. Erkennbar ist der Aufheizvorgang durch den Kessel im Jänner. Im ersten Winter kühlt der Speicher nicht unter 60°C.	92
Abbildung 65 Ergebnisse der Simulation für das zweite Jahr. Erkennbar das eine externe Wärmezufuhr zum System nicht mehr notwendig ist.	93
Abbildung 66 Eingabedaten für Bauherr, Architektur und Bauphysik.....	95
Abbildung 67 Eingabedaten für Gebäudetechnik	96
Abbildung 68: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums	100
Abbildung 69: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation	101
Abbildung 70: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums	103
Abbildung 71: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation	104

Abbildung 72: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums.....	106
Abbildung 73: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation.....	107
Abbildung 74: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums.....	109
Abbildung 75: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation.....	110
Abbildung 76: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums.....	112
Abbildung 77: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation.....	113
Abbildung 78: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums.....	115
Abbildung 79: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation.....	116
Abbildung 80: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der erforderlichen Heizleistung, um die Soll-Lufttemperatur im Gebäude während des Auslegungsklimas 1 (oben) und des Auslegungsklimas 2 (unten) aufrechterhalten zu können mit Kennzeichnung des Maximums.....	118
Abbildung 81: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Außenlufttemperatur und operativer Temperatur im Gebäude (oben) und Darstellung der Temperaturunterschreitungshäufigkeit (unten) als Ergebnis der Jahressimulation.....	119
Abbildung 82: Anlagenschema Wärmeerzeugung ausschließlich über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	126
Abbildung 83: Anlagenschema Wärmeerzeugung ausschließlich über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	127
Abbildung 84:Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	128
Abbildung 85: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	129
Abbildung 86: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	130
Abbildung 87: Wärmeerzeugung über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	131
Abbildung 88: Anlagenschema Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	132
Abbildung 89: Anlagenschema Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers; mit mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC).....	133

Abbildung 90: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)	134
Abbildung 91: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Wärmepumpe, Beladung des Pufferspeichers oder direkt der Bauteile; mit mechanischer Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)	135
Abbildung 92: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers, ohne mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)	136
Abbildung 93: Wärmeerzeugung über solarthermische Anlage, Backup über Elektro-Heizstab im Pufferspeicher, ausschließliche Beladung des Pufferspeichers, mit mechanische Lüftungsanlage (Quelle: AEE INTEC)	137
Abbildung 94: Ein- und Auslaufstrecke bei Wärmemengenzählern (EN 1434-6)	141
Abbildung 95: Ideale Einbausituation eines Temperatursensors	142

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorien des Umgebungsklimas zur Beschreibung der Behaglichkeit nach [ONO06]	10
Tabelle 2: Asymmetrie der Strahlungstemperatur nach [ONO06]	11
Tabelle 3: Berücksichtigung von Wärmebrücken gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831	15
Tabelle 4: Berücksichtigung des Mindestluftwechsels gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831	16
Tabelle 5 Norm-Innentemperatur gemäß ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 bzw. künftig ÖNORM H 12831	17
Tabelle 6: Tabellarische Darstellung des Solaren Deckungsgrad für die Basisvariante, einen erhöhten Warmwasserverbrauch und dem weglassen der Lüftungsanlage.....	93
Tabelle 7: Tabellarische Darstellung des Stromverbrauchs und des Anteils innerhalb der Freigabe für Ökostrom. Durch die Aktivierung der Betondecken kann die Zeit verdoppelt werden in der Strom in der freigegebenen Zeit konsumiert wird. Eine	97
Tabelle 8: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	99
Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	102
Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	105
Tabelle 11: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	108
Tabelle 12: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	111
Tabelle 13: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	114
Tabelle 14: Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse	117
Tabelle 15: identifizierte Fehler und Probleme bei der Konzeptionierung des Monitorings	122
Tabelle 16: identifizierte Fehler und Probleme bei der Installation der Messtechnik	123
Tabelle 17: identifizierte Fehler und Probleme bei der Datenaufzeichnung und -auswertung.....	124
Tabelle 18: Einheiten und geforderte Auflösung zu den jeweiligen physikalischen Größen	139
Tabelle 19: Randbedingungen für die Strahlungsberechnung	157
Tabelle 20: Längen- und Breitengrade, sowie Seehöhe für die Validierung	157
Tabelle 21: Allgemeine Randbedingungen.....	159
Tabelle 22: Dichte und Speicherkapazität der Wärmeleitungsmedien	159
Tabelle 23: Energiepreise	159

Tabelle 24: Umrechnungsfaktoren der Energieträger auf Primärenergie.....	159
Tabelle 25: Umrechnungsfaktoren der Energieträger auf CO2.....	160
Tabelle 26: Auswahl der in der Simulation berücksichtigten Heizsysteme	160
Tabelle 27: Eingangsgrößen für die Modellierung der Wärmeverteilverluste	161
Tabelle 28: Eingangsgrößen für die Berechnung der Warmwasserverteil- und Warmwasserabgabeverluste.....	161
Tabelle 29: Temperaturen zur Regelung der Haustechnik.....	162
Tabelle 30: Eingabedaten Wärmepumpe	163
Tabelle 31: Inputparameter zur Bauteilaktivierung	164
Tabelle 32: Inputparameter für das Raumknotenmodell	164
Tabelle 33: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	164
Tabelle 34: Beschreibung der Bauteilaufbauten.....	165
Tabelle 35 Beschreibung der Bauteile.....	169
Tabelle 36: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung	170
Tabelle 37: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation	170
Tabelle 38: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung.....	172
Tabelle 39: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	172
Tabelle 40: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufs	173
Tabelle 41: Ergebnisse der idealen Simulation (Variante 1) des 1. Referenzgebäudes.....	173
Tabelle 42: Validierungsergebnisse des 1. Referenzgebäudes	173
Tabelle 43: Beschreibung der Bauteilaufbauten.....	174
Tabelle 44: Beschreibung der Bauteile.....	178
Tabelle 45: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung	178
Tabelle 46: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung - Lichtkuppeln.....	179
Tabelle 47: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation	179
Tabelle 48: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung.....	183
Tabelle 49: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	183
Tabelle 50: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufs	183
Tabelle 51: Ergebnisse der idealen Simulation des 2. Referenzgebäudes.....	184
Tabelle 52: Validierungsergebnisse des 2. Referenzgebäudes	184
Tabelle 53: Beschreibung der Bauteilaufbauten.....	185
Tabelle 54: Beschreibung der Bauteile.....	188
Tabelle 55: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung	189
Tabelle 56: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation	190
Tabelle 57: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung.....	191
Tabelle 58: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	191
Tabelle 59: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes.....	191
Tabelle 60: Ergebnisse der idealen Simulation des 3. Referenzgebäudes.....	191
Tabelle 61: Validierungsergebnisse des 3. Referenzgebäudes	192
Tabelle 62: Beschreibung der Bauteilaufbauten.....	193
Tabelle 63: Beschreibung der Bauteile.....	194
Tabelle 64: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung	195
Tabelle 65: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation	195
Tabelle 66: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung.....	196
Tabelle 67: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	196
Tabelle 68: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes.....	197
Tabelle 69: Ergebnisse der idealen Simulation des 4. Referenzgebäudes.....	197

Tabelle 70: Validierungsergebnisse des 4. Referenzgebäudes	197
Tabelle 71: Beschreibung der Bauteilaufbauten.....	198
Tabelle 72: Beschreibung der Bauteile.....	200
Tabelle 73: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung	201
Tabelle 74: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation	201
Tabelle 75: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung	202
Tabelle 76: Eingangsparameter für die Speichermodellierung	202
Tabelle 77: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes	203
Tabelle 78: Ergebnisse der idealen Simulation des 5. Referenzgebäudes.....	203
Tabelle 79: Validierungsergebnisse des 5. Referenzgebäudes	203
Tabelle 80: Anpassung der Standortdaten	205
Tabelle 81: Anpassung der Standortdaten	206
Tabelle 82: Anpassung der Standortdaten	206
Tabelle 83: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung.....	207
Tabelle 84: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung.....	207
Tabelle 85: Eingangsparameter für die Heizkessel - Modellierung.....	207
Tabelle 86: Anpassung der Standortdaten	207
Tabelle 87: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung.....	208
Tabelle 88: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung.....	208
Tabelle 89: Eingangsparameter für die Wärmepumpen - Modellierung.....	208
Tabelle 90: Anpassung der Standortdaten	209
Tabelle 91: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung.....	209
Tabelle 92: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung.....	209
Tabelle 93: Eingangsparameter für die Lüftungsmodellierung	210

13 ANHANG 1: Case-Studies: Ringrechnungsbeispiele und Validierung

Nachfolgend werden die Case-Studie-Gebäude vollständig dokumentiert, um sie als Grundlage für Ringrechnungsbeispiele heranziehen zu können. Die nachfolgende Gebäudedokumentation gibt Softwareherstellern die Möglichkeit ihre Programmumsetzungen im Rahmen von Ringrechnungen mit den in diesem Projekt entwickelten Simulationsmodellen vergleichen zu können.

Anhand der in diesem Kapitel beschriebenen Case-Study-Gebäude werden auch die beiden Simulationstools gegeneinander validiert. Hierfür werden die Beispielgebäude sowohl mit dem Matlab – Rechenkern, als auch mit dem Webservice durchgerechnet und die Ergebnisse entsprechend verglichen. Aufgrund des grundsätzlich unterschiedlichen Aufbaus der Programme (Differentialgleichungslösung, etc.) kann es zu leicht abweichenden Ergebnissen kommen. Als Referenzlösung sind nachfolgend jeweils die Ergebnisse der Matlab Simulation angegeben.

13.1 Dokumentation der für alle Gebäude gleichbleibenden Berechnungsrandbedingungen

Vorab erfolgt die Definition des Umgebungsklimas, sowie allen anderen für die Validierung der Simulationsprogramme notwendigen Randbedingungen. In den darauffolgenden Kapiteln werden die gewählten Randbedingungen und Eingangsgrößen zur Abbildung der Bautechnik und den gebäudetechnischen Anlagen der fünf Referenzgebäude festgehalten.

Die Validierungssimulationen werden bei allen Referenzgebäuden Schritt für Schritt aufgebaut. Zuerst werden die Gebäude ideal beheizt (Heizung über die Raumluft, ohne Wärmeabgabesystem) gerechnet. Anschließend wird die Wärmeabgabe über die Bauteile aktiviert. Es wird ein Pufferspeicher mit Elektroheizstab und wiederum im nächsten Schritt zum Pufferspeicher noch eine Wärmepumpe hinzugeschaltet. Die rückgewinnbaren Rohrleitungsverluste, der Warmwasserverbrauch und eine Solarthermie-Anlage stellen dann die letzten Schritte der Validierung dar. Dabei wurden für alle Gebäude dieselben Kennwerte dieser Systeme verwendet, lediglich die Kollektorfläche und Ausrichtung, das Speichervolumen etc. werden an das jeweilige Gebäude angepasst.

13.1.1 Umgebungsklima

Nachfolgend werden die für die Validierungsbeispiele gewählten Randbedingungen zur Berücksichtigung des Umgebungsklimas beschrieben.

Temperaturrandbedingungen

Außenlufttemperatur

Die Validierungsbeispiele basieren auf halbsynthetischen Klimadaten. Die verwendeten Klimadaten werden in [BOI12] beschrieben. Für die Validierungssimulationen wurden jeweils die Klimadaten der Stadt Wien verwendet.

Strahlungstemperatur des Himmels

Für die Validierung wird keine Differenz zwischen Himmels- und Umgebungs- bzw. Außenlufttemperatur für die Berechnung des Wärmeaustausches zwischen Bauteilen und ihrer Umgebung angesetzt.

Wärmeverluste von erdberührten Bauteilen

Die für die Validierungen definierten Gebäude verfügen zum Teil über eine erdberührte Bodenplatte oder erdberührte Außenwände. Die anzusetzende Erdtemperatur wird in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur und des jeweiligen Temperaturkorrekturfaktors für bodenberührte Bauteile gemäß ÖNORM B 8110-6 [ONO14] berechnet. Die angesetzten Temperaturkorrekturfaktoren für die einzelnen Bauteile der Referenzgebäude können den in den nachfolgenden Punkten aufgeführten Eingabewerten entnommen werden.

Quelltemperatur Wärmepumpe

Die Quelltemperatur der Wärmepumpe ist die Temperatur auf der „kalten“ Seite der Wärmepumpe. Je näher diese Temperatur an der Nutzttemperatur der Wärmepumpe (Vorlauftemperatur) liegt, umso höher ist die Arbeitszahl der Wärmepumpe. Für die Simulationen im Zuge dieses Forschungsprojektes, wird eine Quelltemperatur angenommen, die dem Verlauf der Außentemperatur angepasst ist.

Trinkwassertemperatur

Für die durchgeführten Berechnungen wird eine Trinkwassertemperatur von konstant 11,09°C angesetzt.

Strahlungsrandbedingungen

Direkt- und Diffusstrahlung auf die horizontale Ebene

Um die Strahlungsintensität auf beliebig orientierte und geneigte Oberflächen berechnen zu können, werden die Direkt- und die Diffustrahlung auf eine horizontale Ebene als Eingangsgrößen für die Simulation benötigt. Analog zur Außenlufttemperatur wird die Verwendung halbsynthetischer Klimadaten empfohlen. Es ist wesentlich, dass die Strahlungsdaten aus dem gleichen Klimadatensatz stammen wie die Temperaturen, da ansonsten die natürlich gegebenen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Einstrahlung und somit der Realitätsbezug der Berechnung verloren geht. Diese stammen somit ebenfalls aus [BOI12]. Im Rahmen der Validierung werden die in Tabelle 19 beschriebenen Randbedingungen bzw. Parameter für die Ermittlung der Strahlungsintensität auf beliebig orientierte und geneigte Flächen festgelegt.

Tabelle 19: Randbedingungen für die Strahlungsberechnung

	Input - Strahlungsmodellierung	
Berechnung der Strahlung auf beliebig orientierte und geneigte Flächen nach	Perez	
Solarkonstante	1367	W/m ²
Bodenreflexionsgrad	0,2	-

Längen- und Breitengrad, sowie Seehöhe

Die Koordinaten und Seehöhe aller Referenzgebäude werden im Zug der Validierung wie in Tabelle 20 angenommen und stimmen mit der Lage der Messstation für die Klimadaten überein. In den realitätsgetreuen Simulationen werden dann jeweils die Koordinaten des tatsächlichen Standortes übernommen.

Tabelle 20: Längen- und Breitengrade, sowie Seehöhe für die Validierung

	Wien, Hohe Warte
Breitengrad	48,25 °
Längengrad	16,35778 °
Seehöhe	198 m

Verschattung Fenster

Die Verschattung der Fenster wird in den Validierungsbeispielen durch einen pauschalen Verschattungsfaktor von 0,85 berücksichtigt. Zusätzlich wird die Verschmutzung des Glases der Fenster und der Kollektoren mit einem pauschalen Abminderungsfaktor von 0,98 berücksichtigt. Eine Horizontüberhöhung wird in der Validierung nicht berücksichtigt. Ein beweglicher Sonnenschutz zur Vermeidung der Überwärmung der Räume wird berücksichtigt. Dieser Faktor ist auf den folgenden Seiten bei den jeweiligen Fensterkennwerten zu finden. Informationen zur Steuerung des beweglichen Sonnenschutzes sind ebenfalls auf den folgenden Seiten zu finden.

Zeitumstellung

Die Zeitumstellung zwischen Sommer- und Winterzeit wird im Zuge der Validierung nicht berücksichtigt.

13.1.2 Nutzung

In den Validierungsbeispielen werden sowohl innere Wärmegewinne durch Personen als auch solche durch den Betrieb elektrischer Geräte angesetzt.

Innere Wärmegewinne durch anwesende Personen und elektrische Geräte und Beleuchtungssysteme

Der konvektive Anteil der Wärmeabgabe von Personen wird mit 50%, jener von Geräten mit 80% festgelegt. Für die Validierung werden für die inneren Lasten der Personen sowie die der Geräte jeweils die Hälfte des Normwertes gemäß ÖNORM B 8110-5 [ONO 11] von 2,1 W/m, also 1,05 W/m², angenommen.

Elektrogeräte wandeln einen großen Teil der aufgenommenen elektrischen Energie in Wärme um und nur einen sehr geringen Teil in mechanische Arbeit. Über den Nutzungsgrad kann dieses Verhältnis definiert werden. Dieser wird ebenfalls als eine Spalte im Klimafile angegeben. Im Rahmen dieses Projekts wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die gesamte elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird.

Warmwasser – Temperatur und Zapfprofil

Für die Validierung wird eine Warmwassertemperatur von 45°C an der Entnahmestelle angesetzt. Zur Vereinfachung und leichteren Vergleichbarkeit wird ein konstantes Zapfprofil von 0,875 l/(m² d), was etwa 50 Liter pro Person und Tag entspricht, angenommen. Dies ist aus dem in ÖNORM B 8110-5 [ONO 11] definierten Warmwasserwärmebedarf abgeleitet.

Allgemeine Randbedingungen

In der nachfolgenden Tabelle 21 sind die allgemeinen Einstellungen für die Berechnung der Validierungsbeispiele festgehalten. Die Materialparameter werden unabhängig von der Temperatur und dem Druckniveau mit konstanten Werten in der Simulation berücksichtigt. Die Stoffeigenschaften stammen aus [VDI94] und beziehen sich auf einen Druck von 1 bar und eine Temperatur von 25°C.

Zu Beginn der Simulation werden die Temperaturen in gesamten System auf die Initialisierungstemperatur gesetzt. Der Fehler, der durch das nicht eingeschwungene System begangen wird, wird für die Validierung vernachlässigt. Der Zeitschritt in der Simulation wird mit 200 s gewählt. Zuschläge für Wärmebrücken werden im Zuge der Validierung nicht berücksichtigt.

Tabelle 21: Allgemeine Randbedingungen

	Input – Allgemeine Eingangsgrößen	
Zeitschrittweite	200	s
Anzahl der Simulationen je Durchlauf	1	-
Startzeit Simulation 1	0	h
Endzeit Simulation 1	0	h
Startzeit Simulation 2	0	h
Endzeit Simulation 2	8760	h
Initialisierungstemperatur	20	°C
Außentemperatur für Auslegung	-14,3	°C
Innentemperatur für Auslegung	20	°C
Wärmebrückenzuschlag	0	%
Korrekturfaktor Verluste Raumheizung	1	-
Korrekturfaktor Verluste Warmwasser	2	-
Warmwassertemperatur stationär	45	°C
Brauchwassertemperatur stationär	11,0943	°C
Vorlauftemperatur Heizkreislauf stationär	35	°C
Rücklauftemperatur Heizkreislauf stationär	30	°C

Tabelle 22: Dichte und Speicherkapazität der Wärmeleitungsmedien

	Input – Materialkennwerte	
spez. Speicherkapazität Luft	1007	J/kgK
spez. Speicherkapazität Wasser	4183	J/kgK
spez. Speicherkapazität Glykol-Wasser-Gemisch (40%, 60%; 1,2 Propylengemisch)	3751	J/kgK
Dichte der Luft	1,168	kg/m ³
Dichte Wasser	997	kg/m ³
Dichte Glykol-Wasser-Gemisch (40%, 60%; 1,2 Propylengemisch)	1034	kg/m ³

Tabelle 23: Energiepreise

	Input – Energiepreise	
Strom	0,18	€
Strom Freischaltung	0,12	€
Strom Einspeisung	0,09	€
Strom Freischaltung + Einspeisung	0,00	€
Brennstoff Heizkessel	0,08	€
Brennstoff Heizkessel Freischaltung	0,09	€

Tabelle 24: Umrechnungsfaktoren der Energieträger auf Primärenergie

	Input –
--	---------

	Umrechnungsfaktoren Primärenergie	
f_{PE} Strom	1,91	-
f_{PEne} Strom	1,32	-
f_{PE} Strom Freischaltung	1,91	-
f_{PE} Brennstoff Heizkessel	1,17	-
f_{PEne} Brennstoff Heizkessel	1,16	-
f_{PE} Brennstoff Heizkessel Freischaltung	1,17	-
f_{PEne} Brennstoff Heizkessel Freischaltung	1,16	-

Tabelle 25: Umrechnungsfaktoren der Energieträger auf CO₂

	Input – Umrechnungsfaktoren CO ₂	
f_{CO2} Strom	1,91	-
f_{CO2} Strom Freischaltung	1,91	-
f_{CO2} Brennstoff Heizkessel	1,17	-
f_{CO2} Brennstoff Heizkessel Freischaltung	1,17	-

Für die Simulation ist die Definition der zu simulierenden Heizsysteme notwendig. Diese sind in der folgenden Tabelle 26 ersichtlich.

Tabelle 26: Auswahl der in der Simulation berücksichtigten Heizsysteme

	Input – Heizsysteme	
Ideal konditioniert	1 / 0	-
Rückgewinnbare Verluste berücksichtigen	1 / 0	-
Anzahl Pufferspeicher	1	-
Anzahl Wärmepumpen	0 / 1	-
Anzahl Heizkessel	0	-
Anzahl Solarkollektoren	0	-
Anzahl Photovoltaikkollektoren	0	-
Wärmeabgabe über TABS (1) oder Radiator (2)	1 / 2	-
Netzfregabe	0 / 1	-

Im Rahmen der Validierung wird mit idealer Wärmeabgabe jeweils nur die erste Variante gerechnet. Die Wärmepumpe und die Netzfregabe werden ab der dritten Variante berücksichtigt. Die Solaranlage wird nur in der 6. Variante berücksichtigt (siehe Ergebnisse).

13.1.3 Randbedingungen für die Wärmeverteilung und -abgabe

Die Verteil- und Abgabeverluste haben speziell bei gut gedämmten Gebäudehüllen einen wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz eines Gebäudes. Nachfolgend werden die Randbedingungen und die Eingangsgrößen für die Modellierung der Verluste der Solaranlage, der Anlagenteile zur Raumheizung und der Anlagenteile zur Abdeckung des Warmwasserbedarfs angeführt.

Wärmeverteilung – Solaranlage und Raumheizung

Die Eingangsparameter der Wärmeverteilverluste sind in Tabelle 27 festgehalten.

Die Berechnung der Wärmeverluste erfolgt analog zu der Methodik der Energieausweisberechnung (vgl. [PÖH13]).

Die Wärmeabgabe der Rohrleitungen an den konditionierten Bereich wird im Rahmen der Validierung in den ersten Simulationen nicht berücksichtigt, später jedoch auch in Betracht gezogen.

Die Lage der Leitungen hängt von der Planung der Referenzgebäude ab und wird auf den nachfolgenden Seiten im Zuge der Beschreibung der Gebäude definiert.

Tabelle 27: Eingangsgrößen für die Modellierung der Wärmeverteilverluste

		Input – Modellierung Wärmeverteilverluste	
Anbindeleitungen Heizkreislauf			
Lage der Leitungen	1 = konditioniert/ 0 = unkonditioniert		
Wärmeabgabe	1 = Flächenheizung/ 2 = Radiatoren		
Gesamtleitungslänge mit Flächenheizung	$0,35 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$	m	
Gesamtleitungslänge ohne Flächenheizung	$0,70 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$	m	
Faktor für äquivalente Rohrlängen (Verteilleitungen)	1,09	-	
Wärmeabgabe von Rohrleitungen q_{ro}	0,3	W/mK	
Temperaturkorrekturfaktor	0,7	-	
Steigleitungen Heizkreislauf			
Lage der Leitungen	1 = konditioniert/ 0 = unkonditioniert		
Gesamtleitungslänge	$0,1 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$	m	
Faktor für äquivalente Rohrlängen (Verteilleitungen)	1,15	-	
Wärmeabgabe von Rohrleitungen q_{ro}	0,3	W/mK	
Temperaturkorrekturfaktor	0,7	-	
Verteilleitungen Heizkreislauf			
Lage der Leitungen	1 = konditioniert/ 0 = unkonditioniert		
Gesamtleitungslänge	$7,5 + 0,048 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$	m	
Faktor für äquivalente Rohrlängen (Verteilleitungen)	1,3	-	
Wärmeabgabe von Rohrleitungen q_{ro}	0,3	W/mK	
Temperaturkorrekturfaktor	0,7	-	

Warmwasserverteilung und Warmwasserabgabe

Die Eingangsparameter für die Modellierung der Wärmevertei- und Wärmeabgabeverluste sind in Tabelle 28 festgehalten. Die Wärmeabgabe der Rohrleitungen an den konditionierten Bereich wird im Rahmen der Validierung in den ersten Simulationen nicht berücksichtigt, später jedoch schon. Die Lage der Leitungen hängt von der Planung der Referenzgebäude ab und wird auf den nachfolgenden Seiten bei der Beschreibung der Gebäude definiert.

Tabelle 28: Eingangsgrößen für die Berechnung der Warmwasserverteil- und Warmwasserabgabeverluste

		Input – Warmwasserverteilverluste	
Zirkulation (1 = vorhanden; 0 = nicht vorhanden)	0	-	
Zirkulationstemperatur (falls vorhanden)	55	°C	
Gesamtlänge Verteilleitungen bei Zirkulation	$6 + 0,01 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8 +$ $7 + 0,013 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$		
Gesamtlänge Steigleitungen bei Zirkulation	$0,05 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8 + 0,05 \cdot \text{BGF} \cdot 0,8$		
Temperaturkorrekturfaktor	0,7	-	

Warmwassertemperatur an der Zapfstelle	45	°C
Lage der Verteilleitungen (1 = konditioniert; 0 = unkonditioniert)	1	-
Lage der Steigleitungen (1 = konditioniert; 0 = unkonditioniert)	1	-
Faktor für äquivalente Rohrleitungen (Verteilleitungen)	1,3	-
Faktor für äquivalente Rohrleitungen (Steigleitungen)	1,15	-
Wärmeabgabe von Rohrleitungen (Verteilleitungen)	0,3	W/m
Wärmeabgabe von Rohrleitungen (Steigleitungen)	0,3	W/m
Verluste durch Aufheizen/ Auskühlen (Stichleitungen)	1	W/m
Wärmeabgabeverluste – Armaturen	0,083	W/m ²
Wärmeabgabeverluste – Wärmeverbrauchsfeststellung	0	W/m ²
Gesamtlänge Verteilleitungen ohne Zirkulation	$7+0,013*BGF*0,8$	m
Gesamtlänge Steigleitungen ohne Zirkulation	$0,05*BGF*0,8$	m
Gesamtlänge Stichleitungen ohne Zirkulation	$0,2*BGF*0,8$	m

Sämtliche Formeln zur Berechnung der Leitungslängen und Rohrkenwerte sind [PÖH13] entnommen.

13.1.4 Hilfsenergiebedarf

Die Berücksichtigung der Hilfsenergie ist in den Validierungsbeispielen nicht vorgesehen.

Regelung

Für die Simulationen der Validierungsbeispiele werden die in der nachfolgenden Tabelle 29 dokumentierten Regelungstemperaturen angesetzt.

Tabelle 29: Temperaturen zur Regelung der Haustechnik

		Input – Regelungs-temperaturen	
Fenster - Abschattung			
Sollwert zur Aktivierung der Abschattung		25,5	°C
Sollwert zur Deaktivierung der Abschattung		24,5	°C
Fensterlüftung			
Sollwert zur Öffnung der Fenster		26,5	°C
Sollwert zur Schließung der Fenster		25,5	°C
Regelung Heizkessel			
Solltemperatur Puffer		55	°C
Regelung Heizkreis			
Soll – Raumtemperatur (operative Temperatur)		20	°C
Temperaturdifferenz		0,15	°C
Heizgrenztemperatur		15	°C
Regelung Kühlkreis			
Minimale Soll – Raumtemperatur (operativ)		26,5	°C
Maximale Soll – Raumtemperatur (operativ)		24	°C
Kühlgrenztemperatur		100	°C
Temperaturdifferenz zw. Vorlauf- und operativer Raumtemperatur		-5	°C
Regelung Heizkreis bei Freigabesignal			

Soll – Raumtemperatur (operative Temperatur)	20 / 22	°C
Temperaturdifferenz	0,15	°C
Heizgrenztemperatur	15	°C
Regelung Wärmepumpe		
Solltemperatur Puffer	60	°C
Modus (1 = WP direkt an Flächenheizung angeschlossen; 2= WP beheizt nur den Speicher)	1	-
Regelung Wärmepumpe bei Freigabesignal		
Solltemperatur Puffer	60	°C
Modus (1 = WP direkt an Flächenheizung angeschlossen; 2= WP beheizt nur den Speicher)	1	-

13.1.5 Randbedingungen Wärmepumpe

Für alle Validierungsbeispiele wird in den Simulationen die in Tabelle 30 beschriebene Wärmepumpe angenommen. Aus den technischen Datenblättern der Wärmepumpen können über den dort angegebenen Arbeitsbereich und den COP – Nennwert die Gütegrade, die für die Simulation benötigt werden, berechnet werden.

Tabelle 30: Eingabedaten Wärmepumpe

	Input – Parameter Wärmepumpe	
COP Nennwert	4	-
Gütegrad A	-0,0002	-
Gütegrad B	0,0159	-
Gütegrad C	0,1506	-
Dimensionierung	1	-

Um die Speicherfähigkeit von Gebäuden nutzen zu können, ist das Aufheizen der Gebäude notwendig. Optimaler Weise werden die Gebäude zu Zeiten, an denen günstiger oder ökologischer Strom vorhanden ist aufgeheizt. Dafür ist ein netzseitiges Signal notwendig. Dieses kann entweder von externen Quellen, z.B. von Windparkbetreibern kommen, oder von der Solarthermie- oder Photovoltaikanlage generiert werden, wenn genug Leistung produziert wird. Durch das Freigabesignal wird die Wärmepumpe aktiviert oder die Solarthermie-Anlage speist direkt in die Bauteile ein. Zu diesen Zeitpunkten wird das Gebäude auf ein höheres Temperaturniveau aufgeheizt und kann mit der gespeicherten Wärme optimaler Weise bis zur nächsten Freischaltung ein akzeptables Temperaturniveau halten. Das externe Freigabesignal wird wie eine Klimarandbedingung in die Simulation eingelesen. Das im Rahmen dieses Projekts verwendete Freigabesignal ist in [FRI16] beschrieben.

13.1.6 Randbedingungen des Wärmeabgabesystems (Bauteilaktivierung)

Vier der fünf Case-Study-Gebäude werden über aktivierte Bauteile (Betondecken) beheizt. Das fünfte Gebäude, in Holzbauweise erbaut, verfügt über eine massive, aktivierte Bodenplatte. Die Simulationen zeigen jedoch, dass durch die raumseitig auf der Bodenplatte liegende gebundene EPS-Schüttung nur wenig Wärme in den Raum abgegeben wird. Dieses Gebäude wird daher nur mit Radiatoren beheizt simuliert, um dies auch mit der derzeitigen Energieausweisberechnung vergleichen zu können.

Um die aktivierten Decken rechnen zu können, müssen einige Parameter definiert werden. Diese sind in Tabelle 31 aufgelistet.

