

Dominik PFEIFER

Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich

DISSERTATION

eingereicht an der

LEOPOLD-FRANZENS-UNIVERSITÄT INNSBRUCK
FAKULTÄT FÜR TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN



zur Erlangung des akademischen Grades

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

Innsbruck, Jänner, 2017

Erster Beurteiler:

Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher
Universität Innsbruck
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich für Energieeffizientes Bauen

Zweite Beurteilerin:

Prof. Dr. habil. Ursula Eicker
Hochschule für Technik Stuttgart
Fakultät Bauingenieurwesen
Bauphysik und Wirtschaft

Hauptbetreuer:

Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher, Universität Innsbruck,
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften,
Arbeitsbereich für Energieeffizientes Bauen

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema

Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich

selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Dissertation eingereicht.

Innsbruck, den 02. Jänner 2017

DOMINIK PFEIFER

Danksagung

Allen voran gilt ein großes Dankeschön an meine Eltern, Geschwister und Freunde, sie haben mich immer tatkräftig unterstützt und mich laufend motiviert die Arbeit umzusetzen.

Ein besonderer Dank gilt Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher für die Betreuung der Dissertation. Er trug durch seine konstruktiven Hilfestellungen und seinen hohen Einsatz zu einer äußerst positiven Motivation bei der Erstellung dieser Arbeit bei. Es gilt auch ein Dank an die Mitarbeiter des Arbeitsbereichs Energieeffizientes Bauen der Universität Innsbruck, alle waren stets bemüht Positives für die Arbeit beizutragen. Ein großes Dankeschön an die Zweitbegutachterin der Arbeit Prof. Dr. habil. Ursula Eicker von der Hochschule für Technik Stuttgart.

Ohne die Finanzierung, Unterstützung und den Netzwerken seitens des Forschungsunternehmens alpS GmbH wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen, daher ein besonderer Dank an Dr. Eric Veulliet und Dr. Paul Stampfl. Großer Dank gilt auch Mag. Peter Kepplinger, er war mit verantwortlich in der Entwicklung des EneRAlp Berechnungsmodells und legte den softwaretechnischen Grundstein für die Arbeit.

Vielen Dank an meinen Wegbegleiter Gerhard Eller, MSc. für das Korrekturlesen und für die laufende motivierende Unterstützung in den letzten Jahren.

An dieser Stelle möchte der Autor seinen besonderen Dank an die vielen Projektpartner für die intensive Zusammenarbeit und den Erfahrungsaustausch ausdrücken. Besonderer Dank gilt: DI. Markus Mennel - Mag^a. Claudia Hämmerle (Stadt Feldkirch), DI. Hans-Jörg Mathis (Stadtwerke Feldkirch), DI. Helmut Burtscher (VKW), Ing. Andreas Bertl, BSc. (Energieinstitut Vorarlberg), Mag. Stephan Hilber (TIGAS), Marco Casotti, M.A. - Dipl. HTL-Ing. Paul Lazzari - Ing. Martin Lorenz (IKB), DI (FH). Christoph Haun (Land Tirol), Petra Mautner, MSc. - Mag^a. Beatrix Frenkell - Manfred Hirsch - MMag. Mathias Behmann - Mag. Florian Zauchner (Stadt Innsbruck), DI (FH). Kajetan Rutzinger (NHT), Hannes Gstrein (IIG), Dr. Jürgen Neubarth (e3consult), DI. Bruno Oberhuber (Energie Tirol), Mag. Lothar Gamper (Universität Innsbruck), Mag. Markus Posch, BSc. (Steps-FE).

Zusammenfassung

Um die Auswirkungen von energetischen Maßnahmen in Stadtteilen oder Städten im Hinblick auf die zu erwartende Energieeinsparung zu evaluieren, ist es notwendig den IST-Energiebedarf (Baseline) zu erheben. Diese Baseline stellt den aktuellen IST-Zustand des Strom- und Wärmebedarfs im Gebäudebereich dar, um die prozentuale Verminderung des Energiebedarfs von umgesetzten energetischen Maßnahmen darstellen zu können. Zur Erstellung der Baseline wird auf einen räumlichen – mithilfe eines GIS (Geoinformationssystem) - Bottom-Up-Ansatz aufgebaut, der im Zuge unterschiedlicher Forschungsprojekte durch das Unternehmen alpS GmbH und im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde. Für die Ausgangsbasis wurden alle energierelevanten Datengrundlagen (Geoinformations- und Sachdaten) verschiedener Partner (Land, Stadt, Wohnbauträger, Versorgungsunternehmen, ...) gesammelt, entsprechend dem Datenschutz (DSG 2000) mit dem eigens entwickelten Bottom-Up-Bilanzierungsmodell „Energieraum Alpen“ (EneRAIp) zusammengeführt und miteinander verknüpft. Aufbauend auf dieser Datenbasis wird in Anlehnung an den österreichischen Energieausweis (ÖNORM EN ISO 13790 / ÖNORM 8110-6) die Bilanzierung des Energiebedarfs im Gebäudebereich durchgeführt. Das Modell wurde aufgrund unvollständiger Informationen und Annahmen anhand von tatsächlichen Verbrauchsdaten (Strom und Gas) in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern kalibriert. Neben dem Wohngebäudesektor sind mit dem EneRAIp-Ansatz auch Teile der Nichtwohngebäude wie Büros, Verkaufsstätten und Beherbergungen abgebildet. Außerhalb der genannten Gebäudetypen (z.B. Industrie) wurden zusätzliche Daten und Kennzahlen wie zum Beispiel die Emissionserhebung vom Land Tirol (EMIKAT) in die Auswertung miteinbezogen, um möglichst den gesamten Gebäudebestand energetisch abzubilden. Die Arbeit bildet den aktuellen Entwicklungsstand des EneRAIp Berechnungsmodells ab und wird anhand der Untersuchungsregion Innsbruck untersucht und bewertet. Dabei werden sowohl die Herausforderungen der Datenorganisation, Datenverknüpfung und Datenqualität als auch die Graubereiche (Informationsdefizite) angeführt. In der Arbeit werden Kennzahlenmodelle und Bewertungsmethoden zur räumlichen Energiebilanzierung angeführt und die Kalibrierungs- und Verifizierungsmethodik der Gesamtbilanz beschrieben. Die Ergebnisse und Kennzahlen aus der Modellanwendung vom Untersuchungsgebiet Innsbruck werden analysiert und diskutiert. Sie dienen der Stadt Innsbruck als Grundlage für die weitere Entwicklung des Energieentwicklungsplans Innsbruck. Ziel der Arbeit ist, eine mögliche Herangehensweise der räumlichen Energiebilanzierung für österreichische Untersuchungsgebiete aufzuzeigen. Abschließend wird auf die Handlungsfelder in Bezug auf die Datengrundlagen und dem Bilanzierungsansatz eingegangen.

Abstract

In order to evaluate the impact of energy related measures in districts or cities in terms of the expected energy savings, it is necessary to calculate the actual energy demand (baseline) in these areas. The baseline in this work includes the actual situation of the electricity and heat demand in residential and non residential buildings as well as in industry. To elevate the baseline a specially designed Geo Information System (GIS) based bottom-up approach was developed in collaboration with the company alpS GmbH and University of Innsbruck. The basic information of all energy-related databases (geographic information and feature data) is collected from the different stakeholders (federal state, city, community, energy supplier etc.) and combined by the developed bottom-up energy-model „Energieraum Alpen“ (EneRAIp). This is made in accordance to the Austrian Data Protection Law (DSG 2000). Using this database, the energy demand of buildings is calculated in accordance to the Austrian Energy Certificate (ÖNORM2 EN ISO 13790 / ÖNORM B8110-6), which is used to balance the energy demand according the Austrian implementation of the European Building Directive on Energy Efficiency. Due to missing information and assumptions the model was calibrated with the real energy consumption (electricity and gas) in cooperation with the energy network operators. The EneRAIp model includes the residential sector and partly the non-residential sector like offices, retail outlets and accommodations. Beyond the included sectors of the EneRAIp model (e.g. industry) additionally specific energy parameter (e.g. emission inventory of the federal state Tyrol) was taken for the energy balancing to represent the entire building stock. This thesis represents the actual level of development of the EneRAIp model and its application in the city of Innsbruck. Thereby the challenge of the data organization, data linking and data quality as well the information deficits is described. This thesis includes typical energy consumption value models, energy balancing methods and the description of the calibration and verification of the spatial energy balancing model. The results and key figures from the model application of the Innsbruck study area are analyzed and discussed. They serve as a basis for further development of the energy development plan Innsbruck. The aim of the thesis is to demonstrate a possible approach of the spatial energy balancing for Austrian areas. Finally, the field of further actions regarding the data bases and the applied energy balancing approach are discussed.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation der Arbeit	2
1.2. Problemstellung der Arbeit	2
1.3. EneRAIp Berechnungsmodell	3
1.4. Fragestellungen der Arbeit	3
1.5. Hypothesen der Arbeit	4
1.6. Ziel der Arbeit	5
1.7. Stand der Wissenschaft	6
1.7.1. Gebäude und Stadtmodelle	6
1.7.2. Energetische Bewertungen von Städten und Regionen (Fallstudien)	7
1.7.3. Werkzeuge und Leitfäden zur energetischen Bewertung	9
1.7.4. Klassische Energiekennzahlenmodelle	9
1.8. Untersuchungsregion Innsbruck	11
1.9. Stakeholder	11
1.10. Aufbau der Arbeit	12
2. Grundlagen	13
2.1. Modellierungsansätze zur Bestimmung des Energiebedarfs	13
2.1.1. Modellierung des Energiebedarfs von einzelnen Gebäuden	13
2.1.2. Pre- und Rebound Effekt - „Performance Gap“	15
2.1.3. Modellierung des Energiebedarfs von Regionen, Städten und Gemeinden	16
2.1.4. Bottom-Up vs. Top-Down Ansatz - Energiemodellierung	17
2.1.5. Klassifikation von Energiemodellen	18
2.2. Datenschutz und rechtliche Rahmenbedingungen	20
3. Methodik	23
3.1. GIS basierender Modellierungsansatz - EneRAIp Berechnungsmodell	23
3.1.1. Datengrundlagen	25
3.1.1.1. Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II)	26
3.1.1.2. Personenaltersstruktur (LMR)	27
3.1.1.3. Naturbestand und Gebäudeadressen (GIS)	27
3.1.1.4. Verbrauchsdaten von Strom und Gas	28
3.1.1.5. Zusatzinformation	28
3.1.2. Problemstellungen bei den Datengrundlagen	29
3.1.3. Definition der Betrachtungsebenen	31

3.1.4. Modellansatz	34
3.1.5. Grundlagen Berechnungsmodell	35
3.1.6. Softwareumsetzung und Bereitstellung der Ergebnisse	35
3.1.7. Bestandskategorisierung im Untersuchungsgebiet	38
3.1.8. Einstellungen und Parameter - EneRAIp Berechnungsmodell	39
3.1.9. Kennzahlen- und Parameteridentifikation - EneRAIp Berechnungsmodell	40
3.1.10. Gebäudehülle und Gebäudevolumen	42
3.1.11. Energetische Bezugsfläche	43
3.2. Kalibrierfaktoren	44
3.2.1. Auswertungsmethodik Kalibrierfaktoren Wärme	47
3.2.2. Auswertungsmethodik Kalibrierfaktoren Strom	52
3.3. Gesamtbilanzierung	55
3.4. Weiterführende Untersuchungen	55
4. Ergebnisse	56
4.1. Prozessablauf der Datenintegration	56
4.2. Ergebnisse der Bestandsanalyse	58
4.2.1. Bestandsübersicht Innsbruck	58
4.2.2. Weitere Untersuchungen der Gebäudekategorien	69
4.2.3. Verifizierung der Bestandsanalysen	72
4.2.4. Diskussion der Bestandsanalysen	74
4.3. Ergebnisse Kalibrierfaktoren	76
4.3.1. Ergebnisse Modellkalibrierfaktoren Wärme	76
4.3.1.1. Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie	76
4.3.1.2. Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie und Bauperiode	77
4.3.1.3. Verifizierung der Kalibrierfaktoren Wärme	80
4.3.1.4. Diskussion der Kalibrierfaktoren Wärme	85
4.3.2. Ergebnisse Modellkalibrierfaktoren Strom	86
4.3.2.1. Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie	86
4.3.2.2. Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie und Bauperiode	87
4.3.2.3. Verifizierung der Kalibrierfaktoren Strom	90
4.3.2.4. Diskussion der Kalibrierfaktoren Strom	93
4.4. Ergebnisse Gesamtbilanzierung	94
4.4.1. Ergebnisse der Gesamtbilanz Wohngebäude	94
4.4.2. Ergebnisse der Gesamtbilanz Nichtwohngebäude	100
4.4.3. Mobilität	107
4.4.4. Übersicht Gesamtbilanz	108
4.4.5. Verifizierung der Gesamtbilanz	108
4.4.6. Diskussion Gesamtbilanz	110
4.5. Ergebnisse weiterführende Untersuchungen	112
4.5.1. Spezifische Bedarfskennzahlenanalyse EneRAIp Berechnungsmodell	112
4.5.2. Haushaltsenergiebedarfskennwerte EneRAIp Berechnungsmodell	115

4.5.3. Pro Kopf Energiebedarf EneRAIp Berechnungsmodell	116
4.5.4. Spezifische Verbrauchskennzahlenanalyse der Netzbetreiber	119
4.5.5. Vergleich der Wärmebedarfskennzahlen mit unabhängigen Kennzahlenmodellen	125
4.5.6. Vergleich der Energieausweisdaten mit den Verbrauchsdaten NHT	128
4.5.7. Diskussion der weiterführenden Untersuchungen	129
5. Fazit	132
5.1. Beantwortung der Fragestellungen	132
5.2. Überprüfung der Hypothesen	137
5.3. Offene Fragestellungen	138
5.4. Conclusio	139
5.5. Ausblick	140
Literatur	141
Abbildungsverzeichnis	151
Tabellenverzeichnis	154
A. Anhang	i
A.1. Begriffsbestimmung	i
A.1.1. Definition Energie	i
A.1.2. Definition von Modellen	i
A.1.3. Energiemodelle	ii
A.1.4. Energieträger	ii
A.1.5. Energiewandlungskette	ii
A.1.6. Brennwert und Heizwert	iii
A.1.7. Unterscheidung zwischen Energieverbrauch und Energiebedarf	iv
A.1.8. Gesamtbilanzierung	v
A.1.9. Verwendete statistische und mathematische Begriffe	v
A.1.10. Geografische Informationssysteme (GIS)	vi
A.1.11. Weiterführende Begriffbestimmungen	vi
A.2. Anhang I Detaillierte Bestandsanalyse der Wohngebäude	vii
A.3. Anhang II Kalibrierfaktoren	xiii
A.3.1. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Wärme Gebäudekategorie	xiii
A.3.2. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Wärme mit Altersbezug	xv
A.3.3. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Strom Gebäudekategorie	xx
A.3.4. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Strom mit Altersbezug	xxii
A.4. Anhang III Kennwertberechnung Wärmebedarf Statistik Austria	xxvii
A.5. Anhang IV Verbrauchsdatenanalyse	xxviii
A.5.1. Stromverbrauchsdatenanalyse je Kategorie	xxix
A.5.2. Stromverbrauchsdatenanalyse je Kategorie und Bauepoche	xxx

A.5.3. Heizenergieverbrauchsdatenanalyse je Kategorie	xxxi
A.5.4. Heizenergieverbrauchsdatenanalyse je Kategorie und Bauepoche	xxxii
A.6. Anhang V spezifische Kennzahlen EneRAIp Berechnungsmodell	xxxiii
A.7. Anhang VI Softwaredokumentation EneRAIp Berechnungsmodell	xxxvii

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
A	Fläche
a	Jahr
ADE	Application Domain Extension
AGWR II	Adress- Gebäude- und Wohnungsregister II
ArcGIS	ESRI GIS Software
AUT	Austria
BGBI	Bundesgesetzblatt
BIM	Building Information Modeling
bzw.	beziehungsweise
CityGML	City Geography Makro Language
DSG	Datenschutzgesetz
EA	Energieausweis
EFH	Einfamilienhaus
EIWOOG	Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz
EMIKAT	Emissionskataster Tirol
EN	Europäische Norm
EneRAIp	EnergieRaum-Alpen
EPISCOPE	Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks
ESRI	Environmental Systems Research Institute
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
fm	Modellkalibrierfaktor
gdB	geodatabase
Geo	Geografisch
GIS	Geografisches Informationssystem

GJ	Gigajoule
GW	Gewerbe
GWG	Gaswirtschaftsgesetz
GWh/a	Gigawattstunden je Jahr
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
HEB-RH	Heizenergiebedarf Raumwärme
HEB-TW	Heizenergiebedarf Warmwasser
HGT	Heizgradtage
Ho	Brennwert
Hu	Heizwert
ID	Identifikation
IEP	Innsbrucker Energieentwicklungsplan
IFC	Industry Foundation Classes
IG-L	Immissionsgesetz Luft
IIG	Innsbrucker Immobiliengesellschaft GmbH & Co KG
IKB	Innsbrucker Kommunal Betriebe AG
inkl.	inklusive
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
IV	Individualverkehr
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KELAG	Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft
KLM	Keyhole Markup Language
kWh/a	Kilowattstunden je Jahr
kWh/m ² /a	Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr
lc	Charakteristische Länge
LMR	Lokaler Melderegister
LoD	Level of Detail
MA	Magistrat
MFH-G	Mehrfamilienhaus „Groß“
MFH-K	Mehrfamilienhaus „Klein“
MFH-M	Mehrfamilienhaus „Mittel“
MN	Mischnutzung
MWh/a	Megawattstunden je Jahr

NHT	Neue Heimat Tirol GmbH
OGC	Open Geospatial Consortium
OGD	Open Government Data
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
PHPP	Passivhaus Projektierungspaket
PSV	ProgrammSystem Verkehr
RH	Reihenhaus
SINFONIA	Smart INitiative of cities Fully cOmmitted to iNvest in Advanced large-scaled energy solutions
spez.	spezifisch
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
TBO	Tiroler Bauordnung
TGHKG	Tiroler Gas-, Heizungs- und Klimaanlagengesetz
TIGAS	TIGAS-Erdgas Tiroler GmbH
V	Volumen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WN	Weitere Nutzung
XML	Extensible Markup Language
z.B.	zum Beispiel
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
ZIRBE	Zielorientiertes Innovationslabor zur Demonstration und Entwicklung Regionaler Lösungen gemeinsam mit der Bevölkerung zur Annäherung an die Energieautonomie
ÖNORM	Österreichische Norm
ÖV	öffentlicher Verkehr

1. Einleitung

Klimawandel, Wirtschaftskrisen und Rohstoffverknappungen sind aktuelle Herausforderungen unserer Gesellschaft. Mit den im Dezember 2015 vereinbarten Klimazielen der Pariser Klimakonferenz haben sich erstmals 195 Staaten auf die Begrenzung der globalen Erwärmung auf zwei Grad oder weniger bis zum Ende des Jahrhunderts geeinigt (BMWWF, 2015). Auf europäischer Ebene will die Europäische Union im Rahmen der Klima- und Energiepolitik bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 40 Prozent im Vergleich zu 1990 reduzieren, den Anteil an erneuerbaren Energien auf mindestens 27 Prozent steigern und die Energieeffizienz um mindestens 27 Prozent verbessern (EU, 2014). Dabei stellt der Gebäudesektor einen besonders wichtigen Sektor dar, da rund 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der Europäischen Union für den genannten Sektor aufgewendet werden (EU Richtlinie, 2010). In Folge dessen wurde im Punkt 4 der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und Rates die Steuerung der Energienachfrage vom Gebäudesektor als wichtiges Instrument für die mittel- und langfristige Sicherheit der Energieversorgung verankert (EU Richtlinie, 2010). Die Diskussion der Zielerreichung der vereinbarten Klimaziele in Paris und die Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union wird in Österreich mit dem Grünbuch vorangetrieben. Das Grünbuch beinhaltet sowohl eine Analyse der bestehenden Situation in Bezug auf Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch und Energieaufbringung als auch existierende Szenarien, welche mögliche zukünftige Entwicklungen des Energiesystems abbilden. Mit der Grundlage gilt es nun, die Weichen für die Entwicklung des österreichischen Energiesystems zu stellen (BMWWF, 2015). Auch auf regionaler Ebene gibt es Bestrebungen, energiestrategische Ziele in die Praxis umzusetzen. Hervorzuheben sind die Programme der zwei Bundesländer Vorarlberg und Tirol, „Energieautonomie 2050“ und „Tirol 2050 energieautonom“. Dazu ist es erforderlich, die regionalen Strategien auf die kommunale Ebene herunterzubrechen und in die Praxis umzusetzen. Hierfür müssen die Energiesysteme auf kommunaler Ebene analysiert und optimiert werden. Dies wird vielfach anhand von Klima- und Energie-Modellregionen (KEM, 2016) oder e5-Gemeinden (Gemeinden, 2016) umgesetzt. Diese Programme unterstützen die Gemeinden im Thema Energie gezielte energetische Maßnahmen zu entwickeln. Ein Bestandteil dieser Programme ist die Erstellung von Energieplanungskonzepten (Energienmasterplan) für die Gemeinde bzw. Stadt. Dabei ist die Bestandserhebung der aktuellen Energiesituation (Energiebilanz) die Grundlage für die Ausarbeitung möglicher zukünftiger Entwicklungen (Szenarien) und die daraus resultierenden Maßnahmen. Das bedeutet, die Umsetzung und die damit verbundene Beurteilung der umgesetzten energetischen Maßnahmen zur Energieeinsparung und Energieeffizienz beruhen auf der Erstellung der Energiebilanz. Die Energiebilanz wird meist ganzheitlich für die unterschiedlichen Sektoren (Haushalte, Verkehr, Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, etc.) auf Gemeinde- bzw. Stadtebene durchgeführt. Hier zeigt sich, dass der Anspruch an validen Ergebnissen der Energiebilanz immer größer wird. Zudem

ist eine Betrachtung auf der Gemeinde- bzw. Stadtebene nicht immer ausreichend für die Erstellung von gezielten Maßnahmen. Aufgrund dessen besteht die Anforderung die Energiebilanzierung mit dem räumlichen (geografischen) Bezug zu erweitern. Die vorliegende Arbeit befasst sich daher mit der Entwicklung, Standardisierung und Umsetzung von räumlichen Energiebilanzen für den Gebäudebestand um eine verbesserte Grundlage für die Energieplanungskonzepte (Energienmasterpläne) sicherzustellen. Dazu wurde im Rahmen der Dissertation das „EnergieRaum-Alpen“ (EneRAIp) Berechnungsmodell auf Basis von österreichischen Datengrundlagen in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum alpS GmbH und in Kooperation mit Partnern aus der Wirtschaft und der öffentlichen Hand entwickelt.

1.1. Motivation der Arbeit

Es besteht der Bedarf die Bestandserhebung (Energiebilanz) für die Energieplanungskonzepte zu verbessern und mit dem räumlichen Bezug - mit Unterstützung eines geografischen Informationssystems GIS - weiter zu entwickeln. Dazu werden sowohl räumliche Informationsdaten als auch Sachdaten für die Erstellung der Energiebilanz benötigt. Aufgrund der Komplexität der Informationsvielfalt gilt es ein hochwertiges und standardisiertes Verfahren zu entwickeln, um qualitative und quantitative Ergebnisse zur Energiesituation für eine Untersuchungsregion zu erhalten. Die Ergebnisse der räumlichen Methodik können auf verschiedenen Betrachtungsebenen (Stadtgebiet, Rasterebene, Siedlungsebene, Gebäudeebene) dargestellt werden und dienen als Entscheidungsgrundlage für gezielte energetische Maßnahmen. Ein weiterer Vorteil der räumlichen Darstellung ist die Plausibilisierung der erhaltenen Ergebnisse, hier können Defizite (Datengrundlagen) aufgezeigt und Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet werden.

1.2. Problemstellung der Arbeit

Klassische Energiebilanzen auf Gemeinde- bzw. Stadtebene werden auf Basis von spezifischen Kennzahlenmodellen (siehe Kapitel 1.7.4) meist ohne räumlichen Bezug erstellt. Die Anwendung von den spezifischen Kennzahlenmodellen erfolgt in der Regel anhand der Gebäudebaualterklasse und Bezugsflächen für die unterschiedlichen Gebäudekategorien. Die Problemstellung dabei ist einerseits, dass man durch Anwendung unterschiedlicher Kennzahlenmodelle unterschiedliche Ergebnisse erhält und andererseits bleiben Sanierungsmaßnahmen und das tatsächliche Nutzerverhalten aufgrund der fehlenden Informationen meist unberücksichtigt bleiben. Daher ist es wichtig, bei der Modellierung einer Untersuchungsregion die Energiebedarfswerte mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten abzugleichen bzw. zu kalibrieren. Gerade der letzte Schritt erfordert eine intensive Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern (Strom und Gas) was aufgrund der Datenschutzanforderungen von z.B. Elektrizitätswirtschaftsorganisationsgesetz (ELWOG) (Bundeskanzleramt, 2010) und Gaswirtschaftsgesetz (Bundeskanzleramt, 2011) sehr schwer umzusetzen ist. Weitere Herausforderungen stellen die unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Datenquellen dar, welche zum

Teil einen hohen Komplexitätsgrad aufweisen. Das erschwert die Handhabung der Datengrundlagen vor allem in Bezug auf die Einhaltung des Datenschutzes.