Tabelle 31: Inputparameter zur Bauteilaktivierung

	Input – Parameter Bauteilaktivierung	
Maximale Heizkreislänge	80	m
Achsabstand zwischen den Rohren	0,2	m
Wandstärke der Rohre	0,002	m
Außendurchmesser der Rohre	0,02	m
Wärmeleitfähigkeit der Rohrträgerschichte	2,3	W/mK
Wärmeleitfähigkeit der Rohre	0,45	W/mK

13.1.7 Randbedingungen Raumknotenmodell

Die Eingangsparameter in das Raumknotenmodell zur Berechnung der Luft- bzw. Strahlungstemperatur im Gebäude sind in Tabelle 32 festgehalten. Im Raumknotenmodell werden die ideale Heiz- bzw. Kühlleistung und die entsprechende Solltemperatur sowie die Speicherkapazität der Einrichtung definiert. Außerdem werden die konvektiven bzw. radiativen Anteile der Wärmeabgabe der inneren Lasten, der solaren Einstrahlung usw. festgelegt.

Tabelle 32: Inputparameter für das Raumknotenmodell

	Input – Parameter Raumknotenmodell	
Regelgröße für ideale Konditionierung	Operative Temperatur/ Lufttemperatur nur für Validierung	
Speicherkapazität der Einrichtung	BGF*38*1024,8	J/K
max. ideale Heizleistung konv.	100000	W
max. ideale Heizleistung rad.	0	W
max. ideale Kühlleistung konv.	-100000	W
max. ideale Kühlleistung rad.	0	W
Solltemperatur ideale Heizung	20	°C
Solltemperatur ideale Kühlung	50	°C
konv. Anteil el. Geräte	0,8	-
konv. Anteil Personen	0,5	-
konv. Anteil solare Einstrahlung	0,1	-
konv. Anteil Wärmebrücken	0,5	-
konv. Anteil rückgewinnbarer Anlagenverluste	1	-
konv. Anteil Radiatoren	0,5	-

13.1.8 Randbedingungen Pufferspeicher

In der nachfolgenden Tabelle 33 sind die Kennwerte des für die Validierungssimulationen angenommenen Pufferspeichers zu finden. Die für das jeweilige Gebäude spezifischen Kenngrößen, wie das Speichervolumen, sind auf den folgenden Seiten im jeweiligen Kapitel aufgelistet.

Tabelle 33: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Anzahl der angeschlossenen hydraulischen Kreise	6	-
max. Wärmeleitfähigkeit zwischen den Schichten	0,664	W/mK

min. Wärmeleitfähigkeit zwischen den Schichten	0,664	W/mK
Koeffizient Wärmeverlustrate a	1	-
Koeffizient Wärmeverlustrate b	0,5	-
Koeffizient Wärmeverlustrate c	0,25	-
Koeffizient Wärmeverlustrate d	0,4	-
Zusatzverluste Basisanschlüsse	0,66	W/K
Zusatzverluste Zusatzanschlüsse	0,28	W/K
Lage Puffer	1	-
Temperaturkorrekturfaktor	1	-
Mindesttemperatur	45	°C

13.2 Gebäude 1: Mehrfamilienhaus, 1130 Wien

Beim ersten Beispielgebäude handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus mit ca. 1450 m² Bruttogeschossfläche. Die Pläne sind im Anhang zu finden. Das Projekt befand sich zum Zeitpunkt des Projektstarts in der Planungsphase. Da keine behördliche Genehmigung erzielt werden konnten, wird das Gebäude jedoch nicht in dieser Form realisiert.

13.2.1 Opake Bauteile

Das Gebäude ist in Massivbauweise geplant. Sämtliche tragende Bauteile bestehen aus Stahlbeton, Außenwände und tragende Innenwände teilweise auch aus Hochlochziegeln. Die Dämmebene liegt sowohl bei Wänden als auch Decken an der Außenseite als Wärmedämmverbundsystem bzw. Wärmedämmung auf der Sargdeckelkonstruktion. Nicht tragende Innenwände blieben in der Simulation unberücksichtigt. Die verwendeten Bauteilaufbauten sowie die zusätzlich benötigten Eingangsparameter für die Simulation sind in Tabelle 34 dargestellt. Die Materialkennwerte der einzelnen Baustoffe stammen aus der ÖNORM B 8110-7 [ONO13] bzw. der Bauteildatenbank aus der Software GEQ [GEQ18]: Zur Vereinfachung und Verkürzung der Simulationsdauer, wurden die Aufbauten teilweise vereinfacht eingegeben, bzw. ähnliche Aufbauten zusammengefasst.

Tabelle 34: Beschreibung der Bauteilaufbauten

Input – Aufbau 1					
Außenwand Stahlbeton					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
EPS – F plus	1	0,2	15	1450	0,031
Stahlbeton	1	0,25	2300	1000	2,3
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Bauteilkategorie:	11 – Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				
Input – Aufbau 2					

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Stahlbeton Dachaufbau					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Kiesschüttung	1	0,05	1800	1000	0,7
EPS WLG 031	1	0,26	20	1450	0,031
Stahlbeton-Decke	3	0,2	2300	1000	2,3
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührte Decke				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 3					
Decke über Kellergeschoss					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Steinwolle	1	0,125	220	1030	0,035
Stahlbeton-Decke	1	0,20	2300	1000	2,3
Schüttung EPS-Granulat	1	0,05	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,03	80	810	0,033
Estrich	1	0,07	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	42 –Kellerdecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,9				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 4					
Außenwand erdberührt Erdgeschoss					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
XPS – Dämmung	1	0,1	30	1500	0,038
Stahlbeton	1	0,30	2300	1000	2,3
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	1,1
Bauteilkategorie:	21 – erdberührte Wand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 5					
Wohnungstrennwand Stahlbeton + VSS					

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Schichten	Anzahl Teil- schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher- kapazität	Wärme- leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
GKB – Platte	1	0,0125	1000	960	0,25
Mineralwolle	1	0,05	13	810	0,039
Stahlbeton	1	0,2	2300	1000	2,3
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Bauteilkategorie:	51 - Innenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 6

Wohnungstrennwand Hochlochziegel + VSS

Schichten	Anzahl Teil- schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher- kapazität	Wärme- leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
GKB – Platte	1	0,0125	1000	960	0,25
Mineralwolle	1	0,05	13	810	0,039
Hochlochziegel	1	0,25	775	1000	0,25
Innenputz	1	0,01	1300	900	0,8
Bauteilkategorie:	51 - Innenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 7

Außenwand Hochlochziegel

Schichten	Anzahl Teil- schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher- kapazität	Wärme- leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
EPS – F plus	1	0,2	15	1450	0,031
Hochlochziegel	1	0,25	976	1000	0,304
Innenputz	1	0,001	1300	900	0,8
Bauteilkategorie:	11 – Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 8

Terrasse über Dachgeschoss

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Kiesschüttung	1	0,06	1800	1000	0,8
EPS Gefälledämmung	1	0,27	20	1450	0,03
Stahlbeton	3	0,22	2300	1000	2,3
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührte Decke				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 9

Decke über Regelgeschoss					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Stahlbeton-Decke	3	0,20	2300	1000	2,3
Schüttung EPS-Granulat	1	0,05	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,03	80	810	0,033
Estrich	1	0,07	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	52 – Innendecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 10

Boden Erdgeschoss erdberührt					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Druckfestes XPS – G70	1	0,12	39	1500	0,042
Stahlbeton-Decke	1	0,30	2300	1000	2,3
Schüttung EPS-Granulat	1	0,05	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,03	80	810	0,033
Estrich	1	0,07	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	23 – erdberührter Boden				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient:	0				

In der folgenden Tabelle 35 werden die Bauteile mit ihren Eigenschaften beschrieben. Folgende Erläuterungen sind für die Eingabe zu beachten:

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- TABS – Mode: 0 = keine Aktivierung dieses Bauteils; 1 = aktiviertes Bauteil
- TABS Layer: Angabe, in welcher Teilschicht (von außen nach innen) die Heizschlangen liegen
- Bauteilteilung TABS: 0 = automatische Ermittlung; ≥ 1 = Anzahl, wie viele Heizkreise in dem Bauteil liegen.

Tabelle 35 Beschreibung der Bauteile

Bauteil	Input – Bauteile							
	Zuordnung Aufbau	Brutto- fläche	Anzahl Fenster	TABS Mode	Rohr- führende Teilschicht	Bauteil- teilung TABS	Aus- richtung	Neigung
	-	m ²	-	-	-	-	°	°
Bauteil 1	7	156,81	15	0	0	0	270	90
Bauteil 2	1	88,97	7	0	0	0	0	95
Bauteil 3	7	59,82	6	0	0	0	0	90
Bauteil 4	1	27,03	3	0	0	0	90	90
Bauteil 5	7	137,84	7	0	0	0	90	90
Bauteil 6	4	22,56	1	0	0	0	90	90
Bauteil 7	4	63,12	3	0	0	0	73	90
Bauteil 8	4	9,09	0	0	0	0	270	90
Bauteil 9	7	158,02	15	0	0	0	188	90
Bauteil 10	2	68,68	5	0	0	0	0	45
Bauteil 11	2	49,74	3	0	0	0	0	45
Bauteil 12	2	32,42	1	0	0	0	90	75
Bauteil 13	7	59,69	4	0	0	0	188	90
Bauteil 14	1	8,24	1	0	0	0	0	90
Bauteil 15	2	138,28	0	1	4	0	0	0
Bauteil 16	8	52,59	1	1	4	0	0	0
Bauteil 17	3	305,13	0	0	0	0	0	0
Bauteil 18	9	307,76	0	1	3	0	0	0
Bauteil 19	9	310,29	0	1	3	0	0	0
Bauteil 20	9	312,69	0	1	3	0	0	0
Bauteil 21	9	209,95	0	1	3	0	0	0
Bauteil 22	7	42,99	1	0	0	0	0	90
Bauteil 23	5	142,93	0	0	0	0	0	90
Bauteil 24	5	108,39	0	0	0	0	0	90
Bauteil 25	6	11,93	0	0	0	0	0	90
Bauteil 26	5	108,22	0	0	0	0	0	90
Bauteil 27	6	11,90	0	0	0	0	0	90
Bauteil 28	5	69,71	0	0	0	0	0	90
Bauteil 29	6	42,39	0	0	0	0	0	90
Bauteil 30	5	16,68	0	0	0	0	0	90
Bauteil 31	6	35,13	0	0	0	0	0	90
Bauteil 32	10	15,72	0	0	0	0	0	90

13.2.2 Fenster

Das Gebäude weist insgesamt 73 Fenster auf. Die Fenstergrößen sowie die Zuordnung der Fenster zu den jeweiligen Bauteilen sind Tabelle 37 zu entnehmen. Da alle Fenster über dieselben Kennwerte sowie Verschattungseinrichtungen verfügen, wurden diese in Tabelle 36 zusammengefasst.

Tabelle 36: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung

	Input – Parameter Fenster	
Rahmenbreite (umlaufend)	0,12	m
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases	0,037	W/mK
U – Wert des Glases	0,7	W/m ² K
U – Wert des Rahmens	1,11	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)	1	-
Fensterneigung	Siehe Neigung Bauteil °	
Gesamtenergiedurchlassgrad	0,5	-
Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]	1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)	0,17	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases	0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung	1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung	0,85	-

Tabelle 37: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation

Fenster	Input – Fenstergrößen		
	Trägerbauteil	Fensterbreite	Fensterhöhe
	-	m	m
Fenster 1	1	1,31	1,42
Fenster 2	1	1,31	1,42
Fenster 3	1	1,31	1,42
Fenster 4	1	1,31	1,42
Fenster 5	1	1,31	1,42
Fenster 6	1	1,31	1,42
Fenster 7	1	1,31	1,42
Fenster 8	1	1,31	1,42
Fenster 9	1	2,53	2,48
Fenster 10	1	2,53	2,48
Fenster 11	1	2,53	2,48
Fenster 12	1	2,83	2,53
Fenster 13	1	2,83	2,53

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fenster 14	1	2,83	2,53
Fenster 15	1	2,83	2,53
Fenster 16	2	1,23	1,43
Fenster 17	2	1,23	1,43
Fenster 18	2	0,61	1,43
Fenster 19	2	0,61	1,43
Fenster 20	2	1,84	1,43
Fenster 21	2	1,84	1,43
Fenster 22	2	1,84	1,43
Fenster 23	3	1,84	1,42
Fenster 24	3	1,84	1,42
Fenster 25	3	1,84	1,42
Fenster 26	3	1,84	1,42
Fenster 27	3	1,84	2,35
Fenster 28	3	0,61	1,42
Fenster 29	4	0,61	0,70
Fenster 30	4	1,23	0,70
Fenster 31	4	2,45	0,70
Fenster 32	5	1,23	0,70
Fenster 33	5	1,23	0,70
Fenster 34	5	1,23	0,70
Fenster 35	5	1,23	0,70
Fenster 36	5	1,23	0,70
Fenster 37	5	1,23	0,70
Fenster 38	5	0,61	0,70
Fenster 39	6	1,00	0,80
Fenster 40	7	1,00	0,80
Fenster 41	7	1,00	0,80
Fenster 42	7	1,00	0,80
Fenster 43	9	3,33	2,48
Fenster 44	9	3,33	2,48
Fenster 45	9	3,33	2,48
Fenster 46	9	1,31	1,42
Fenster 47	9	1,31	1,42
Fenster 48	9	1,31	1,42
Fenster 49	9	1,31	1,42
Fenster 50	9	1,31	1,42
Fenster 51	9	1,31	1,42
Fenster 52	9	1,31	1,42
Fenster 53	9	1,31	1,42
Fenster 54	9	1,31	1,42
Fenster 55	9	1,31	1,42
Fenster 56	9	1,31	1,42
Fenster 57	9	1,31	1,42

Fenster 58	10	0,60	2,18
Fenster 59	10	1,84	2,18
Fenster 60	10	1,84	2,18
Fenster 61	10	1,84	2,18
Fenster 62	10	1,84	2,18
Fenster 63	11	0,60	2,02
Fenster 64	11	1,23	2,02
Fenster 65	11	1,23	2,02
Fenster 66	12	1,23	1,51
Fenster 67	13	3,87	2,48
Fenster 68	13	3,87	2,48
Fenster 69	13	2,89	2,53
Fenster 70	13	1,31	1,42
Fenster 71	14	3,10	2,53
Fenster 72	16	0,90	1,20
Fenster 73	22	3,71	11,13

13.2.3 Lüftung

Für das Mehrfamilienhaus wird der hygienische Luftwechsel mit 0,4 1/h angesetzt. Der n_{50} - Wert wird für die Validierung mit < 0,6 1/h festgelegt. Es ergibt sich daher eine Infiltrationsluftwechselrate n_x von 0,04 1/h. Der Infiltrationsvolumenstrom ergibt sich durch Multiplikation mit dem Nettovolumen des Gebäudes. In der Planung ist keine mechanische Lüftungsanlage vorgesehen. Daher wird diese in den Simulationen auch nicht angesetzt. Die Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung sind in Tabelle 38 zusammengefasst.

Tabelle 38: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung	
n_{50} - Wert	0,59	1/h
hygienischer Luftwechsel	0,4	1/h
Nettovolumen	$0,8 \cdot \text{BGF} \cdot 2,6$	m^3
Lage der Ventilatoren	keine mech. Anlage	
Wärmebereitstellungsgrad	0	-
SFP – Zuluft	0	Wh/ m^3
SFP – Abluft	0,2777778	Wh/ m^3

13.2.4 Gebäudetechnik

Die gebäudespezifischen Parameter des Speichers sind in Tabelle 39 festgelegt.

Tabelle 39: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Puffervolumen	3,0	m^3
Volumen einer Schicht	0,3	m^3
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	20	%

Tabelle 40: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufs

	Input – Lage der Rohrleitungen	
	Anbindeleitungen Heizkreislauf	1
Steigleitungen Heizkreislauf	1	-
Verteilleitungen Heizkreislauf	1	-

13.2.5 Ergebnisse

Zur Berechnung der Heizlast, die zur Auslegung der Wärmeerzeuger dient, werden folgende Varianten betrachtet:

- Maximale Heizlast und maximaler 24 h Durchschnitt der Heizlast während einer normalen Jahressimulation
- Heizlast aus der stationären Berechnung mit konstanter Außentemperatur von -14,3°C (NAT) sowie als Ergebnis einer Simulation mit derselben Außentemperatur, ohne innere und solare Gewinne
- Heizlast sowie flächenbezogene Heizlast resultierend aus einer Simulation des in diesem Projekt entwickelten Auslegungsklimas

In Tabelle 41 sind die Ergebnisse dieser Simulationen aufgelistet:

Tabelle 41: Ergebnisse der idealen Simulation (Variante 1) des 1. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung ideal – Referenzgebäude 1
$Q_{Peak,ideal}$	17.883 W
$Q_{Peak24h,ideal}$	15.754 W
$Q_{stationär} / Q_{simulation}$	25.439 W / 25.246 W
$Q_{HL, AuslegungNEU}$	25.213 W
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez.}$	17,44 W/m ²
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez, Raum}$	35,56 W/m ²
Heizwärmebedarf	25.715 kWh

Bei den weiteren Simulationen werden für die Validierung jeweils der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 42 zu sehen.

Tabelle 42: Validierungsergebnisse des 1. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung – Referenzgebäude 1
HWB Variante 2: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	26.734 kWh
EEB Variante 2: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	40.168 kWh
HWB Variante 3: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	30.134 kWh
EEB Variante 3: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	19.947 kWh
HWB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	27.445 kWh

EEB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	20.098 kWh
HWB Variante 5: zusätzlich zu Var. 4 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	23.370 kWh
EEB Variante 5: zusätzlich zu Var. 4 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	26.269 kWh

13.3 Gebäude 2: Mehrfamilienhaus, Loft Living

Das zweite Referenzgebäude ist ebenfalls ein Mehrfamilienhaus. Es verfügt über eine Bruttogeschossfläche von etwa 2500 m². Im Erdgeschoss befinden sich ein Café sowie zwei Ateliers. Die Ateliers reichen über das Erdgeschoss sowie das 1. OG, wo sich jedoch nur eine Galerie befindet. Der Rest des 1. Obergeschosses und die weiteren 5 Obergeschosse werden als Wohnungen genutzt. Das Gebäude verfügt noch über einen unbeheizten Keller. Die Geometrie sowie alle Abmessungen wurden den Plänen im Anhang entnommen.

13.3.1 Opake Bauteile

Das Gebäude ist in Massivbauweise geplant. Sämtliche tragende Bauteile bestehen aus Stahlbeton bzw. Mauerwerk. Als Dachkonstruktion wurde ein Flachdach als Warm- bzw. Duodach gewählt. Nicht tragende Innenwände blieben in der Simulation unberücksichtigt. Die verwendeten Bauteilaufbauten sowie die zusätzlich benötigten Eingangsparameter für die Simulation sind in Tabelle 43 dargestellt. Die Materialkennwerte der einzelnen Baustoffe stammen aus der ÖNORM B 8110-7 [ONO13] bzw. aus der Bauteildatenbank der Software GEQ [GEQ18]: Zur Vereinfachung und Verkürzung der Simulationsdauer, wurden die Aufbauten teilweise vereinfacht eingegeben, bzw. ähnliche Aufbauten zusammengefasst.

Tabelle 43: Beschreibung der Bauteilaufbauten

Input – Aufbau 1					
Außenwand Brandwand					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m³	J/kg	W/mK
Systemputz	1	0,01	1800	1100	0,8
Mineralwolle kaschiert	1	0,18	150	1030	0,036
Stahlbeton	1	0,30	2300	1000	2,3
Gipsputz	1	0,01	1300	1000	0,6
Bauteilkategorie:	31 – Außenwand gg. kond. Raum				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				
Input – Aufbau 2					
Außenwand Ziegelwand					

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Kalkzementputz	1	0,025	1800	1100	0,8
Porotherm 38	1	0,38	632	2020	0,07
Gipsputz	1	0,01	1300	1000	0,6
Bauteilkategorie:		11 – Außenwand			
Temperaturkorrekturfaktor:		1			
Außenseitiger Absorptionskoeffizient		0			

Input – Aufbau 3					
Außenwand Treppenhaus					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Systemputz	1	0,01	1800	1100	0,8
Heralan FKD-T C1 180	1	0,18	105	1030	0,034
Stahlbeton	1	0,30	2300	1000	2,3
Bauteilkategorie:		11 – Außenwand			
Temperaturkorrekturfaktor:		1			
Außenseitiger Absorptionskoeffizient		0			

Input – Aufbau 4					
Wohnungstrennwand Beton tragend					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Gipsfaserplatte	1	0,0125	1000	960	0,25
Mineralwolle– Ständerkonstr.	1	0,05	13	810	0,039
Stahlbeton	1	0,25	2300	1000	2,3
Beschichtung	1	0,005	1800	1000	0,8
Bauteilkategorie:		51 – Innenwand			
Temperaturkorrekturfaktor:		0			
Außenseitiger Absorptionskoeffizient		0			

Input – Aufbau 5					
erdanliegende Bodenplatte EG					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Stahlbeton	1	0,35	2300	1000	2,3
Thermotec BEPS-WD 130R	1	0,07	130	1250	0,053
EPS-W20 plus	1	0,12	20	1450	0,03
Estrich	1	0,10	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	23 – erdberührter Boden				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 6					
Decke über UG					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Tektalan	1	0,075	190	1090	0,05
Stahlbeton	1	0,22	2300	1000	2,3
Thermotec BEPS-WD 130R	1	0,07	130	1250	0,053
Trittschalldämmung	1	0,03	115	1030	0,033
Estrich	1	0,10	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	42 – Decke gg. unbeheizten Keller				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,5				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 7					
Fußboden Regelgeschoss					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
Schüttung gebunden	1	0,05	1800	1000	0,7
Trittschalldämmung	1	0,03	115	1030	0,033
Estrich	1	0,08	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	52 – Innendecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 8					
Fußboden über Außenluft					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Systemputz	1	0,01	1800	1100	0,7
Heralan FKD-T C1 180	1	0,15	105	1030	0,03
Stahlbeton	1	0,20	2300	1000	2,3
Thermotec BEPS-WD 130R	1	0,05	130	1250	0,8
Trittschalldämmung	1	0,03	115	1030	0,033
Estrich	1	0,08	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	13 – außenluftberührter Boden				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 9					
Flachdach, extensiv Begrünt					
Schichten	Anzahl Teil- schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher- kapazität	Wärme- leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Vegetationstragschicht	1	0,08	2000	1800	0,52
Wärmedämmung i.M.	1	0,30	20	1450	0,03
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührte Decke				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient:	0				

Input – Aufbau 10					
Flachdach über OG1 und DG, Terrassen					
Schichten	Anzahl Teil- schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher- kapazität	Wärme- leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Betonplatten	1	0,04	2000	1000	1,35
Kiesbett	1	0,07	1800	1000	0,7
Steinodur UKD LD (Duodach)	1	0,08	30	1400	0,04
Wärmedämmung i.M.	1	0,22	20	1450	0,03
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührte Decke				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

In der folgenden Tabelle 44 werden die Bauteile mit ihren Eigenschaften beschrieben. Folgende Erläuterungen sind für die Eingabe zu beachten:

- TABS – Mode: 0 = keine Aktivierung dieses Bauteils; 1 = aktiviertes Bauteil
- TABS Layer: Angabe, in welcher Teilschicht (von außen nach innen) die Heizschlangen liegen

- Bauteilteilung TABS: 0 = automatische Ermittlung; ≥ 1 = Anzahl, wie viele Heizkreise in dem Bauteil liegen.

Tabelle 44: Beschreibung der Bauteile

Bauteil	Input – Bauteile							
	Zuordnung Aufbau	Bruttofläche	Anzahl Fenster	TABS Mode	Rohr-führende Teilschicht	Bauteil-teilung TABS	Aus-richtung	Neigung
	-	m ²	-	-	-	-	°	°
Bauteil 1	1	247,25	0	0	0	0	59	90
Bauteil 2	1	84,550	0	0	0	0	148	90
Bauteil 3	2	71,89	2	0	0	0	74	90
Bauteil 4	2	700,20	66	0	0	0	180	90
Bauteil 5	2	111,01	6	0	0	0	254	90
Bauteil 6	2	143,63	12	0	0	0	270	90
Bauteil 7	2	629,44	54	0	0	0	344	90
Bauteil 8	3	47,04	0	0	0	0	344	90
Bauteil 9	3	27,47	0	0	0	0	74	90
Bauteil 10	4	281,22	0	0	0	0	0	90
Bauteil 11	5	134,28	0	0	0	0	0	0
Bauteil 12	6	365,84	0	0	0	0	0	0
Bauteil 13	7	1940,49	0	1	2	0	0	0
Bauteil 14	8	65,00	0	0	0	0	0	0
Bauteil 15	9	165,55	0	1	4	0	0	0
Bauteil 16	10	415,26	4	1	6	0	0	0

13.3.2 Fenster

Das Gebäude weist insgesamt 147 Fenster auf. Die Fenstergrößen sowie die Zuordnung der Fenster zu den jeweiligen Bauteilen ist Tabelle 47 zu entnehmen. Da alle Fenster über dieselben Kennwerte sowie Verschattungseinrichtungen verfügen, werden diese in Tabelle 45, bzw. Tabelle 46 für die Lichtkuppeln, zusammengefasst.

Tabelle 45: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung

	Input – Parameter Fenster	
	Rahmenbreite (umlaufend)	0,05
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases	0,037	W/mK
U – Wert des Glases	0,6 / 0,7	W/m ² K
U – Wert des Rahmens	0,9 / 1,1	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)	1	-
Fensterneigung	90	°
Gesamtenergiedurchlassgrad	0,34	-

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]	1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)	0,15	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases	0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung	1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung	0,85	-

Die nach Süden orientierten Fenster (Fenster in Bauteil 4) weisen die schlechteren, in der oberen Tabelle angeführten U-Werte auf ($U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $U_f = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Tabelle 46: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung - Lichtkuppeln

	Input – Parameter Lichtkuppeln	
Rahmenbreite (umlaufend)	0,12	m
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases	0	W/mK
U – Wert des Glases	1,2	W/m ² K
U – Wert des Rahmens	1,2	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)	1	-
Fensterneigung	0	°
Gesamtenergiedurchlassgrad	0,5	-
Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]	1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)	0,15	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases	0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung	1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung	0,85	-

Tabelle 47: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation

Fenster/ Lichtkuppel	Input – Fenstergrößen		
	Trägerbauteil	Fensterbreite	Fensterhöhe
	-	m	m
Fenster 1	3	1,32	1,80
Fenster 2	3	1,92	2,20
Fenster 3	3	3,08	1,80
Fenster 4	3	1,92	1,80
Fenster 5	3	1,42	2,20

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fenster 6	4	1,40	2,20
Fenster 7	4	1,92	1,80
Fenster 8	4	1,92	1,80
Fenster 9	4	1,92	1,80
Fenster 10	4	1,32	2,20
Fenster 11	4	1,92	1,80
Fenster 12	4	1,92	1,80
Fenster 13	4	1,40	1,80
Fenster 14	4	1,92	1,80
Fenster 15	4	1,92	1,80
Fenster 16	4	1,92	1,80
Fenster 17	4	1,32	1,80
Fenster 18	4	1,92	1,80
Fenster 19	4	1,92	1,80
Fenster 20	4	1,92	1,80
Fenster 21	4	1,92	1,80
Fenster 22	4	1,92	2,20
Fenster 23	4	1,92	2,20
Fenster 24	4	1,92	2,20
Fenster 25	4	1,22	1,80
Fenster 26	4	1,92	1,80
Fenster 27	4	1,92	1,80
Fenster 28	4	1,92	1,80
Fenster 29	4	1,30	2,20
Fenster 30	4	1,92	1,80
Fenster 31	4	1,92	1,80
Fenster 32	4	1,92	2,20
Fenster 33	4	1,92	2,20
Fenster 34	4	1,92	1,80
Fenster 35	4	1,92	1,80
Fenster 36	4	1,92	1,80
Fenster 37	4	1,22	1,80
Fenster 38	4	1,92	2,20
Fenster 39	4	1,92	1,80
Fenster 40	4	1,92	1,80
Fenster 41	4	1,30	2,20
Fenster 42	4	1,92	1,80
Fenster 43	4	1,92	1,80
Fenster 44	4	1,92	2,20
Fenster 45	4	1,92	1,80
Fenster 46	4	1,92	1,80
Fenster 47	4	1,92	1,80
Fenster 48	4	1,92	1,80
Fenster 49	4	1,22	1,80

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fenster 50	4	1,92	2,20
Fenster 51	4	1,92	1,80
Fenster 52	4	1,92	1,80
Fenster 53	4	1,30	2,20
Fenster 54	4	1,92	1,80
Fenster 55	4	1,92	1,80
Fenster 56	4	1,92	1,80
Fenster 57	4	1,92	1,80
Fenster 58	4	1,92	1,80
Fenster 59	4	1,92	1,80
Fenster 60	4	1,92	1,80
Fenster 61	4	1,92	2,20
Fenster 62	4	1,92	1,80
Fenster 63	4	1,92	1,80
Fenster 64	4	1,45	2,20
Fenster 65	4	1,92	2,20
Fenster 66	4	1,92	1,80
Fenster 67	4	1,92	1,80
Fenster 68	4	1,92	2,20
Fenster 69	4	1,92	1,80
Fenster 70	4	0,96	1,00
Fenster 71	4	1,20	2,20
Fenster 72	5	1,92	1,80
Fenster 73	5	1,92	1,80
Fenster 74	5	1,92	1,80
Fenster 75	5	3,28	2,20
Fenster 76	5	1,32	1,80
Fenster 77	5	3,28	2,20
Fenster 78	6	6,20	2,20
Fenster 79	6	1,92	1,80
Fenster 80	6	1,92	1,80
Fenster 81	6	3,08	2,20
Fenster 82	6	1,92	2,20
Fenster 83	6	1,32	1,80
Fenster 84	6	6,20	2,20
Fenster 85	6	1,92	1,80
Fenster 86	6	1,92	1,80
Fenster 87	6	1,92	1,80
Fenster 88	6	1,32	1,80
Fenster 89	6	1,32	1,80
Fenster 90	7	1,57	2,20
Fenster 91	7	1,32	1,80
Fenster 92	7	1,50	2,20
Fenster 93	7	1,32	1,80

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fenster 94	7	1,92	2,20
Fenster 95	7	1,92	1,80
Fenster 96	7	1,92	2,20
Fenster 97	7	3,10	3,00
Fenster 98	7	1,32	1,80
Fenster 99	7	1,32	1,80
Fenster 100	7	1,32	1,80
Fenster 101	7	1,92	1,80
Fenster 102	7	1,92	1,80
Fenster 103	7	1,92	1,80
Fenster 104	7	1,92	1,80
Fenster 105	7	1,32	1,80
Fenster 106	7	1,32	1,80
Fenster 107	7	1,92	1,80
Fenster 108	7	0,96	1,00
Fenster 109	7	1,92	1,80
Fenster 110	7	1,32	1,80
Fenster 111	7	1,92	1,80
Fenster 112	7	1,92	2,20
Fenster 113	7	1,92	1,80
Fenster 114	7	1,32	1,80
Fenster 115	7	1,32	1,80
Fenster 116	7	1,32	1,80
Fenster 117	7	0,96	1,00
Fenster 118	7	1,92	1,80
Fenster 119	7	1,32	1,80
Fenster 120	7	1,92	1,80
Fenster 121	7	1,92	2,20
Fenster 122	7	1,92	1,80
Fenster 123	7	1,32	1,80
Fenster 124	7	1,32	1,80
Fenster 125	7	1,92	1,80
Fenster 126	7	0,96	1,00
Fenster 127	7	1,92	1,80
Fenster 128	7	1,32	1,80
Fenster 129	7	1,92	1,80
Fenster 130	7	1,92	2,20
Fenster 131	7	1,92	1,80
Fenster 132	7	1,32	1,80
Fenster 133	7	1,32	1,80
Fenster 134	7	0,96	1,00
Fenster 135	7	1,92	1,80
Fenster 136	7	1,92	1,80
Fenster 137	7	1,92	1,80

Fenster 138	7	1,92	2,20
Fenster 139	7	2,45	1,80
Fenster 140	7	1,32	1,80
Fenster 141	7	1,32	1,80
Fenster 142	7	0,96	1,00
Fenster 143	7	1,92	1,80
Fenster 144 – Lichtkuppel	16	1,20	1,20
Fenster 145 – Lichtkuppel	16	1,20	1,20
Fenster 146 – Lichtkuppel	16	1,20	1,20
Fenster 147 – Lichtkuppel	16	1,20	1,20

13.3.3 Lüftung

Für das Mehrfamilienhaus wird der hygienische Luftwechsel mit 0,4 1/h angesetzt. Der n_{50} - Wert wird für die Validierung mit < 0,6 1/h festgelegt. Es ergibt sich daher eine Infiltrationsluftwechselrate n_x von 0,04 1/h. Der Infiltrationsvolumenstrom ergibt sich durch Multiplikation mit dem Nettovolumen des Gebäudes. In der Planung ist keine mechanische Lüftungsanlage vorgesehen. Daher wird diese in den Simulationen auch nicht angesetzt. Die Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung sind in Tabelle 48 zusammengefasst.