1.3. EneRAIp Berechnungsmodell

Im Jahr 2012 wurde im Rahmen dieser Dissertation und dem COMET¹ Forschungsprojekt „Energie Raum-Alpen“ (EneRAIp) des Forschungsunternehmens alpS GmbH in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck mit der Entwicklung der räumlichen Energiebilanzierung in Feldkirch (Vorarlberg) begonnen. Nach der Bestandsaufnahme aller relevanten Grundlagendaten wurde das gleichnamige EneRAIp Berechnungsmodell Softwaretool entwickelt. Ziel der Software war es, die Grundlagendaten von den Untersuchungsregionen standardisiert einzulesen, bei Bedarf Korrekturmaßnahmen an den Grundlagendaten durchzuführen, die Daten in eine geobasierte Datenbank (PostGiS²) zu speichern und darauf aufbauend die Energiebedarfsberechnung in Anlehnung an den österreichischen Energieausweis für die Gebäude durchzuführen. Dabei stand die Anwendbarkeit des Softwaretools auch für andere österreichische Gemeinden und Städte im Mittelpunkt. Erste Testanwendungen und Kalibrierungsversuche des Berechnungsmodells wurden in den unterschiedlichen Pilotregionen in Vorarlberg (Feldkirch, Leiblachtal und Klostertal) und Tirol (Telfs, Petttau, Oberhofen, Alpbach und Sistrans) durchgeführt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgte laufend eine Weiterentwicklung und Verbesserung der Software, um einen gewissen Standardisierungsgrad zu erreichen. Im Jahr 2015 wurde die Software im Rahmen des Projektes SINFONIA (Smart INitiative of cities Fully cOMmitted to iNvest in Advanced large-scaled energy solutions) an die Datengrundlagen der Stadt Innsbruck (Tirol) angepasst und weiterentwickelt. Dabei wurde für einen ausgewählten Stadtteil die Bilanzierung für den Strom- und Wärmebedarf durchgeführt (Pfeifer u. a., 2016b). Anschließend an das SINFONIA Projekt wurde seitens der Stadt Innsbruck die Überarbeitung des Energieentwicklungsplans 2009 für das gesamte Stadtgebiet in Auftrag gegeben. Im letzteren Projekt wurde insbesondere auf die Modellkalibrierung und Verifizierung des EneRAIp Berechnungsmodells Wert gelegt. Anhand der vorliegenden Arbeit wird der letzte Entwicklungsstand des EneRAIp Berechnungsmodells abgebildet und für das Untersuchungsgebiet Innsbruck untersucht.

1.4. Fragestellungen der Arbeit

Die Fragestellungen der Arbeit gehen mit der Entwicklung des EneRAIp Berechnungsmodells einher und werden daher im Zusammenhang mit dem Energiemodell formuliert. Sie beziehen sich explizit auf die Stadt Innsbruck und implizit auf österreichische Untersuchungsregionen. Die wesentlichen Fragen der Arbeit werden in den nachfolgenden Punkten definiert:

¹Competence Centers for Excellent Technologies

²siehe: <http://postgis.net/>

- Welche Datengrundlagen stehen in den Untersuchungsregionen zur Verfügung und wie können diese entsprechend dem Datenschutzgesetz (DSG 2000) (Bundeskanzleramt, 2000) verarbeitet werden?
- Welche Datenmängel bzw. -defizite sind bei der Umsetzung zu beachten?
- Wie lässt sich die räumliche Energiebilanzierung standardisieren?
- Wie gut stimmen die einzelnen Berechnungsansätze (statistische Kennzahlen, EneRAIp Berechnungsmodell, Energieausweis,...) in Bezug auf die aggregierten Verbrauchsdaten überein?
- Welche Auswirkungen haben Benutzerverhalten und Sanierungsmaßnahmen auf die Energiebilanz?
- Welche Betrachtungsebenen (Stadtgebiet, Rasterebene, Siedlungsebene, Gebäudekategorie, Gebäudeebene, Nutzungsebene) sind für die weiterführende Konzeptentwicklung möglich bzw. sinnvoll?

Die Fragestellungen wurden im Kontext des gesamten Verarbeitungsprozesses für die Erstellung der räumlichen Energiebilanz erstellt. Dabei ist zu beachten, dass in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse gemäß dem Datenschutzgesetz DSG 2000 - entsprechend in aggregierter Form ohne Personenbezug - erstellt wurden. Dennoch fließen die Erfahrungswerte für die Beantwortung der Fragestellung vor allem in Bezug auf die Datengrundlagen (Datenmängel) in die Arbeit ein.

1.5. Hypothesen der Arbeit

Im Zusammenhang der Fragestellung wird für die vorliegende Arbeit folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese 1

„Eine Bottom-Up Ermittlung des kommunalen Energiebedarfs mit detaillierten, räumlich aufgelösten Gebäudedaten reduziert den Fehler gegenüber aggregierten Top-Down Methoden“

Hypothese 2

„Eine Kalibrierung der berechneten Energieverbrauchsdaten anhand von gemessenen Verbräuchen führt zu wesentlich realistischeren Aussagen über kommunale Energiebilanzen“

1.6. Ziel der Arbeit

Wie im Kapitel 1.3 beschrieben, ist das primäre Ziel der Arbeit die Entwicklung des standardisierten Energiemodellierungsmodells für die räumliche Energiebilanzierung. Des Weiteren ist das entwickelte Energiemodellierungsmodell an einer konkreten Untersuchungsregion (Innsbruck) anzuwenden und auf die Praxistauglichkeit zu prüfen. Aufbauend auf die erhaltenen Ergebnisse der Modellanwendung sind unterschiedliche Bewertungen entsprechend der Fragestellungen anhand der Pilotregion durchzuführen und mit Referenzbeispielen zu vergleichen. Folglich sollen die ausgearbeiteten Ergebnisse sowohl als Grundlage für die Politik als auch für weiterführende Arbeiten dienen. Die Erkenntnisse und Erfahrungen der Arbeit sollen einen Beitrag für die räumliche energetische Betrachtung für den österreichischen Gebäudebestand liefern.

1.7. Stand der Wissenschaft

In dem nachstehenden Kapitel wird ein Auszug vom Stand der Wissenschaft angeführt, welcher im Wesentlichen die Thematik der räumlichen Energiebilanzierung der vorliegenden Arbeit abbilden soll.

1.7.1. Gebäude und Stadtmodelle

In den letzten Jahrzehnten haben sich geografische Informationssysteme (GIS) etabliert, die auch vermehrt für Forschungszwecke zur Entwicklung von räumlichen Analysen, Visualisierungen, und Entscheidungswerkzeugen herangezogen werden. Forschungsprojekte im 2D-GIS Bereich sind z.B. (Jones u. a., 2001b), (Ratti u. a., 2005), (Salat, 2009), (Perez u. a., 2012a), (Mutani u. a., 2013), (Resch u. a., 2014) welche die Mängel und Trends sowie die heutigen und zukünftigen Herausforderungen bei energetischen Fragestellungen und Geoinformationssystemen diskutieren. Eine weitere Herausforderung ist die Erweiterung auf 3D-Modellen und die Einbindung in die Stadtplanung (z.B. (Abdul-Rahman u. a., 2008), (Breunig u. a., 2011)). Obwohl semantische 3D-Stadtmodelle eine relativ neue Entwicklung in der GIS-Community sind, stellen sie eine wichtige Weiterentwicklung dar, da sie nativ mit der dritten Dimension umgehen und bei der Erstellung, Sammlung und Homogenisierung großer heterogener Datenmengen (räumlicher und nicht-räumlicher) wichtig sind (Perez u. a., 2012b), (Becker u. a., 2013).

Die Bezeichnung „Semantisches 3D-Stadtmodell“ bezieht sich nicht nur auf die Geometrien. Alle Objekte innerhalb des Modells, wie z.B. Gebäude, Verkehrs- und Versorgungsnetzwerke, Wasserkörper etc. werden sowohl hinsichtlich ihrer Geometrie (wie z.B. Höhe, Volumen oder Position) beschrieben, als auch semantisch (z.B. Gebäudetyp, Verwendung, Baujahr) und topologisch (z.B. Nachbarschaft zu anderen Gebäuden, gemeinsame Wände etc.)(citygml, 2012).

Innerhalb der 3D-Stadtmodellierung stellt City Geography Markup Language (CityGML) (Gröger u. a., 2012) seit 2008 einen internationalen offenen Standard dar und ermöglicht - als Daten und Informationsmodell - die Speicherung, Manipulation, Präsentation und den Datenaustausch von semantischen Stadtmodellen auf städtischer und regionaler Ebene. Im März 2012 wurde CityGML Version 2 als Open Geospatial Consortium (OGC) Standard anerkannt, die nun aktuellere CityGML Version 3 ist in Begutachtung (Open-Geospatial, 2016). Die neue Version steht dennoch seitens der Special Interest Group 3D (SIG3D) zur Verfügung (SIG-3D, 2016). Der auf dem Extensible Markup Language (XML) basierende CityGML Standard definiert ein generisches Modell, das die Geometrie, Topologie, Semantik und das Aussehen von 3D-Objekten im städtischen Umfeld beschreibt, wobei 5 (geometrische und semantische) Gebäudedetailstufen (Levels of Detail, LoD) definiert werden können, die gleichzeitige Speicherung von 2D- und 3D-Informationen in verschiedenen Detaillierungsgraden ermöglichen. Ein Gebäude kann z.B. durch einen einfachen Footprint (Grundriss) (LoD0), durch prismatische Körper (LoD1), mittels vereinfachter Dachstrukturen (LoD2) oder in höchster Detailgenauigkeit (LoD3 und LoD4), bei der auch die Ausstattung der Häuser (wie z.B. Fenster, Türen etc.) beschrieben, gespeichert und dargestellt werden. Es können auch die verschiedenen LoDs

im Modell nebeneinander existieren und bedingen sich nicht gegenseitig. Anhand der gängigen verfügbaren GIS-Daten in den Kommunen kann der Detaillierungsgrad von LoD0 bis LoD1 ohne größeren Aufwand abgebildet werden. 3D-Gebäudedaten mit einer Detaillierungsstufe LoD2 bzw. LoD3 und LoD4 stehen nicht flächendeckend zur Verfügung. Eine Auflistung vorhandener Modelle in Deutschland kann aus (Aumann u. a., 2015) entnommen werden. In Österreich steht nur für die Stadt Wien und Linz (Petrini, 2014, virtualcitySYSTEMS, 2016 und Linz, 2011) ein flächendeckendes 3D-Gebäudemodell (LoD2) (virtualcitySYSTEMS, 2016) entsprechend dem CityGML Standard zur Verfügung. Im Fall einer Gebäudesimulationssoftware sind CityGML Gebäudemodelle (LoD3 bzw. LoD4) mit einem hohen Detaillierungsgrad (z.B. Gaupen, Fensterflächen, ...) insbesondere für die detaillierte Berechnung des Energiebedarfs und die Abschätzung der möglichen aktiven und passiven solaren Gewinne von Interesse. Mit eingeschlossen sind auch Generalisierungshierarchien zwischen thematischen Klassen, für Aggregationen, für die Beziehungen zwischen den Objekten und deren räumlichen Eigenschaften. Alle Stadtobjekte können darüber hinaus mittels externer Links mit ergänzenden Daten (z.B. Katastralinformationen, Solarpotenzialen der Dächer und Fassaden etc.) verknüpft werden. Als Erweiterung im CityGML Utility Network Application Domain Extension (ADE) wurden die Energy ADE entwickelt (Nouvel u. a., 2015a). Ziel der genannten Erweiterung ist die standardisierte Abbildung der energetisch relevanten Eigenschaften eines Gebäudes. Des Weiteren wurde mit der 3DCity Database erstmalig die gesamten CityGML Modelle auch auf Datenbankbasis (Oracle und Postgres) abgebildet (Kolbe, 2016). Die EU-INSPIRE³ 3D-Gebäudemodellspezifikationen werden von den Vertretern der SIG3D mitgestaltet. Ziel ist es, die wechselseitige Kompatibilität der 3D-Gebäudedatenmodelle zu gewährleisten (SIG-3D, 2016). Keyhole Markup Language (KML) ist seit 2007 ein XML basierender OGC anerkannter Standard, der z.B. von Google Earth verwendet wird (Open-Geospatial, 2016). In Kombination mit Texturen entwickelt sich das Collada Format (Khronos-Group, 2016). Industry Foundation Classes (IFC) ist ein weiterer erwähnenswerter offener Standard im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen. IFC wird meist für einzelne Gebäude im Zusammenhang mit Building Information Modeling (BIM) Systemen verwendet und kann auch in das CityGML Format konvertiert werden (Building-SMART, 2016). Environmental Systems Research Institute (ESRI) bietet eine kommerzielle Software Lösung „City Engine“ für Städtemodelle an (ESRI, 2016).

1.7.2. Energetische Bewertungen von Städten und Regionen (Fallstudien)

Die Vorteile des räumlich-semantischen Stadt- bzw. Gebäudemodells sind vielfältig. Sie lassen sich auf verschiedenste Bereiche anwenden, die von der städtischen Planung, über Lärmkartierungen (Czerwinski u. a., 2007) und Augmented Reality bis hin zu Versorgungsnetzmanagements und Energiesimulationstools reichen (Carrion u. a., 2010, Strzalka u. a., 2010, Nouvel u. a., 2013, Bahu u. a., 2013).

Schriebl, 2007 modellierte in seiner Dissertation auf Bundesebene die Entwicklung von Treibhausgasemission und Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im österreichischen Wohn-

³<http://inspire.ec.europa.eu/>

gebäudebestand. Das Modell wurde in den österreichischen Studien „Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030“ (Haas u. a., 2007) und „Heizen 2050“ (Müller u. a., 2010) angewendet und in der Dissertation von Müller, 2015 weiterentwickelt. Müller, 2015 überarbeitete den Modellierungsansatz und hat das Modell mit dem räumlichen Bezug (250 x 250 Meter Raster) erweitert. In der „Geopot“ Studie (Ostermann u. a., 2010) wurde das Geothermiepotezial in Österreich bestimmt. Ein Teil dieser Studie beschäftigte sich mit der Ermittlung des Heizwärmebedarfes. Dafür wurde der Heizwärmebedarf von fünf Referenzgebäuden (Gebäudekategorien) nach den Energieausweisrichtlinien berechnet. Mit Hilfe des 250 x 250 Meter Rasters der Statistik Austria und den Informationen der „Gebäudekategorien“ wurde der Heizwärmebedarf für Österreich unter Berücksichtigung von Höhenlage und klimatischen Rahmenbedingungen kleinräumig differenziert bestimmt.

Mit der Studie „Räumliche Modelle als Entscheidungsgrundlage für Inwertsetzung regional verfügbarer Energiepotenziale zur CO₂-neutralen Deckung des lokalen Wärmebedarfs“ (Biberacher u. a., 2010) wird derselbe räumliche Heizwärmebedarfsmodellierungsansatz wie bei der Studie „Geopot“ (Ostermann u. a., 2010) verwendet. Der Modellierungsansatz wurde in der Steiermark in den Testregionen Murau und Feldbach/Radkersburg angewendet. Ein ähnlicher Ansatz wurde im Forschungsprojekt „ENUR“ der Technischen Universität Wien verfolgt (Czerkauer u. a., 2013), wobei das in Geopot entwickelte Konzept der österreichweiten, kleinräumig differenzierten Modellierung weiterentwickelt wurde. In der Dissertation „Räumliche Modellierung und Optimierung regionaler Energiesysteme“ wird auf Basis des 250 x 250 Meter Gebäuderasters der Statistik Austria vereinfacht der Strom- und Wärmebedarf für die Salzburger Gemeinden St. Roman, Feldbach, Tamsweg und Wels-Land modelliert (Schardinger, 2014). Das Zentrum für angewandte Forschung nachhaltige Energietechnik der Hochschule für Technik in Stuttgart beschäftigt sich mit räumlichen Wärmebedarfsprognosen von Städten. Es wurde in unterschiedlichen Untersuchungsräumen z.B. Rotterdam, Bonn, Ludwigsburg, Karlsruhe, ... mit verschiedenen Datenquellen zu den Gebäudemerkmalen und anhand von Vororterhebungen der Wärmebedarf berechnet und mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten abgeglichen (Eicker, 2011, Eicker u. a., 2016, Nouvel u. a., 2015b). Auch in Berlin mit dem „Energieatlas Berlin“ wurden Abschätzungen des Wärmebedarfs von Gebäuden in Verbindung mit dem CityGML 3D-Stadtmodell durchgeführt (Kaden u. a., 2013). Die Energieagentur St. Gallen erstellte für den schweizer Kanton St. Gallen ein Datenmodell des Gebäudeparks, in dem eine räumliche Modellierung des Wärmebedarfs (Energieleitfaden) durchgeführt wurde. Für die Gebäudekategorisierung werden Gebäudemerkmale aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR Schweiz) abgeleitet (Schmid, 2013). Hermann, 2012 erstellte für die deutsche Stadt Augsburg eine GIS basierende Datenbank des Wärmebedarfs aller Gebäude, er verwendete ein vereinfachtes Hüllenmodell auf Basis der Institut Wohnen und Umwelt (IWU) Literaturwerte nach Gebäudekategorie und Baualter. Er führte zudem einen vereinfachten Abgleich mit den Energiebezugsdaten im Wohngebäudebereich anhand von Gas- und Fernwärmeverbrauchsdaten durch. Reiter u. a., 2010 erhoben den Wärmebedarf von Gebäuden für die Stadt Salzburg mit Hilfe von physikalischen Modellen und verglichen diese mit den Verbrauchsdaten. Eines der Ziele des Scope Projekts (Prandi u. a., 2014) besteht darin, den Energieverbrauch durch eine genaue Abschätzung der solaren Energiepotenziale und der Energieverluste auf der Gebäudeebene zu optimieren. Das Projekt Sunshine (Giovannini u. a., 2014) konzentriert sich auf eine automatisierte, großräumige Abschätzung des Energiever-

haltens von Gebäuden basierend auf existierenden Daten von der öffentlichen Verwaltung. Hierbei werden die Informationen bezüglich des Energieverhaltens dazu verwendet, automatisierte stadtweite sogenannte „Ecomaps“ zu erstellen, die dazu verwendet werden sollen, Planungsaktivitäten und großräumige Vorzertifizierungen zu unterstützen. Das Projekt EnerCity hat zwei Hauptziele.

1. Die Möglichkeiten, ein semantisches 3D-Modell - ausgehend von existierenden räumlichen und nicht-räumlichen Daten - zu erstellen und dessen Informationen anzureichern und zu evaluieren.
2. Algorithmen zur Abschätzung des Energieverhaltens aller im 3D-Modell enthaltenen Gebäude zu implementieren und zu testen. Als Testgebiet wurde ein Teil der Stadt Trento in den nördlichen italienischen Alpen ausgewählt, da hier Daten aus vorangegangenen Projekten existierten (Agugiaro, 2016). Eine weitere, umfangreiche Auflistung von deutschsprachigen Anwendungsbeispielen wird im dem Leitfaden 3D-GIS und Energie angeführt (Aumann u. a., 2015). Unabhängig von den energetischen Fallbeispielen wird in dem Beitrag von Wagner u. a., 2014 auf die Herausforderungen an die Datenqualität von 3D-Gebäudemodellen eingegangen.

1.7.3. Werkzeuge und Leitfäden zur energetischen Bewertung

Die technische Universität München hat in Zusammenarbeit mit dem bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit einen Leitfaden für einen Energienutzungsplan ausgearbeitet. Darin werden mögliche Ansätze und Verfahren für die Bestandsanalyse (Energiebilanz) zur Bestimmung des Energieverbrauchs im Bereich Wohn- und Siedlungsbau sowie für die Bereiche Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung beschrieben (Hausladen u. a., 2011). In dem Handbuch der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) wird eine Auflistung von Werkzeugen für die Energieraumplanung angeführt, welche für die Planungspraxis angewendet werden können (Stoglehner u. a., 2013). In den Publikationen Reul u. a., 2012, Miller u. a., 2011, Jones u. a., 2001a erfolgt ein Überblick von Werkzeugen, die in den USA, Kanda und Großbritannien zum Einsatz kommen. Eine weitere umfangreiche Erhebung von existierenden Stadtmodellierungswerkzeugen und Entscheidungswerkzeugen für Sanierung wurde im Zuge des SMART City⁴ Projektes SINFORIA (Smart INitiative of cities Fully cOMmitted to iNvest in Advanced large-scaled energy solutions) durchgeführt (Dermentzis u. a., 2015 Laffont u. a., 2015). Die United Nation „Framework Convention on Climate Change“ erstellte im Rahmen der weltweiten Entwicklungsprojekte eine Guideline zur Beurteilung von Energieeffizienzmaßnahmen. In der Guideline ist eine standardisierte Erhebungsmethode des energetischen IST-Zustandes von Städten beschrieben (Nations, 2015).

1.7.4. Klassische Energiekennzahlenmodelle

Mit der Studie „Hierarchische Wirtschaftlichkeitsanalyse einer verstärkten Wärmedämmung bei Gebäuden in Österreich“ wurden Endenergiebedarfskennzahlen der durchschnittlichen österreichischen Wohnungen für Beheizung nach Baualtersklassen ermittelt. Dabei wurde ein Top-Down Ansatz von der Bundesebene zur Kennzahlenbestimmung angewandt (Kosz u. a., 1996). Das Joanneum

⁴siehe: <https://eu-smartcities.eu/about>

- Institut für Energieforschung - hat unter der Leitung von Herrn Dr. Jungmeier eine Studie zum Thema „Energetische Kennzahlen im Prozesskettenbereich Nutzenergie-Energiedienstleistung“ für das Umweltbundesamt Österreich durchgeführt. Mit dieser Studie wurden statistische Energiekennzahlen in Bezug auf die Gebäudeklassifikation und dem Gebäudebaujahr bestimmt (Jungmeier u. a., 1997). Der Verein Deutscher Ingenieure stellt in der VDI Richtlinie 3807 (VDI 3807, 1998) eine Sammlung von deutschen Heizenergie-, Warmwasserenergie- und Stromverbrauchskennwerten zur Verfügung. Im Endbericht Modellprojekt Österreich „Datenerfassung von Energieausweisen für Wohnbauten“ des DATAMINE Projekts wurden aus rund 7.000 Ausweisen der Energieausweisbestandsdatenbank ZEUS, Energiekennzahlen für die Jahre 2003 bis 2007 gebildet (Geissler u. a., 2008). Mit der groß angelegten Studie BMWi, 2015 ist der Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistung von rund 2000 Arbeitsstätten in Deutschland untersucht worden. In der Studie sind branchenspezifische Energiekennzahlen für den Strom- und Wärmebereich aufgelistet. Mit der österreichischen Sattler Studie Vorarlberg erfolgte eine Erhebung der Vorarlberg Industrie und Gewerbebetriebe, welche Kennzahlen zum Strom- und Wärmeverbrauch beinhaltet (Sattler, 2008). Ferner sind unterschiedliche Kennzahlen für den Dienstleistungssektor in den Studien Bayer u. a., 2001, Benke u. a., 2012 und Statistik, 2011a für Österreich erhoben worden.

Eine neue europäische Plattform für Energiebedarfskennwerte im Wohngebäudebereich wurde mit den EU Projekten „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment - TABULA“ (gestartet 2009) und „Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks - EPISCOPE“ (TABULA, 2015) online zur Verfügung gestellt. Dafür wurden charakteristische und energierelevante Merkmale erhoben und Energiebedarfskennwerte für typische Gebäude (Bautyp, Baualter) für 33 Länder ermittelt. Es werden der Zustand der tatsächlichen Bauzeit und zwei (durchschnittliche / verbesserte) Sanierungsvarianten abgebildet. Seit der neuen Version 2015 besteht zudem die Möglichkeit, die berechneten Kennzahlen anhand von hinterlegten Adaptionsfaktoren an die tatsächlichen Verbrauchskennwerte anzupassen.

1.8. Untersuchungsregion Innsbruck

Im Jahr 2007 entschied die Landeshauptstadt Innsbruck, sich verstärkt dem Thema Energie, Umweltschutz und seiner bereits hohen Lebensqualität zu widmen. Deshalb wurde der Innsbrucker Energieentwicklungsplan (IEP) ins Leben gerufen. Die Ziele des IEP sind die Abnahme des Energieverbrauchs und die Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien. In der ersten Phase des IEP wurde im Jahr 2009 mit der ersten Erhebung des aktuellen energetischen IST-Zustandes der Stadt begonnen. Aufbauend auf die IST-Zustand-Analyse wurden mehrere Zukunftsszenarien entwickelt, welche unter bestimmten Voraussetzungen mögliche Entwicklungen in Bezug auf den Energieverbrauch und der Energiebereitstellung aufzeigen sollten. Im August 2011 hat sich dann der Innsbrucker Stadtsenat per Beschluss für das Vorbildszenario - Verringerung des Gesamtenergiebedarfs um 17 Prozent und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger um 27 Prozent bis zum Jahr 2025 - entschieden. Um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen, wurde im Jahr 2013 als Anreiz das Förderprogramm „Innsbruck fördert- Energetische Sanierung“ eingeführt. Anhand dem Leuchtturmprojektes SINFONIA (SINFONIA, [2014](#)) wird verstärkt auf die Umsetzung der energetischen Gebäudesanierungen eingegangen. Im Dezember 2015 wurde die Überarbeitung der IST-Zustand Analyse (Energiebilanz) für den Innsbrucker Energieentwicklungsplan in Auftrag gegeben.

1.9. Stakeholder

Für die erfolgreiche Erstellung eines Energieplanungskonzeptes ist eine breite Einbindung aller Stakeholder wichtig. Einerseits ist dies notwendig um einen Zugang zu den unterschiedlichen vorhandenen Informationen (Datengrundlagen) zu bekommen und andererseits sind die Ergebnisse des Energieplanungskonzeptes in alle Richtungen der handelnden Akteure zu akkordieren. Für die Erstellung der Energiebilanz für das Untersuchungsgebiet Stadt Innsbruck wurden folgende Stakeholder bzw. Abteilungen (Referate) direkt in den Prozess eingebunden:

- Stadt Innsbruck MA I Statistik und Berichtswesen, GIS-Abteilung
- Stadt Innsbruck MA III Bauphysik und Umweltechnik , Verkehrsplanung
- Gasnetzbetreiber TIGAS-Erdgas Tirol GmbH (TIGAS)
- Stromnetzbetreiber Innsbrucker Kommunal Betriebe AG (IKB)
- Amt der Tiroler Landesregierung (Land Tirol), Abteilung Geoinformation
- Neue Heimat Tirol GmbH (NHT)
- Innsbrucker Immobiliengesellschaft AG (IIG)
- Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft (KELAG)

Zusätzlich waren externe Stakeholder wie Energie Tirol, e3consult, Krismer/Spectrum und Fensy-stems im Prozess eingebunden.