Tabelle 48: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung	
n_{50} - Wert	0,59	1/h
hygienischer Luftwechsel	0,4	1/h
Nettovolumen	0,8*BGF*2,6	m ³
Lage der Ventilatoren	keine mech. Anlage	
Wärmebereitstellungsgrad	0	-
SFP – Zuluft	0	Wh/m ³
SFP – Abluft	0,2777778/	Wh/m ³

13.3.4 Gebäudetechnik

Die Gebäudespezifischen Parameter des Speichers sind in Tabelle 39 festgelegt.

Tabelle 49: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Puffervolumen	5,0	m ³
Volumen einer Schicht	0,5	m ³
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	20	%

Die Lage der Anbinde-, Verteil- und Steigleitungen ist der folgenden Tabelle 50 definiert, wobei 1 für den konditionierten und 0 für den unkonditionierten Bereich steht.

Tabelle 50: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufs

	Input – Lage der Rohrleitungen
--	--------------------------------

Anbindeleitungen Heizkreislauf	1	-
Steigleitungen Heizkreislauf	1	-
Verteilleitungen Heizkreislauf	1	-

13.3.5 Ergebnisse

Zur Berechnung der Heizlast, die zur Auslegung der Wärmeerzeuger dient, werden folgende Varianten betrachtet:

- Maximale Heizlast und maximaler 24 h Durchschnitt der Heizlast während einer normalen Jahressimulation
- Heizlast aus der stationären Berechnung mit konstanter Außentemperatur von $-14,3^{\circ}\text{C}$ (NAT) sowie als Ergebnis einer Simulation mit derselben Außentemperatur, ohne innere und solare Gewinne
- Heizlast sowie flächenbezogene Heizlast resultierend aus einer Simulation des in diesem Projekt entwickelten Auslegungsklimas

In Tabelle 51 sind die Ergebnisse dieser Simulationen aufgelistet:

Tabelle 51: Ergebnisse der idealen Simulation des 2. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung ideal – Referenzgebäude 2
$Q_{\text{Peak,ideal}}$	32.152 W
$Q_{\text{Peak24h,ideal}}$	28.668 W
$Q_{\text{stationär}} / Q_{\text{simulation}}$	45029 W / 44423 W
$Q_{\text{HL, AuslegungNEU}}$	41.745 W
$Q_{\text{HL, AuslegungNEU, spez.}}$	16,66 W/m ²
$Q_{\text{HL, AuslegungNEU, spez, Raum}}$	25,83 W/m ²
Heizwärmebedarf	50 455 kWh

Bei den weiteren Simulationen wurden jeweils der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 52 zu sehen.

Tabelle 52: Validierungsergebnisse des 2. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung – Referenzgebäude 2
HWB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	53.279 kWh
EEB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	76.644 kWh
HWB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, $dT = 2\text{ K}$	61.463 kWh
EEB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, $dT = 2\text{ K}$	36.779 kWh
HWB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	56.471 kWh
EEB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	36.838 kWh
HWB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauchs	47.211 kWh

EEB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	43.780 kWh
--	------------

13.4 Gebäude 3: Einfamilienhaus, Solarhaus 2014

Beim dritten Referenzgebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit 193 m² Bruttogeschossfläche. Das Gebäude befindet sich in Hanglage und verfügt deshalb über mehrere erdberührte Bauteile im Keller, dieses ist jedoch unbeheizt und wird somit in der Simulation nicht berücksichtigt.

13.4.1 Opake Bauteile

Das Gebäude ist in Massivbauweise gebaut, lediglich das Pultdach ist in Holzbauweise realisiert. Nicht tragende Innenwände bleiben in der Simulation unberücksichtigt. Die verwendeten Bauteilaufbauten sowie die zusätzlich benötigten Eingangsparameter für die Simulation sind in Tabelle 53 dargestellt. Die Materialkennwerte der einzelnen Baustoffe stammen aus der ÖNORM B 8110-7 [ONO13] bzw. der Bauteildatenbank aus der Software GEQ [GEQ18]. Zur Vereinfachung und Verkürzung der Simulationsdauer, werden die Aufbauten teilweise vereinfacht eingegeben, bzw. ähnliche Aufbauten zusammengefasst.

Tabelle 53: Beschreibung der Bauteilaufbauten

Input – Aufbau 1					
erdanliegende Außenwand					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
XPS	1	0,18	30	1500	0,038
Stahlbeton	1	0,25	2300	1000	2,3
Heraklith BM	1	0,035	450	1800	0,1
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,7
Bauteilkategorie:		21 – erdberührte Außenwand			
Temperaturkorrekturfaktor:		0,8			
Außenseitiger Absorptionskoeffizient		0			

Input – Aufbau 2					
Außenwand Heraklit + EPS					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
EPS F plus	1	0,18	15	1450	0,032
Stahlbeton	1	0,25	2300	1000	2,3
Heraklith BM	1	0,035	450	1800	0,1
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,7
Bauteilkategorie:		11 – Außenwand			

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Temperaturkorrekturfaktor:	1
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0

Input – Aufbau 3					
Außenwand					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Hochlochziegel	1	0,5	575	1000	0,083
Innenputz	1	0,025	1800	1100	0,4
Bauteilkategorie:	11 –Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 4					
Decke über Außenluft					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
EPS F plus	1	0,16	15	1450	0,032
Stahlbeton	3	0,15	2300	1000	2,3
EPS Schüttung	1	0,065	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,035	115	1030	0,036
Estrich	1	0,065	1800	1080	1,33
Bauteilkategorie:	13 – außenluftberührter Boden				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 5					
Pultdach					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Schalung	1	0,024	475	1600	0,12
Sparren dazw. Mineralwolle	1	0,18	187	1095	0,045
Holz dazw. Mineralwolle	1	0,12	187	1095	0,045
Schalung	1	0,024	475	1600	0,12
Installationsebene	1	0,035	150	1030	0,94
Gipskartonplatte	1	0,015	1800	960	0,21
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührtes Dach				

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Temperaturkorrekturfaktor:	1
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0

Input – Aufbau 6					
Außenwand Hochlochziegel					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Gefälledämmung i. M.	1	0,12	20	1450	0,038
EPS W20	1	0,10	20	1450	0,038
Stahlbeton	3	0,12	2300	1000	2,3
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührtes Dach				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 7					
Außenwand EPS					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
EPS	1	0,18	2015	1450	0,032
Stahlbeton	1	0,25	2300	1000	2,3
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,7
Bauteilkategorie:	11 – Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 8					
Kellerdecke					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Kellerdeckendämmung	1	0,06	220	1030	0,033
Stahlbeton	3	0,275	2300	1000	2,3
EPS Schüttung	1	0,04	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,035	115	1030	0,036
Estrich	1	0,065	1800	1080	1,33
Bauteilkategorie:	42 – Kellerdecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,5				

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0
--------------------------------------	---

Input – Aufbau 9					
Zwischendecke					
Schichten	Anzahl Teilschichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Spachtelung	1	0,005	1800	1000	0,8
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
EPS Schüttung	1	0,04	135	1250	0,06
Trittschalldämmung	1	0,035	115	1030	0,036
Estrich	1	0,065	1800	1080	1,1
Bauteilkategorie:	52 – Innendecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 10					
Zwischenwand					
Schichten	Anzahl Teilschichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,8
Ziegel	1	0,18	575	1000	0,083
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,8
Bauteilkategorie:	51 – Innenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient:	0				

In der folgenden Tabelle 54 werden die Bauteile mit ihren Eigenschaften beschrieben. Folgende Erläuterungen sind für die Eingabe zu beachten:

- TABS – Mode: 0 = keine Aktivierung dieses Bauteils; 1 = aktiviertes Bauteil
- TABS Layer: Angabe, in welcher Teilschicht (von außen nach innen) die Heizschlangen liegen
- Bauteilteilung TABS: 0 = automatische Ermittlung; ≥1 = Anzahl, wie viele Heizkreise in dem Bauteil liegen.

Tabelle 54: Beschreibung der Bauteile

Input – Bauteile								
Bauteil	Zuordnung Aufbau	Bruttofläche	Anzahl Fenster	TABS Mode	Rohr-führende Teilschicht	Bauteil-teilung TABS	Aus-richtung	Neigung
	-	m ²	-	-	-	-	°	°

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Bauteil 1	3	49,96	4	0	0	0	163	90
Bauteil 2	3	10,71	0	0	0	0	253	90
Bauteil 3	7	27,31	4	0	0	0	253	90
Bauteil 4	2	22,30	3	1	3	0	343	90
Bauteil 5	1	27,66	0	0	0	0	343	90
Bauteil 6	7	27,47	2	0	0	0	73	90
Bauteil 7	3	10,55	2	0	0	0	73	90
Bauteil 8	3	40,62	6	0	0	0	163	90
Bauteil 9	3	35,45	5	0	0	0	253	90
Bauteil 10	3	33,53	1	0	0	0	343	90
Bauteil 11	3	35,45	5	0	0	0	73	90
Bauteil 12	4	31,90	0	0	0	0	0	0
Bauteil 13	8	115,22	0	0	0	0	0	0
Bauteil 14	6	14,89	0	0	0	0	0	0
Bauteil 15	5	135,37	0	0	0	0	0	0
Bauteil 16	9	147,12	0	1	2	0	0	0
Bauteil 17	10	40	0	0	0	0	0	90

13.4.2 Fenster

Das Gebäude weist insgesamt 32 Fenster auf. Die Fenstergrößen sowie die Zuordnung der Fenster zu den jeweiligen Bauteilen sind Tabelle 56 zu entnehmen. Da alle Fenster über dieselben Kennwerte sowie Verschattungseinrichtungen verfügen, werden diese in Tabelle 55 zusammengefasst.

Tabelle 55: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung

	Input – Parameter Fenster	
	Rahmenbreite (umlaufend)	0,09
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases	0,031	W/mK
U – Wert des Glases	0,6	W/m ² K
U – Wert des Rahmens	1,0	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)	1	-
Fensterneigung	Siehe Neigung Bauteil °	
Gesamtenergiedurchlassgrad	0,6	-
Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]	1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)	0,15	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases	0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung	1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung	0,85	-

Tabelle 56: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation

Fenster	Input – Fenstergrößen		
	Trägerbauteil	Fensterbreite	Fensterhöhe
	-	m	m
Fenster 1	1	0,81	2,75
Fenster 2	1	0,90	2,75
Fenster 3	1	1,13	2,75
Fenster 4	1	1,13	2,75
Fenster 5	3	0,90	2,75
Fenster 6	3	0,90	2,75
Fenster 7	3	1,23	2,75
Fenster 8	3	1,23	2,75
Fenster 9	4	2,46	0,98
Fenster 10	4	0,90	0,98
Fenster 11	4	1,02	0,86
Fenster 12	6	1,23	1,00
Fenster 13	6	0,90	1,00
Fenster 14	7	1,23	1,00
Fenster 15	7	0,90	1,00
Fenster 16	8	1,30	1,50
Fenster 17	8	0,90	1,50
Fenster 18	8	1,30	1,50
Fenster 19	8	0,90	1,50
Fenster 20	8	1,13	2,75
Fenster 21	8	1,13	2,75
Fenster 22	9	1,72	2,75
Fenster 23	9	1,23	2,42
Fenster 24	9	0,90	2,42
Fenster 25	9	0,90	2,42
Fenster 26	9	1,23	2,42
Fenster 27	10	1,10	1,50
Fenster 28	11	1,23	1,50
Fenster 29	11	0,90	1,50
Fenster 30	11	1,08	1,05
Fenster 31	11	1,25	1,58
Fenster 32	11	0,90	1,58

13.4.3 Lüftung

Für das Mehrfamilienhaus wird der hygienische Luftwechsel mit 0,4 1/h angesetzt. Der n_{50} - Wert wird für die Validierung mit < 0,6 1/h festgelegt. Es ergibt sich daher eine Infiltrationsluftwechselrate n_x von 0,04 1/h. Der Infiltrationsvolumenstrom ergibt sich durch Multiplikation mit dem Nettovolumen des Gebäudes. Im Gebäude ist keine mechanische Lüftungsanlage verbaut. Daher wird diese in den Simulationen auch nicht angesetzt. Die Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung sind in Tabelle 57 zusammengefasst.

Tabelle 57: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung	
n ₅₀ - Wert	0,59	1/h
hygienischer Luftwechsel	0,4	1/h
Nettovolumen	0,8*BGF*2,6	m ³
Lage der Ventilatoren	keine mech. Anlage	
Wärmebereitstellungsgrad	0	-
SFP – Zuluft	0	Wh/m ³
SFP – Abluft	0,27777778/	Wh/m ³

13.4.4 Gebäudetechnik

Die Gebäudespezifischen Parameter des Speichers sind in Tabelle 58 festgelegt.

Tabelle 58: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Puffervolumen	1,2	m ³
Volumen einer Schicht	0,12	m ³
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	22,5	%

Tabelle 59: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes

	Input – Lage der Rohrleitungen	
Anbindeleitungen Heizkreislauf	1	-
Steigleitungen Heizkreislauf	1	-
Verteilleitungen Heizkreislauf	1	-

13.4.5 Ergebnisse

Zur Berechnung der Heizlast, die zur Auslegung der Wärmeerzeuger dient, werden folgende Varianten betrachtet:

- Maximale Heizlast und maximaler 24 h Durchschnitt der Heizlast während einer normalen Jahressimulation
- Heizlast aus der stationären Berechnung mit konstanter Außentemperatur von -14,3°C (NAT) sowie als Ergebnis einer Simulation mit derselben Außentemperatur, ohne innere und solare Gewinne
- Heizlast sowie flächenbezogene Heizlast resultierend aus einer Simulation des in diesem Projekt entwickelten Auslegungsklimas

In Tabelle 60 sind die Ergebnisse dieser Simulationen aufgelistet:

Tabelle 60: Ergebnisse der idealen Simulation des 3. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung ideal – Referenzgebäude 3
q _{Peak,ideal}	4.117 W
q _{Peak24h,ideal}	3.610 W
q _{stationär} / q _{simulation}	6.231 W / 6.104 W

Q_{H,L}, AuslegungNEU	5.448 W
Q_{H,L}, AuslegungNEU, spez.	28,16 W/m ²
Q_{H,L}, AuslegungNEU, spez, Raum	29,11 W/m ²
Heizwärmebedarf	5.817 kWh

Bei den weiteren Simulationen werden jeweils der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 61 zu sehen.

Tabelle 61: Validierungsergebnisse des 3. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung – Referenzgebäude 3
HWB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	6.294 kWh
EEB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	8.126 kWh
HWB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	7.001 kWh
EEB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	3.438 kWh
HWB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	5.915 kWh
EEB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	3.720 kWh
HWB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	5.528 kWh
EEB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	4.872 kWh

13.5 Gebäude 4: Einfamilienhaus, Solarhaus 2015

Das vierte Referenzgebäude ist ebenfalls in Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem errichtet. Das Dach ist als Warmdach ausgeführt. Es handelt sich um einen einfachen Würfel mit 257 m² Bruttogeschossfläche. Das Einfamilienhaus verfügt über ein Erdgeschoss und ein Obergeschoss und ist nicht unterkellert.

13.5.1 Opake Bauteile

Die verwendeten Bauteilaufbauten sowie die zusätzlich benötigten Eingangsparameter für die Simulation sind in Tabelle 62 dargestellt. Die Materialkennwerte der einzelnen Baustoffe stammen aus der ÖNORM B 8110-7 [ONO13] bzw. der Bauteildatenbank aus der Software GEQ [GEQ18]: Zur Vereinfachung und Verkürzung der Simulationsdauer, werden die Aufbauten teilweise vereinfacht eingegeben, bzw. ähnliche Aufbauten zusammengefasst.

Tabelle 62: Beschreibung der Bauteilaufbauten

Input – Aufbau 1					
Außenwand					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Blähbetonhohlstein	1	0,05	540	1200	0,14
EPS plus	1	0,25	15	1450	0,031
Blähbetonhohlstein	1	0,20	540	1200	0,14
Innenputz	1	0,015	1800	1100	0,8
Bauteilkategorie:	11 – Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 2					
Flachdach					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Kiesschüttung	1	0,06	1800	1000	0,7
EPS W25 plus	1	0,40	20	1450	0,031
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührtes Dach				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 3					
erdberührte Bodenplatte					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Sauberkeitsschicht	1	0,08	1800	1000	1,5
XPS	1	0,3	30	1500	0,038
Stahlbeton	3	0,25	2300	1000	2,3
EPS W20 plus	1	0,09	20	1450	0,031
EPS W20 plus	1	0,03	20	1450	0,031
Anhydritestrich	1	0,07	2200	1300	1,17
Bauteilkategorie:	23 – erdberührte Bodenplatte				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0
--------------------------------------	---

Input – Aufbau 4					
Zwischendecke					
Schichten	Anzahl Teilschichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Innenputz	1	0,01	1800	1100	0,8
Stahlbeton	3	0,20	2300	1000	2,3
Thermotec BEPS-WD 100R	1	0,09	102	1250	0,05
Trittschalldämmung	1	0,03	17	1400	0,044
Anhydritestrich	1	0,07	2200	1300	1,17
Bauteilkategorie:	52 – Innendecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 5					
Innenwand					
Schichten	Anzahl Teilschichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Innenputz	1	0,015	1800	1100	0,8
Mauerwerk	1	0,22	800	1000	0,4
Innenputz	1	0,015	1800	1100	0,8
Bauteilkategorie:	51 – Innenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

In der folgenden Tabelle 63 werden die Bauteile mit ihren Eigenschaften beschrieben. Folgende Erläuterungen sind für die Eingabe zu beachten:

- TABS – Mode: 0 = keine Aktivierung dieses Bauteils; 1 = aktiviertes Bauteil
- TABS Layer: Angabe, in welcher Teilschicht (von außen nach innen) die Heizschlangen liegen
- Bauteilteilung TABS: 0 = automatische Ermittlung; ≥1 = Anzahl, wie viele Heizkreise in dem Bauteil liegen.

Tabelle 63: Beschreibung der Bauteile

Input – Bauteile								
Bauteil	Zuordnung Aufbau	Bruttofläche	Anzahl Fenster	TABS Mode	Rohr-führende Teilschicht	Bauteil-teilung TABS	Aus-richtung	Neigung
	-	m ²	-	-	-	-	°	°

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Bauteil 1	1	74,61	7	0	0	0	0	90
Bauteil 2	1	82,99	0	0	0	0	90	90
Bauteil 3	1	74,61	6	0	0	0	180	90
Bauteil 4	1	82,99	5	0	0	0	270	90
Bauteil 5	2	128,46	0	1	4	0	0	0
Bauteil 6	3	128,46	0	1	4	0	0	0
Bauteil 7	4	128,46	0	1	3	0	0	0
Bauteil 8	5	90,06	0	0	0	0	0	90

13.5.2 Fenster

Das Gebäude weist insgesamt 18 Fenster auf. Die Fenstergrößen sowie die Zuordnung der Fenster zu den jeweiligen Bauteilen ist Tabelle 65 zu entnehmen. Da alle Fenster über dieselben Kennwerte sowie Verschattungseinrichtungen verfügen, wurden diese in Tabelle 64 zusammengefasst.

Tabelle 64: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung

		Input – Parameter Fenster	
Rahmenbreite (umlaufend)		0,12	m
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases		0,025	W/mK
U – Wert des Glases		0,5	W/m ² K
U – Wert des Rahmens		0,88	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)		1	-
Fensterneigung		Siehe Neigung Bauteil °	
Gesamtenergiedurchlassgrad		0,53	-
Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]		1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)		0,15	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases		0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung		1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung		0,85	-

Tabelle 65: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation

Fenster	Input – Fenstergrößen		
	Trägerbauteil	Fensterbreite	Fensterhöhe
	-	m	m
Fenster 1	1	1,50	0,80
Fenster 2	1	1,66	2,50
Fenster 3	1	1,50	0,80

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fenster 4	1	0,60	0,80
Fenster 5	1	1,00	1,40
Fenster 6	1	1,50	0,80
Fenster 7	1	1,00	1,40
Fenster 8	3	2,00	2,50
Fenster 9	3	2,40	2,50
Fenster 10	3	2,00	2,50
Fenster 11	3	1,00	2,30
Fenster 12	3	1,00	2,30
Fenster 13	3	1,00	2,30
Fenster 14	4	2,00	0,80
Fenster 15	4	1,60	1,60
Fenster 16	4	0,60	0,80
Fenster 17	4	1,00	1,40
Fenster 18	4	1,60	1,40

13.5.3 Lüftung

Für das Mehrfamilienhaus wird der hygienische Luftwechsel mit 0,4 1/h angesetzt. Der n_{50} - Wert wird für die Validierung mit < 0,6 1/h festgelegt. Es ergibt sich daher eine Infiltrationsluftwechselrate n_x von 0,04 1/h. Der Infiltrationsvolumenstrom ergibt sich durch Multiplikation mit dem Nettovolumen des Gebäudes. Im Gebäude ist eine mechanische Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 75% verbaut. Die Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung sind in Tabelle 66 zusammengefasst.

Tabelle 66: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung	
n_{50} - Wert	0,59	1/h
hygienischer Luftwechsel	0,4	1/h
Nettovolumen	$0,8 \cdot BGF \cdot 2,6$	m^3
Lage der Ventilatoren	ABLVent außenseitig & ZULVent raumseitig	
Wärmebereitstellungsgrad	0,75	-
SFP – Zuluft	0	Wh/ m^3
SFP – Abluft	0,2777778	Wh/ m^3

13.5.4 Gebäudetechnik

Die Gebäudespezifischen Parameter für die Berechnung des Speichers sind in Tabelle 67 festgelegt.

Tabelle 67: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Puffervolumen	1,0	m^3
Volumen einer Schicht	0,1	m^3
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	20	%

Die Lage der Anbinde-, Verteil- und Steigleitungen ist der folgenden Tabelle 68 definiert, wobei 1 für den konditionierten und 0 für den unkonditionierten Bereich steht.

Tabelle 68: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes

	Input – Lage der Rohrleitungen	
	Anbindeleitungen Heizkreislauf	1
Steigleitungen Heizkreislauf	1	-
Verteilleitungen Heizkreislauf	1	-

13.5.5 Ergebnisse

Zur Berechnung der Heizlast, die zur Auslegung der Wärmeerzeuger dient, werden folgende Varianten betrachtet:

- Maximale Heizlast und maximaler 24 h Durchschnitt der Heizlast während einer normalen Jahressimulation
- Heizlast aus der stationären Berechnung mit konstanter Außentemperatur von -14,3°C (NAT) sowie als Ergebnis einer Simulation mit derselben Außentemperatur, ohne innere und solare Gewinne
- Heizlast sowie flächenbezogene Heizlast resultierend aus einer Simulation des in diesem Projekt entwickelten Auslegungsklimas

In Tabelle 69 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches

Tabelle 69: Ergebnisse der idealen Simulation des 4. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung ideal – Referenzgebäude 4
$Q_{Peak,ideal}$	1.728 W
$Q_{Peak24h,ideal}$	1.479 W
$Q_{stationär} / Q_{simulation}$	3.266 W / 3.218 W
$Q_{HL, AuslegungNEU}$	2.457 W
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez.}$	9,56 W/m ²
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez, Raum}$	10,59 W/m ²
Heizwärmebedarf	1.587 kWh

Bei den weiteren Simulationen wurden jeweils der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 70 zu sehen.

Tabelle 70: Validierungsergebnisse des 4. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung – Referenzgebäude 4
HWB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	2.166 kWh
EEB Variante 1: Bauteilaktivierung und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	4.533 kWh
HWB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	2.560 kWh
EEB Variante 2: Bauteilaktivierung, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	2.914 kWh

HWB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	1.714 kWh
EEB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	3.258 kWh
HWB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	1.531 kWh
EEB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	3.777 kWh

13.6 Gebäude 5: Einfamilienhaus, Holzbauweise

Das fünfte Referenzgebäude ist wiederum ein Einfamilienhaus. Die Bruttogeschossfläche beträgt 219 m². Das Einfamilienhaus verfügt über ein Erdgeschoss und ein Obergeschoss und ist nicht unterkellert. Bis auf die massive Bodenplatte ist das Gebäude in Holzbauweise realisiert. Daher konnte dieses Gebäude mit den tatsächlichen Bauteilaufbauten nicht mit Bauteilaktivierung gerechnet werden. Die massive Bodenplatte weist auf der Ober- und Unterseite der Stahlbetonplatte eine Dämmung auf. Dadurch kann nur sehr wenig Heizleistung an den Raum abgegeben werden. Die Aktivierung der Bodenplatte wurde in den Simulationen daher vernachlässigt und das Gebäude wurde nur mit Radiatoren beheizt angenommen. Anhand dieses Gebäudes kann also gezeigt werden, dass mit dem neu entwickelten Rechenkern nicht nur Gebäude berechnet werden können, die mittels Bauteilaktivierung beheizt werden, sondern auf traditionell über Radiatoren beheizte Gebäude.

13.6.1 Opake Bauteile

Das Gebäude ist in Holzbauweise gebaut, lediglich die Bodenplatte wurde in Massivbauweise realisiert. Nicht tragende Innenwände blieben in der Simulation unberücksichtigt. Die verwendeten Bauteilaufbauten sowie die zusätzlich benötigten Eingangsparameter für die Simulation sind in Tabelle 71 dargestellt. Die Materialkennwerte der einzelnen Baustoffe stammen aus der ÖNORM B 8110-7 [ONO13] bzw. der Bauteildatenbank aus der Software GEQ [GEQ18]: Zur Vereinfachung und Verkürzung der Simulationsdauer, wurden die Aufbauten teilweise vereinfacht eingegeben, bzw. ähnliche Aufbauten zusammengefasst.

Tabelle 71: Beschreibung der Bauteilaufbauten

Input – Aufbau 1					
Außenwand hinterlüftet					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Riegel dazw. STO Weichfaserplatte	1	0,20	153,5	2085	0,049
KLH Platte	1	0,14	500	1600	0,13
Weichfaserplatte	1	0,05	110	2100	0,04
Lehmputz	1	0,01	1700	936	0,8
Bauteilkategorie:	11 – Außenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Input – Aufbau 2					
Pulldach					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
I-Träger dazw. Baustrohballen	1	0,35	181,7	1584,5	0,5494
KLH Platte	1	0,14	500	1600	0,13
Bauteilkategorie:	12 – außenluftberührtes Dach				
Temperaturkorrekturfaktor:	1				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 3					
erdberührte Bodenplatte					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
Schaumglasschotter	1	0,35	30	1500	0,042
Stahlbeton	3	0,25	2300	1000	2,3
Schüttung Perlite	1	0,12	100	900	0,05
Gipsfaser Estrich	1	0,025	1150	1100	0,32
Schiffboden	1	0,02	740	1600	0,13
Bauteilkategorie:	23 – erdberührte Bodenplatte				
Temperaturkorrekturfaktor:	0,7				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 4					
Zwischendecke					
Schichten	Anzahl Teil-schichten	Dicke	Dichte	spez. Speicher-kapazität	Wärme-leitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
KLH Platte	1	0,14	500	1600	0,13
Schüttung Perlite	1	0,075	100	900	0,05
Gipsfaser Estrich	1	0,025	1150	1100	0,32
Schiffboden	1	0,02	740	1600	0,13
Bauteilkategorie:	52 – Innendecke				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

Input – Aufbau 5					
------------------	--	--	--	--	--

Innenwand					
Schichten	Anzahl Teilschichten	Dicke	Dichte	spez. Speicherkapazität	Wärmeleitfähigkeit
	-	m	kg/m ³	J/kg	W/mK
GKF Platte	1	0,0125	700	1000	0,25
OSB Platte	1	0,018	680	1700	0,13
Kantholz dazw. Hanf	1	0,1	130,5	1737,5	0,049
OSB Platte	1	0,018	680	1700	0,13
GKF Platte	1	0,0125	700	1000	0,25
Bauteilkategorie:	51 – Innenwand				
Temperaturkorrekturfaktor:	0				
Außenseitiger Absorptionskoeffizient	0				

In der folgenden Tabelle 72 werden die Bauteile mit ihren Eigenschaften beschrieben. Folgende Erläuterungen sind für die Eingabe zu beachten:

- TABS – Mode: 0 = keine Aktivierung dieses Bauteils; 1 = aktiviertes Bauteil
- TABS Layer: Angabe, in welcher Teilschicht (von außen nach innen) die Heizschlangen liegen
- Bauteilteilung TABS: 0 = automatische Ermittlung; ≥ 1 = Anzahl, wie viele Heizkreise in dem Bauteil liegen.

Tabelle 72: Beschreibung der Bauteile

Bauteil	Input – Bauteile							
	Zuordnung Aufbau	Bruttofläche	Anzahl Fenster	TABS Mode	Rohr-führende Teilschicht	Bauteil-teilung TABS	Aus-richtung	Neigung
	-	m ²	-	-	-	-	°	°
Bauteil 1	1	79,44	10	0	0	0	10,25	90
Bauteil 2	1	57,90	4	0	0	0	100,25	90
Bauteil 3	1	98,51	12	0	0	0	190,25	90
Bauteil 4	1	57,90	3	0	0	0	280,25	90
Bauteil 5	2	100,83	0	0	0	0	0	9
Bauteil 6	3	109,47	0	0	0	0	0	0
Bauteil 7	4	109,47	0	0	0	0	0	0
Bauteil 8	5	56,00	0	0	0	0	0	90

13.6.2 Fenster

Das Gebäude weist insgesamt 29 Fenster auf. Die Anordnung der Fenster ist den Plänen im Anhang zu entnehmen. Die Fenstergrößen sowie die Zuordnung der Fenster zu den jeweiligen Bauteilen ist Tabelle 74 zu entnehmen. Da alle Fenster über dieselben Kennwerte sowie Verschattungseinrichtungen verfügen, wurden diese in Tabelle 73 zusammengefasst.