1.10. Aufbau der Arbeit

Zu Beginn sind die relevanten Grundlagen angeführt. Im Methodikteil wird ein kompakter Überblick zum entwickelten EneRAIp Berechnungsmodell dargestellt, dabei wird auf die detaillierte Beschreibung der Softwaredokumentation des EneRAIp Berechnungsmodells im Anhang [A.7](#) verwiesen. Anschließend erfolgt die Beschreibung der Methodik für die Modellkalibrierung des Strom- und Wärmebedarfs vom EneRAIp Berechnungsmodell. Abschließend sind die Methodik der Gesamtbilanzierung und die weiterführenden Untersuchungen angeführt. Im Ergebniskapitel sind zu Beginn die Ergebnisse der Datenintegration von den Grundlagendaten der Untersuchungsregion Innsbruck dargestellt. Anschließend werden als Basis für die aufbauenden energetischen Betrachtungen die Ergebnisse der Bestandsanalyse angeführt, welche die Gebäudestrukturen und -eigenschaften beinhaltet. Darauf folgen die Ergebnisse mit der Verifizierung und Diskussion der Kalibrierfaktorenauswertung, welche in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern erarbeitet wurden. Des Weiteren sind die Ergebnisse der Gesamtbilanzierung für den Wohn- und Nichtwohngebäudebestand und der Mobilität angeführt. In dem Kapitel der weiterführenden Untersuchungen werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Bewertungen detailliert beschrieben und dargestellt. Nachstehend wird im Fazit der Arbeit auf die definierten Fragestellungen der Arbeit eingegangen und die definierten Hypothesen überprüft. Abschließend sind die offenen Fragestellungen und der Ausblick angeführt.

2. Grundlagen

2.1. Modellierungsansätze zur Bestimmung des Energiebedarfs

In den nachstehenden Kapiteln erfolgt eine grundlegende Betrachtung der vorhandenen Verfahren und Bilanzierungsmethoden zur Energiebedarfsermittlung von Gebäuden, Regionen und Kommunen. Die damit verbundenen Herausforderungen in Bezug auf die Abweichungen der kalkulierten Bedarfskennwerte zu den tatsächlichen Verbrauchsdaten werden ebenfalls behandelt. Weiters sind die Grundlagen zu den unterschiedlichen Modellansätzen (Bottom-Up / Top-Down) und die Klassifikation von Energiemodellen im Kapitel enthalten.

2.1.1. Modellierung des Energiebedarfs von einzelnen Gebäuden

Ziel der Modellierung des Energiebedarfs von Gebäuden ist die Abbildung des Nutzenergiebedarfs (Strombedarf, Heizwärme- und Kühlbedarf, Warmwasserwärmebedarf) und des Endenergiebedarfs. Dafür können verschiedene Berechnungsverfahren mit unterschiedlichen Genauigkeiten und Auflösungen zur Anwendung kommen.

Vereinfachte Berechnungsverfahren:

Ein vereinfachtes Berechnungsverfahren ist das Heizperiodenbilanzverfahren, welches für Wohngebäude mit einem Fensteranteil bis max. 30 Prozent eingesetzt wird (Laasch u. a., [2013](#)). Ein wenig aufwendigeres Verfahren ist das Monatsbilanzierungsverfahren, welches im Rahmen des österreichischen Energieausweises zum Einsatz kommt. In der EU-Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 16. Dezember 2002 (EU Richtlinie, [2002](#)) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wurde unter anderem die Bewertung von Immobilien nach dem Energiebedarf vorgeschrieben. Die Richtlinie wurde erweitert und durch die EU-Richtlinie 2010/31/EU vom 19. Mai 2010 (EU Richtlinie, [2010](#)) ersetzt. Die Umsetzung der Richtlinie zur Ermittlung der Energiekennzahlen für den Heizwärmebedarf und Kühlbedarf erfolgte in Österreich nach der ÖNORM B8110-6, [2014](#) und ÖNORM H5050, [2014](#). Die Berechnung der Energiekennzahlen des Energieausweises beruht auf dem Monatsbilanzierungsverfahren (ÖNORM EN ISO 13790, [2008](#)) welche im Wesentlichen folgende Eigenschaften und Informationen des Gebäudes abbildet:

- Transmissions- und Lüftungsbezogene Wärmeverluste
- Wärmeeinträge durch innere Wärmequellen, solare Gewinne
- Klimadaten

- Beschreibung des Gebäudes und der Gebäudebauteile-, anlagen und -nutzungen
- Informationen im Zusammenhang mit Heiz-, Kühl-, Lüftungs- und Beleuchtungsanlagen sowie Warmwasserversorgungsanlagen

Die wichtigsten Ausgangsdaten des Energieausweises sind dabei der jährliche Heizwärmebedarf, Kühlbedarf, Heiztechnikenergieverlust, Kühltechnikenergieverlust und der Endenergiebedarf für die Heizung und Kühlung (ÖNORM EN ISO 13790, 2008). Ein weiteres Bilanzierungsprogramm ist das Passivhaus Projektierungspaket (PHI, 2016), welches auch auf die Algorithmen der EN ISO 13790 zurückgreift.

Gebäude- und Anlagensimulation:

Die Anforderungen an eine verbesserte Modellierung des Energiebedarfs sind in den letzten Jahren immer mehr gestiegen, damit nimmt die dynamische Simulation der Gebäude- und Anlagen einen größeren Stellenwert ein (Merz, 2002). Ziel der Gebäude- und Anlagensimulation ist es, das thermische und energetische Verhalten eines realen oder fiktiven Gebäudes und seiner technischen Anlage sowie deren Interaktion in hoch aufgelösten Zeitschritten (z.B. Minuten-, Stundenwerte) mithilfe von Detailmodellen nachzubilden. Zu berücksichtigen sind dabei die äußeren Einflüsse durch das Außenklima, das Benutzerverhalten sowie den inneren Lasten (Wärmequellen wie z.B. Beleuchtung, EDV,...). Gerade eine ganzheitliche Gebäudeplanung erfordert die adäquate Beschreibung realer Prozesse aus einem breiten Spektrum mathematischer, physikalischer und ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen (Feist, 1994 Merz, 2002). Es existiert eine Vielzahl von Simulationsprogrammen (TRNSYS, EnergyPlus, Dynbil, Modelica,...), die sich hinsichtlich ihrer Methode, der berücksichtigten Effekte, aber auch bezüglich der Zielsetzungen unterscheiden. Eine besondere Problematik stellt die Überprüfung bzw. Validierung der Ergebnisse der Simulationsprogramme dar (Merz, 2002). Hier gab es verschiedene Bestrebungen, um die Vergleichbarkeit der Simulationssoftwares zu gewährleisten (Judkoff u. a., 1995 ASHRAE, 2008).

Die Ergebnisse der jeweiligen Bilanzierungsprogramme hängen sehr stark von Eingangsdaten ab, je komplexer der Bilanzierungsansatz, desto mehr Informationen werden für die Modellierung benötigt. Dabei spielen sowohl die bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudehülle als auch die detaillierten Informationen zur Gebäudetechnik eine große Rolle. Das bedeutet, dass für eine detaillierte Modellierung eines Bestandsgebäudes aufwendige Bestandsaufnahmen der Gebäudeeigenschaften nötig sind.

2.1.2. Pre- und Rebound Effekt - „Performance Gap“

Wie aus der Begriffsbestimmung des Energiebedarfs (siehe Kapitel [A.1](#)) ersichtlich, wird der Energiebedarf kalkulatorisch ermittelt, dabei können unterschiedliche Bilanzierungsprogramme mit den jeweiligen Annahmen und Rahmenbedingungen zum Einsatz kommen (siehe Kapitel [2.1.1](#)). Folglich kann der in der Realität auftretende Energieumsatz (Verbrauch) in einem bestimmten Jahr aufgrund der gemittelten Klimabedingungen und dem standardisierten Nutzerverhalten vom Berechnungsmodell (theoretisch berechneten Wert - Bedarf) abweichen (Biermayr u. a., [2004](#), Seite 114). Biermayr u. a., [2004](#), Seite 112 definieren die Abweichung zwischen dem theoretischen Energiebedarf und dem tatsächlichen Energieverbrauch als „Servicefaktor“. Er dient der Berücksichtigung der Abweichungen zwischen dem in der Realität auftretenden Energieverbrauch und von Standardbedingungen geprägten Energiebedarf. Der Servicefaktor ist Quotient zwischen Energiebedarf und Energieverbrauch.

Ferner wurde die Abweichung zwischen tatsächlichem Energieverbrauch und kalkuliertem Energiebedarf in der Studie „Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption“ (Sunikka-Blank u. a., [2012](#)) untersucht. Mit den Energieverbrauchsdaten von 3.400 deutschen Gebäuden erfolgte ein Abgleich mit den kalkulierten Energiebedarfskennwerten des Energieausweises. In der Studie wurde der bereits bekannte Rebound-Effekt mit dem Prebound-Effekt erweitert, die beiden Effekte sind in der folgenden Abbildung [2.1](#) dargestellt und anschließend beschrieben.

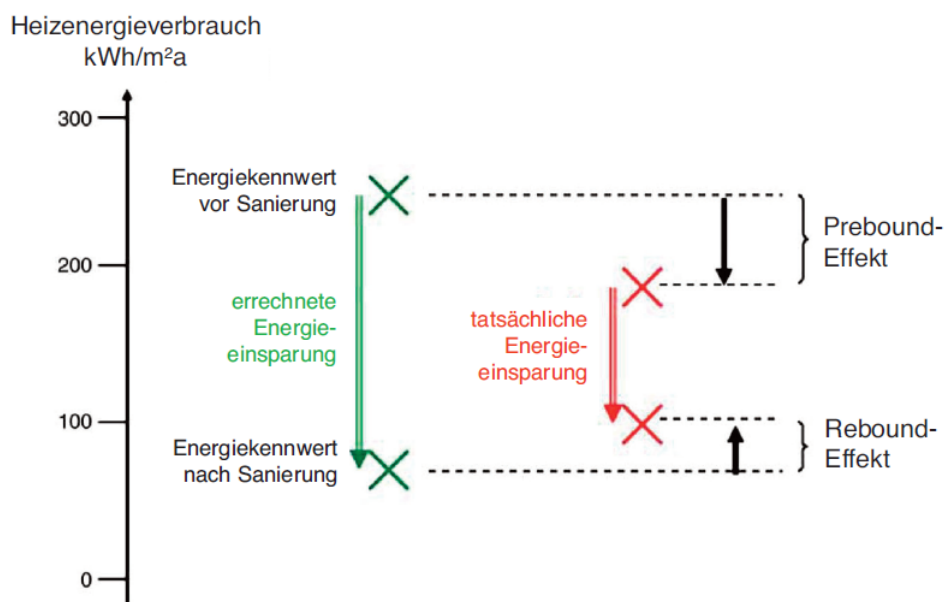


Abbildung 2.1.: Pre- und Reboundeffekt - Quelle: Sunikka-Blank u. a., [2012](#)

Aus den untersuchten Datenreihen wurde ersichtlich, dass der tatsächliche Heizenergieverbrauch der deutschen privaten Haushalte im Durchschnitt 30 Prozent niedriger als der kalkulierte Heizenergiebedarf ist. In der Studie wird die Vermutung dargelegt, dass die sparsame Nutzung der Energie

bei schlechterer thermischen Qualität des Gebäudes ansteigt. Dieses Phänomen wird als der Prebound Effekt definiert, hingegen wird ersichtlich, dass bei energieeffizienteren Gebäuden (z.B. nach Sanierungsmaßnahmen) der kalkulierte Heizenergiebedarf meist unterschätzt wird. Der konträre Effekt wird als Rebound-Effekt beschrieben. Der genannte Effekt (Rebound-Effekt) kann sich durch erhöhte Raumtemperaturen und Komfortansprüche einstellen. Des Weiteren ist eine umfangreiche Auflistung von vorhandenen Studien in Bezug auf die Abweichungen zwischen kalkulierten und tatsächlichen Energiekennwerten innerhalb des europäischen Raumes angeführt. Die Ergebnisse von niederländischen, britischen, belgischen und französischen Haushalten sind mit der durchgeführten Studie abgeglichen worden. Auch hier zeigten sich dieselben Phänomene wie in den untersuchten Datenreihen (Sunikka-Blank u. a., 2012).

In der Diplomarbeit Lederer, 2016, wurde die standardisierte Energiebedarfsberechnung des österreichischen Energieausweises mit dem tatsächlichen Energieverbrauch für 35 Kleingartenwohnhäuser untersucht. In den Untersuchungen der Diplomarbeit sind wie in der Studie (Sunikka-Blank u. a., 2012) große Varianzen des tatsächlichen Energieverbrauchs in Bezug auf die errechneten Bedarfskennwerte festzustellen. Die Ursache der Abweichungen wird mit den unterschiedlichen Nutzungseinflüssen bzw. Nutzerverhalten begründet (Lederer, 2016).

Die Abweichungen zwischen den kalkulierten und tatsächlichen Energiekennwerten ist in der vorliegenden Arbeit vereinfacht zusammengefasst als „Performance Gap“ definiert.

2.1.3. Modellierung des Energiebedarfs von Regionen, Städten und Gemeinden

Die beschriebenen Modellierungsansätze im Kapitel 2.1.1 zeigen eine Vielzahl an Möglichkeiten, welche für die Energiebedarfsermittlung einzelner Gebäude angewendet werden. Im Gegensatz zu der Einzelgebäudebetrachtung ist auf der Ebene von Regionen, Städten und Gemeinden die Informationslage zu den Gebäude- und Gebäudetechnikeigenschaften beschränkt. Die vereinfachten Gebäudeeigenschaften (z.B. Bauperiode, Nutzflächen, ...) stammen meist aus statistischen Erhebungen und sind daher vor allem im Bezug auf die Datenaktualität (Zeitpunkt der Datenerhebung) kritisch anzusehen. Überdies gibt es keine flächendeckenden und detaillierten Informationen zu den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen und dem Heizungsanlagenaustausch von den Gebäuden. Daher stellt die Abbildung des Energiebedarfs von den Regionen, Städten und Gemeinden eine große Herausforderung dar.

Vereinfachte Ansätze zur Abschätzung des Energiebedarfs sind klassische Kennzahlenmodelle, welche auf Basis von Durchschnittskennwerten typischer Gebäudetypen in Bezug zu den Baualtersklassen abbilden. Eine Auflistung typischer Kennzahlenmodelle ist im Kapitel 1.7.4 dargestellt. Das aktuellste Kennzahlenmodell stammt aus dem Intelligent Energy Project TABULA (TABULA, 2015), welches sowohl den Nutzenergiebedarf als auch den Endenergiebedarf für unterschiedliche Gebäudequalitäten und Heiztechnikanlagen abbildet. Zudem besteht die Möglichkeit, mithilfe eines Adaptionsfaktors die Bedarfskennwerte an typische Verbrauchskennwerte anzupassen. Eine weitere Möglichkeit zur Abbildung des Energiebedarfs ist die direkte Koppelung von den Grundlagendaten mit

einem Monatsbilanzierungsverfahren. Allerdings sind aufgrund der Informationsdefizite Annahmen im Rahmen der Einbindung dieser Methode zu treffen. In der Regel kommen unterschiedliche Korrekturfaktoren (siehe Botzenhart u. a., 2010, Winkelmüller, 2006, Biermayr u. a., 2004, Loga u. a., 2001) in Bezug auf die Modelleigenschaften, Nutzungseigenschaften, Pre- oder Reboundeffekte zum Einsatz (siehe Kapitel 2.1.2).

Des Weiteren gibt es Bestrebungen, Gebäudesimulationsprogramme direkt einzubinden und mit spezifizierten Gebäudemodellierungsstandards wie zum Beispiel CityGML zu koppeln (Walter u. a., 2015).

2.1.4. Bottom-Up vs. Top-Down Ansatz - Energiemodellierung

Top-Down-Ansatz:

Der Top-Down-Ansatz ist eine Aufschlüsselung von zusammengefassten Informationen (Daten) in einzelne Teil- bzw. Unterbereiche. Beispielsweise kann der gesamte Energieverbrauch eines Bundeslandes unter bestimmten Annahmen bzw. Schätzungen in Teilsektoren wie zum Beispiel Haushalte, Verkehr, Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, etc. aufgeteilt werden. Aggregierte Daten stellen dabei den Ausgangspunkt dar und werden im Verlauf der Verarbeitung immer weiter disaggregiert in Teilbereichen dargestellt (Schlette, 1999, Seite 10 bis 11). Top-Down-Modelle sind durch ihren hohen Aggregationsgrad und der ganzheitlichen Betrachtung der gesamten Volkswirtschaft gekennzeichnet (Möst u. a., 2009, Seite 16).

Bottom-Up-Ansatz:

Im Gegensatz zum Top-Down-Ansatz wird beim Bottom-Up-Ansatz in einer tieferen Hierarchieebene begonnen und mithilfe von Modellen und Annahmen ein Gesamtsystem abgebildet. Zum Beispiel kann der Energiebedarf auf Basis von einzelnen Gebäudeinformationen modelliert werden und damit in einer höheren Ebenen (Sektor) abgebildet werden. Folglich stellen die disaggregiert hoch aufgelösten Informationen bzw. Daten den Ausgangspunkt dar. Ziel des Bottom-Up Ansatzes ist die Abbildung eines Gesamtsystems und ist daher durch ihren hohen Detaillierungsgrad gekennzeichnet (Schlette, 1999, Seite 10 bis 11, Bahn u. a., 2004).

Bei den Top-Down und Bottom-Up Ansätzen handelt es sich um zwei komplementäre Ansätze, die zur Beantwortung von verschiedenen Fragestellungen von Systemen herangezogen werden. Es kommen auch vermehrt hybride Modelle zum Einsatz, welche sowohl den Bottom-Up Ansatz als auch den Top-Down Ansatz vereinen, sie stellen eine Verschmelzung der beiden Ansätze dar (van Beeck, 1999).

Für die vorliegende Arbeit wird die Klassifizierung des verwendeten Bottom-Up Ansatzes entsprechend der Studie Swan u. a., 2009 durchgeführt.

2.1.5. Klassifikation von Energiemodellen

In der Literatur existieren unterschiedliche Ansätze zur Klassifikation von Energiemodellen. Die Studie van Beeck, 1999, zeigt mögliche Wege einer Kategorisierung von Energiemodellen auf. In dieser Studie werden folgende neun Merkmale für die Spezifikation der Energiemodelle vorgeschlagen:

1. Zweck des Energiemodells
2. Modellstruktur
3. Modellansatz: Top-Down oder Bottom-Up
4. zugrundeliegende Methodik
5. Mathematischer Ansatz
6. Geografische Auflösung
7. Betrachtungssektoren
8. Zeithorizont
9. Datenanforderungen

„Zweck des Energiemodells“:

Energiemodelle werden für bestimmte Fragestellungen entwickelt und sind nur für einen bestimmten Verwendungszweck geeignet. Eine falsche Anwendung der Modelle kann zu Fehlinterpretationen der Ergebnisse führen und die Qualität des Modelles mindern. Dafür ist eine detailliertere Spezifikation zwischen dem allgemeinen und spezifischen Zweck des Modelles nötig.

„Modellstruktur“:

Neben dem Zweck sind die Modelle nach ihrer Struktur zu unterscheiden. Hier geht es um den Detaillierungsgrad bzw. die spezifischen Annahmen der Modellbetrachtung.

„Modellansatz“:

Die Unterscheidung zwischen Top-Down und Bottom-up Ansätzen stellt eine wichtige Differenzierung dar, da dieselbe Fragestellung durch entgegengesetzte Ergebnisse beantwortet werden kann. Hier ist jeweils die spezifische Herangehensweise zu beurteilen und entsprechend den Rahmenbedingungen die Beantwortung der Fragestellung zu verifizieren.

„zugrundeliegende Methodik“:

Hier ist eine klare Einteilung der verwendeten Methodik zu definieren, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Energiemodellen zu gewährleisten.

„Mathematischer Ansatz“:

Auf der Ebene der konkreten Modellumsetzung ist auf den gewählten bzw. verwendeten mathematischen Ansatz hinzuweisen.

„Geografische Auflösung“:

Ein wichtiger Aspekt ist die geografische Auflösung, sie zeigt, in welche Ebene die Betrachtung (regional, lokal) des Energiemodells durchgeführt wird.

„Betrachtungssektoren“:

Das Modell kann sich auf ein oder mehreren Sektoren beziehen, daher ist eine Unterteilung der Sektoren von entscheidender Bedeutung.

„Zeithorizont“:

Der Zeithorizont bzw. Zeitpunkt der betrachteten Fragestellung ist eine wichtige Information, vor allem in Bezug auf die verwendete Datenaktualität und in weiterer Folge auf zukünftige Entwicklungen (Szenarien), welche im Energiemodell abgebildet werden können.

„Datenanforderungen“:

Energiemodelle benötigen unterschiedliche Daten bzw. Informationen, welche für die Beantwortung der Fragestellung nötig sind. Daher spielt der Aspekt der Verfügbarkeit und Verlässlichkeit der Datengrundlagen eine große Rolle.

2.2. Datenschutz und rechtliche Rahmenbedingungen

Für die Verarbeitung der benötigten Grundlagendaten für die Energiemodellierung sind die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen einzuhalten. Alle Inhaber der relevanten Daten (Land, Stadt, Netzbetreiber) müssen in den Prozess der Datenverarbeitung miteinbezogen werden. Ohne diese gezielte Zusammenarbeit ist die Verarbeitung von hochauflösenden Datensätzen nicht möglich. Eine Herausforderung ist die Koordination der einzelnen Teilschritte für die Erstellung der Gesamtenergiebilanz und die Zusammenführung der ausgewerteten Ergebnisse. In den folgenden Abschnitten wird auf die gesetzlichen Grundlagen und die damit verbundenen Rahmenbedingungen der wesentlichen Datensätze verwiesen.

Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II)

Gemäß dem GWR-Gesetz (Bundeskanzleramt, [2016a](#)) §1 Abs. 3 hat die Bundesanstalt für die Gemeinden die Daten des Registers (AGWR II) gemäß Abs. 1, die die jeweilige Gemeinde betreffen, als lokales Gebäude- und Wohnungsregister für Zwecke der Verwaltung, Forschung und Planung zu führen. Im Zuge eines Dienstleisterverhältnisses mit der Universität Innsbruck und der Stadt Innsbruck ist eine Datenüberlassung für die Erstellung der Gesamtenergiebilanz vereinbart. Entsprechend den Vorgaben der Statistik Austria und dem DSG 2000 (Bundeskanzleramt, [2000](#)) wurden die Daten verarbeitet und die Gesamtbilanzierung des Energiebedarfs durchgeführt.

Für die Veröffentlichung der räumlichen Ergebnisse, welche anhand des 100 x 100 Meter Rasters der Statistik Austria (Statistik, [2016b](#)) aggregiert werden, sind folgende Rahmenbedingungen einzuhalten:

„Bei der Abgabe von Großzählungsdaten für geographische Gliederungen, wie Ortschaften und geographische Rastereinheiten müssen folgende Einschränkungen beachtet werden: Merkmale der Wohnbevölkerung oder der Haushalte dürfen nur dann weitergegeben werden, wenn in einer Rasterzelle mindestens 31 Personen mit Hauptwohnsitz (Wohnbevölkerung) registriert sind. Handelt es sich um Merkmale von Gebäuden (Wohnungen), müssen in einer Rasterzelle mindestens 4 Gebäude (Wohnungen) registriert sein“ (Statistik, [2010](#)).

Im Fall, dass die Voraussetzungen für die Abgabe der Datengrundlagen nicht gegeben sind, wurden in dieser Dissertation folgende Schritte zur Veröffentlichung der räumlichen Ergebnisse definiert:

1. Gebäudemerkmale <4 Nutzungseinheiten: Die Gebäudemerkmale werden einem Nachbarraster zugeteilt.
2. Anzahl der Hauptwohnsitzer <31: Die Haupt- und Nebenwohnsitzer werden als 99999 (Zeichen für den Datenschutz) ausgegeben. Die fehlenden Informationen zu der Personenbelegung werden in aggregierter Form für das gesamte Untersuchungsgebiet zur Verfügung gestellt.

Geografische Grundlagendaten:

Der Zugang zu den geografischen Grundlagendaten ist durch die Cooperation Open Government Data Österreich (OGD) geregelt. Das wesentliche Prinzip der veröffentlichten Daten ist, dass keine Rückschlüsse auf einzelne, natürliche Personen zugelassen werden (OGD, [2011](#)). Im Rahmen dieser Kooperation wurden seitens des Landes Tirol alle wesentlichen geografischen Grundlagendaten für die hier vorliegende Arbeit veröffentlicht.

Verbrauchsdaten der Netzbetreiber (Strom und Gas)

Die Elektrizitätswirtschaft unterliegt den gesetzlichen Bestimmungen des Bundesgesetzes EIWOG 2010 (Bundeskanzleramt, [2010](#)) und die Erdgaswirtschaft unterliegt den gesetzlichen Bestimmungen des Bundesgesetzes GWG 2011 (Bundeskanzleramt, [2011](#)). Hinsichtlich der Verwaltung und Weitergabe von personenbezogenen Daten der Netzbetreiber wird auf die Datenschutzbestimmung des DSG 2000 (Bundeskanzleramt, [2000](#)) verwiesen. Auf Basis der Datenschutzbestimmungen können die Strom- und Gasverbrauchsdaten nur in aggregierter Form für Dritte zur Verfügung gestellt werden. Dazu sind mit den Netzbetreibern folgende Möglichkeiten für die Aggregation - die durch die Netzbetreiber durchgeführt wird - der Daten entwickelt worden:

Verbrauchsdaten werden in das Raster aggregiert, wenn sich in der Rasterzelle die Verbräuche von 8 oder mehr Adressen bzw. Hausanschlüssen befinden. Bei Rasterzellen mit weniger als 8 Abnehmeradressen bzw. Hausanschlüssen gibt es zwei mögliche Alternativen der Rasterung:

1. Im Fall eines möglichen Personenbezugs (<8 Hausanschlüsse) werden keine Verbrauchsinformationen an den Raster angegeben. Die Verbrauchsinformationen gehen im genannten Fall verloren und könnten als Lücke (Gap) summiert für das gesamte Untersuchungsgebiet ausgewiesen werden.
2. Als Alternative zur erstgenannten Möglichkeit werden die Daten einem benachbarten Raster zugeteilt, mit dem Vorteil, dass der Gebäudebezug erhalten bleibt.