Tabelle 73: Eingangsparameter für die Fenstermodellierung

	Input – Parameter Fenster	
Rahmenbreite (umlaufend)	0,1	m
Linearer Wärmebrückenkoeffizient zur Berücksichtigung der Abstandhalter des Glases	0,06	W/mK
U – Wert des Glases	0,6	W/m ² K
U – Wert des Rahmens	1,0	W/m ² K
Öffnungsmöglichkeiten (0 = Fixverglasung, 0.1 = Kippbar, 1 = zur Gänze offenbar)	1	-
Fensterneigung	Siehe Neigung Bauteil	°
Gesamtenergiedurchlassgrad	0,5	-
Exponent zur Berücksichtigung der Reduktion des Transmissionsgrades nach [ONO12]	1,5	-
Faktor zur Berücksichtigung von Abschattungseinrichtungen (beweglicher Sonnenschutz)	0,15	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschmutzung des Glases	0,98	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch eine Horizontüberhöhung	1	-
Faktor zur Berücksichtigung der Verschattung durch Gebäude bzw. Umgebung	0,85	-

Tabelle 74: Fenstergrößen zur Modellierung der Fenster in der Simulation

Fenster	Input – Fenstergrößen		
	Trägerbauteil	Fensterbreite	Fensterhöhe
	-	m	m
Fenster 1	1	0,90	2,20
Fenster 2	1	0,80	2,20
Fenster 3	1	0,80	1,10
Fenster 4	1	1,78	1,10
Fenster 5	1	0,70	0,75
Fenster 6	1	0,80	1,10
Fenster 7	1	2,40	1,10
Fenster 8	1	0,80	1,10
Fenster 9	1	2,40	1,10
Fenster 10	1	0,80	1,10
Fenster 11	2	1,08	1,10
Fenster 12	2	0,90	2,20
Fenster 13	2	0,80	2,20
Fenster 14	2	0,80	0,85
Fenster 15	3	1,80	2,76
Fenster 16	3	1,20	2,76
Fenster 17	3	1,64	2,76
Fenster 18	3	1,20	2,76

Fenster 19	3	1,20	2,76
Fenster 20	3	1,64	2,76
Fenster 21	3	1,80	3,36
Fenster 22	3	1,20	3,36
Fenster 23	3	1,64	3,36
Fenster 24	3	1,20	3,36
Fenster 25	3	1,20	3,36
Fenster 26	3	1,64	3,36
Fenster 27	4	0,70	0,75
Fenster 28	4	0,90	2,20
Fenster 29	4	0,80	0,85

13.6.3 Lüftung

Für das Mehrfamilienhaus wird der hygienische Luftwechsel mit 0,4 1/h angesetzt. Der n_{50} - Wert wird für die Validierung mit < 0,6 1/h festgelegt. Es ergibt sich daher eine Infiltrationsluftwechselrate n_x von 0,04 1/h. Der Infiltrationsvolumenstrom ergibt sich durch Multiplikation mit dem Nettovolumen des Gebäudes. Im Gebäude ist eine mechanische Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 85% verbaut. Die Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung sind in Tabelle 75 zusammengefasst.

Tabelle 75: Randbedingungen für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung	
n_{50} - Wert	0,59	1/h
hygienischer Luftwechsel	0,4	1/h
Nettovolumen	$0,8 \cdot BGF \cdot 2,6$	m ³
Lage der Ventilatoren	ABLVent außenseitig & ZULVent raumseitig	
Wärmebereitstellungsgrad	0,85	-
SFP – Zuluft	0	Wh/m ³
SFP – Abluft	0,2777778	Wh/m ³

13.6.4 Gebäudetechnik

Die Gebäudespezifischen Parameter für die Berechnung des Speichers sind in Tabelle 76 festgelegt.

Tabelle 76: Eingangsparameter für die Speichermodellierung

	Input – Speichermodellierung	
Puffervolumen	1,5	m ³
Volumen einer Schicht	0,15	m ³
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	30	%

Die Lage der Anbinde-, Verteil- und Steigleitungen ist der folgenden Tabelle 77 definiert, wobei 1 für den konditionierten und 0 für den unkonditionierten Bereich steht.

Tabelle 77: Lage der Rohrleitungen des Heizkreislaufes

	Input – Lage der Rohrleitungen	
Anbindeleitungen Heizkreislauf	1	-
Steigleitungen Heizkreislauf	1	-
Verteilleitungen Heizkreislauf	1	-

13.6.5 Ergebnisse

Zur Berechnung der Heizlast, die zur Auslegung der Wärmeerzeuger dient, werden folgende Varianten betrachtet:

- Maximale Heizlast und maximaler 24 h Durchschnitt der Heizlast während einer normalen Jahressimulation
- Heizlast aus der stationären Berechnung mit konstanter Außentemperatur von -14,3°C (NAT) sowie als Ergebnis einer Simulation mit derselben Außentemperatur, ohne innere und solare Gewinne
- Heizlast sowie flächenbezogene Heizlast resultierend aus einer Simulation des in diesem Projekt entwickelten Auslegungsklimas

In Tabelle 78 sind die Ergebnisse dieser Simulationen aufgelistet:

Tabelle 78: Ergebnisse der idealen Simulation des 5. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung ideal – Referenzgebäude 5
$Q_{Peak,ideal}$	3.921 W
$Q_{Peak24h,ideal}$	3.355 W
$Q_{stationär} / Q_{simulation}$	6.314 W / 6.048 W
$Q_{HL, AuslegungNEU}$	5.319 W
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez.}$	24,29 W/m ²
$Q_{HL, AuslegungNEU, spez, Raum}$	40,50 W/m ²
Heizwärmebedarf	5.357 kWh

Bei den weiteren Simulationen werden jeweils der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 79 zu sehen.

Tabelle 79: Validierungsergebnisse des 5. Referenzgebäudes

	Ergebnisse Validierung – Referenzgebäude 5
HWB Variante 1: Radiatoren und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	5.724 kWh
EEB Variante 1: Radiatoren und Pufferspeicher mit Elektroheizstab	10.437 kWh
HWB Variante 2: Radiatoren, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	6.583 kWh
EEB Variante 2: Radiatoren, Pufferspeicher und Wärmepumpe, dT = 2 K	3.957 kWh
HWB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	5.159 kWh
EEB Variante 3: zusätzlich zu Var. 2 mit rückgewinnbaren Rohrleitungsverlusten	4.231 kWh

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

HWB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	4.390 kWh
EEB Variante 4: zusätzlich zu Var. 3 mit Berücksichtigung des Warmwasserverbrauches	10.427 h

14 ANHANG 2: Case-Studies: Finale Auslegung

Im folgenden Kapitel werden die tatsächlich geplanten / verbauten Haustechniksysteme beschrieben. Die Gebäudeeingabe und alle weiteren auf den folgenden Seiten nicht mehr explizit angegebenen Werte sind in „Case-Studies: Ringrechnungsbeispiele und Validierung“ beschrieben.

14.1 Ergänzende Dokumentation der für alle Gebäude gleichbleibenden Berechnungsrandbedingungen

14.1.1 Anpassungen der Randbedingungen der Simulationen

Um die Simulationen möglichst realitätsnah zu gestalten, wird in den durchgeführten Auslegung-Simulationen mit einer Vorlaufzeit von 760 h (Startzeit der Vorlaufsimulation = 8000 h) gerechnet, um beim Start der Simulation bereits ein eingeschwungenes System zu haben. Ebenso werden in der stationären Berechnung zur Auslegung der Wärmepumpenleistung die Wärmebrücken mit einem Zuschlag von 10% auf die Transmissionswärmeverluste berücksichtigt.

14.1.2 Anpassungen in der Regelstrategie

Um ein reales Nutzerverhalten abbilden zu können, wird die Kühlgrenztemperatur auf 25°C gestellt. Das bedeutet, dass über 25°C Außentemperatur die Gebäude über die Bauteile auch gekühlt werden, da die Fensterlüftung nicht mehr ausreicht um die Gebäude zu kühlen.

14.2 Gebäude 1: Mehrfamilienhaus, 1130 Wien

Da von diesem Gebäude nur eine Vorentwurfs-Planung vorhanden ist, werden noch keine genauen Haustechniksysteme bzw. Geräte festgelegt. Geplant ist, dass das Mehrfamilienhaus über eine Wärmepumpe und Bauteilaktivierung - unter Ausnutzung eines externen Freigabesignals - beheizt wird. Solar- oder PV – Anlage ist keine vorgesehen. Die in der Validierung einheitlich angenommene Solaranlage wurde in dieser Simulation deshalb nicht mehr berücksichtigt.

14.2.1 Anpassung der Standortdaten

Die Standortdaten werden, wie in folgender Tabelle 80 zu sehen, an den geplanten Standort des Gebäudes angepasst. Aufgrund dieses Standortes und des OIB-NAT Excel Tools [NAT08] ergibt sich eine Norm-Außentemperatur (NAT) von -12,4°C.

Tabelle 80: Anpassung der Standortdaten

	Input – Standortdaten MFH 1130	
Norm Außentemperatur	- 12,4	°C
Breitengrad	48,16356824	°
Längengrad	16,26047411	°
Seehöhe	173	m

14.3 Gebäude 2: Mehrfamilienhaus, Loft Living

14.3.1 Anpassung der Standortdaten

Die Standortdaten werden, wie in folgender Tabelle 81 zu sehen, an den geplanten Standort des Gebäudes angepasst. Aufgrund des Standortes und des OIB-Excel Tools [NAT08] ergibt sich eine Norm-Außen-Temperatur (NAT) von -11,3°C. Das Gebäude wird über eine Wärmepumpe beheizt. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt dezentral über Booster - Wärmepumpen in den Wohnungen. Dies kann allerdings in der Simulation aktuell nicht abgebildet werden. Daher wird angenommen, dass das Gebäude über eine zentrale Wärmepumpe beheizt wird und diese auch den Warmwasserwärmebedarf abdeckt. Zur Spitzenabdeckung ist im Pufferspeicher ein Elektroheizstab verbaut.

Tabelle 81: Anpassung der Standortdaten

	Input – Standortdaten Gebäude 2 Real	
Norm Außentemperatur	- 11,3	°C
Breitengrad	48,18043609	°
Längengrad	16,38517145	°
Seehöhe	192	m

14.4 Gebäude 3: Einfamilienhaus, Solarhaus 2014

14.4.1 Anpassung der Standortdaten

Die Standortdaten werden, wie in folgender Tabelle 82 zu sehen, an den geplanten Standort des Gebäudes angepasst. Aufgrund des Standortes und des OIB-Excel Tools [NAT08] ergibt sich eine Norm-Außen-Temperatur (NAT) von -13,5°C.

Tabelle 82: Anpassung der Standortdaten

	Input – Standortdaten Solarhaus 2014 Real	
Norm Außentemperatur	- 13,5	°C
Breitengrad	48,2735808	°
Längengrad	14,5816349	°
Seehöhe	251	m

14.4.2 Anpassung des Kollektors

Bei diesem Gebäude ist ein „VarioSol A“ Flachkollektor der Firma Winkler Solarsysteme Spenglerei GmbH verbaut. Folgende Kennwerte (Tabelle 83) werden aus dem Datenblatt des Kollektors im Anhang entnommen:

Tabelle 83: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung

	Input – Solarkollektor-Modellierung Real	
Neigung	60	°
Orientierung	180	°
Aperturfläche des Kollektors	38,67	m ²
eta0	0,725	-
a1	3,04	-
a2	0,0117	-
KthetaD	0,94	-
KthetaB	0,94	-

14.4.3 Anpassung Pufferspeicher

Verbaut ist ein Schicht-Pufferspeicher mit integrierter Brauchwasserblase (270 l) mit den in Tabelle 84 festgelegten Kennwerten.

Tabelle 84: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung

	Input –Pufferspeicher-Modellierung Real	
Speichervolumen	950	l
Volumen einer Schicht	95	l
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	28,24	%

14.4.4 Anpassung Heizkessel

Verbaut ist ein „BioWIN 102 T“ Pelletskessel mit den in Tabelle 85 festgelegten Kennwerten.

Tabelle 85: Eingangsparameter für die Heizkessel - Modellierung

	Input – Heizkesselmodellierung Real	
Kesselwirkungsgrad	0,944	-

14.5 Gebäude 4: Einfamilienhaus, Solarhaus 2015

14.5.1 Anpassung der Standortdaten

Die Standortdaten werden, wie in folgender Tabelle 86 zu sehen, an den geplanten Standort des Gebäudes angepasst. Aufgrund dieses Standortes und des OIB-Excel Tools [NAT08] ergibt sich eine Norm-Außen-Temperatur (NAT) von -13,8°C.

Tabelle 86: Anpassung der Standortdaten

	Input – Standortdaten Solarhaus 2015 Real	
Norm Außentemperatur	- 13,8	°C
Breitengrad	48,16356824	°
Längengrad	16,15118604	°

Seehöhe	173	m
----------------	-----	---

14.5.2 Anpassung des Kollektors

Bei diesem Gebäude ist ein „gigaSol OR“ Solarkollektor der Firma Gasokol GmbH verbaut. Folgende Kennwerte (Tabelle 87) werden aus dem Datenblatt des Kollektors im Anhang entnommen:

Tabelle 87: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung

	Input – Solarkollektor-modellierung Real	
Neigung	70	°
Orientierung	180	°
Aperturfläche des Kollektors	13,50	m ²
eta0	0,754	-
a1	3,89	-
a2	0,004	-
KthetaD	0,59	-
KthetaB	0,93	-

14.5.3 Anpassung Pufferspeicher

Verbaut ist ein Schicht-Pufferspeicher „accuStrat M1000“ von der Firma Gasokol GmbH mit den in Tabelle 88 festgelegten Kennwerten.

Tabelle 88: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung

	Input – Pufferspeicher-Modellierung Real	
Speichervolumen	980	l
Volumen einer Schicht	98	l
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	20	%

14.5.4 Anpassung Wärmepumpe

Verbaut ist eine “NIBE F 1145/5“ Wärmepumpe mit den in Tabelle 89 festgelegten Kennwerten. Die Gütegrade werden anhand des Datenblattes mittels Excel Tabelle berechnet.

Tabelle 89: Eingangsparameter für die Wärmepumpen - Modellierung

	Input – Wärmepumpen- Modellierung Real	
COPNenn	4	-
Gütegrad A	0	-
Gütegrad B	-0,0008	-
Gütegrad C	0,5149	-

14.6 Gebäude 5: Einfamilienhaus, Holzbauweise

14.6.1 Anpassung der Standortdaten

Die Standortdaten werden, wie in folgender Tabelle 90 zu sehen, an den geplanten Standort des Gebäudes angepasst. Aufgrund des Standortes und des OIB-Excel Tools [NAT08] ergibt sich eine Norm-Außen-Temperatur (NAT) von -14,5°C.

Tabelle 90: Anpassung der Standortdaten

	Input – Standortdaten Holzhaus	
Norm Außentemperatur	- 14,5	°C
Breitengrad	48,58702205	°
Längengrad	15,84903216	°
Seehöhe	331	m

14.6.2 Anpassung des Heizkessels

Der Lehmofen wird mit einem Wirkungsgrad von 95% angenommen.

14.6.3 Anpassung des Speichers

Bei diesem Gebäude ist ein „Solarspeicher SISS“ der Firma Austria Email AG verbaut. Folgende Kennwerte (Tabelle 91) werden aus dem Datenblatt des Speichers im Anhang entnommen:

Tabelle 91: Eingangsparameter für die Puffer - Modellierung

	Input – Pufferspeicher-Modellierung Real	
Speichervolumen	900	l
Volumen einer Schicht	90	l
Warmwasservolumen (in% des Puffervolumens)	22	%

14.6.4 Anpassung des Kollektors

Bei diesem Gebäude ist ein „DOMA FLEX HOLZ“ Solarkollektor der Firma DOMA Solartechnik GmbH verbaut. Folgende Kennwerte (Tabelle 92) werden aus dem Datenblatt des Kollektors im Anhang entnommen:

Tabelle 92: Eingangsparameter für die Solarkollektor - Modellierung

	Input – Solarkollektor-Modellierung Real	
Neigung	90	°
Orientierung	190,25	°
Aperturfläche des Kollektors	27	m ²
eta0	0,801	-
a1	3,505	-
a2	0,016	-
KthetaD	0,95	-
KthetaB	0	-
Stagnationstemperatur	182	°C

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

14.6.5 Anpassung Lüftungsgerät

Verbaut ist ein "Drexel & Weiß aerosilent stratos" Lüftungsgerät mit den in Tabelle 93 festgelegten Kennwerten.

Tabelle 93: Eingangsparmeter für die Lüftungsmodellierung

	Input – Lüftungsmodellierung Real	
Wärmebereitstellungsgrad	83	%

ANHANG 2:

15 ANHANG 3: Rechenalgorithmus – Matlab

Grundsätzliche Information:

In dem Skript "Rechenkern" erfolgt die eigentliche Simulation. Von hier aus werden sämtliche Sub-Modelle (z.B. das Bauteilmodell) aufgerufen. Grundsätzlich werden jene Berechnungsaufgaben für die keine zeitabhängige Information benötigt wird vor der Ausführung der Zeitschleife berechnet. Dies betrifft z.B. das Einlesen von Materialdaten. Diese Sub-Skripts werden jeweils als "Modell1" bezeichnet (z.B. Bt_Modell1). Jene Skripte die im Rahmen der Zeitschleife wiederholt aufgerufen werden, führen jeweils den Zusatz "Modell2" (z.B. Bt_Modell2).

RECHENKERN

Processing 1

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

tic
clc
clearvars

Pfad=pwd;
pfad=[Pfad 'Eingabe.xlsm'];

% Einlesen der Eingabewerte aus dem Excel File: 'Eingabe.xlsm' % % % % %
DatenAllgemein = xlsread(pfad, 'Allgemein', 'B1:B1000');

BGF=DatenAllgemein(2-1,:); % Bruttogeschoßfläche
nAufbau=DatenAllgemein(3-1,:); %immer>0
nBt=DatenAllgemein(4-1,:); %immer>0
waermebrueckenProzent=DatenAllgemein(5-1,:); % benötigt für stationäres Modell

dt=DatenAllgemein(8-1,:); % Zeitschrittweite
nwdh=DatenAllgemein(9-1,:);
Startzeitwdh1=DatenAllgemein(10-1,:);
Startzeitwdh2=DatenAllgemein(11-1,:);
Endzeitwdh1=DatenAllgemein(12-1,:);
Endzeitwdh2=DatenAllgemein(13-1,:);

idealKondMode=DatenAllgemein(16-1,:);
ModerGWB=DatenAllgemein(17-1,:); %rückgewinnbare Verluste in der Zone
berücksichtigen
nPuffer=DatenAllgemein(18-1,:); %immer>0
nWP=DatenAllgemein(19-1,:); %0=keine waermepumpen;
nHK=DatenAllgemein(20-1,:); %0=kein Heizkessel;
nKoll=DatenAllgemein(21-1,:); %0=keine kollektoren;
nKollPV=DatenAllgemein(22-1,:);
TABSoderRadiator=DatenAllgemein(23-1,:); %1=TABS/Flächenheizung; 2=Radiator
Netzfregabe=DatenAllgemein(24-1,:);
wWgenerellBeruecksichtigen=DatenAllgemein(25-1,:);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
fPEstrom=DatenAllgemein(28-1,:);
fPE_HK=DatenAllgemein(29-1,:);
fPEEstrom=DatenAllgemein(30-1,:);
fPEE_HK=DatenAllgemein(31-1,:);
fCO2strom=DatenAllgemein(38-1,:);
fCO2_HK=DatenAllgemein(39-1,:);
fPEstromFreischaltung=DatenAllgemein(32-1,:);
fPE_HKFreischaltung=DatenAllgemein(33-1,:);
fPEEstromFreischaltung=DatenAllgemein(34-1,:);
fPEE_HKFreischaltung=DatenAllgemein(35-1,:);
fCO2stromFreischaltung=DatenAllgemein(40-1,:);
fCO2_HKFreischaltung=DatenAllgemein(41-1,:);
EURstrom=DatenAllgemein(44-1,:);
EURstromEinspeisung=DatenAllgemein(45-1,:);
EUR_HK=DatenAllgemein(48-1,:);
EURstromFreischaltung=DatenAllgemein(46-1,:);
EURstromEinspeisungFreischaltung=DatenAllgemein(47-1,:);
EUR_HKFreischaltung=DatenAllgemein(49-1,:);

cfluidWasser=DatenAllgemein(52-1,:);
cfluidAir=DatenAllgemein(53-1,:);
cfluidGlykol=DatenAllgemein(54-1,:);
rhofluidAir=DatenAllgemein(56-1,:);
rhofluidWasser=DatenAllgemein(55-1,:);

Tinit=DatenAllgemein(58-1,:);           % Initialisierungstemperatur (Bauteile, Speicher, Zone)

Klimadatenfile=DatenAllgemein(60-1,:);

DatenAuslegung = xlsread(pfad, 'Auslegung', 'B1:B1000');
Auslegungsmodus=DatenAuslegung(1,:);
AuslegungsTi=DatenAuslegung(3,:);     % benötigt für stationäres Modell & Wvww_Modell1
AuslegungsTe=DatenAuslegung(4,:);     % benötigt für stationäres Modell
fKorrRHVerluste=DatenAuslegung(5,:);  % benötigt für stationäres Modell
TVLhkStat=DatenAuslegung(6,:);        % benötigt für stationäres Modell
TRLhkStat=DatenAuslegung(7,:);        % benötigt für stationäres Modell
StatWvwwMode=DatenAuslegung(8,:);     % benötigt für stationäres Modell
TbwStat=DatenAuslegung(9,:);          % benötigt für stationäres Modell
fKorrWvwwVerluste=DatenAuslegung(10,:); % benötigt für stationäres Modell
Leistungsvorgabe=DatenAuslegung(12,:);
dT_i_Auslegung=DatenAuslegung(13,:);
SolTheat_HL=AuslegungsTi;
nDU=DatenAuslegung(15,:);
nBW=DatenAuslegung(16,:);
nSpezDU=DatenAuslegung(17,:);
nGrWanne=DatenAuslegung(18,:);
BdkzDU=nDU*0.7;
BdkzBW=nBW*1;
BdkzSpezDU=nSpezDU*1.4;
BdkzGrWanne=nGrWanne*1.7;
Bdkz=ceil(BdkzDU+BdkzBW+BdkzSpezDU+BdkzGrWanne);
```

end

Modelle 1 - Allgemein

In den Modellen 1 werden sämtliche Randbedingungen und Eingangsgrößen für die Simulation eingelesen. Berechnungen die nicht innerhalb der eigentlichen Simulation stattfinden müssen, werden ebenfalls im Modellbereich 1 durchgeführt.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

    % Laden von Daten

    [XIbh XIIdh XSolarVerschattung XPVVerschattung XTe XqILpers XqILger XPeIger XTBW XmdotBW XdTsky
XTWPQuelle XRFreischaltungExtern]=loadData_Modell1 (BGF, Netzfregabe, WwgenerellBeruecksichtigen,
Klimadatenfile);

    % Anfang - warmwasserberechnung

    [kondwVww TZapf fBW fKorrwVww LWVww TWWave ZirkulationMode] = WwW_Modell1 (BGF, XTe, XmdotBW,
XTBW, cfluidwasser, AuslegungsTi);

    % Anfang - Sonnenstandsmodell1

    [Sonnenazimut Sonnenhoehe]=Sonnenstand_Modell1();

end
```

Modelle 1 - Gebäudetechnik

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

    for koll=1:nkoll

        % Anfang - kollektor_Modell1

        [alphafkoll(1,koll) yfkoll(1,koll) F0(1,koll) c1(1,koll) c2(1,koll) AKoll(1,koll) b0(1,koll)
kthetad(1,koll) fSchmutzSolar(1,koll), fRegelungSolar(1,koll), fWTSolar(1,koll), dTSolar(1,koll),
TpufferMaxSolar(1,koll) TStagnation(1,koll) STdirektInBt(1,koll)]=kollektor_Modell1(koll);

        % Anfang - Strahlung-Modell1

        [XIbfkoll(:,koll) XIIdfkoll(:,koll) XcosZetakoll(:,koll)] = Strahlung_Modell1(yfkoll(1,koll),
alphafkoll(1,koll), Sonnenhoehe, Sonnenazimut, XIbh, XIIdh);
        XIbfkoll(:,koll)=XIbfkoll(:,koll).*(1-XSolarVerschattung);

    end

    for kollPV=1:nkollPV

        % Anfang - kollektorPV_Modell1

        [alphafkollPV yfkollPV AKollPV fPV0 fPV50]=kollektorPV_Modell1(kollPV);

        % Anfang - Strahlung-Modell1

    end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
[XIbfkollPV(:,kollPV) XIdfkollPV(:,kollPV)] = Strahlung_Model11(yfkollPV(1,kollPV),
alphafkollPV(1,kollPV), Sonnenhoehe, Sonnenazimut, XIbh, XIdh);
XIbfkollPV(:,koll)=XIbfkollPV(:,koll).*(1-XPVverschattung);

end

for Puffer=1:nPuffer

    % Anfang - Puffer_Model11

    [Cpuffer(:,Puffer) UAPuffer(:,Puffer) vpuffer(1,Puffer) lambdaeffPuffer(1,Puffer),
dschichtPuffer(:,Puffer) nSchichtenPuffer(1,Puffer) nhydKreisePuffer(1,Puffer) fKorrPuffer(1,Puffer)
LagePuffer(1,Puffer) TpufferMIN(1,Puffer) SchichtFuehlerWaermeerzeuger1(1,Puffer)
SchichtFuehlerWaermeerzeuger2(1,Puffer)]=PufferMultiC_Model11(Puffer, cfluidwasser, rhofluidwasser,
xmdotBW);

end

% Anfang - waermeverteilung

[LWVsk kondWVsk fKorrWVsk] = wVsk_Model11 (BGF);
[LWVhk kondWVhk fKorrWVhk] = wVhk_Model11 (BGF, TABSoderRadiator);

% Anfang - waermepumpe

for WP=1:nWP
    [GuetegradWPA GuetegradWPB GuetegradWPC COPNenn DimErzeuger] = WP_Model11 ();
end
if nWP==0
    COPNenn=0;
    DimErzeuger=1;
end

% Anfang - Heizkessel

for HK=1:nHK
    [etaHK] = HK_Model11 ();
end

% Anfang - Regelung

[Sollwert1Abschattung Sollwert2Abschattung Sollwert1Lueftung Sollwert2Lueftung TpufferSollHK
TopSoll dTopSoll Heizgrenztemperatur TopSollMIN TopSollMAX Kuehlgrenztemperatur dThkSollwertCool
TopSollFreisaltung dTopSollFreisaltung HeizgrenztemperaturFreisaltung TpufferSollWP WPdirektInBt
TpufferSollWPFreisaltung WPdirektInBtFreisaltung Ave]=Regelung_Model11();
end
```

Modelle 1 - Bautechnik

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

    % Anfang - Raumknoten-Model11

    [Regelgroesse CEinrichtung SollTheat SollTcool qidealheatMAXrad qidealcoolMAXrad qidealheatMAXconv
qidealcoolMAXconv] = Raumknoten_Model11(BGF);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
% Anfang - Lueftung-Modell1
[XVHyg XVInf Lagevent SFPzu SFPab etaWRG VStat] = Lueftung_Modell1(BGF);

for Aufbau=1:nAufbau

    % Laden von Aufbauten

    [xCAufbau xRAufbau layerAufbau(1,Aufbau) AufbauMode(1,Aufbau) fKorrAufbau(1,Aufbau)
AlphaAbsAufbau(1,Aufbau) UAufbau(1,Aufbau)]=Aufbauten_Modell1(Aufbau);
    CAufbau(1:layerAufbau(1,Aufbau),Aufbau)=xCAufbau(1:layerAufbau(1,Aufbau),1);
    RAufbau(1:layerAufbau(1,Aufbau)+1,Aufbau)=xRAufbau(1:layerAufbau(1,Aufbau)+1,1);

end

for Bt=1:nBt

    % Anfang - Bauteilmodell Bt_Modell1

    [xC xR layerBt(1,Bt) BtMode(1,Bt) fKorrBt(1,Bt) AlphaAbs(1,Bt) UBt(1,Bt) ABrutto(1,Bt)
TABSMODE(1,Bt) TABSLayer(1,Bt) nFen(1,Bt) alphafBt(1,Bt) yfBt(1,Bt) BtTeilungTABS(1,Bt)
SchichtDruckenBt(1,Bt) AuslegungsTeCalc(1,Bt)]=Bt_Modell1(Bt, CAufbau, RAufbau, layerAufbau,
AufbauMode, fKorrAufbau, AlphaAbsAufbau, UAufbau, nBt, AuslegungsTi, AuslegungsTe);
    T(1:layerBt(1,Bt),Bt)=Tinit;
    C(1:layerBt(1,Bt),Bt)=xC(1:layerBt(1,Bt),1);
    R(1:layerBt(1,Bt)+1,Bt)=xR(1:layerBt(1,Bt)+1,1);

    % Anfang - Fenstermodell1 Fenster_Modell1

    [Aw(1:nFen(1,Bt),Bt) Ag(1:nFen(1,Bt),Bt) Uw(1:nFen(1,Bt),Bt) FenKoeffizient(1,Bt)
Fensterneigung(1:nFen(1,Bt),Bt) gFen(1:nFen(1,Bt),Bt) epsilonFen(1:nFen(1,Bt),Bt) Fc(1:nFen(1,Bt),Bt)
Fsc(1:nFen(1,Bt),Bt) Fhor(1:nFen(1,Bt),Bt) Fs(1:nFen(1,Bt),Bt)]=Fenster_Modell1(Bt, nFen(1,Bt));
    FenKoeff=sum(FenKoeffizient);
    if nFen==0
        Aw(1,Bt)=0;
        Uw(1,Bt)=0;
    end

    % Anfang - Strahlung-Modell1

    [XIbfbt(:,Bt) XIdfbt(:,Bt) XcosZetaBt(:,Bt)] = Strahlung_Modell1(yfBt(1,Bt), alphafBt(1,Bt),
Sonnenhoehe, Sonnenazimut, XIbh, XIdh);
end
ANetto=ABrutto-sum(Aw,1);
end
```

stationäre Berechnung

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

    [qStatRHWW qStatNorm mdothkStat Lwb Lges kA]=stationaere_Berechnung_Modell1(Aw, Uw,
VStat,rhoFluidAir,cfluidAir, UBt, ANetto, BGF, XmdotBW, cfluidWasser, fBW, AuslegungsTe, AuslegungsTi,
AuslegungsTeCalc, WaermebrueckenProzent, fKorrRHVerluste, fKorrWWVerluste, TZapf, TbwStat, TVLhkStat,
TRLhkStat, Auslegungsmode, Leistungsvorgabe,StatWWMode, Bdkz, wwgenerellBeruecksichtigen); %
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

stationäre Auslegungsberechnung

end

TABS Berechnung

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1
    TABSinBt(1,1:nBt)=0;
    TABSinBt(find(TABSMode>0))=1;
    IndexTABS=find(TABSinBt==1);
    nBtSim=nBt;

    if TABSoderRadiator==1 && idealKondMode==0
        for Bt=1:nBt
            nBtTABS(1,Bt)=1;
            if TABSMode(1,Bt)>0
                [Rx(1,Bt) Rr(1,Bt) Dx(1,Bt) Da(1,Bt) Dr(1,Bt) L(1,Bt)
nHeizkreise(1,Bt)]=TABS_Modell1(ANetto(1,Bt));

                mdotTABSSStat=mdothkStat/sum(TABSinBt).*TABSinBt;
                [Rt(1,Bt) nBtTABS(1,Bt)] = TABSStat_Modell2(Rx(1,Bt), Rr(1,Bt), Dx(1,Bt), Da(1,Bt),
Dr(1,Bt), L(1,Bt), TVLhkStat, TRLhkStat, T(TABSlayer(1,Bt),Bt), mdotTABSSStat(1,Bt), rhofluidwasser,
cfluidwasser, TABSlayer(1,Bt),R(1:layerBt(1,Bt)+1,Bt), nHeizkreise(1,Bt));
            else
                Rx(1,Bt)=0; Rr(1,Bt)=0; Dx(1,Bt)=0; Da(1,Bt)=0; Dr(1,Bt)=0; L(1,Bt)=0; Rt(1,Bt)=0;
nBtTABS(1,Bt)=1;
            end

            if BtTeilungTABS(1,Bt)>0;
                nBtTABS(1,Bt)=BtTeilungTABS(1,Bt);
            end
        end

        for Bt=1:nBt
            if nBtTABS(1,Bt)>1
                nBtSimPrev=nBtSim;
                nBtSim=nBtSim+nBtTABS(1,Bt)-1;