Ist in den ersten beiden Alternativen der Rasterung keine Adressenverknüpfung zwischen den Datensätzen (AGWR II, Verbrauchsdaten) möglich, werden diese Verbrauchsinformationen als Lücke (Gap) „keine Adressverknüpfung möglich“ ausgewiesen. Für die Aggregation der Verbrauchsdaten gelangt der 100 x 100 Meter Raster der Statistik Austria (Statistik, [2016b](#)) zur Anwendung. Die detaillierte Rasterspezifikation der Verbrauchs- bzw. Bedarfsdaten ist der Softwaredokumentation (Pfeifer u. a., [2016a](#), Kapitel 3.3.5) zu entnehmen.

Als weitere Alternative zu dem Verbrauchsdatenraster (tatsächlicher Verbrauch), welcher seitens der Netzbetreiber zur Verfügung gestellt wird, wird die Aggregation der kalkulierten- und kalibrierten Bedarfskennwerte in Klassen nach Gebäudetyp und Gebäudealter vorgenommen. In dieser Weise wird die Aggregation im EneRAIp Berechnungsmodell durchgeführt. Da es sich um modellierte und kalibrierte Kennwerte handelt, ist eine Rückführung auf die tatsächlichen Verbrauchsdaten nicht möglich und aus datenschutzrechtlicher Sicht unbedenklich.

2. Grundlagen

Für die räumliche Verarbeitung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurde die Aggregation der kalkulierten- und kalibrierten Bedarfskennwerte vom EneRAIp Berechnungsmodell mit den Netzbetreibern vereinbart.

Sonstige Daten:

Alle weiteren zur Verfügung gestellten Daten - welche hier nicht angeführt wurden - der unterschiedlichen Partner werden entsprechend dem DSG 2000 (Bundeskanzleramt, [2000](#)) nur in aggregierter Form zur Verfügung gestellt und verarbeitet, damit kein Personenbezug möglich ist.

IT Infrastruktur:

Entsprechend dem DSG 2000 (Bundeskanzleramt, [2000](#)) ist bei der Verarbeitung der Datengrundlagen die Datensicherheit nach dem aktuellen Stand der Technik zu gewährleisten.

3. Methodik

In den nachstehenden Kapiteln werden Grundlagen und Methodik des verwendeten Berechnungsmodells, die Modellkalibrierung, die Gesamtbilanzierung und die weitergehenden Untersuchungen behandelt.

3.1. GIS basierender Modellierungsansatz - EneRAIp Berechnungsmodell

Das Hauptaugenmerk des EneRAIp Modellierungsansatzes ist die räumliche Abbildung der aktuellen Energiesituation (Energiebilanz) im Bereich des Wärme- und Strombedarfs für den Gebäudebestand. Das EneRAIp Berechnungsmodell baut auf räumlich verfügbare und energetisch relevante Grundlagendaten auf, welche die Grundlage für das standardisierte Bottom-Up Energiemodell darstellen. Anhand der „Klassifikation von Energiemodellen“ (siehe Grundlagenkapitel 2.1.5) erfolgt die Klassifizierung des EneRAIp Berechnungsmodells in der Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1.: Klassifikation des EneRAIp Berechnungsmodells - Quelle: eigene Einteilung

Kategorien	Einteilung
Zweck des Energiemodells	Abbildung des energetischen Ist-Zustands
Modellstruktur	Mischform auf Basis der Grundlagendaten
Modellansatz	Bottom-Up
zurgrundliegende Methodik	Monatsbilanzierungsverfahren Energieausweis
Mathematischer Ansatz	vereinfachte Bilanzierungsalgorithmen
Geografische Auflösung	Gebäudeebene
Betrachtungssektoren	Wohn- und Nichtwohngebäude
Zeithorizont	Bezugjahr 2015
Datenanforderung	hochaufgelöste Grundlagendaten

Der Zweck des Energiemodells ist die Abbildung des energetischen Ist-Zustandes einer Untersuchungsregion. Die Modellstruktur bzw. der Detaillierungsgrad ist in den unterschiedlichen Sektoren (Wohn- und Nichtwohngebäude) jeweils abhängig von den zur Verfügung stehenden Grundlagendaten. Daraus ergibt sich eine Mischform des zu erreichenden Detaillierungsgrades vom Energiemodell. Es wird bei dem Modellansatz auf der kleinstmöglichen Ebene (Nutzungsebene) mit der Modellierung des Energiemodells begonnen. Zuerst werden die Informationen (Daten) aus dem EneRAIp Berechnungsmodell in die Gebäudeebene aggregiert (Bottom-Up Ansatz) und folglich in mehreren Schritten in die Gebäudekategorien (z.B. Einfamilienhaus) bzw. Gebäudesektoren (z.B.

Wohngebäude) zusammengeführt. Im Bezug zu der Studie (Swan u. a., 2009), welche unterschiedliche Modellierungstechniken beschreibt, kann der angewendete Bottum-Up Ansatz als „Engineering method“ und die Technik als „Samples“ eingeteilt werden. Die zugrunde liegende Methodik für die energetische Betrachtung (Strom- und Wärmebedarf) ist das Monatsbilanzierungsverfahren vom österreichischen Energieausweis, je nach Gebäudekategorie (z.B. Industrie) wird auch zum Teil - aufgrund der Datenlage - auf spezifische Jahresenergiekennwerte zurückgegriffen. Bei dem Monatsbilanzierungsverfahren kommen vereinfachte Bilanzierungsalgorithmen (mathematischer Ansatz) zum Einsatz, welche im Zuge der Ausarbeitung des Energieausweises entwickelt wurden. Die Basisauflösung stellt die Gebäudeebene dar und die Betrachtungsebenen sind die Gebäudekategorien und die Wohn- und Nichtwohngebäudesektoren (siehe Datenschutz Kapitel 2.2). Das Bezugsjahr der gesamten Bilanzierung ist für die Untersuchungsregion Innsbruck mit dem Jahr 2015 definiert. Für die Modellierung sind hochauflösende Grundlagendaten auf der Gebäudeebene nötig, diese können sich je nach Verfügbarkeit und Auflösung in den betrachteten Sektoren unterscheiden.

Diese Dissertation bildet den letzten Entwicklungsstand der Modellierung (EneRAIp Berechnungsmodell) ab. Die Anwendung des Modells wird am Untersuchungsgebiet Innsbruck durchgeführt. Im nachstehenden Kapitel 3.1.1 bis 3.1.11 wird auf die zur Verfügung stehenden Grundlagendaten und auf das EneRAIp Berechnungsmodell eingegangen. Die detaillierte Beschreibung des Modellierungsansatzes (EneRAIp Berechnungsmodell) ist der Softwaredokumentation (Pfeifer u. a., 2016a) im Anhang A.7 zu entnehmen.

3.1.1. Datengrundlagen

Verschiedenste Institutionen verfügen über zahlreiche unterschiedliche, nicht kompatible Datensätze im Bereich der Energiewirtschaft. Deshalb folgte gemeinsam mit den relevanten Partnern am Beginn dieser Arbeit die Analyse der Datenbestände der energierelevanten Informationen. Aufbauend auf die Datenbestandsaufnahme wurden die datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen ausgearbeitet und die Verarbeitungsprozesse der Datengrundlagen definiert. Anhand der Datenbestandsaufnahme wurden folgende Grundlagendaten der relevanten Partner identifiziert:

- AGWR II ⁵ Verwaltungsbericht Gebäude (Quelle: Stadt Innsbruck)
- AGWR II Verwaltungsbericht Bauvorhaben Gebäude (Quelle: Stadt Innsbruck)
- AGWR II Verwaltungsbericht Nutzungseinheiten (Quelle: Stadt Innsbruck)
- AGWR II Verwaltungsbericht Bauvorhaben Nutzungseinheiten (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Personentalersstruktur (LMR) (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Naturbestand / Gebäudeumrisse (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Gebäudeadressen (GIS) (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Geländemodell (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Oberflächenmodell (Quelle: Stadt Innsbruck)
- Stromverbrauchsdaten (Quelle: IKB)
- Gasverbrauchsdaten (Quelle: TIGAS)
- Energieausweise NHT (Quelle: NHT)
- Verbrauchsdaten NHT (Quelle: NHT)
- Fernwärmenetzinformationen NHT (Quelle: NHT)
- Energieausweise IIG (Quelle: IIG)
- Fernwärmenetzinformationen IIG (Quelle: IIG)
- EMIKAT-Erhebung / Gewerbe- und Industriedaten (Quelle: Land Tirol)

Diese Daten stehen entsprechend den datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen wie im Kapitel 2.2 beschrieben in verschiedenen Auflösungen und Verwendungszwecken zu Verfügung. Die Datensätze sind in den folgenden Kapiteln 3.1.1.1 bis 3.1.1.5 detaillierter beschrieben.

⁵ Adress-, Gebäude- und Wohnregister II

3.1.1.1. Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II)

Im Jahr 2001 erfolgte in Österreich von der Statistik Austria eine Großzählung der Gebäude und Wohnungen. Verschiedene Gebäudeattribute, wie Adressen, Eigentümer, Wohnungsanzahl, Nutzungen, Nutzflächen und Heizungssysteme sind im „Gebäude- und Wohnungsblatt“ der Erhebung enthalten. Die Daten der Großzählung waren die Grundlage für die Schaffung des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR). Aus diesem Register und der Meldeschiene des Adressregisters entstand im Jahr 2004 die erste Version des Adress-, Gebäude- und Wohnungsregisters (AGWR). Auf Wunsch von mehreren Gemeinden wurde das AGWR erweitert und es erfolgte im Jahr 2010 der Umstieg in das Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II) (Statistik, [2014a](#)). Das AGWR II beinhaltet im wesentlichen folgende Gebäudeattribute auf der Gebäude- und Nutzungsebene:

- Merkmale der Adressen (Straßennamen, Hausnummern, Geo-Koordinaten, ...)
- Gebäudeeigenschaften, Gebäudefunktionen
- Bauperioden, Errichtungsdatum
- Gebäudehöhen
- Überbaute Grundflächen, Bruttogrundflächen, Nettogrundflächen,...
- Geschoßbezogene Angaben (ober-, unterirdische Geschoße, Nutzflächen je Nutzungsart, ...)
- Art Wärmeabgabesysteme (Heizung), Energieträger, ...
- Art der Netzanschlüsse (Trinkwasserversorgung, Abwasser- bzw. Abfallentsorgung, ...)
- Merkmale der Bauvorhaben (Art der Baumaßnahme, Bauherrndaten, ...)
- Merkmale von Nutzungseinheiten

Die detaillierte Auflistung der einzelnen Attribute des AGWR II Registers sind den Handbüchern des AGWR II (Statistik, [2016a](#)) zu entnehmen. Die Datenbereitstellung der Verwaltungsberichte wurde Anfang Dezember 2015 im Statistik Austria Portal durchgeführt, je nach Verwaltungsbericht stehen Informationen auf der Gebäude- oder Nutzungsebene als Excelformat zur Verfügung. Die für das EneRAIp Berechnungsmodell relevanten Eigenschaften aus den AGWR II Grundlagen sind in der Software Dokumentation (Pfeifer u. a., [2016a](#), Kapitel 3.3.1) angeführt.

3.1.1.2. Personenaltersstruktur (LMR)

Die Daten der Personenaltersstruktur stammen aus dem lokalen Melderegister (LMR), das Informationen über die Wohnsitzqualität (Haupt- oder Nebenwohnsitzer), dem Geschlecht (männlich oder weiblich) und dem Alter der Bewohner beinhaltet. Dazu sind für die weitere Verarbeitung folgende Personengruppen und Altersklassen (siehe Tabelle 3.2) definiert.

Tabelle 3.2.: Einteilung der Altersklassen der Personenaltersstruktur - Quelle: LMR, eigene Einteilung der Grundlagendaten

Einteilung der Altersklassen	Jahr
Kinder	0 - 15
Jugendliche	16 - 18
Erwachsene I	19 - 30
Erwachsene II	31 - 45
Erwachsene III	46 - 60
Senioren	> 60

Die Informationen stehen auf der Gebäudeebene zur Verfügung und werden nur in aggregierter Form (z.B. Gebäudekategorie) für die Auswertung verwendet.

3.1.1.3. Naturbestand und Gebäudeadressen (GIS)

Der Naturbestand enthält alle natürlichen Gegebenheiten wie zum Beispiel die Geländeformen, Grundstücksgrenzen, Gebäudeadressen, Gebäudeumrisse, Straßen und Flüsse auf räumlicher Ebene und wird von der Stadt Innsbruck gepflegt. Aus dem Naturbestand werden lediglich die Höhenmodelle, Gebäudeadressen und Gebäudeumrisse direkt in das EneRAIp Berechnungsmodell überführt, die restlichen Informationen stehen nur für Visualisierungszwecke zur Verfügung. Aus den Gebäudeumrissen werden die jeweiligen Wandausrichtungen, Wandlängen und die aneinander liegenden Wände (zwischen zwei Gebäuden) extrahiert. Diese Informationen sind die Grundlagen für die Transmissionsberechnung vom EneRAIp Berechnungsmodell. Die dazu benötigten Gebäudehöhen werden entweder aus dem AGWR oder über das Höhenmodell abgeleitet. Das Höhenmodell beinhaltet das Gelände- und Oberflächenmodell und hat eine Auflösung von 0,5 x 0,5 Metern. Die Modelle werden von Laserscanbefliegungen abgeleitet, die in unterschiedlichen Zeitabständen durchgeführt werden. Das verwendete Höhenmodell stammt aus der Befliegung von 2012. Das vereinfachte 3D-Modell (virtualcitySYSTEMS, 2016) der Firma virtualcitySYSTEMS aus dem Jahr 2006 ist aufgrund der Aktualität und dem vereinfachten Ansatz nicht in dem EneRAIp Berechnungsmodell enthalten. Zusätzlich wird ein Gebäudeadressendatensatz verwendet. Dieser beinhaltet die vergebenen Gebäudeadressen mit den dazugehörigen geografischen Koordinaten und wird ebenfalls von der Stadt Innsbruck gepflegt. Der Datensatz dient dem Geo-Koordinatenabgleich der AGWR II Adresspunktkoordinaten. Der Datenabzug vom Naturbestand erfolgte parallel zum Datenabzug des AGWR II im Dezember 2015. Der Datensatz steht in Form einer „file gdb“ Datenbank (ArcGIS) zur Verfügung.