                L(1,Bt)=L(1,Bt)/nBtTABS(1,Bt);
                ANetto(1,Bt)=ANetto(1,Bt)/nBtTABS(1,Bt);

                R=horzcat(R, repmat(R(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                C=horzcat(C, repmat(C(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                T=horzcat(T, repmat(T(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                layerBt=horzcat(layerBt, repmat(layerBt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                ANetto=horzcat(ANetto, repmat(ANetto(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                TABSMode=horzcat(TABSMode, repmat(TABSMode(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                TABSlayer=horzcat(TABSlayer, repmat(TABSlayer(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                BtMode=horzcat(BtMode, repmat(BtMode(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                AlphaAbs=horzcat(AlphaAbs, repmat(AlphaAbs(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                fKorrBt=horzcat(fKorrBt, repmat(fKorrBt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                XIbfBt=horzcat(XIbfBt, repmat(XIbfBt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                XIdfBt=horzcat(XIdfBt, repmat(XIdfBt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                XcosZetaBt=horzcat(XcosZetaBt, repmat(XcosZetaBt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
                Dx=horzcat(Dx, repmat(Dx(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
            end
        end
    end
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
L=horzcat(L, repmat(L(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));
Rt=horzcat(Rt, repmat(Rt(:,Bt),1,nBtSim-nBtSimPrev));

end
end

TABSOuTbt=zeros(1,size(R,2));
for k=1:nBt
    TABSOuTbt(1,k)=TABSinbt(1,k);
end

TABSFolge=zeros(1,size(R,2));
Pos=0;
XXX=0;
if nBtSim>nBt
    nBtTABSBereinigt=nBtTABS.*TABSMODE(1,1:nBt);
    for i=find(nBtTABSBereinigt>=1,1,'first'):find(nBtTABSBereinigt>=1,1,'last')
        if TABSMODE(1,i)==1
            XXX=XXX+1;
            if nBtTABS(1,i)>1
                TABSFolge(nBt+Pos+1)=IndexTABS(1,XXX);
                Pos=Pos+1;
                for j=1:nBtTABS(IndexTABS(1,XXX))-1 -1
                    TABSFolge(1,nBt+Pos+1)=nBt+Pos;
                    Pos=Pos+1;
                end
                TABSOuTbt(1,Pos+nBt)=1;
                TABSOuTbt(1,IndexTABS(1,XXX))=0;
            end
        end
    end
else
    TABSOuTbt=TABSinbt;
end
end
end
```

Processing 2

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for Abschnitt=1:1

    % Definition von Variablen

    t=0;
    M=0;
    N=0;

    Tpuffer(1:nSchichtenPuffer,1)=TpufferMIN;
    Top=Tinit;
    TAir=Tinit;
    Trad=Tinit;
    TFenR(1,1:nBt)=Tinit;
    Thk=Tinit;
    TLreal(1:nBtSim)=Tinit;
    TRreal(1:nBtSim)=Tinit;
    TR(1:nBtSim)=Tinit;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
TTABS2(1:nBtSim)=Tinit;  
TTABS1(1:nBtSim)=Tinit;
```

```
Heizanforderung=0;  
Kuehlanforderung=0;  
Stagnation=0;
```

```
RFenLW=0;  
RFenSol=0;  
RPeWP=0;  
RSchaltWP=0;  
RQheatHK=0;
```

```
mdotTABS(1,1:nBtSim)=0;  
qFen(1,nBt)=0;  
qSolFen=0;
```

```
PeWP=0;  
QheatWP=0;  
GuetegradWP=0;  
COP=0;
```

```
QheatHK=0;  
EnInHK=0;
```

```
QSOLAR=0;  
qRGWBWVsk=0;
```

```
TPpuffer=60;  
mdotWPpuffer=0;  
Tsk=0;  
mdotsk=0;  
Qsolar=0;
```

```
TpufferSoll=0;  
PeWPV=0;
```

```
if nKoll==0  
    IbfKoll=0;  
    IdfKoll=0;  
    AKoll=0;  
    etaKoll=0;
```

```
end
```

```
TopAve=0;  
PidealHeatAve=0;  
Thk_HL=20;  
max_HL=0;  
PidealHeat=0;
```

```
mDothk=0;  
QSOLARPuffer=0;  
QSOLARTABS=0;
```

```
RCSTdirektInBt=0;
```

```
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Zeitschleife (Modelle 2)

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
for wdh=1:nwdh
```

Processing 3

%%

```
for Abschnitt=1:1  
  
    if nwdh>1 && wdh==1  
        Startzeit=Startzeitwdh1;  
        Endzeit=Endzeitwdh1;  
    else  
        Startzeit=Startzeitwdh2;  
        Endzeit=Endzeitwdh2;  
    end  
  
    Stundenanzahl=Endzeit-Startzeit;  
    timespan=Stundenanzahl*3600;  
    timesteps=timespan/dt;  
    iStart=Startzeit*3600/dt+1;  
    iEnd=Endzeit*3600/dt;  
    time=Startzeit;  
  
    end  
  
    for i=iStart:iEnd
```

Processing 4

%%

```
for Abschnitt=2:2
```

```
    time=time+dt/3600;
```

Interpolation von Eingangswerten (linear zw. Stunden)

```
t1=floor(time);  
    t2=t1+1;  
    if t2>Stundenanzahl+Startzeit  
        t2=t1;  
    end  
  
    if t1==0  
        t1=size(XTe,1);  
        Korr=size(XTe,1);  
    else  
        Korr=0;  
    end
```


Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
Heizanforderung=Heizanforderung0;
mdothk=mdothk0;
ThkSollwert=ThkSollwert0;
end
if nKoll>0
  if QSOLARTABS>QSOLARPuffer && Heizanforderung==1
    mdotk=mdotkTABS;
    Qsolar=QsolarTABS;
    QSOLAR=QSOLARTABS;
    qRGWBWVsk=qRGWBWVskTABS;
    Tsk=TskTABS;
    Stagnation=StagnationTABS;
    etaKoll=etaKollTABS;
    RCSTdirektInBt=1;
  else
    mdotk=mdotkPuffer;
    Qsolar=QsolarPuffer;
    QSOLAR=QSOLARPuffer;
    qRGWBWVsk=qRGWBWVskPuffer;
    Tsk=TskPuffer;
    Stagnation=StagnationPuffer;
    etaKoll=etaKollPuffer;
    RCSTdirektInBt=0;
  end
end
if nWP>0 && QSOLAR==0
  if RFreischaltungPV>0 || RFreischaltungExtern>0
    [RPe1WP RSchaltWP mdotWPpuffer mdothk
TpufferSoll]=RCWPFreischaltung(COPNenn, Tpuffer(SchichtFuehlerwaermeerzeuger1,1),
Tpuffer(nSchichtenPuffer,1), RPe1WP, mdothkStat, mdothk, RSchaltWP, qStatRHWW, DimErzeuger,
max(RFreischaltungPV,RFreischaltungExtern), ThkSollwert, max(Tpuffer),
TpufferSollWPFreischaltung, WPdirektInBtFreischaltung);
  else
    [RPe1WP RSchaltWP mdotWPpuffer mdothk TpufferSoll]=RCWP(COPNenn,
Tpuffer(SchichtFuehlerwaermeerzeuger1,1), Tpuffer(SchichtFuehlerwaermeerzeuger2,1), RPe1WP,
mdothkStat, mdothk, RSchaltWP, qStatRHWW, ThkSollwert, max(Tpuffer), TpufferSollWP,
WPdirektInBt);
  end
else
  RPe1WP=0;
  RSchaltWP=0;
  mdotWPpuffer=0;
  mdothk=mdothk;
end

if nHK>0
  [RQheatHK TpufferSoll]=RCHK(qStatRHWW,
Tpuffer(SchichtFuehlerwaermeerzeuger1,1), Tpuffer(SchichtFuehlerwaermeerzeuger2,1), RQheatHK,
TpufferSollHK);
end

[RFe1LW RFe1Soll]=RFe1LW(Top,Te,RFe1LW, RFe1Soll, Sollwert1Abschattung,
Sollwert2Abschattung, Sollwert1Lueftung, Sollwert2Lueftung);

[Kuehlanforderung mdothkCool ThkSollwertCool]=RCmdothkCool(mdothkStat, Top, Te,
idealKondMode, Kuehlanforderung, Heizanforderung, TopSollMIN, TopSollMAX,
Kuehlgrenztemperatur, dThkSollwertCool);
```


Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
else
    PelEigenbedarfPV=PelGer+PelWP+PelHS;
    PelNetzBezug=0;
    PelNetzEinspeisung=PelNetz;
end
EnInEigenbedarfPV=EnInEigenbedarfPV+PelEigenbedarfPV *dt/3600/1000;
EnInNetz=EnInNetz+PelNetz *dt/3600/1000;
EnInNetzBezug=EnInNetzBezug+PelNetzBezug *dt/3600/1000;
EnInNetzEinspeisung=EnInNetzEinspeisung+PelNetzEinspeisung *dt/3600/1000;
EEB=EEB+(PelNetzBezug+EnInHK) * dt/3600/1000;

EEBabzglEinspeisung=EEBabzglEinspeisung+(PelNetzBezug+PelNetzEinspeisung+EnInHK) *
dt/3600/1000;

if RSchaltWP==1
    EnInWaermepumpeHeiz=EnInWaermepumpeHeiz+sum(PelWP) *dt/3600/1000;
end
if RFreischaltungPV>0 || and(QSOLAR>0,RCSTdirektInBt==1 || 2) ||
RFreischaltungExtern>0
    QTABSheatFreischaltung=QTABSheatFreischaltung+sum(PTABS) *dt/3600/1000;
    QWARMWASSERFreischaltung=QWARMWASSERFreischaltung+QWW *dt/3600/1000;
end
if RFreischaltungExtern==1

EUR=EUR+(PelNetzBezug*EURstromFreischaltung+PelNetzEinspeisung*EURstromEinspeisungFreischaltung
+EnInHK*EUR_HKFreischaltung) * dt/3600/1000;
PEB=PEB+(PelNetz*fPEstromFreischaltung+EnInHK*fPE_HKFreischaltung)
*dt/3600/1000;
PEbE=PEbE+(PelNetz*fPEstomFreischaltung+EnInHK*fPE_HKFreischaltung)
*dt/3600/1000;
CO2=CO2+(PelNetz*fCO2stromFreischaltung+EnInHK*fCO2_HKFreischaltung)
*dt/3600/1000;
else

EUR=EUR+(PelNetzBezug*EURstrom+PelNetzEinspeisung*EURstromEinspeisung+EnInHK*EUR_HK) *
dt/3600/1000;
PEB=PEB+(PelNetz*fPEstrom+EnInHK*fPE_HK) *dt/3600/1000;
PEbE=PEbE+(PelNetz*fPEstom+EnInHK*fPE_HK) *dt/3600/1000;
CO2=CO2+(PelNetz*fCO2strom+EnInHK*fCO2_HK) *dt/3600/1000;
end
else
    QidealCool=0;
    QidealHeat=0;
    QTABSheat=0;
    QTABScool=0;
    QRADIATOR=0;
    EnInHeizstab=0;
    EnInNetz=0;
    EnInNetzBezug=0;
    EnInNetzEinspeisung=0;
    EEB=0;
    EEBabzglEinspeisung=0;
    EnOutPV=0;
    Qwarmwasser=0;
    QWARMWASSER=0;
    QSOLARanlage=0;
    QheatWaermepumpe=0;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
EnInWaermepumpe=0;
QheatHeizkessel=0;
EnInHeizkessel=0;
EnInWaermepumpeHeiz=0;
tWP=0;
nWPtakt=0;
Pe1WPPREV=0;
QTABSheatFreischaltung=0;
QWARMWASSERFreischaltung=0;
EUR=0;
PEB=0;
PEBnE=0;
CO2=0;
EnInEigenbedarfPV=0;

M=0;
N=0;
MQidealCool(1:12,1)=0;
MQidealHeat(1:12,1)=0;
MQTABSheat(1:12,1)=0;
MQTABScool(1:12,1)=0;
MQRADIATOR(1:12,1)=0;
MEnInHeizstab(1:12,1)=0;
MEnInNetz(1:12,1)=0;
MEnInNetzBezug(1:12,1)=0;
MEnInNetzEinspeisung(1:12,1)=0;
MEEB(1:12,1)=0;
MEEBabzglEinspeisung(1:12,1)=0;
MEnOutPV(1:12,1)=0;
MQwarmwasser(1:12,1)=0;
MQWARMWASSER(1:12,1)=0;
MQSOLARanlage(1:12,1)=0;
MQheatwaermepumpe(1:12,1)=0;
MEnInWaermepumpe(1:12,1)=0;
MQheatHeizkessel(1:12,1)=0;
MEnInHeizkessel(1:12,1)=0;
MEnInWaermepumpeHeiz(1:12,1)=0;
MtWP(1:12,1)=0;
MnWPtakt(1:12,1)=0;
MQTABSheatFreischaltung(1:12,1)=0;
MQWARMWASSERFreischaltung(1:12,1)=0;
MEUR(1:12,1)=0;
MPEB(1:12,1)=0;
MPEBnE(1:12,1)=0;
MCO2(1:12,1)=0;
MEnInEigenbedarfPV(1:12,1)=0;
end

% Speichern von Variablen mit zeitlichem Verlauf (Zeitschrittweite)

%BPidealHeat(i,1)=PidealHeat;
%BTop(i,1)=Top;
%BTpuffer(i,:)=Tpuffer(:,1)';
%BPelWP(i,1)=PelWP;
%BPelHS(i,1)=PelHS;
%BTABS_TRL(i,1)=Thk;
%BTABS_TVL(i,1)=max(TTABS1);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
%BRFreischaltungSolar(i,1)=RFreischaltungSolar;
%Bmdothk(i,1)=mdothk;

% Speichern von Variablen mit zeitlichem Verlauf (Stundenwerte) & Monatssummen

if abs(time-round(time))<0.00001
    t=round(time);
    if rem(t,24)==0
        t
    end

    AHeizanforderung(t,1)=Heizanforderung*100;
    At(t,1)=t;
    ATop(t,1)=Top;
    ATAir(t,1)=TAir;
    ATrad(t,1)=Trad;
    APidealCool(t,1)=PidealCool;
    APidealHeat(t,1)=PidealHeat;
    APTABS(t,1)=sum(PTABS);
    ATABS_TRL(t,1)=Thk;
    ATABS_TVL(t,1)=max(TTABS1);
    APRADIATOR(t,1)=sum(PRADIATOR);
    ATpuffer(t,:)=Tpuffer(:,1)';
    APelHS(t,1)=PelHS;
    APelPV(t,1)=PelPV;
    AQww(t,1)=Qww;
    AQWW(t,1)=QWW;
    AQheatWP(t,1)=QheatWP;
    AGuetegradWP(t,1)=GuetegradWP;
    ACOP(t,1)=COP;
    APelWP(t,1)=PelWP;
    AQheatHK(t,1)=QheatHK;
    AQSOLAR(t,1)=QSOLAR;
    AQsolar(t,1)=Qsolar;
    ARFreischaltungPV(t,1)=RFreischaltungPV;
    ARFreischaltungSolar(t,1)=RFreischaltungSolar;
    ARFreischaltungExtern(t,1)=RFreischaltungExtern;
    AqSolFen(t,1)=sum(sum(qSolFen));
    AqRGWB(t,1)=qRGWB;
    Amdothk(t,1)=mdothk;
    AetaKoll(t,1)=etaKoll;

    if t>Ave
        TopAve=mean(ATop(t-Ave:t-1));
        TAirAve=mean(ATAir(t-Ave:t-1));
        PidealHeatAve=mean(APidealHeat(t-Ave:t-1));
    else
        TopAve=0;
        TAirAve=0;
        PidealHeatAve=0;
    end
    ATopAve(t,1)=TopAve;
    ATAirAve(t,1)=TAirAve;
    APidealHeatAve(t,1)=PidealHeatAve;

    for Bt = 1:nBt
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
        if SchichtDruckenBt(1,Bt) == 0 || SchichtDruckenBt(1,Bt) > layerBt(1,Bt)
            ATKern(t,Bt)=0;
        else
            ATKern(t,Bt)=T(SchichtDruckenBt(1,Bt),Bt);
        end
    end

    if t==31*24 || t==(31+28)*24 || t==(31+28+31)*24 || t==(31+28+31+30)*24 ||
t==(31+28+31+30+31)*24 || t==(31+28+31+30+31+30)*24 || t==(31+28+31+30+31+30+31)*24 ||
t==(31+28+31+30+31+30+31+31)*24 || t==(31+28+31+30+31+30+31+31+30)*24 ||
t==(31+28+31+30+31+30+31+31+30+31)*24 || t==(31+28+31+30+31+30+31+31+30+31+30)*24 ||
t==(31+28+31+30+31+30+31+31+30+31+30+31)*24 || i==iEnd
        M=M+1;
        if M==1
            N=2;
        else
            N=N+1;
        end
        MQidealCool(M,1)=QidealCool-sum(MQidealCool(1:N-1,1));
        MQidealHeat(M,1)=QidealHeat-sum(MQidealHeat(1:N-1,1));
        MQTABSheat(M,1)=QTABSheat-sum(MQTABSheat(1:N-1,1));
        MQTABScool(M,1)=QTABScool-sum(MQTABScool(1:N-1,1));
        MQRADIATOR(M,1)=QRADIATOR-sum(MQRADIATOR(1:N-1,1));
        MEnInHeizstab(M,1)=EnInHeizstab-sum(MEnInHeizstab(1:N-1,1));
        MEnInNetz(M,1)=EnInNetz-sum(MEnInNetz(1:N-1,1));
        MEnInNetzBezug(M,1)=EnInNetzBezug-sum(MEnInNetzBezug(1:N-1,1));
        MEnInNetzEinspeisung(M,1)=EnInNetzEinspeisung-
sum(MEnInNetzEinspeisung(1:N-1,1));
        MEEB(M,1)=EEB-sum(MEEB(1:N-1,1));
        MEEBabzglEinspeisung(M,1)=EEBabzglEinspeisung-
sum(MEEBabzglEinspeisung(1:N-1,1));
        MEnOutPV(M,1)=EnOutPV-sum(MEnOutPV(1:N-1,1));
        MQwarmwasser(M,1)=Qwarmwasser-sum(MQwarmwasser(1:N-1,1));
        MQWARMWASSER(M,1)=QWARMWASSER-sum(MQWARMWASSER(1:N-1,1));
        MQSOLARanlage(M,1)=QSOLARanlage-sum(MQSOLARanlage(1:N-1,1));
        MQheatwaermepumpe(M,1)=Qheatwaermepumpe-sum(MQheatwaermepumpe(1:N-1,1));
        MEnInwaermepumpe(M,1)=EnInwaermepumpe-sum(MEnInwaermepumpe(1:N-1,1));
        MQheatHeizkessel(M,1)=QheatHeizkessel-sum(MQheatHeizkessel(1:N-1,1));
        MEnInHeizkessel(M,1)=EnInHeizkessel-sum(MEnInHeizkessel(1:N-1,1));
        MEnInwaermepumpeHeiz(M,1)=EnInwaermepumpeHeiz-
sum(MEnInwaermepumpeHeiz(1:N-1,1));
        MtWP(M,1)=tWP-sum(MtWP(1:N-1,1));
        MQTABSheatFreischaltung(M,1)=QTABSheatFreischaltung-
sum(MQTABSheatFreischaltung(1:N-1,1));
        MQWARMWASSERFreischaltung(M,1)=QWARMWASSERFreischaltung-
sum(MQWARMWASSERFreischaltung(1:N-1,1));
        MEUR(M,1)=EUR-sum(MEUR(1:N-1,1));
        MPEB(M,1)=PEB-sum(MPEB(1:N-1,1));
        MPEBnE(M,1)=PEBnE-sum(MPEBnE(1:N-1,1));
        MCO2(M,1)=CO2-sum(MCO2(1:N-1,1));
        MEnInEigenbedarfPV(M,1)=EnInEigenbedarfPV-sum(MEnInEigenbedarfPV(1:N-
1,1));

        if M==1
            N=1;
        end
    end
end
```


Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
        else
            MJAZ(Mo,1)=MQheatwaermepumpe(Mo,1)/MEnInWaermepumpe(Mo,1);
        end
    end
    if nKoll>0
        if
            sum(MEnInHeizstab(Mo,1)+MQheatwaermepumpe(Mo,1)+MQheatHeizkessel(Mo,1)+MQSOLARanlage(Mo,1))>0

            Msd1(Mo,1)=MQSOLARanlage(Mo,1)/(MEnInHeizstab(Mo,1)+MQheatwaermepumpe(Mo,1)+MQheatHeizkessel(Mo,1)+MQS
            OLARanlage(Mo,1));
            Msd2(Mo,1)=1-
            (MEnInHeizstab(Mo,1)+MQheatHeizkessel(Mo,1)+MQheatwaermepumpe(Mo,1))/(MQTABSheat(Mo,1)+MQWARMWASSER(Mo
            ,1));
            else
                Msd1(Mo,1)=0;
                Msd2(Mo,1)=0;
            end
        end
        if nKollPV>0
            if AKollPV>0
                MEigenbedarfsquotePV(Mo,1)=1/MEnOutPV(Mo,1)*MEnInEigenbedarfPV(Mo,1);
            else
                MEigenbedarfsquotePV(Mo,1)=1;
            end
        end
        if MQTABSheat(Mo,1)+MQWARMWASSER(Mo,1)>0

            MfFreischaltung(Mo,1)=(MQTABSheatFreischaltung(Mo,1)+MQWARMWASSERFreischaltung(Mo,1))/(MQTABSheat(Mo,1
            )+MQWARMWASSER(Mo,1));
            else
                MfFreischaltung(Mo,1)=0;
            end
            if MQTABSheat(Mo,1)
                MfFreischaltungTABS(Mo,1)=MQTABSheatFreischaltung(Mo,1)/MQTABSheat(Mo,1);
            else
                MfFreischaltungTABS(Mo,1)=0;
            end
        end
    end

    % Ausgabe der werte in das Excelfile 'Ausgabe.xlsx' % % % % % %

    % Stündliche werte

    AAusgabe(:,1)=AHeizanforderung;
    AAusgabe(:,2)=At;
    AAusgabe(:,3)=ATop;
    AAusgabe(:,4)=ATAir;
    AAusgabe(:,5)=ATrad;
    AAusgabe(:,6)=APidealCool;
    AAusgabe(:,7)=APidealHeat;
    AAusgabe(:,8)=APTABS;
    AAusgabe(:,9)=ATABS_TRL;
    AAusgabe(:,10)=ATABS_TVL;
    AAusgabe(:,11)=APRADIATOR;
    AAusgabe(:,12)=APelHS;
    AAusgabe(:,13)=APelPV;
    AAusgabe(:,14)=AQww;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
AAusgabe(:,15)=AQWw;
AAusgabe(:,16)=AQheatWP;
AAusgabe(:,17)=AGuetegradWP;
AAusgabe(:,18)=ACOP;
AAusgabe(:,19)=APelWP;
AAusgabe(:,20)=AQheatHK;
AAusgabe(:,21)=AQsOLAR;
AAusgabe(:,22)=AQsoLAR;
AAusgabe(:,23)=ARFreischaLtungPV;
AAusgabe(:,24)=ARFreischaLtungSoLAR;
AAusgabe(:,25)=ARFreischaLtungExtern;
AAusgabe(:,26)=AqSoLFen;
AAusgabe(:,27)=AqRGWB;
AAusgabe(:,28)=Amdothk;
AAusgabe(:,29)=ATopAve;
AAusgabe(:,30)=ATAirAve;
AAusgabe(:,31)=qStatNorm;
if Endzeitwdh2 == 8760
    AAusgabe(:,32)=XTe;
end
AAusgabe(:,33:33+size(ATpuffer,2)-1)=ATpuffer;

xlswrite('Ausgabe.xlsx',AAusgabe,'ErgebnisStundenwerte','B3');

% Monatliche Werte

AAusgabeMonat(:,1)=MQidealCool;
AAusgabeMonat(:,2)=MQidealHeat;
AAusgabeMonat(:,3)=MQTABSheat;
AAusgabeMonat(:,4)=MQTABScOol;
AAusgabeMonat(:,5)=MQRADIATOR;
AAusgabeMonat(:,6)=MEnInHeizstab;
AAusgabeMonat(:,7)=MEnInNetz;
AAusgabeMonat(:,8)=MEnInNetzBezug;
AAusgabeMonat(:,9)=MEnInNetzEinspeisung;
AAusgabeMonat(:,10)=MEEB;
AAusgabeMonat(:,11)=MEEBabzgLinspeisung;
AAusgabeMonat(:,12)=MEnOutPV;
AAusgabeMonat(:,13)=MQwarmwasser;
AAusgabeMonat(:,14)=MQARMWASSER;
AAusgabeMonat(:,15)=MQsOLARanlage;
AAusgabeMonat(:,16)=MQheatwaermepumpe;
AAusgabeMonat(:,17)=MEnInwaermepumpe;
AAusgabeMonat(:,18)=MQheatHeizkessel;
AAusgabeMonat(:,19)=MEnInHeizkessel;
AAusgabeMonat(:,20)=MEnInwaermepumpeHeiz;
AAusgabeMonat(:,21)=MtWP;
AAusgabeMonat(:,22)=MnWPtakt;
AAusgabeMonat(:,23)=MQTABSheatFreischaLtung;
AAusgabeMonat(:,24)=MQARMWASSERFreischaLtung;
AAusgabeMonat(:,25)=MEUR;
AAusgabeMonat(:,26)=MPEB;
AAusgabeMonat(:,27)=MPEBnE;
AAusgabeMonat(:,28)=MCO2;
AAusgabeMonat(:,29)=MEnInEigenbedarfPV;
AAusgabeMonat(:,30)=MHWB;
AAusgabeMonat(:,31)=MWWWB;
```


AUFBAUTEN – MODELL 1

```
function [C R layerAufbau AufbauMode fKorr AlphaAbs UAufbau]=Aufbauten_Model11(Aufbau)
```

Einlesen - Aufbauten

```
j=7; %erste Zeile im Excel-Eingabefile zum Einlesen!  
i=2+Aufbau;  
  
if i>26  
    n1=rem(i,26);  
    n2=floor(i/26);  
    if n1==0  
        n1=26;  
        n2=n2-1;  
    end  
    Spalte=[char('A'+(n2-1)) char('A'+(n1-1))];  
else  
    Spalte=char('A'+(i-1));  
end  
  
X=j;  
XX=num2str(X);  
ZelleAnfang=[Spalte XX];  
Y=1000;  
YY=num2str(Y);  
ZelleEnde=[Spalte YY];  
Bereich=[ZelleAnfang ':' ZelleEnde];  
  
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenAufbauten = xlsread(pfad, 'Aufbauten', Bereich);  
  
layerA=DatenAufbauten(j-(j-1),1);    % von Außen nach Innen  
layerB=DatenAufbauten(j+1-(j-1),1);  
layerC=DatenAufbauten(j+2-(j-1),1);  
layerD=DatenAufbauten(j+3-(j-1),1);  
layerE=DatenAufbauten(j+4-(j-1),1);  
layerF=DatenAufbauten(j+5-(j-1),1);  
layerG=DatenAufbauten(j+6-(j-1),1);  
layerH=DatenAufbauten(j+7-(j-1),1);  
layerI=DatenAufbauten(j+8-(j-1),1);  
layerJ=DatenAufbauten(j+9-(j-1),1);  
dA=DatenAufbauten(j+10-(j-1),1);  
dB=DatenAufbauten(j+11-(j-1),1);  
dC=DatenAufbauten(j+12-(j-1),1);  
dD=DatenAufbauten(j+13-(j-1),1);  
dE=DatenAufbauten(j+14-(j-1),1);  
dF=DatenAufbauten(j+15-(j-1),1);  
dG=DatenAufbauten(j+16-(j-1),1);  
dH=DatenAufbauten(j+17-(j-1),1);  
dI=DatenAufbauten(j+18-(j-1),1);  
dJ=DatenAufbauten(j+19-(j-1),1);  
cp(1:layerA,1)=DatenAufbauten(j+20-(j-1),1);  
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerB,1)=DatenAufbauten(j+21-(j-1),1);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerC,1)=DatenAufbauten(j+22-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerD,1)=DatenAufbauten(j+23-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerE,1)=DatenAufbauten(j+24-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerF,1)=DatenAufbauten(j+25-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerG,1)=DatenAufbauten(j+26-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerH,1)=DatenAufbauten(j+27-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerI,1)=DatenAufbauten(j+28-(j-1),1);
cp(size(cp)+1:size(cp)+layerJ,1)=DatenAufbauten(j+29-(j-1),1);
rho(1:layerA,1)=DatenAufbauten(j+30-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerB,1)=DatenAufbauten(j+31-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerC,1)=DatenAufbauten(j+32-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerD,1)=DatenAufbauten(j+33-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerE,1)=DatenAufbauten(j+34-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerF,1)=DatenAufbauten(j+35-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerG,1)=DatenAufbauten(j+36-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerH,1)=DatenAufbauten(j+37-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerI,1)=DatenAufbauten(j+38-(j-1),1);
rho(size(rho)+1:size(rho)+layerJ,1)=DatenAufbauten(j+39-(j-1),1);
lambda(1:layerA,1)=DatenAufbauten(j+40-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerB,1)=DatenAufbauten(j+41-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerC,1)=DatenAufbauten(j+42-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerD,1)=DatenAufbauten(j+43-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerE,1)=DatenAufbauten(j+44-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerF,1)=DatenAufbauten(j+45-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerG,1)=DatenAufbauten(j+46-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerH,1)=DatenAufbauten(j+47-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerI,1)=DatenAufbauten(j+48-(j-1),1);
lambda(size(lambda)+1:size(lambda)+layerJ,1)=DatenAufbauten(j+49-(j-1),1);
dx(1:layerA,1)=dA/layerA;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerB,1)=dB/layerB;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerC,1)=dC/layerC;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerD,1)=dD/layerD;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerE,1)=dE/layerE;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerF,1)=dF/layerF;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerG,1)=dG/layerG;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerH,1)=dH/layerH;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerI,1)=dI/layerI;
dx(size(dx)+1:size(dx)+layerJ,1)=dJ/layerJ;
AufbauMode=DatenAufbauten(j+50-(j-1),1);
% 11Aussenluftwand_12AussenluftDecke_13AussenluftBoden
% 21Erdewand_22ErdeDecke_23ErdeBoden
% 31kondRaumWand_32kondRaumDecke_33kondRaumBoden
% 41KellerWand__42KellerDecke__43KellerBoden
% 51Innenwand__52Innendecke
fkorr=DatenAufbauten(j+51-(j-1),1); % Temperaturkorrekturfaktor
AlphaAbs=DatenAufbauten(j+52-(j-1),1);
```

Ermittlung der Anzahl der Schichten

```
xx=size(lambda);
layerAufbau=xx(1,1);
```

Berechnung von R und C

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
Rx(1,1)=dx(1,1)/(2*lambda(1,1));
for i=2:layerAufbau
    Rx(i,1)=dx(i,1)/(2*lambda(i,1));
end
Rx(layerAufbau+1,1)=dx(layerAufbau,1)/(2*lambda(layerAufbau,1));

R(1,1)=Rx(1,1);
for j=1:layerAufbau
    R(j+1,1)= Rx(j,1) + Rx(j+1,1);
end
R(layerAufbau+1,1)=Rx(layerAufbau,1);

for k=1:layerAufbau
    C(k,1)=cp(k,1)*rho(k,1)*dx(k,1);
end
```

stationäre Berechnung

```
% 11AussenluftWand_12AussenluftDecke_13AussenluftBoden
% 21Erdewand_22ErdeDecke_23ErdeBoden
% 31kondRaumWand_32kondRaumDecke_33kondRaumBoden
% 41KellerWand__42KellerDecke__43KellerBoden
% 51Innenwand__52Innendecke

if AufbauMode==11 | AufbauMode==21 | AufbauMode==31 | AufbauMode==41 | AufbauMode==51
    ai=5+2.5;
elseif AufbauMode==12 | AufbauMode==22 | AufbauMode==32 | AufbauMode==42 | AufbauMode==52
    ai=5+5;
elseif AufbauMode==13 | AufbauMode==23 | AufbauMode==33 | AufbauMode==43 | AufbauMode==53
    ai=5+0.7;
else
    Fehler=1/0;
end

if AufbauMode==21 | AufbauMode==22 | AufbauMode==23
    ae=100000;
elseif AufbauMode==11 | AufbauMode==12 | AufbauMode==13
    ae=20+5;
else
    ae=ai;
end

RAufbau=sum(R);
UAufbau=1/(1/ai+1/ae+RAufbau);
stop=1;
```

BAUTEIL – MODELL 1

```
function [C R layerBt BtMode fKorr AlphaAbs UBt ABrutto TABSMode TABSLayer nFen alphaFbt yFbt
BtTeilungTABS SchichtDruckenBt AuslegungsTeCalc]=Bauteil_Modell1(Bt, CAufbau, RAufbau, layerAufbau,
AufbauMode, fKorrAufbau, AlphaAbsAufbau, UAufbau, nBt, AuslegungsTi, AuslegungsTe)
```

Eingabe der Gebäudegeometrie

```
% Einlesen - Bauteile

j=7; %erste Zeile im Excel-Eingabefile zum Einlesen!
i=2+Bt;

if i>26
    n1=rem(i,26);
    n2=floor(i/26);
    if n1==0
        n1=26;
        n2=n2-1;
    end
    Spalte=[char('A'+(n2-1)) char('A'+(n1-1))];
else
    Spalte=char('A'+(i-1));
end

X=j;
XX=num2str(X);
ZelleAnfang=[Spalte XX];
Y=1000;
YY=num2str(Y);
ZelleEnde=[Spalte YY];
Bereich=[ZelleAnfang ':' ZelleEnde];

Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
DatenBauteile = xlsread(pfad, 'Bauteile', Bereich);

WahlAufbau=DatenBauteile(j-(j-1),1);
ABrutto=DatenBauteile(j+1-(j-1),1);
nFen=DatenBauteile(j+2-(j-1),1); % Anzahl der Fenster in diesem Bauteil - Muss mit den
Fenster_Modell1 übereinstimmen; keine Fenster bei innenliegenden Bauteilen eingeben
TABSLayer=DatenBauteile(j+3-(j-1),1);
TABSMODE=DatenBauteile(j+4-(j-1),1); % wenn TABSMODE=0 dann keine Aktivierung in diesem Bauteil
vorhanden, wenn TABSMODE=1 dann TABS vorhanden
BtTeilungTABS=DatenBauteile(j+5-(j-1),1); % 0=Automatische Ermittlung; >0=Anzahl der Teilungen
alphaFbT=DatenBauteile(j+6-(j-1),1);
yfbT=DatenBauteile(j+7-(j-1),1);
SchichtDruckenBt=DatenBauteile(j+8-(j-1),1);
```

U-Wert Berechnung

```
C=CAufbau(:,WahlAufbau);
R=RAufbau(:,WahlAufbau);
LayerBt=layerAufbau(:,WahlAufbau);
BtMode=AufbauMode(1,WahlAufbau);
if TABSMODE>0
    fKorr=fKorrAufbau(1,WahlAufbau)*1;
    % Möglichkeit der Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die stationäre Berechnung wenn
    Flächenheizung vorhanden
else
    fKorr=fKorrAufbau(1,WahlAufbau);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
end

if BtMode==31 | BtMode==32 | BtMode==33
    AuslegungsTeCalc=fKorr;
else
    AuslegungsTeCalc=AuslegungsTi-fKorr*(AuslegungsTi-AuslegungsTe);
end
UBt=UAufbau(1,WahlAufbau);
AlphaAbs=AlphaAbsAufbau(1,WahlAufbau);
```

BAUTEIL – MODELL 2

```
function [C R lAUFbau BtMode fKorr AlphaAbs UBt ABrutto TABSMODE TABSLayer nFen alphaFBt yFBt  
BtTeilung TABS SchichtDruckenBt AuslegungsTeCalc]=Bauteil_Modell1(Bt, CAufbau, RAufbau, lAUFbau,  
AufbauMode, fKorrAufbau, AlphaAbsAufbau, UAufbau, nBt, AuslegungsTi, AuslegungsTe)
```

Eingabe der Gebäudegeometrie

```
% Einlesen - Bauteile

j=7; %erste Zeile im Excel-Eingabefile zum Einlesen!
i=2+Bt;

if i>26
    n1=rem(i,26);
    n2=floor(i/26);
    if n1==0
        n1=26;
        n2=n2-1;
    end
    Spalte=[char('A'+(n2-1)) char('A'+(n1-1))];
else
    Spalte=char('A'+(i-1));
end

X=j;
XX=num2str(X);
ZelleAnfang=[Spalte XX];
Y=1000;
YY=num2str(Y);
ZelleEnde=[Spalte YY];
Bereich=[ZelleAnfang ':' ZelleEnde];

Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
DatenBauteile = xlsread(pfad, 'Bauteile', Bereich);

wahlAufbau=DatenBauteile(j-(j-1),1);
ABrutto=DatenBauteile(j+1-(j-1),1);
nFen=DatenBauteile(j+2-(j-1),1); % Anzahl der Fenster in diesem Bauteil - Muss mit den
Fenster_Modell1 übereinstimmen; keine Fenster bei innenliegenden Bauteilen eingeben
TABSLayer=DatenBauteile(j+3-(j-1),1);
TABSMODE=DatenBauteile(j+4-(j-1),1); % Wenn TABSMODE=0 dann keine Aktivierung in diesem Bauteil
vorhanden, wenn TABSMODE=1 dann TABS vorhanden
BtTeilung TABS=DatenBauteile(j+5-(j-1),1); % 0=Automatische Ermittlung; >0=Anzahl der Teilungen
alphaFBt=DatenBauteile(j+6-(j-1),1);
yFBt=DatenBauteile(j+7-(j-1),1);
SchichtDruckenBt=DatenBauteile(j+8-(j-1),1);
```

U-Wert Berechnung

```
C=CAufbau(:,wahlAufbau);
R=RAufbau(:,wahlAufbau);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
layerBt=layerAufbau(:,wahlAufbau);
BtMode=AufbauMode(1,wahlAufbau);
if TABSMode>0
    fKorr=fKorrAufbau(1,wahlAufbau)*1;
    % Möglichkeit der Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die stationäre Berechnung wenn
    Flächenheizung vorhanden
else
    fKorr=fKorrAufbau(1,wahlAufbau);
end

if BtMode==31 | BtMode==32 | BtMode==33
    AuslegungsTeCalc=fKorr;
else
    AuslegungsTeCalc=AuslegungsTi-fKorr*(AuslegungsTi-AuslegungsTe);
end
UBt=UAufbau(1,wahlAufbau);
AlphaAbs=AlphaAbsAufbau(1,wahlAufbau);
```

FENSTER – MODELL 1

```
function [Aw Ag Uw FenKoeff Fensterneigung gFen epsilonFen Fc Fsc Fhor Fs]=Fenster_Modell1(Bt, nFen)
```

Einlesen der Fensterkennwerte

```
if nFen>0

    % Einlesen - Fenster

    j=9; %erste Zeile im Excel-Eingabefile zum Einlesen!
    i=2+Bt;

    if i>26
        n1=rem(i,26);
        n2=floor(i/26);
        Spalte=[char('A'+(n2-1)) char('A'+(n1-1))];
    else
        Spalte=char('A'+(i-1));
    end

    X=j;
    XX=num2str(X);
    ZelleAnfang=[Spalte XX];
    Y=2000;
    YY=num2str(Y);
    ZelleEnde=[Spalte YY];
    Bereich=[ZelleAnfang ':' ZelleEnde];

    Pfad=pwd;
    pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];
    DatenFenster = xlsread(pfad, 'Fenster', Bereich);
    m = 1;
    for Fen=1:nFen

        b=DatenFenster(m,1);
        h=DatenFenster(m+1,1);
        bframe=DatenFenster(m+2,1);
        psi=DatenFenster(m+3,1);
        ug=DatenFenster(m+4,1);
        uf=DatenFenster(m+5,1);
        oeffnung=DatenFenster(m+6,1); % 0=Fixverglasung, 0.1=kipubar, 1=öffenbar
        fensterneigung=DatenFenster(m+7,1); % 90=senkrecht, 0=waagrecht
        gfen=DatenFenster(m+8,1);
        epsilonfen=DatenFenster(m+9,1);
        fc=DatenFenster(m+10,1);
        fsc=DatenFenster(m+11,1);
        fhor=DatenFenster(m+12,1);
        fs=DatenFenster(m+13,1);

        B(Fen,1)=b;
        H(Fen,1)=h;
        Bframe(Fen,1)=bframe;
        Psi(Fen,1)=psi;
        Ug(Fen,1)=ug;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
Uf(Fen,1)=uf;  
Oeffnung(Fen,1)=oeffnung;  
Fensterneigung(Fen,1)=fensterneigung;  
gFen(Fen,1)=gfen;  
epsilonFen(Fen,1)=epsilonfen;  
Fc(1,Fen)=fc;  
Fsc(1,Fen)=fsc;  
Fhor(1,Fen)=fhor;  
Fs(1,Fen)=fs;
```

```
m=m+17;
```

```
end
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

Berechnung der Fensterkennwerte

```
if nFen>0  
  Aw=B.*H;  
  Ag= (H-2.*Bframe) .* (B-2.*Bframe);  
  Af=Aw-Ag;  
  Uw= ( Ag.*Ug + Af.*Uf + Psi.*(2.*(H-2.*Bframe)+2.*(B-2.*Bframe)) ) ./ (Aw);  
  FensterneigungRAD=Fensterneigung*pi/180;  
  Heff= (H-2.*Bframe) .* (1-cos(FensterneigungRAD));  
  ffenKoeff=Ag.*sqrt(Heff.*Oeffnung)*1*100;  
  FenKoeff=sum(ffenKoeff);  
else  
  Aw=0;  
  Ag=0;  
  Uw=0;  
  FenKoeff=0;  
  Fensterneigung=0;  
  gFen=0;  
  epsilonFen=0;  
  Fc=0;  
  Fsc=0;  
  Fhor=0;  
  Fs=0;  
end
```

FENSTER – MODELL 2

```
function [TFenR qFen qSolFen]=Fenster_Modell2(Te, TAir, Trad, Aw, Ag, Uw, Fensterneigung, cosZeta, epsilon, IbfBt, IdfBt, gFen, dTsky, RFenSol, Fc, Fsc, Fhor, Fs, ari, aci, are, ace, TeffBt, BtMode)
```

Berechnung der inneren Oberflächentemperatur

```
if BtMode==11 | BtMode==12 | BtMode==13
    SF=cos(Fensterneigung*pi/180/2)^2;
    Tsky=Te+dTsky;
    TUmg=SF * Tsky + (1 - SF) * Te;      % Umgebungstemperatur
    Teff = (ace*Te+are*TUmg)/(ace+are);
else
    Teff=TeffBt;
end

Tieff = (aci*TAir+ari*Trad)/(aci+ari);

TFenR=Tieff+(Teff-Tieff)*Uw*1/(ari+aci);

qFen=Aw*aci*(TFenR-TAir);
```

Einstrahlung durch Verglasungen

```
if cosZeta<0
    rdir=0;
else
    rdir=1-(1-cosZeta)^epsilon;
end
rdiff=epsilon*(epsilon+3)/((epsilon+1)*(epsilon+2));

if RFenSol==1
    qSolFen=Ag*gFen*Fc*(IbfBt+IdfBt)*Fsc*Fhor*Fs;
else
    qSolFen=Ag*gFen*(IbfBt*rdir+IdfBt*rdiff)*Fsc*Fhor*Fs;
end
```

HEIZLASTMODE

```
function [Thk qidealheatMAXconv SollTheat max_HL Thk_HL]=Heizlastmode(wdh, t, Endzeitwdh1, PidealHeat, max_HL, qidealheatMAXconv, TAir, SollTheat_HL, dTi_Auslegung, Thk_HL);
```

```
% if idealkondMode==1
SollTheat=SollTheat_HL;
if wdh==1 && t>=Endzeitwdh1-48
    if PidealHeat>max_HL
        max_HL=PidealHeat;
    end
end
if wdh==2
    qidealheatMAXconv=max_HL;
    if TAir<SollTheat-dTi_Auslegung
        max_HL=100000;
        SollTheat=SollTheat-dTi_Auslegung;
    end
end
Thk=100;
```

HEIZKESSEL – MODELL 1

```
function [etaHK] = HK_Model111 ();
```

Eingabe

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenHeizkessel = xlsread(pfad, 'Heizkessel', 'B1:B1000');  
  
etaHK=DatenHeizkessel(1,:); % Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers
```

Ausgabe

HEIZKESSEL – MODELL 2

```
function [QheatHK EnInHK] = HK_Model112 (RQheatHK, etaHK);
```

Berechnung

```
if RQheatHK>0  
    QheatHK=RQheatHK;  
    EnInHK=QheatHK/etaHK;  
else  
    QheatHK=0;  
    EnInHK=0;  
end
```

SOLARKOLLEKTOR – MODELL 1

```
function [alphafkoll yfkoll F0 c1 c2 AKoll b0 Kthetad fSchmutzSolar fRegelungSolar fWTSolar dTSolar  
TpufferMaxSolar TStagnation STdirektInBt]=kollektor_Modell1(koll);
```

Einlesen der Kollektorkennwerte

```
% Einlesen - kollektor 1

if koll==1
    Pfad=pwd;
    pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
    DatenSolar = xlsread(pfad, 'kollektorSolar', 'B1:B1000');

    fSchmutzSolar=DatenSolar(1,:);           %Verschmutzungsfaktor
    fRegelungSolar=DatenSolar(2,:);         %Faktor zur Berücksichtigung der Regelung
    fWTSolar=DatenSolar(3,:);               %Faktor zur Berücksichtigung des Wärmetauschers
    dTSolar=DatenSolar(4,:);               %Temperaturerhöhung über den Kollektor
    TpufferMaxSolar=DatenSolar(5,:);        %max. Puffertemperatur (für Regelung des
    Solarkreises)
    TStagnation=DatenSolar(6,:);           %Stagnationstemperatur

    yfkoll=DatenSolar(7,:);                 %Neigung des Kollektors
    alphafkoll=DatenSolar(8,:);             %Orientierung des Kollektors

    AKoll=DatenSolar(9,:);                  %Aperturfläche des Kollektors

    eta0=DatenSolar(10,:);
    a1=DatenSolar(11,:);
    a2=DatenSolar(12,:);

    Kthetad=DatenSolar(13,:);
    Kthetab=DatenSolar(14,:);
    ZetaTest=DatenSolar(15,:);

    STdirektInBt=DatenSolar(16,:);         %Solarthermie direkt an Flächenheizung angeschlossen?
    (0=Nein; 1=JA)

end

b0=(1-Kthetab)/(1/cos(ZetaTest*pi/180)-1);

Kthetab15=1-b0*(1/cos(15*pi/180)-1);
F0=eta0/(0.85*Kthetab15+0.15*Kthetad);
c1=a1;
c2=a2;
```

SOLARKOLLEKTOR – MODELL 2

```
function [Qsolar, TKoll, Stagnation, Tsk, etaKoll]=kollektor_Modell2(Ibfkoll, Idfkoll, cosZetaKoll, Te, F0, c1, c2, b0, Kthetad, AKoll, Tinkoll, dTSolar, fwTSolar, fSchmutzSolar, fRegelungSolar, TpufferMaxSolar, TStagnation, Stagnation, cfluid);% RCSTdirektInBt, STdirektInBt);

if Stagnation==1 %wenn es zur Stagnation kommt, geht die Solaranlage außer Betrieb
    if Ibfkoll==0
        Stagnation=0;
    end
end

TKoll=((Tinkoll+(Tinkoll+dTSolar))/2)*fwTSolar; %kollektortemperatur ergibt sich aus der Heizkreistemperatur, dem Temperaturhub über den Kollektor und dem Faktor zur Berücksichtigung des Wärmetauschers zwischen Heizanlage und Kollektorkreis

if Tinkoll<TpufferMaxSolar && Stagnation==0 && TKoll<TStagnation && Ibfkoll+Idfkoll>0
```

Berechnung der Kollektortemperatur und der Fluidaustrittstemperatur

```
theta=acos(cosZetaKoll)*180/pi;

if b0==1
    Kthetab=1;
elseif theta<=60
    Kthetab=1-b0*(1/cos(theta*pi/180)-1);
elseif theta>60
    Kthetab=(1-b0)*(1-(theta-60)/30);
end

QStr=F0*(Ibfkoll*fSchmutzSolar*Kthetab+Idfkoll*fSchmutzSolar*Kthetad)*AKoll; %Berechnung der Kollektorwärmegewinne
QTranskonv=c1*(TKoll-Te)*AKoll; %Berechnung der wärmeverluste zufolge Konvektion an der Kollektoroberfläche
QAbstr=c2*(TKoll-Te)^2*AKoll; %Berechnung der wärmeverluste zufolge Abstrahlung

Qsolar= max(0, (QStr-QTranskonv-QAbstr)*fRegelungSolar); %Berechnung des Ertrags unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors zur berücksichtigung der Regelung
mdotSk=Qsolar/(dTSolar*cfluid); %Rückrechnung auf den Massenstrom

Tsk=Tinkoll+dTSolar;
etaKoll=1/((Ibfkoll+Idfkoll)*AKoll)*Qsolar;

else
    Qsolar=0;
    TKoll=Te;
    if TKoll>=TStagnation
        Stagnation=1;
    end
    QStr=0;
    QAbstr=0;
    QTranskonv=0;
    mdotSk=0;
    Tsk=0;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
etako11=0;  
end
```

KOLLEKTOR PV – MODELL 1

```
function [alphafKollPV yfKollPV AKollPV fPV0 fPV50]=KollektorPV_Model11(kollPV);
```

Einlesen der Kollektorkennwerte

```
% Einlesen - Kollektor 1

if kollPV==1
    Pfad=pwd;
    pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];
    DatenPV = xlsread(pfad, 'KollektorPV', 'B1:B1000');

    fSchmutzSolar=DatenPV(1,:);           % Verschmutzungsfaktor
    fwechselrichterSolar=DatenPV(2,:);   % Faktor zur Berücksichtigung der Regelung
    etaModul0=DatenPV(3,:);
    etaModul50=DatenPV(4,:);

    yfKollPV=DatenPV(5,:);               % Neigung des Kollektors
    alphafKollPV=DatenPV(6,:);          % Orientierung des Kollektors
    AKollPV=DatenPV(7,:);               % Aperturfläche des Kollektors
end

fPV0=fSchmutzSolar*fwechselrichterSolar*etaModul0;
fPV50=fSchmutzSolar*fwechselrichterSolar*etaModul50;

fPV=(fPV50-fPV0)/(50-0)*25+fPV0-(fPV50-fPV0)/(50-0)*0;
kwp=(1)*AKollPV*fPV;
```

KOLLEKTOR PV – MODELL 2

```
function [Pe1PV] = kollektorPV_Model12 (Ibfkol1PV, Idfkol1PV, Te, AKol1PV, fPV0, fPV50);  
  
fPV=(fPV50-fPV0)/(50-0)*Te+fPV0-(fPV50-fPV0)/(50-0)*0;  
Pe1PV=(Ibfkol1PV+Idfkol1PV)*AKol1PV*fPV;  
  
if Ibfkol1PV>0  
end
```

LOAD DATA – MODELL 1

```
function [Ibh Idh SolarVerschattung PVVerschattung TEXT qILpers qILger PeIger TBW mdotBW dTsky  
TWPquelle RFreischaltungExtern] = LoadData_Modell1 (BGF, Netzfregabe, wWgenerellBeruecksichtigen,  
Klimadatenfile)
```

Einlesen der Simulationsrandbedingungen

```
filename = sprintf('Klimadatenfile %d.txt', Klimadatenfile);  
DatenKlima=load(filename);  
  
TExt=DatenKlima(1:8760,3);  
dTsky=DatenKlima(1:8760,4);  
Ibh=DatenKlima(1:8760,5);  
Idh=DatenKlima(1:8760,6);  
SolarVerschattung=DatenKlima(1:8760,14);  
PVVerschattung=DatenKlima(1:8760,15);  
mdotBW=DatenKlima(1:8760,7).*BGF./3600/24;  
  
if wWgenerellBeruecksichtigen==0  
    mdotBW(:,1)=0;  
end  
  
TBW=DatenKlima(1:8760,8);  
  
qILpers=DatenKlima(1:8760,9).*BGF;  
PeIger=DatenKlima(1:8760,10).*BGF;  
eta_elektro=DatenKlima(1:8760,11);  
qILger=PeIger.*(1-eta_elektro);  
  
RFreischaltungExtern=DatenKlima(1:8760,12);  
if Netzfregabe>0  
    RFreischaltungExtern=RFreischaltungExtern;  
else  
    RFreischaltungExtern=RFreischaltungExtern.*0;  
end  
  
TWPquelle=DatenKlima(1:8760,13);
```

LÜFTUNG – MODELL 1

```
function [VHyg VInf LageVent SFPzu SFPab etaWRG VStat]=Lueftung_Modell1 (BGF);
```

Definition Lüftungsspez. Randbedingungen

```
Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
DatenLueftung = xlsread(pfad, 'Lüftung', 'B1:B1000');

Stundenanzahl=8760;
VRaum=DatenLueftung(1,:);
n50=DatenLueftung(2,:);
HygLW=DatenLueftung(3,:);
LageVent=DatenLueftung(4,:); % 0=keine mech. Anlage; 1=ABLvent raumseitig & ZULvent raumseitig;
2=ABLvent außenseitig & ZULvent raumseitig; 3=ABLvent raumseitig & ZULvent außenseitig; 4=ABLvent
außenseitig & ZULvent außenseitig;
etaWRG=DatenLueftung(5,:);
SFPzu=DatenLueftung(6,:); % SFP=0 wenn etaWRG ein wärmebereitstellungsgrad ist (SFPges bei diesem
Gerät 0,24 wh/m3)
SFPab=DatenLueftung(7,:); % in wh/m³
```

Ermittlung des hygienischen notwendigen Luftvolumenstroms

```
if LageVent==0
    SFPzu=0;
    SFPab=0;
    etaWRG=0;
    VHygStat=HygLW*VRaum*(1-0)/3600;
else
    VHygStat=HygLW*VRaum*(1-etaWRG)/3600; % Erwärmung durch SFP wird im stat. Fall nicht
berücksichtigt
end
VHyg(1:Stundenanzahl,1)=HygLW*VRaum;
```

Ermittlung des Infiltrationsluftvolumenstroms

```
if n50==0
    VInf=0;
elseif n50<0.6
    VInf=0.04*VRaum;
elseif n50>1.5
    VInf=0.11*VRaum;
else
    VInf=0.07*n50*VRaum;
end

VInfStat=VInf/3600;
VInf(1:Stundenanzahl,1)=VInf;

if LageVent==0
    VStat=VHygStat;
else
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
VStat=VHygStat+VInfStat;
```

```
end
```

```
end
```

LÜFTUNG – MODELL 2

```
function [qV]=Lueftung_Model112(VHyg, VInf, LageVent, Te, TAir, SFPzu, SFPab, etaWRG, FenKoeff, cfluidAir, rhofluidAir, RFenLW)
```

Definition von Variablen

Wärmeverluste zufolge hygienischen LW

```
if LageVent==0
    ZUL=Te;
elseif LageVent==1
    ZUL=Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-(Te-TAir-SFPab/(rhofluidAir*cfluidAir/3600))*etaWRG;
elseif LageVent==2
    ZUL=Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-(Te-TAir)*etaWRG;
elseif LageVent==3
    ZUL=Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-(Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-TAir-
SFPab/(rhofluidAir*cfluidAir/3600))*etaWRG;
elseif LageVent==4
    ZUL=Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-(Te+SFPzu/(rhofluidAir*cfluidAir/3600)-TAir)*etaWRG;
end

qVHyg=VHyg/3600*rhofluidAir*cfluidAir*(ZUL-TAir);
```

Wärmeverluste zufolge Infiltration

```
qVInf=VInf/3600*rhofluidAir*cfluidAir*(Te-TAir);
```

Wärmeverluste zufolge Fensterluftwechsel

```
VFen=FenKoeff*sqrt(abs(Te-TAir))*RFenLW;
qVFen=(rhofluidAir*cfluidAir/3600)*VFen*(Te-TAir);
```

Ausgabe

```
if LageVent==0
    if VHyg>VFen
        qV=qVHyg;
    else
        qV=qVFen;
    end
else
    qV=qVInf+qVHyg+qVFen;
end
```

PUFFER MULTIC – MODELL 1

```
function [Cpuffer UAPuffer Vpuffer lambdaeff dschicht nSchichten nhydKreise fKorrPuffer LagePuffer  
TpufferMIN SchichtFuehlerwaermeerzeuger1 SchichtFuehlerwaermeerzeuger2]=PufferMultiC_Mode111(Puffer,  
cfluid, rhofluid, mdotBW);
```

Einlesen der Pufferkennwerte

```
% Einlesen - Puffer 1

if Puffer==1
    Pfad=pwd;
    pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
    DatenPuffer = xlsread(pfad, 'Puffer', 'B1:B1000');

    Vpuffer=DatenPuffer(1,:);
    AnteildesPuffervolumenabzglwfwuerwaermeerzeuger=DatenPuffer(3,:);

    Vschicht=DatenPuffer(2,:);
    SchichtFuehlerWAERMEERZEUGER1=max(0,1/(Vpuffer/mean(mdotBW*3600/1000*24))); % Anteil der
    Schichten die über dem Temperaturfühler 1 zur Regelung des zus. wärmeerzeugers liegen (Einschalten des
    Erzeugers)
    SchichtFuehlerWAERMEERZEUGER2=min(1,(1-
    SchichtFuehlerWAERMEERZEUGER1)*AnteildesPuffervolumenabzglwfwuerwaermeerzeuger+SchichtFuehlerWAERMEERZ
    EUGER1); % Anteil der Schichten die über dem Temperaturfühler 2 zur Regelung des zus.
    wärmeerzeugers liegen (Abschalten des Erzeugers)
    nhydKreise=DatenPuffer(4,:); %Anzahl angeschlossener hydr. Kreise
    lambdaeffMAX=DatenPuffer(5,:); %max. eff. Wärmeleitfähigkeit
    lambdaeffMIN=DatenPuffer(6,:); %min. eff. Wärmeleitfähigkeit

    a=DatenPuffer(8,:); %Koeffizienten wärmeverlustrate nach H5056
    b=DatenPuffer(9,:);
    c=DatenPuffer(10,:);
    d=DatenPuffer(11,:);
    BA=DatenPuffer(12,:); % Zusatzverluste Basisanschlüsse W/K
    ZA=DatenPuffer(13,:); % Zusatzverluste Zusatzanschlüsse W/K
    waermeverlustrate=1*(a*(b+c*(Vpuffer*1000)^d)*1000/24/45 +BA+ZA);
    LagePuffer=DatenPuffer(15,:); %1=kond; 0=unkond;
    fKorrPuffer=DatenPuffer(16,:); %Temperaturkorrekturfaktor (bei unkond. Lage)

    TpufferMIN=DatenPuffer(18,:); % min. Speichertemperatur (in oberster Schicht)
    verlusteBeruecksichtigen=DatenPuffer(20,:);
end
```

Berechnung des U-Werts und der inneren Pufferoberfläche

```
nSchichten=ceil(Vpuffer/vschicht);
SchichtFuehlerwaermeerzeuger1=min(ceil(nSchichten*SchichtFuehlerWAERMEERZEUGER1+1),nSchichten);
SchichtFuehlerwaermeerzeuger2=min(max(ceil(nSchichten*SchichtFuehlerWAERMEERZEUGER2+1),SchichtFuehlerw
aermeerzeuger1),nSchichten);

if Vpuffer<2
    HSpeicher=max(min(2.2,1.78+0.39*log(Vpuffer)),1.25);
elseif Vpuffer>=2 &&Vpuffer<20
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
HSpeicher=1.46154+0.4186*vpuffer-0.0080764*vpuffer^2;
else
  HSpeicher=4.698+0.09302*vpuffer;
end
Durchmesser=sqrt(vpuffer/HSpeicher*4/pi);
dSchicht(1:nSchichten,1)=vschicht/(Durchmesser^2*pi/4);
Apuffer=(Durchmesser^2*pi/4*2+sum(dSchicht)*Durchmesser*pi);
dpuffer=sqrt(vpuffer*4/(sum(dSchicht)*pi));
Ueff=Waermeverlustrate/Apuffer;

UAPuffer(1,1)=dpuffer^2*pi/4*Ueff + dSchicht(1,1)*dpuffer*pi*Ueff;
Cpuffer(1,1)=vpuffer/sum(dSchicht)*dSchicht(1,1)*rhofluid*cfluid;
for i=2:nSchichten-1
  UAPuffer(i,1)=dSchicht(i,1)*dpuffer*pi*Ueff;
  Cpuffer(i,1)=vpuffer/sum(dSchicht)*dSchicht(i,1)*rhofluid*cfluid;
end
UAPuffer(nSchichten,1)=dpuffer^2*pi/4*Ueff + dSchicht(nSchichten,1)*dpuffer*pi*Ueff;
Cpuffer(nSchichten,1)=vpuffer/sum(dSchicht)*dSchicht(nSchichten,1)*rhofluid*cfluid;

if VerlusteBeruecksichtigen==0
  UAPuffer(:,1)=0;
end

if vpuffer<=1
  lambdaeff=lambdaeffMAX;
elseif vpuffer>1 & vpuffer<=5
  k=(lambdaeffMIN-lambdaeffMAX)/(5-1);
  d=lambdaeffMAX-k*1;
  lambdaeff=k*vpuffer+d;
else
  lambdaeff=lambdaeffMIN;
end
```

PUFFER MULTIC – MODELL 2

```
function [Tpuffer PeIHS qRGWBPuffer Thk TWP]=PufferMultiC_Model112(Tpuffer, Cpuffer, UAPuffer, fKorrPuffer, LagePuffer, TAir, Te, dt, cfluid, vpuffer, lambdaeff, nSchichten, dSchicht, T1,mdotIn, mdotOut, TpufferMIN, mdothk, ThkByp);
```

```
n=min(size(Tpuffer,1)-1,1); %n=1 für MultiKap bzw. 0 für SingleKap
```

Multi-Kapazitäten Speicher

```
if LagePuffer==0
    Tamb=TAir-fKorrPuffer*(TAir-Te);
else
    Tamb=TAir;
end

% Berechnung der Massenströme

for i=1:size(mdotIn(1,:),2)
    for j=1:nSchichten-1
        if j>1
            mdot(j,i)=(mdot(j-n,i)+mdotIn(j,i)-mdotOut(j,i));
        else
            mdot(j,i)=(mdotIn(j,i)-mdotOut(j,i));
        end
    end
end

% Berechnung der Wärmeströme

for j=1:nSchichten

    qLoss(j,1)=UAPuffer(j,1)*(Tpuffer(j,1)-Tamb);

    hK=size(mdotIn(1,:),2);
    for i=1:hK

        qInExt=mdotIn(j,i)*cfluid*T1(j,i);
        if j>1
            if mdot(j-n,i)>=0
                qIn=mdot(j-n,i)*cfluid*Tpuffer(j-n,1);
            else
                qIn=mdot(j-n,i)*cfluid*Tpuffer(j,1);
            end
        else
            qIn=0;
        end

        qOutExt=mdotOut(j,i)*cfluid*Tpuffer(j,1);
        if j<nSchichten
            if mdot(j,i)>=0
                qOut=mdot(j,i)*cfluid*Tpuffer(j,1);
            else
                qOut=mdot(j,i)*cfluid*Tpuffer(j+1,1);
            end
        end
    end
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
    else
        qOut=0;
    end

    qhyd(j,i)=qInExt+qIn-qOutExt-qOut;

end

if j==1
    qUpLeit=0;
    qDownLeit=-Vpuffer/sum(dSchicht)* lambdaeff/dSchicht(j,1)*(Tpuffer(j,1)-Tpuffer(j+n,1));
elseif j==nSchichten
    qUpLeit=-Vpuffer/sum(dSchicht)* lambdaeff/dSchicht(j,1)*(Tpuffer(j)-Tpuffer(j-n));
    qDownLeit=0;
else
    qUpLeit=-Vpuffer/sum(dSchicht)* lambdaeff/dSchicht(j,1)*(Tpuffer(j)-Tpuffer(j-n));
    qDownLeit=-Vpuffer/sum(dSchicht)* lambdaeff/dSchicht(j,1)*(Tpuffer(j)-Tpuffer(j+n));
end

qLeit(j,1)=qDownLeit+qUpLeit;

end

% Berechnung der Speichertemperaturen

for j=1:nSchichten

    Sumqhyd(j,1)=sum(qhyd(j,:));
    if j==1
        TpufferAbfrage=(-qloss(1,1)+Sumqhyd(1,1)+qLeit(1,1)+0)/Cpuffer(1,1)*dt+Tpuffer(1,1);
        if TpufferAbfrage<TpufferMIN
            Pe1Heizstab(j,1)=-(-qloss(1,1)+Sumqhyd(1,1)+qLeit(1,1)-0);
            Achtung_E_Heizstab_in_Speicher_aktiv=1;
        else
            Pe1Heizstab(j,1)=0;
        end
    else
        Pe1Heizstab(j,1)=0;
    end

    Tpuffer(j,1)=(-qloss(j,1)+Sumqhyd(j,1)+qLeit(j,1)+Pe1Heizstab(j,1))/Cpuffer(j,1)*dt+Tpuffer(j,1);

end

Pe1HS=sum(Pe1Heizstab);
```

Ausgabe

```
if LagePuffer==0
    qRGWBPuffer=0;
else
    qRGWBPuffer=sum(qloss);
end

[~,SchichtOuthk] = max(mdotOut(:,5));
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
if mdothk>0
    Thk=(max(mdotOut(:,5))*Tpuffer(Schichtouthk,1)+(mdothk-max(mdotOut(:,5)))*ThkByp)/mdothk;
%Beimischung
else
    Thk=0;
end

[~,SchichtOutWP] = max(mdotOut(:,4));
TWP=Tpuffer(SchichtOutWP,1);
```

PUFFER MULTIC – MODELL 3

```
function [mdotInP mdotOutP T1P]=PufferMultiC_Modell3(TpufferMIN, QWW, TBW, Tsk, mdotsk, QheatHK, TWP, mdotWP, Thk, mdothk, ThkSollwert, RSchaltWP, Tpuffer, nSchichten, nhydKreiseP, cfluid, TpufferSoll, RCSTdirektInBt);
```

Definition von Variablen

```
mdotInP(1:nSchichten,1:nhydKreiseP)=0;
mdotOutP(1:nSchichten,1:nhydKreiseP)=0;
T1P(1:nSchichten,1:nhydKreiseP)=0;

SchichtInWaermeerzeuger=1;
SchichtOutWaermeerzeuger=1;
```

Bestimmung der Einspeisehöhen der unterschiedlichen hyd. Kreise (Schichtung)

```
%BW - warmwasser
mdotBwpuffer=QWW/(cfluid*(Tpuffer(1,1)-TBW));
BBB=(Tpuffer-TpufferMIN);
BBB(BBB<0)=999;
[~,X1] = min(BBB); % Entnimmt mdotpek in jener Schicht ein, in der die
Puffertemperatur am nächsten zu Tplk und höher als ThkSollwert ist
mdotInP(nSchichten,1)=mdotBwpuffer; % Schichtet mdotBW in die letzte Schicht
%mdotOutP(X1,1)=mdotBwpuffer; % Entnimmt mdotBW der idealen Schicht
mdotOutP(1,1)=mdotBwpuffer; % Entnimmt mdotBW der ersten Schicht
T1P(nSchichten,1)=TBW;

%sk - solarkreis
[~,X2a] = min(abs(Tpuffer-Tsk)); % Schichtet mdotplk in jener Schicht ein, in der die
Puffertemperatur am nächsten zu Tplk ist
[~,X2b] = min(Tpuffer);
if X2a>X2b
    X2=X2b;
else
    X2=X2a;
end
if RCSTdirektInBt==1
    mdotsk=0;
end
mdotInP(X2,2)=mdotsk;
mdotOutP(nSchichten,2)=mdotsk;
T1P(X2,2)=Tsk;

%HK - Heizkessel
for i=1:size(Tpuffer,1)
    if Tpuffer(i,1)<TpufferSoll
        T1P(i,3)=Tpuffer(i,1)+5;
        T2P=Tpuffer(i,1);
        mdotInP(i,3)=QheatHK/(cfluid*(T1P(i,3)-T2P));
        mdotOutP(i,3)=mdotInP(i,3);
        break
    end
end
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
%WP - wärmepumpe
for i=1:size(Tpuffer,1)
    if Tpuffer(i,1)<Tpuffersoll
        mdotInP(i,4)=mdotWP;
        mdotOutP(i,4)=mdotWP;
        T1P(i,4)=TWP;
        break
    end
end

%hk - Heizkreis (wärmeabgabe)
AAA=(Tpuffer-ThkSollwert);
AAA(AAA<0)=999;
[~,X5c] = min(AAA); % (X5c) Entnimmt mdot in jener Schicht, in der die
Puffertemperatur am nächsten zu ...
[~,X5a] = min(abs(Tpuffer-Thk)); % (X5a, X5b --> X5) Schichtet mdot in jener Schicht ein,
in der die Puffertemperatur am nächsten zu ...
X5a=min(size(Tpuffer,1),X5a+1);
[~,X5b] = min(Tpuffer);
X5b=min(size(Tpuffer,1),X5b);
if X5a>X5b
    X5=X5b;
else
    X5=X5a;
end
if X5<X5c
    X5=X5c;
end

mdothkPuffer=min((mdothk-(mdothk*ThkSollwert-mdothk*Tpuffer(X5c,1))/(Thk-Tpuffer(X5c,1))),mdothk);
%Beimischung
if RSchaltWP==1 || RCSTdirektInBt==1
    mdothkPuffer=0;
end
mdotInP(X5,5)=mdothkPuffer;
mdotOutP(X5c,5)=mdothkPuffer;
T1P(X5,5)=Thk;

end
```

RADIATOR – MODELL 2

```
function [TRL Qradiator]=Radiator_Model12(mdot, cfluid, TVL, kA, Top);
```

Berechnung TRL,Qradiator

```
TRL=(2*mdot*cfluid*TVL+kA*Top^2-kA*TVL)/(2*mdot*cfluid+kA);
```

```
Qradiator=mdot*cfluid*(TVL-TRL);
```

RAUMKNOTEN – MODELL 1

```
function [Regelgroesse CEinrichtung SollTheat SollTcool qidealheatMAXrad qidealcoolMAXrad  
qidealheatMAXconv qidealcoolMAXconv] = Raumknoten_Model11(BGF);
```

Eingabe

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenRaumknoten = xlsread(pfad, 'Raumknoten', 'B1:B1000');  
  
Regelgroesse=DatenRaumknoten(1,:); % 1=Top; 2=TAir; 3=Trad;  
  
CEinrichtung=DatenRaumknoten(3,:); % [J/K]  
  
SollTheat=DatenRaumknoten(5,:);  
SollTcool=DatenRaumknoten(6,:);  
  
qidealheatMAXrad=DatenRaumknoten(8,:);  
qidealcoolMAXrad=DatenRaumknoten(9,:);  
qidealheatMAXconv=DatenRaumknoten(10,:);  
qidealcoolMAXconv=DatenRaumknoten(11,:);
```

RAUMKNOTEN – MODELL 2

```
function [TAir Trad Top PidealCool PidealHeat] = Raumknoten_Model12(TR, Aw, TFenR, dt, TAir, Trad, qBt, qFen, qSolFen, qILpers, qILger, qV, qRGWB, qwb, ANettoVirtuell, Top, idealKondMode, ari, PRADIATOR, Regelgroesse, CEinrichtung, SollTheat, SollTcool, qidealheatMAXrad, qidealcoolMAXrad, qidealheatMAXconv, qidealcoolMAXconv);
```

Berechnet die Lufttemperatur, die Strahlungstemperatur und die operative Temperatur

```
if Regelgroesse==2
    TRegelgroesse=TAir;
elseif Regelgroesse==3
    TRegelgroesse=Trad;
else
    TRegelgroesse=Top;
end

if idealKondMode==0

    SollTradheat=SollTheat;
    SollTAirheat=SollTheat;
    SollTradcool=SollTcool;
    SollTAircool=SollTcool;

    if TRegelgroesse<=SollTradheat || TRegelgroesse<=SollTAirheat
        SollTrad=SollTradheat;
        SollTAir=SollTAirheat;
        qidealheatMAXr=0;
        qidealcoolMAXr=-0;
        qidealheatMAXc=0;
        qidealcoolMAXc=-0;
    elseif TRegelgroesse>=SollTradcool || TRegelgroesse>=SollTAircool
        SollTrad=SollTradcool;
        SollTAir=SollTAircool;
        qidealheatMAXr=0;
        qidealcoolMAXr=-0;
        qidealheatMAXc=0;
        qidealcoolMAXc=-0;
    else
        SollTrad=0;
        SollTAir=0;
        qidealheatMAXr=0;
        qidealcoolMAXr=-0;
        qidealheatMAXc=0;
        qidealcoolMAXc=-0;
    end
else

    SollTradheat=SollTheat;
    SollTAirheat=SollTheat;
    SollTradcool=SollTcool;
    SollTAircool=SollTcool;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
if TRegelgroesse<=Sol1Tradheat || TRegelgroesse<=Sol1TAirheat
    Sol1Trad=Sol1Tradheat;
    Sol1TAir=Sol1TAirheat;
    qidealheatMAXr=0; %qidealheatMAXrad;
    qidealcoolMAXr=-0;
    qidealheatMAXc=qidealheatMAXconv;
    qidealcoolMAXc=-0;
elseif TRegelgroesse>=Sol1Tradcool || TRegelgroesse>=Sol1TAircool
    Sol1Trad=Sol1Tradcool;
    Sol1TAir=Sol1TAircool;
    qidealheatMAXr=0;
    qidealcoolMAXr=0; %qidealcoolMAXrad;
    qidealheatMAXc=0;
    qidealcoolMAXc=qidealcoolMAXconv;
else
    Sol1Trad=0;
    Sol1TAir=0;
    qidealheatMAXr=0;
    qidealcoolMAXr=-0;
    qidealheatMAXc=0;
    qidealcoolMAXc=-0;
end
end
```

Aufteilung in Konvektions- und Strahlungsanteil

```
qSolFenc=0.1*qSolFen;
qSolFenr=0.9*qSolFen;

qILpersc=0.5*qILpers;
qILpersr=0.5*qILpers;
qILgerc=0.8*qILger;
qILgerr=0.2*qILger;
qILc=qILpersc+qILgerc;
qILr=qILpersr+qILgerr;

qwbc=0.5*qwb;
qwbr=0.5*qwb;

qRGWbc=1*qRGWB;
qRGWbr=0*qRGWB;

PRADIATORc=0.5*PRADIATOR;
PRADIATORr=0.5*PRADIATOR;
```

Strahlungstemperatur

```
KBt=sum(TR.*ANettovirtuell);
KFen=sum(sum(TFenR.*Aw));
KIL=qILr/ari;
Ksol=sum(sum(qSolFenr))/ari;
Kwb=qwbr/ari;
KqRGWB=qRGWbr/ari;
KPRADIATOR=PRADIATORr/ari;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
% ideale Kühlung/Heizung

if qidealheatMAXr>0 || qidealcoolMAXr<0

    qidealr=(Sol1Trad*(sum(ANettoVirtuell)+sum(sum(Aw))) -( KBT + KFen + KIL + Ksol + Kwb + KqRGWB +
KPRADIATOR) )*ari;

    if qidealr<0
        qheatr=0;
        if qidealr<qidealcoolMAXr
            qcoolr=qidealcoolMAXr;
        else
            qcoolr=qidealr;
        end
    else
        if qidealr>qidealheatMAXr
            qheatr=qidealheatMAXr;
        else
            qheatr=qidealr;
        end
        qcoolr=0;
    end

else
    qheatr=0;
    qcoolr=0;
end

Kqheat=qheatr/ari;
Kqcool=qcoolr/ari;

% Berechnung der Strahlungstemperatur

Trad= ( KBT + KFen + KIL + Ksol + Kwb + Kqheat + Kqcool + KqRGWB + KPRADIATOR) / (
sum(ANettoVirtuell)+sum(sum(Aw)) );
```

Lufttemperatur

```
% ideale Kühlung/Heizung

if qidealheatMAXc>0 || qidealcoolMAXc<0

    qidealc=(Sol1TAir- TRegelgroesse )/dt*CEinrichtung-( sum(qBt) + sum(sum(qFen)) + qV + qILc +
sum(sum(qSolFenc) ) + qwbc + qRGWBC + PRADIATORC);%%Top/TAir

    if qidealc<0
        qheatc=0;
        if qidealc<qidealcoolMAXc
            qcoolc=qidealcoolMAXc;
        else
            qcoolc=qidealc;
        end
    else
        if qidealc>qidealheatMAXc
            qheatc=qidealheatMAXc;
        else
            qheatc=qidealc;
        end
    end
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
        qheatc=qidealc;
    end
    qcoolc=0;
end

else
    qheatc=0;
    qcoolc=0;
end

% Berechnung der Lufttemperatur

TAir= ( sum(qBt) + sum(sum(qFen)) + qV + qILc + sum(sum(qSolFenc)) + qwbc + qheatc + qcoolc + qRGWbc +
PRADIATORc) / CEinrichtung * dt + TAir;
```

operative Temperatur

```
Top=(TAir+Trad)/2;
```

Ausgabe

```
PidealHeat=qheatc+qheatr;
PidealCool=qcoolc+qcoolr;
```

REGELUNG FENSTER

```
function [RFenLW RFenSol]=RCFen(Top,Te,RFenLW, RFenSol, Sollwert1Abschattung, Sollwert2Abschattung,  
Sollwert1Lueftung, Sollwert2Lueftung);
```

```
%Regelung der Fensterabschattung bzw. -lüftung
```

Definition der Sollwerte für die Abschattung von Fensterflächen (Sommerfall)

```
Sollwert1=Sollwert1Abschattung;  
Sollwert2=Sollwert2Abschattung;
```

Regelung Abschattung

```
if RFenSol>0  
    if Top>Sollwert1  
        RFenSol=1;  
    else  
        RFenSol=0;  
    end  
else  
    if Top>Sollwert2  
        RFenSol=1;  
    else  
        RFenSol=0;  
    end  
end
```

Definition der Sollwerte für die Fensterlüftung (Sommerfall)

```
Sollwert1=Sollwert1Lueftung;  
Sollwert2=Sollwert2Lueftung;
```

Regelung Fensterstellung

```
if RFenLW>0  
    if Top>Sollwert1  
        if Te<Top  
            RFenLW=1;  
        else  
            RFenLW=0;  
        end  
    else  
        RFenLW=0;  
    end  
else  
    if Top>Sollwert2  
        if Te<Top  
            RFenLW=1;  
        else  
            RFenLW=0;  
        end  
    end  
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
else  
    RFenLW=0;  
end  
end
```

REGELUNG FREISCHALTUNG

```
function [RFreischaltungExtern RFreischaltungPV RFreischaltungSolar]=RCFreischaltung(Pe1PV, Pe1Ger, qStatRHWW, COPNenn, RFreischaltungExtern, DimErzeuger, QSOLARPuffer, QSOLARTABS);
```

Definition von Variablen

```
if Pe1PV-Pe1Ger>0
    RFreischaltungPV=min(1/(qStatRHWW/COPNenn*DimErzeuger)*(Pe1PV-Pe1Ger),1);
    if RFreischaltungPV <0.1
        RFreischaltungPV=0;
    end
else
    RFreischaltungPV=0;
end

if max(QSOLARPuffer, QSOLARTABS)>0
    RFreischaltungSolar=1;
else
    RFreischaltungSolar=0;
end

RFreischaltungExtern=RFreischaltungExtern;
```

REGELUNG HEIZKESSEL

```
function [RQheatHK TpufferSo11]=RCHK(qStatRHWW, Tpuffer1, Tpuffer2, RQheatHK, TpufferSo11HK);
```

Regelung des Heizkessels

Definition von Variablen

```
TpufferSo11=TpufferSo11HK;
```

```
QheatHKnenn=qStatRHWW; %Nennleistung des Heizkessels
```

Regelung ThkSoll

```
if RQheatHK>0 && Tpuffer2<TpufferSo11  
    RQheatHK=QheatHKnenn;  
elseif Tpuffer1<TpufferSo11  
    RQheatHK= QheatHKnenn;  
else  
    RQheatHK=0;  
end
```

REGELUNG HEIZKREIS

```
function [Heizanforderung mdothk ThkSollwert]=RCmdothk(mdothkStat, Top, Lges, TRLhkStat, Te,
cfluidwasser, idealKondMode, Heizanforderung, dTopSoll, TopSoll, Heizgrenztemperatur);
```

Regelung des Heizkreises (Wärmeabgabe)

Definition von Variablen

```
TopSollMIN=TopSoll-dTopSoll; %min. Solltemperatur
TopSollMAX=TopSoll+dTopSoll; %max. Solltemperatur
```

Regelung ThkSoll

```
ThkSollwert=(Lges*(TopSollMIN-Te))/(mdothkStat*cfluidwasser)+TRLhkStat;
%Berechnung der Vorlauftemperatur (außentemperaturgeführt)
```

Regelung mdothk

```
if Top<TopSollMIN && Heizgrenztemperatur>Te && idealKondMode==0
    Heizanforderung=1;
elseif Top<TopSollMAX && Heizanforderung>0 && Heizgrenztemperatur>Te && idealKondMode==0
    Heizanforderung=1;
else
    Heizanforderung=0;
end

if Heizanforderung==1
    mdothk=mdothkStat;
else
    mdothk=0;
end
```

REGELUNG KÜHLKREIS

```
function [Kuehlanforderung mdothk ThkSollwertCool]=RCmdothkCool(mdothkStat, Top, Te, idealKondMode, Kuehlanforderung, Heizanforderung, TopSollMIN, TopSollMAX, Kuehlgrenztemperatur, dThkSollwertCool);
```

Definition von Variablen

```
ThkSollwertCool=Top+dThkSollwertCool;
```

Regelung mdothk

```
if Top>TopSollMIN    && Kuehlgrenztemperatur<Te                && idealKondMode==0
    Kuehlanforderung=1;
elseif Top>TopSollMAX && Kuehlanforderung>0    && Kuehlgrenztemperatur<Te    && idealKondMode==0
    Kuehlanforderung=1;
else
    Kuehlanforderung=0;
end

if Kuehlanforderung==1 && Heizanforderung==0
    mdothk=mdothkStat;
else
    mdothk=0;
end
```

REGELUNG HEIZKREIS BEI FREISCHALTUNG

```
function [Heizanforderung mdothk ThkSollwert]=RCmdothk(mdothkStat, Top, Lges, TRLhkStat, Te,
cfluidwasser, idealKondMode, Heizanforderung, dTopSollFreischaltung, TopSollFreischaltung,
HeizgrenztemperaturFreischaltung);
```

Regelung des Heizkreises (Wärmeabgabe)

Definition von Variablen

```
TopSollMIN=TopSollFreischaltung-dTopSollFreischaltung; %min. Solltemperatur
TopSollMAX=TopSollFreischaltung+dTopSollFreischaltung; %max. Solltemperatur
```

Regelung ThkSoll

```
ThkSollwert=(Lges*(TopSollMIN-Te))/(mdothkStat*cfluidwasser)+TRLhkStat+5;
%Berechnung der Vorlauftemperatur (außentemperaturgeführt)
```

Regelung mdothk

```
if Top<TopSollMIN    && HeizgrenztemperaturFreischaltung>Te            && idealKondMode==0
    Heizanforderung=1;
elseif Top<TopSollMAX && Heizanforderung>0    && HeizgrenztemperaturFreischaltung>Te    &&
idealKondMode==0
    Heizanforderung=1;
else
    Heizanforderung=0;
end

if Heizanforderung==1
    mdothk=mdothkStat;
else
    mdothk=0;
end
```

REGELUNG WÄRMEPUMPE

```
function [RPeWP RSchaltWP mdotWppuffer mdothk TpufferSoll]=RCWP(COPNenn, Tpuffer1, Tpuffer2, RPeWP, mdothkStat, mdothk, RSchaltWP, qStatRHWW, ThkSollwert, maxTpuffer, TpufferSollWP, WPdirektInBt);
```

Definition von Variablen

```
TpufferSoll=TpufferSollWP;
```

```
PeWPnenn=qStatRHWW/COPNenn; %Bestimmung der Nennleistung der Wärmepumpe
```

Regelung ThkSoll

```
if WPdirektInBt==0
    RSchaltWP=0;
    if RPeWP>0 && Tpuffer2<TpufferSoll
        RPeWP=PeWPnenn;
        mdotWppuffer=mdothkStat;
    elseif Tpuffer1<TpufferSoll
        RPeWP=PeWPnenn;
        mdothk=0;
        mdotWppuffer=mdothkStat;
    else
        RPeWP=0;
        mdothk=mdothk;
        mdotWppuffer=0;
    end
    if maxTpuffer<ThkSollwert
        mdothk=0;
    end
end

else
    if RPeWP>0 && Tpuffer2<TpufferSoll && RSchaltWP==0
        RPeWP=PeWPnenn;
        RSchaltWP=0;
        mdothk=0;
        mdotWppuffer=mdothkStat;
    elseif Tpuffer1<TpufferSoll
        RPeWP=PeWPnenn;
        RSchaltWP=0;
        mdothk=0;
        mdotWppuffer=mdothkStat;
    else
        RSchaltWP=1;
        if mdothk>0
            RPeWP=PeWPnenn;
            mdothk=mdothk;
            mdotWppuffer=0;
        else
            RPeWP=0;
            mdothk=mdothk;
            mdotWppuffer=0;
        end
    end
end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

end
end

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

REGELUNG WÄRMEPUMPE BEI FREISCHALTUNG

```
function [RPeWP RSchaltWP mdotWppuffer mdothk TpufferSoll]=RCWPFreischaltung(COPNenn, Tpuffer1, Tpuffer2, RPeWP, mdothkStat, mdothk, RSchaltWP, qStatRHWW, DimErzeuger, RFreischaltung, ThkSollwert, maxTpuffer, TpufferSollWPFreischaltung, WPdirektInBtFreischaltung);
```

Ermöglicht das gezielte Aufheizen des Gebäudes bei vorhandener Umweltenergie Definition von Variablen

```
TpufferSoll=TpufferSollWPFreischaltung;  
WPdirektInBt=WPdirektInBtFreischaltung;  
  
PeWPnenn=qStatRHWW/COPNenn*DimErzeuger*RFreischaltung;
```

Regelung ThkSoll

```
if WPdirektInBt==0  
    RSchaltWP=0;  
    if RPeWP>0 && Tpuffer2<TpufferSoll  
        RPeWP=PeWPnenn;  
        if Tpuffer1<TpufferSoll  
            mdothk=0;  
        else  
            mdothk=mdothk;  
        end  
        mdotWppuffer=mdothkStat;  
    elseif Tpuffer1<TpufferSoll  
        RPeWP=PeWPnenn;  
        mdothk=0;  
        mdotWppuffer=mdothkStat;  
    else  
        RPeWP=0;  
        mdothk=mdothk;  
        mdotWppuffer=0;  
    end  
    if maxTpuffer<ThkSollwert  
        mdothk=0;  
    end  
else  
    if RPeWP>0 && Tpuffer2<TpufferSoll && RSchaltWP==0  
        RPeWP=PeWPnenn;  
        RSchaltWP=0;  
        mdothk=0;  
        mdotWppuffer=mdothkStat;  
    elseif Tpuffer1<TpufferSoll  
        RPeWP=PeWPnenn;  
        RSchaltWP=0;  
        mdothk=0;  
        mdotWppuffer=mdothkStat;  
    else  
        RSchaltWP=1;  
        if mdothk>0  
            RPeWP=PeWPnenn;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
        mdothk=mdothk;  
        mdotwPpuffer=0;  
    else  
        RPe1WP=0;  
        mdothk=mdothk;  
        mdotwPpuffer=0;  
    end  
end  
end  
mdothk=mdothk*DimErzeuger*RFreischaltung;
```

REGELUNG ALLGEMEIN

```
function [Sollwert1Abschattung Sollwert2Abschattung Sollwert1Lueftung Sollwert2Lueftung TpufferSollHK  
TopSoll dTopSoll Heizgrenztemperatur TopSollMIN TopSollMAX Kuehlgrenztemperatur dThkSollwertCool  
TopSollFreischaltung dTopSollFreischaltung HeizgrenztemperaturFreischaltung TpufferSollWP WpdirektInBt  
TpufferSollWPFreischaltung WpdirektInBtFreischaltung Ave]=Regelung_Model11()
```

Einlesen der für die Regelung der Haustechnik erforderlichen Kennwerte

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenRegelung = xlsread(pfad, 'Regelung', 'B1:B1000');  
  
% Einlesen - Regelung Fenster - Abschattung  
  
Sollwert1Abschattung=DatenRegelung(1,:);  
Sollwert2Abschattung=DatenRegelung(2,:);  
  
% Einlesen - Regelung Fenster - Lüftung  
  
Sollwert1Lueftung=DatenRegelung(4,:);  
Sollwert2Lueftung=DatenRegelung(5,:);  
  
% Einlesen - Regelung Heizkessel  
  
TpufferSollHK=DatenRegelung(7,:);  
  
% Einlesen - Regelung Heizkreis  
  
TopSoll=DatenRegelung(9,:);  
dTopSoll=DatenRegelung(10,:);  
Heizgrenztemperatur=DatenRegelung(11,:);  
  
% Einlesen - Regelung Kühlkreis  
  
TopSollMIN=DatenRegelung(13,:);  
TopSollMAX=DatenRegelung(14,:);  
Kuehlgrenztemperatur=DatenRegelung(15,:);  
dThkSollwertCool=DatenRegelung(16,:);  
  
% Einlesen - Regelung Heizkreis Freischaltung  
  
TopSollFreischaltung=DatenRegelung(18,:);  
Ave=DatenRegelung(19,:);  
dTopSollFreischaltung=DatenRegelung(20,:);  
HeizgrenztemperaturFreischaltung=DatenRegelung(21,:);  
  
% Einlesen - Regelung Wärmepumpe  
  
TpufferSollWP=DatenRegelung(23,:);  
WpdirektInBt=DatenRegelung(24,:);  
  
% Einlesen - Regelung Wärmepumpe Freischaltung
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
TpufferSollWPFreischaaltung=DatenRegelung(25, :);  
WPdirektInBtFreischaaltung=DatenRegelung(26, :);
```

SONNENSTAND – MODELL 1

```
function [Sonnenazimut Sonnenhoehe] = Sonnenstand_Model11
```

Berechnet den Sonnenstand in Abhängigkeit der Zeit

Einlesen der Eingangsparameter

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenSonnenstand = xlsread(pfad, 'Sonnenstand', 'B1:B1000');  
  
phi=DatenSonnenstand(1,:);  
lambda=DatenSonnenstand(2,:);  
  
Beginn_SZ=DatenSonnenstand(4,:);  
Ende_SZ=DatenSonnenstand(5,:);
```

Definition von Konstanten

```
Stundenanzahl=8760;  
Sonnenhoehe(1:Stundenanzahl,1)=0;  
Sonnenazimut(1:Stundenanzahl,1)=0;
```

Berechnung des Sonnenstands

```
phi=phi*pi/180;  
lambda=lambda*pi/180;  
  
for i=1:Stundenanzahl  
  
    if i<(Beginn_SZ-1)*24+3  
        Sommerzeit=0;  
    elseif i>(Ende_SZ-1)*24+2  
        Sommerzeit=0;  
    else  
        Sommerzeit=1;  
    end  
  
    if i==1  
        Uhrzeit=1;  
        Tag=1;  
    elseif Uhrzeit==24  
        Uhrzeit=1;  
        Tag=Tag+1;  
    else  
        Uhrzeit=Uhrzeit+1;  
    end  
  
    Ortszeit=Uhrzeit-Sommerzeit;  
    mittl_Ortszeit=Ortszeit-4*(15-lambda*180/pi)/60;  
    Tageswinkel=Tag*360/365*pi/180;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
Zeitgleichung=0.0066+7.3525*cos(Tageswinkel+85.9*pi/180)+9.9359*cos(2*Tageswinkel+108.9*pi/180)+0.3387
*cos(3*Tageswinkel+105.2*pi/180);
WOZ=mittl_Ortszeit+Zeitgleichung/60;
Sonnendeklinat=(0.3948-23.2559*cos(Tageswinkel+9.1*pi/180)-0.3915*cos(2*Tageswinkel+5.4*pi/180)-
0.1764*cos(3*Tageswinkel+26*pi/180))*pi/180;

Stundenwinkel=(12-WOZ)*15*pi/180;

Sonnenhoehe(i,1)=asin(cos(Stundenwinkel)*cos(phi)*cos(Sonnendeklinat)+sin(phi)*sin(Sonnendeklinat));

if WOZ>12
    Sonnenazimut(i,1)=pi+acos((sin(Sonnenhoehe(i,1))*sin(phi)-
sin(Sonnendeklinat))/(cos(Sonnenhoehe(i,1))*cos(phi)));
else
    Sonnenazimut(i,1)=pi-acos((sin(Sonnenhoehe(i,1))*sin(phi)-
sin(Sonnendeklinat))/(cos(Sonnenhoehe(i,1))*cos(phi)));
end

end
```

STATIONÄRE BERECHNUNG – MODELL 1

```
function [qStatRHWW qStatRHNorm mdothkStat Lwb Lges kA]=stationaere_Berechnung_Modell1(Aw, Uw,
VStat,rhoFluidAir,cfluidAir, UBt, ANetto, BGF, XmdotBW, cfluidWasser, fBW, AuslegungsTe, AuslegungsTi,
AuslegungsTeCalc, WaermebrueckenProzent, fKorrRHVerluste, fKorrWWVerluste, TwwStat, TbwStat,
TVLhkStat, TRLhkStat, Auslegungsmode, Leistungsvorgabe, StatWWMode, Bdkz, WWgenerellBeruecksichtigen);
```

Ermittelt die stationäre Heizlast für die weitere Simulation (vereinfachte Heizlastberechnung, Achtung nicht gem. H7500-3 & H5151)

Berechnung des Leitwerts und der Heizleistung für Raumheizung

```
% Transmission

dT=AuslegungsTi-AuslegungsTeCalc;
qTFen=sum(sum((Aw.*Uw). *dT));

qTBt=sum(UBt.*ANetto.*dT);

qT=(qTBt+qTFen);

% Lüftung

LV=VStat*rhoFluidAir*cfluidAir;
qV=LV*(AuslegungsTi-AuslegungsTe);

% Strahlung

qSol=0;

% innere Lasten

qIL=0;

% Leitwert für Wärmebrücken

qwb=qT*waermebrueckenProzent/100;
Lwb=qwb/(AuslegungsTi-AuslegungsTe);

% Leistung

qStatRH=(qT+qV-qSol-qIL+qwb)* fKorrRHVerluste;
Lges=qStatRH/(AuslegungsTi-AuslegungsTe);
qStatRHspez=qStatRH/BGF;

qStatRHNorm=qStatRH;
```

Berechnung der Heizleistung des Heizsystems für Warmwasser

```
if StatWWMode==1
    mdothWmean=mean(XmdotBW);
    qStatWW=mdothWmean*cfluidWasser*(TwwStat-TbwStat)*(1+sum(fBW)) *fKorrWWVerluste;
else
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
if Bdkz>0 && wgenerellBeruecksichtigen==1
  Nstr=(1+Bdkz^0.5)/(Bdkz^0.5);
  xxx2T=7.42/Nstr;
  QB=5.82;
  xxx2t=0.5/Nstr;
  Q2T=Bdkz*Nstr*QB;
  Ku1_1=0.318284;
  Q1=QB*(Nstr*Ku1_1+Nstr^0.5);
  u1_1=1*0.244*Nstr;
  u2_1=1*3.599*u1_1;
  Ku1_10=0.056372;
  Ku2=0.68467;
  Q10=QB*(Nstr*Ku1_10+Nstr^0.5)*Ku2;
  u1_10=1/6*0.244*Nstr;
  u2_10=1/6*3.599*Nstr;
  P1=Q1/1;
  P10=Q10/(1/6);
  P2T=Q2T/xxx2T;
  qStatWW=P2T*fKorrWWVerluste*1000;
else
  qStatWW=0;
end
end

qStatRHWW=qStatRH+qStatWW;
```

Massenstrom Heizkreis

```
if Auslegungsmode==0
  qStatRHWW=Leistungsvorgabe;
  qStatRH=abs(qStatRHWW-qStatWW);
end
mDothkStat=qStatRH/(cfluidWasser*(TVLhkStat-TRLhkStat));
TmHK=(TVLhkStat-TRLhkStat)/(log((TVLhkStat-Auslegungsti)/(TRLhkStat-Auslegungsti)))+Auslegungsti;
kA=qStatRH/(TmHK-Auslegungsti);
end
```

STRAHLUNG – MODELL 1

```
function [Ibf Idf cosZeta] = Strahlung_Model11(yf, alphaf, Sonnenhoehe, Sonnenazimut, Ibh, Idh)
```

Ermittelt die Strahlungsintensität auf beliebig orientierte und geneigte Oberflächen

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];  
DatenStrahlung = xlsread(pfad, 'Strahlung', 'B1:B1000');
```

Wahl des Diffusstrahlungsmodells

0=ISOTROP; 1=HDKR; 2=VDI6007; 3=Perez

```
Modell=DatenStrahlung(1,:);
```

Einlesen der Eingangsparameter

```
Hgeo=DatenStrahlung(3,:);  
Stundenanzahl=8760;  
S0=DatenStrahlung(4,:);  
albedo=DatenStrahlung(5,:);
```

Berechnen von Eingangsgrößen

```
%SF=cos(yf*pi/180/2)^2;  
yf=yf*pi/180;  
alphaf=alphaf*pi/180;
```

Berechnung der Direktstrahlung (mit Begrenzung nach [VDI12])

```
for i=1:Stundenanzahl  
  
    alphas=Sonnenazimut(i,1);  
  
    if Sonnenhoehe(i,1)>0  
        ys=Sonnenhoehe(i,1);  
    else  
        ys=0;  
    end  
  
    %    if ys<0.17  
    %        ys=0;  
    %    end  
  
    Tag=floor(i/24)+1;  
  
    if Tag<=31  
        Tlinke=1.7;  
    elseif Tag<=59  
        Tlinke=2.1;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
elseif Tag<=90
    Tlinke=2;
elseif Tag<=120
    Tlinke=1.9;
elseif Tag<=151
    Tlinke=2.1;
elseif Tag<=181
    Tlinke=2.5;
elseif Tag<=212
    Tlinke=2.5;
elseif Tag<=243
    Tlinke=2.3;
elseif Tag<=273
    Tlinke=2.4;
elseif Tag<=304
    Tlinke=1.8;
elseif Tag<=334
    Tlinke=2.2;
elseif Tag<=365
    Tlinke=1.9;
end

S=S0*(1+0.033*cos((360*Tag/365)*pi/180));
IbnormMax=S*(exp(-Tlinke/(0.9+9.4*sin(ys)))*exp(-Hgeo/8000));

cosZeta=sin(ys)*cos(yf)+cos(ys)*sin(yf)*cos(abs(alphaf-alphas));

if ys==0
    Ibnorm=0;
else
    Ibnorm=Ibh(i,1)/sin(ys);
end

Ibf(i,1)=cosZeta*min(Ibnorm,IbnormMax);

if Ibf(i,1)<0
    Ibf(i,1)=0;
end

end
```

Berechnung der Diffusstrahlung

```
for i=1:Stundenanzahl

    alphas=Sonnenazimut(i,1);

    if Sonnenhoehe(i,1)>0
        ys=Sonnenhoehe(i,1);
    else
        ys=0;
    end

    % if ys<0.17
    %     ys=0;
```

```
% end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Berechnung des Einstrahlwinkels

cosZeta(i,1)=sin(ys)*cos(yf)+cos(ys)*sin(yf)*cos(abs(alphaf-alphas));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if Modell==1 || Modell==0 %HDKR-Modell

    Tag=floor(i/24)+1;
    S=S0*(1+0.033*cos((360*Tag/365)*pi/180));

    if ys==0
        Ai=0;
    else
        Ai=Ibh(i,1)/(S*sin(ys));
    end

    if Ibh(i,1)+Idh(i,1)>0
        f=sqrt(Ibh(i,1)/(Ibh(i,1)+Idh(i,1)));
    else
        f=0;
    end

    Idfiso=Idh(i,1)*(1-Ai)*(1+cos(yf))/2;

    if Ibh(i,1)>0
        Idfzs=Idh(i,1)*Ai*Ibf(i,1)/Ibh(i,1);
    else
        Idfzs=0;
    end

    Idfhz=Idh(i,1)*(1-Ai)*(1+cos(yf))/2*f*(sin(yf/2))^3;

    IdfHDKR=Idfiso+Idfzs+Idfhz;

    % Anteil aus Bodenreflexstrahlung
    IdUmg=(Idh(i,1)+Ibh(i,1))*0.5*albedo*(1-cos(yf));

    % gesamte Diffusstrahlung vom Himmel

    if Modell==0
        Idf(i,1)=Idfiso+IdUmg;
    else
        Idf(i,1)=IdfHDKR+IdUmg;
    end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
elseif Modell==2 %VDI6007 Modell

    % Berechnung SSW

    Tag=floor(i/24)+1;

    if Tag<=31
        Tlinke=3.7;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
elseif Tag<=59
    Tlinke=4.1;
elseif Tag<=90
    Tlinke=4.6;
elseif Tag<=120
    Tlinke=5.1;
elseif Tag<=151
    Tlinke=5.3;
elseif Tag<=181
    Tlinke=6.1;
elseif Tag<=212
    Tlinke=6.1;
elseif Tag<=243
    Tlinke=5.9;
elseif Tag<=273
    Tlinke=5.4;
elseif Tag<=304
    Tlinke=4.2;
elseif Tag<=334
    Tlinke=3.6;
elseif Tag<=365
    Tlinke=3.5;
end

S=S0*(1+0.033*cos((360*Tag/365)*pi/180));%
IbnormMax=S*(exp(-Tlinke/(0.9+9.4*sin(ys)))*exp(-Hgeo/8000));%

IbhMax=IbnormMax*sin(ys);%
IbhMin=0;%
qamatm=1.2940+2.4417*10^-2*(ys*180/pi)^1-3.9730*10^-4*(ys*180/pi)^2+3.8034*10^-6*(ys*180/pi)^3
- 2.2145*10^-8*(ys*180/pi)^4+5.8332*10^-11*(ys*180/pi)^5;%
qam=qamatm*(0.506-0.010788*Tlinke);%
IdhMax=0.5*S*sin(ys)*(qam-exp(-Tlinke/(0.9+9.4*sin(ys)))*exp(-Hgeo/8000));%
IdhMin=(IbhMax+IdhMax)*(1-0.72); %
IghMax=IbhMax+IdhMax;%
IghMin=IbhMin+IdhMin;%
Igh=Ibh(i,1)+Idh(i,1);%

if ((IghMax-IghMin)/1)>0%
    SSW=(Igh-IghMin)/((IghMax-IghMin)/1);%
elseif
    SSW=0;%
end

if SSW<0%
    SSW=0;%
elseif SSW>1%
    SSW=1;%
end

% Berechnung Idf

RZeta=(126.5-60*sin(ys))*((cosZeta(i,1)+0.7)/1.7)^2;%

Rwbnl=(26/2*(1-cos(2*yf)));%

Rwbl1=-6.5*(1-((yf*180/pi-40)/45)^2);%
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
if Rwb11>0%
    Rwb11=0;%
end%

if ys*180/pi<30%
    Rwb10=6*(1-((ys*180/pi-15)/15)^2);%
else%
    Rwb10=0;%
end%

Rwb1=(-64.5*sqrt(sin(abs(ys)))+Rwb10)*(1-yf*180/pi/180)+Rwb11;%

if ys*180/pi>21.5%
    ysR=21.5;%
else%
    ysR=ys*180/pi;%
end%

R180=-21*(1-4*ysR/90);%

Rdbed=0.182*(1.178*(1+cos(yf))+(pi-yf)*cos(yf)+sin(yf));%

if yf==0%
    Rd=Rdbed;%
else %
    Rd=Rdbed+(R180+Rwb1+Rwb11+RZeta)/100;%
end%

if Rd<0%
    Rd=0;%
end%

XIdfMax=Idh(i,1)*Rd;%
XIdfMin=Idh(i,1)*Rdbed;%

IdfMax=XIdfMax*SSW;%
IdfMin=XIdfMin*(1-SSW);%

IdfVDI=IdfMax+IdfMin;%

% Anteil aus Bodenreflexstrahlung
IdUmg=(Idh(i,1)+Ibh(i,1))*0.5*albedo*(1-cos(yf));

% Gesamt-Diffusstrahlung
Idf(i,1)=IdfVDI+IdUmg;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
elseif Modell==3 %Perez-Modell

if ys<0.17
    ys=0.17;
end

S=S0*(1+0.033*cos((360*Tag/365)*pi/180));

if ys>0
    AM=1/sin(ys);
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
else
    AM=0;
end

if AM>10
    AM=exp(-0.0001184*Hgeo)/(cos(pi/2-ys)+0.5057*(96.080-(pi/2-ys))^-1.634); %nach [DUF13] S10
end

delta=AM*Idh(i,1)/S;

if Idh(i,1)>0
    eps=( (Idh(i,1)+Ibh(i,1)/sin(ys)) /Idh(i,1) +1.041*(pi/2-ys)^3)/ (1+1.041*(pi/2-
ys)^3);
else
    eps=0;
end

if eps<1
    F11=0;
    F12=0;
    F13=0;
    F21=0;
    F22=0;
    F23=0;
elseif eps>=1 & eps<1.065
    F11=-0.008;
    F12=0.588;
    F13=-0.062;
    F21=-0.06;
    F22=0.072;
    F23=-0.022;
elseif eps>=1.065 & eps<1.23
    F11=0.13;
    F12=0.683;
    F13=-0.151;
    F21=-0.019;
    F22=0.066;
    F23=-0.029;
elseif eps>=1.23 & eps<1.5
    F11=0.33;
    F12=0.487;
    F13=-0.221;
    F21=0.055;
    F22=-0.064;
    F23=-0.026;
elseif eps>=1.5 & eps<1.95
    F11=0.568;
    F12=0.187;
    F13=-0.295;
    F21=0.109;
    F22=-0.152;
    F23=-0.014;
elseif eps>=1.95 & eps<2.8
    F11=0.873;
    F12=-0.392;
    F13=-0.362;
    F21=0.226;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
F22=-0.462;
F23=0.001;
elseif eps>=2.8 & eps<4.5
    F11=1.132;
    F12=-1.237;
    F13=-0.412;
    F21=0.288;
    F22=-0.823;
    F23=0.056;
elseif eps>=4.5 & eps<6.2
    F11=1.06;
    F12=-1.6;
    F13=-0.359;
    F21=0.264;
    F22=-1.127;
    F23=0.131;
elseif eps>=6.2
    F11=0.678;
    F12=-0.327;
    F13=-0.25;
    F21=0.156;
    F22=-1.377;
    F23=0.251;
end

F1=F11+F12*delta+F13*(pi/2-ys);
F2=F21+F22*delta+F23*(pi/2-ys);

a=max(0,cosZeta(i,1));
b=max(0.087,cos(pi/2-ys));

IdfPerez=Idh(i,1)*(0.5*(1+cos(yf))*(1-F1)+a/b*F1+F2*sin(yf));

if IdfPerez<0
    IdfPerez=0;
end

% Anteil aus Bodenreflexstrahlung
IdUmg=(Idh(i,1)+Ibh(i,1))*0.5*albedo*(1-cos(yf));

% Gesamt-Diffusstrahlung

Idf(i,1)=IdfPerez+IdUmg;

end

end
```

% Ausgabe

TABS – MODELL 1

```
function [Rx Rr Dx Da Dr L nHeizkreise] = TABS_Model11(ANetto)
```

Definition von Randbedingungen zur Berücksichtigung von Flächenheizungen

```
Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];
DatenTABS = xlsread(pfad, 'TABS', 'B1:B1000');

LHeizkreisMax=DatenTABS(1,:);      %max. Heizkreislänge

% Einlesen - Bauteil (alle)

Dx=DatenTABS(3,:);                %Achsabstand zw Rohren
Dr=DatenTABS(4,:);                %Wandstärke der Rohre
Da=DatenTABS(5,:);                %Außendurchmesser der Rohre
lambdaB=DatenTABS(6,:);           %Wärmeleitfähigkeit der Rohrträgerschichte (Beton)
lambdaR=DatenTABS(7,:);           %Wärmeleitfähigkeit der Rohre
```

Berechnung der Widerstände

```
L=(ANetto)/Dx;                    %Länge der Rohrschlaufe
nHeizkreise=ceil(L/LHeizkreisMax); %Anzahl der Heizkreise bei einer max. Heizkreislänge von 80m

Rx= (Dx*log(Dx/(pi*Da)))/(2*pi*lambdaB);
Rr= (Dx*log(Da/(Da-2*Dr)))/(2*lambdaR*pi);
```

TABSstat – MODELL 2

```
function [Rt XnSol1]TABSX = TABSstat_Model112(Rx, Rr, Dx, Da, Dr, L, TVL, TRL, TK, mdotTABS, rhofluid, cfluid, TABSlayer, R, nHeizkreise);
```

Ermittlung der Widerstände zur Berücksichtigung von Flächenheizungen gem. [KOS00]

Für Beispiel in [KOS00], Koschenz, Lehmann, Thermoaktive Bauteilsysteme

```
%mdotTABS=15/3600*Dx*L; %Massenstrom durch die Schlaufe
```

Berechnung der Leistung

```
if mdotTABS>0
mdotTABSsp= mdotTABS/(Dx*L);
TW= (TVL+TRL)/2;
Di=Da-2*Dr;
w=mdotTABS/nHeizkreise/rhofluid/(Di^2*pi/4);
Re=w*Di/(1.003*10^(-6));

if Re>2320
alphaw= 2040*(1+0.015*TW)*w^0.87/((Da-2*Dr)^0.13);
else
lambda_fluid=0.6;
Pr=1.003*10^(-6)/lambda_fluid*rhofluid*cfluid;
Nu=(49.0208+4.173*Re*Pr*Di/L)^0.333;
alphaw=Nu*lambda_fluid/Di;
end

Rw= Dx/(alphaw*(Da-2*Dr)*pi);
RZ= 1/(2*mdotTABSsp*cfluid);

R1=(sum(R(1:TABSlayer,1))+0.1);
U1=1/R1;
R2=(sum(R(TABSlayer+1:size(R),1))+0.1);
U2=1/R2;
RZ= 1/ (mdotTABSsp*cfluid* (1-exp (-1/ ((Rw+Rr+Rx+1/(U1+U2)) *mdotTABSsp*cfluid)
) ) )-(Rw+Rr+Rx+1/(U1+U2));
Rt= RZ+Rx+Rw+Rr;

nSol1=0.5/(mdotTABSsp*cfluid*(Rw+Rr+Rx));
XnSol1TABSX=1;
if nSol1>1
XnSol1TABSX=ceil(nSol1);
end
end
```

TABSstat – MODELL 3

```
function [TRL PTABSp PTABS] = TABSstat_Model13(mdotTABS, cfluid, Rt, TVL, TK, L, Dx);
```

Berechnet die Rücklauf­temperatur TRL und die abgegebene Leistung PTABS einer Flächen­heizungsschleife

```
mdotTABSp=mdotTABS/(Dx*L);  
TRL= max( TVL- (1/(Rt)*(TVL-TK))/(mdotTABSp*cfluid), TK);  
PTABSp=mdotTABSp*cfluid*(TVL-TRL);  
PTABS=mdotTABS*cfluid*(TVL-TRL);
```

```
end
```

WÄRMEPUMPE – MODELL 1

```
function [GueteGradWPA GueteGradWPB GueteGradWPC COPNenn DimErzeuger] = WP_Model111 ();
```

Eingabe

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];  
DatenWP = xlsread(pfad, 'WP', 'B1:B1000');  
  
COPNenn=DatenWP(1,:);  
GueteGradWPA=DatenWP(2,:); % Gütegrad wird über eine pol. Ausgleichskurve 2. Grades im Abhängigkeit  
der Temperaturdifferenz zw. Kondensator und Verdampfer abgebildet  
GueteGradWPB=DatenWP(3,:);  
GueteGradWPC=DatenWP(4,:);  
  
DimErzeuger=DatenWP(5,:);
```

Ausgabe

```
dT=(35+28)/2-(5+0)/2;  
GueteGrad=GueteGradWPA*dT^2+GueteGradWPB*dT+GueteGradWPC;
```

WÄRMEPUMPE – MODELL 2

```
function [PeWP QheatWP T4 GuetegradWP COP] = WP_Model112 (Te, T3, RPeWP, GuetegradWPA, GuetegradWPB, GuetegradWPC, mdot12, mdot34, cfluid34, cfluid12, TWPquelle);
```

Berechnung

```
T1=TWPquelle;

if RPeWP>0

    PeWP=RPeWP;

    for i=1:10
        if i==1
            COPPREV=5;
            T2=0;
            T4=30;
        else
            COPPREV=COP;
        end

        dT=(T3+T4)/2-(T1+T2)/2;
        GuetegradWP=GuetegradWPA*dT^2+GuetegradWPB*dT+GuetegradWPC;

        COP=GuetegradWP*(273.5+(T3+T4)/2)/((T3+T4)/2-(T1+T2)/2);
        COP=0.5*(COP+COPPREV);

        if mdot12>0
            T2=T1-(PeWP*(COP-1))/mdot12/cfluid12;
        else
            T2=0;
        end
        if mdot34>0
            T4=T3+(PeWP*(COP))/mdot34/cfluid34;
        else
            T4=0;
        end
    end
    QheatWP=COP*PeWP;
else
    PeWP=0;
    QheatWP=0;
    T4=T3;
    mdot34=0;
    GuetegradWP=0;
    COP=0;
end
```

WÄRMEVERTEILUNG HEIZKREIS – MODELL 1

```
function [LWvhk kondWvhk fKorrWvhk] = wvhk_Model111 (BGF,TABSoderRadiator);
```

Definition der Randbedingungen für die Ermittlung der Verteilverluste für Raumheizung

```
Pfad=pwd;  
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsm'];  
DatenWvhk = xlsread(pfad, 'wv_Heizkreis', 'B1:B1000');  
  
fKorrWvhk=DatenWvhk(1,:);  
  
kondVerteil=DatenWvhk(3,:);  
kondSteig=DatenWvhk(4,:);  
  
feroVerteil=DatenWvhk(6,:);  
feroSteig=DatenWvhk(8,:);  
feroAnbinde=DatenWvhk(8,:);  
  
groVerteil=DatenWvhk(10,:);  
groSteig=DatenWvhk(11,:);  
groAnbinde=DatenWvhk(12,:);  
  
verlusteBeruecksichtigen=DatenWvhk(14,:);
```

Berechnung

```
LVerteil=7.5+0.048*BGF*0.8;  
LSteig=0.1*BGF*0.8;  
if TABSoderRadiator==1  
    LAnbinde=0.35*BGF*0.8;  
else  
    LAnbinde=0.7*BGF*0.8;  
end  
  
kondWvhk(1,1)=kondVerteil;  
kondWvhk(1,2)=kondSteig;  
kondWvhk(1,3)=1;  
  
LWvhk(1,1)=LVerteil*groVerteil*feroVerteil;  
LWvhk(1,2)=LSteig*groSteig*feroSteig;  
LWvhk(1,3)=LAnbinde*groAnbinde*feroAnbinde;  
  
if verlusteBeruecksichtigen==0  
    LWvhk(1,:)=0;  
end
```

WÄRMEVERTEILUNG HEIZKREIS – MODELL 2

```
function [T2 qRGB] = wvhk_model112 (Lwv, kondwv, Te, TAir, T1, mdot, cfluid, fkorrvv);
```

Ermittlung der Verteilverluste für Raumheizung

Berechnung

```
for i=1:3
    if kondwv(1,i)==1
        Tamb=TAir;
    else
        Tamb=TAir-fkorrvv*(TAir-Te);
    end

    Qwv(1,i)=Lwv(1,i)*(T1-Tamb);
    T2=T1-(Qwv(1,i)/mdot/cfluid);
    T1=T2;
end

qRGB=(sum(Qwv.*kondwv));
```

WÄRMEVERTEILUNG SOLARKREIS – MODELL 1

```
function [LWvsk kondWvsk fKorrWvsk] = wvsk_Model111 (BGF);
```

Definition der Randbedingungen für die Ermittlung der Verteilverluste der Solaranlage

Eingabe

```
Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];
DatenWvsk = xlsread(pfad, 'wv_Solarkreis', 'B1:B1000');

fKorrDach=DatenWvsk(1,:);
fKorrSteig=DatenWvsk(2,:);
fKorrKeller=DatenWvsk(3,:);

kondDach=DatenWvsk(5,:);
kondSteig=DatenWvsk(6,:);
kondKeller=DatenWvsk(7,:);

feroDach=DatenWvsk(9,:);
feroSteig=DatenWvsk(10,:);
feroKeller=DatenWvsk(11,:);

qroDach=DatenWvsk(13,:);
qroSteig=DatenWvsk(14,:);
qroKeller=DatenWvsk(15,:);

verlusteBeruecksichtigen=DatenWvsk(17,:);
```

Berechnung

```
LDach=(2+0.018*BGF*0.8)/2;
LSteig=10+0.05*BGF*0.8;
LKeller=(2+0.018*BGF*0.8)/2;

fKorrWvsk(1,1)=fKorrDach;
fKorrWvsk(1,2)=fKorrSteig;
fKorrWvsk(1,3)=fKorrKeller;

kondWvsk(1,1)=kondDach;
kondWvsk(1,2)=kondSteig;
kondWvsk(1,3)=kondKeller;

LWvsk(1,1)=LDach*qroDach*feroDach;
LWvsk(1,2)=LSteig*qroSteig*feroSteig;
LWvsk(1,3)=LKeller*qroKeller*feroKeller;

if verlusteBeruecksichtigen==0
    LWvsk(1,:)=0;
end
```

WÄRMEVERTEILUNG SOLARKREIS – MODELL 2

```
function [QSOLAR qRGWB] = wvsk_Model112 (Lwv, kondwv, Te, TAir, fKorrwv, Qsolar, TKo11);
```

Ermittlung der Verteilverluste der Solaranlage

Berechnung

```
if Qsolar>0

    for i=1:3
        if kondwv(1,i)==1
            Tamb=TAir;
        else
            Tamb=TAir-fKorrwv(1,i)*(TAir-Te);
        end

        Qwv(1,i)=Lwv(1,i)*(TKo11-Tamb);

    end

    qRGWB=(sum(Qwv.*kondwv));

    QSOLAR=Qsolar-sum(Qwv);
    if QSOLAR<0
        QSOLAR=0;
    end

else
    QSOLAR=0;
    qRGWB=0;
end
```

% Ausgabe

WÄRMEVERTEILUNG WARMWASSER – MODELL 1

```
function [kondWVww TZapf fBW fKorrWVww LWVww TWwave ZirkulationMode] = WVww_Modell1 (BGF, XTe, XmdotBW, XTBW, cfluidwasser, AuslegungSti);
```

Definition der Randbedingungen für die Ermittlung der Verteil- und Abgabeverluste für Warmwasser

Eingabe

```
Pfad=pwd;
pfad=[Pfad '\Eingabe.xlsx'];
DatenWVww = xlsread(pfad, 'WV_Warmwasser', 'B1:B1000');

Messung=DatenWVww(1,:);
Qmess=DatenWVww(2,:);

TZapf=DatenWVww(4,:);
TZirkulation=DatenWVww(5,:);

ZirkulationMode=DatenWVww(7,:);
fKorrWVww=DatenWVww(8,:); %Temperaturkorrekturfaktor

kondVerteil=DatenWVww(10,:);
kondSteig=DatenWVww(11,:);

feroVerteil=DatenWVww(13,:);
feroSteig=DatenWVww(14,:);

groVerteil=DatenWVww(16,:);
groSteig=DatenWVww(17,:);
groStich=DatenWVww(18,:);

qTW_WA1=DatenWVww(20,:);
qTW_WA2=DatenWVww(21,:);

verlusteBeruecksichtigen=DatenWVww(23,:);
```

Berechnung

```
if ZirkulationMode==1
    TWwaveVerteil=Tzirkulation;
    TWwaveSteig=Tzirkulation;
    LVerteil=6+0.013*BGF*0.8 + 7+0.013*BGF*0.8;
    LSteig=0.05*BGF*0.8 + 0.05*BGF*0.8;
else
    TWwaveVerteil=23+37*(1-exp(-BGF*0.8/1550));
    TWwaveSteig=23+37*(1-exp(-BGF*0.8/1550));
    LVerteil=7+0.013*BGF*0.8;
    LSteig=0.05*BGF*0.8;
end
%TWwaveStich=25;
LStich=0.2*BGF*0.8;
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
kondwvw(1,1)=kondVerteil;  
kondwvw(1,2)=kondSteig;  
kondwvw(1,3)=1;  
kondwvw(1,4)=1;  
  
Twwave(1,1)=TwwaveVerteil;  
Twwave(1,2)=TwwaveSteig;  
%Twwave(1,3)=TwwaveStich;  
  
Lwvw(1,1)=LVerteil*groVerteil*feroVerteil;  
Lwvw(1,2)=LSteig*groSteig*feroSteig;  
Lwvw(1,3)=Lstich*groStich;  
Lwvw(1,4)=(qTW_WA1+qTW_WA2)*BGF*0.8;  
  
if verlusteBeruecksichtigen==0 || sum(XmdotBW)==0  
    Lwvw(1,:)=0;  
end
```

Berechnung des Faktors fBW (dNetz) zur Berücksichtigung der Verteil- und Abgabeverluste

```
for t=1:size(XTe)  
    for i=1:4  
        if kondwvw(1,i)==1  
            Tamb=AuslegungsTi;  
        else  
            Tamb=AuslegungsTi-fkorrwvw*(AuslegungsTi-xTe(t,1));  
        end  
        if i==3  
            Qwv(t,i)=Lwvw(1,i);  
        elseif i==4  
            Qwv(t,i)=Lwvw(1,4);  
        else  
            Tww_ave=max(Twwave(1,i),AuslegungsTi);    %% Ansonsten kommt es im Sommer bei hoher  
AuslegungsTi zu wärmeabfuhr aus Räumen!!!  
            Qwv(t,i)=Lwvw(1,i)*(Tww_ave-Tamb);  
        end  
        Qzapf(t,1)=XmdotBW(t,1)*cfluidwasser*(TZapf-xTBW(t,1));  
    end  
end  
sumQwv=(sum(Qwv,1));  
sumQzapf=sum(Qzapf);  
  
if Messung==1  
    X=sum(sumQwv);  
    for i=1:4  
        A(1,i)=1/X*sumQwv(1,i);  
        dQ=Qmess-sumQzapf;  
        sumQwv(1,i)=dQ*A(1,i);  
        if sumQzapf==0  
            fBW(1,i)=1;  
        else  
            fBW(1,i)=1/sumQzapf*sumQwv(1,i);  
        end  
    end
```

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

```
end
else
  for i=1:4
    if sumQzapf==0
      fBW(1,i)=1;
    else
      fBW(1,i)=1/sumQzapf*sumQWV(1,i);
    end
  end
end
end
end
```

WÄRMEVERTEILUNG WARMWASSER – MODELL 2

```
function [Qww qRWB QWV] = WVww_Model112 (kondwVww, TZapf, mdot, cfluid, TBW, fBW, fKorrwVww, TAir, Te, LWVww, TWave, ZirkulationMode);
```

Ermittlung der Verteil- und Abgabeverluste für Warmwasser

Berechnung

```
Qww=mdot*cfluid*(TZapf-TBW);

for i=1:4
    QwV(1,i)=Qww*fBW(1,i);    %mit dem Faktor fBW wird der Warmwasserwärmebedarf in jedem
    Zeitschritt um die Verteil- und Abgabeverluste erhöht. D.h. Liegt in einem Zeitschritt ein höher
    warmwasserwärmebedarf vor, so sind auch die Verteil und Abgabeverluste hoch. Ist der
    warmwasserwärmebedarf in einem Zeitschritt Null, betragen auch die Verteil- und Abgabeverluste Null.

    if ZirkulationMode==1
        if kondwVww(1,i)==1
            Tamb=TAir;
        else
            Tamb=TAir-fKorrwVww*(TAir-Te);
        end
        if i==1 || i==2
            QwV(1,i)=LWVww(1,i)*(TWave(1,i)-Tamb)*ZirkulationMode;
        end
    end
end

qRWB=sum(QwV.*kondwVww);
QWV=Qww+sum(QwV);

End
```