3.1.1.4. Verbrauchsdaten von Strom und Gas

Wie im Kapitel 2.2 beschrieben, stehen die Verbrauchsdaten der Netzbetreiber nur in aggregierter Form (100 x 100 Meter Raster) zur Verfügung. Dabei sind folgende Rahmenbedingungen in Bezug auf die Aliquotierung der Verbrauchsdaten zu berücksichtigen: Die Ablesung der Verbrauchsdaten beim Kunden erfolgt sukzessiv über das Jahr. Das bedeutet, dass die Zählerstände nicht zum Jahresstichtag (31. Dezember) vorliegen, daher wird eine jährliche Aliquotierung (Aufteilung der Verbrauchsdaten auf das Bezugsjahr) der Verbrauchsdaten von den Netzbetreibern durchgeführt.

Um eine Kalibrierung auf Gebäudeebene entsprechend dem DSG 2000 (Bundeskanzleramt, 2000) zu ermöglichen, erfolgt die Kalibrierfaktorenauswertung von den Netzbetreibern. Dafür sind die kalkulierten Energiebedarfskennwerte seitens des EneRAIp Berechnungsmodells bereitzustellen. Die detaillierte Beschreibung der Modellkalibrierung ist im Kapitel 3.2 angeführt.

3.1.1.5. Zusatzinformation

Im Zuge des SINFONIA-Projektes wurden die Energieausweise im PDF-Format von der gemeinnützigen Wohnungs GmbH Neue Heimat Tirol (NHT) und der Innsbrucker Immobiliengesellschaft (IIG) zur Verfügung gestellt. Die Kennwerte der Energieausweise wurden in das Excelformat überführt und stehen für die weiterführenden Untersuchungen (siehe Kapitel 3.4) und der Verifizierung des Modellansatzes bereit. Zusätzlich erfolgte im Rahmen des SINFONIA Projektes die Analyse und Bilanzierung der Fernwärmenetze. Diese Informationen stehen ebenfalls in aggregierter Form (Stadtteilebene) zur Verfügung. In Zusammenarbeit mit der NHT erfolgt die Bereitstellung von Verbrauchsdaten und Nutzflächeninformationen von ausgewählten Gebäuden für die Modellverifizierung. Im Rahmen der Kooperation mit dem Land Tirol werden Daten in den Sektoren Gewerbe und Industrie aus der EMIKAT-Erhebung 2005 und 2010 in aggregierter Form (Stadtenebene) bereitgestellt. Außerdem stehen die Mobilitätskennzahlen, die durch die Stadt Innsbruck erhoben wurden, für die Gesamtbilanzierung zur Verfügung.

3.1.2. Problemstellungen bei den Datengrundlagen

Aufgrund der unterschiedlichen Verwaltungszuständigkeiten und der Verwaltungsprozesse in Tirol sind im Vergleich zu den Untersuchungsregionen in Vorarlberg zwei grundlegende Erweiterungen notwendig.

Geo-Koordinaten:

Jede Gebäudeadresse wird im GIS verortet und dem Gebäudeumriss zugeordnet. Im Gegensatz zu den Untersuchungsregionen in Vorarlberg wird die Verortung in Innsbruck von zwei unterschiedlichen Verwaltungsabteilungen (AGWR-, GIS-Abteilung) durchgeführt. Dies hat zur Folge, dass zwei unterschiedliche Datensätze vorhanden sind, die nicht miteinander abgeglichen sind. Vor allem die Verortung des Gebäudebestandes vom AGWR II weist dabei einige Mängel auf. Anhand der folgenden Abbildung 3.1 werden die zwei unterschiedlichen Datensätze der GIS-Abteilung und dem AGWR II mit einem Beispielausschnitt miteinander verglichen.



Abbildung 3.1.: Adresspunktvergleich - Quelle: Naturbestand, AGWR II, eigene Darstellung

Die grünen Verortungspunkte ergeben sich aus dem Datensatz der GIS-Abteilung, die gelben und schwarzen Verortungspunkte sind aus dem AGWR II (Verwaltungsbericht Gebäude und Bauvorhaben Gebäude). Wie in der Abbildung 3.1 ersichtlich, weisen die Adresskoordinaten der GIS-Abteilung eine bessere Übereinstimmung der Verortung auf. Aufgrund dessen wurden die Adressko-

ordinaten vom AGWR II durch die Adresskoordinaten der GIS-Abteilung mit einer selbst entwickelten Nachbesserungsmethode (siehe Kapitel Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.3.8) für eine verbesserte Verortungsbasis der Gebäudeadressen ersetzt.

Adresspunkte je Polygon:

Eine weitere Herausforderung stellt die Anzahl der Adresspunkte je Polygon dar, dabei kann es bei einigen Gebäudeumrissen vorkommen, dass die Gebäudeumrisse mehrere Adressen (Adresspunkte) beinhalten. Die Problematik von mehreren Adresspunkte je Gebäudeumriss ist in der folgenden Abbildung 3.2 illustriert.



Abbildung 3.2.: Mehrere Adresspunkte je Gebäudeumriss - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung

Für die Sonderfälle - welche rund 8 Prozent von der Gesamtanzahl der Gebäude umfassen - war es nötig, einen Ansatz zu entwickeln, um die jeweiligen Adresspunkte dem Gebäudeumriss zuzuteilen. Dafür wurde eine Sondermethode (siehe Kapitel Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.3.9) zur Bestimmung des Adressanteils vom Gebäudeumriss entwickelt. Es wird jeweils die Summe der Gesamtnutzfläche (Quelle: AGWR II) von einzelnen Gebäudeadressen bestimmt und der Adressanteil anhand der Gesamtnutzfläche vom Gebäudeumriss (Summe aller Gesamtnutzflächen der einzelnen Gebäudeadressen) berechnet. Der Adressanteil (Berechnungsbezug: Nutzfläche) der einzelnen Gebäudeadressen fließt anschließend in die Berechnung der Transmissionsverluste (EneRAIp Berechnungsmodell) vom Gebäude ein. Dabei werden die gesamten Transmissionsverluste vom Gebäudeumriss auf Basis vom Adressanteil der einzelnen Gebäudeadressen zugeordnet.

3.1.3. Definition der Betrachtungsebenen

Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen ergeben sich verschiedene Betrachtungsebenen, die in diesem Kapitel beschrieben sind. Beginnend mit der Nutzungsebene werden die Betrachtungsebenen wie folgt definiert:

Nutzungsebene:

Die Nutzungsebene ist die tiefste Betrachtungsebene (kleinste Einheit), sie zeigt, welche Nutzungsarten (Wohnung, Büro,...) sich im Gebäude befinden.

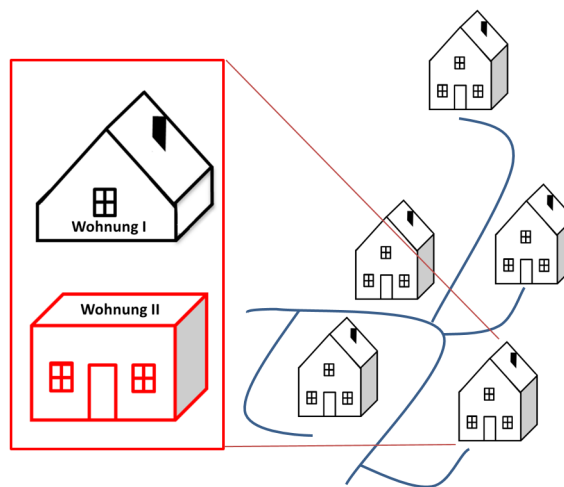


Abbildung 3.3.: Darstellung Nutzungsebene - Quelle: eigene Darstellung

Wie im Abbildungsbeispiel [3.3](#) ersichtlich, werden die einzelnen Nutzungsarten aufgeschlüsselt. Auf Basis der Nutzungsarten wird die Gebädefunktion (siehe Gebäudekategorisierung Kapitel [3.1.7](#)) bestimmt. Die Information der Nutzungsart dient der Verknüpfung des Nutzungsprofiles mit dem EneRAIp Berechnungsmodell. Die unterschiedlichen Nutzungsarten sind im AGWR II definiert und im AGWR II Handbüchern (Statistik, [2016a](#)) enthalten. Die Verknüpfung der Nutzungsarten mit den jeweiligen Nutzungsprofiles des EneRAIp Berechnungsmodells wird in der Software Dokumentation (Pfeifer u. a., [2016a](#), Kapitel 4.1.3) näher beschrieben.

Gebäudeebene:

In der folgenden Abbildung 3.4 wird die Betrachtungsebene Gebäude dargestellt.

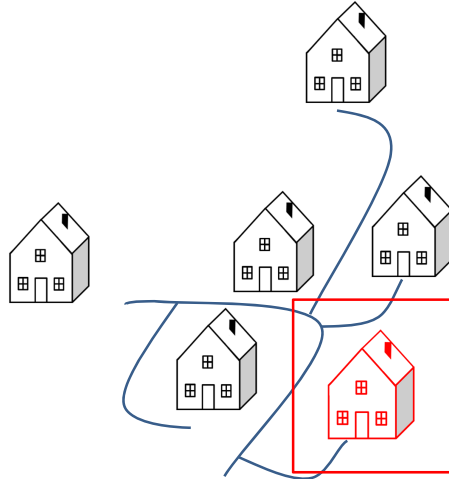


Abbildung 3.4.: Darstellung Gebäudeebene - Quelle: eigene Darstellung

In der Gebäudeebene werden alle im Objekt befindlichen Nutzungsarten (Wohnung, Büro, ...) zusammengefasst und dargestellt. Die kalkulierten Energiekennwerte beziehen sich immer auf die Gebäudeebene. Die Gebäudeebene beschränkt sich auf das einzelne Objekt als solches, sie lässt nur bedingt auf deren genauere Nutzung der Gebäudekategorien zurückschließen.

Rasterebene:

Die Rasterebene dient zur datenschutzkonformen Darstellung der Ergebnisse, die Darstellungsform wird in der Abbildung 3.5 abgebildet.

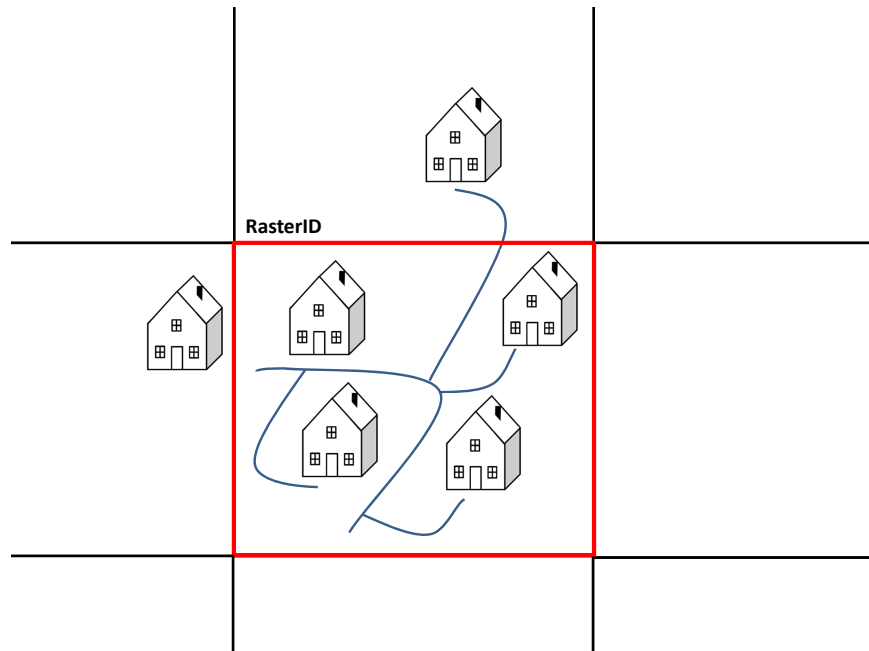


Abbildung 3.5.: Darstellung Rasterebene - Quelle: eigene Darstellung

Als Raster wird der vordefinierte 100 x 100 Meter Raster der Statistik Austria (Statistik, [2016b](#)) verwendet. Im Zuge der räumlichen Zuordnung der Gebäude zum Raster wird die Raster-ID dem Gebäude zugeteilt und der Bezug zum Raster hergestellt. Somit werden Gebäudeeigenschaften und Energiekennwerte auf die Rasterebene aggregiert und dargestellt.

Weitere Betrachtungsebenen:

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, einen ausgewählten Stadtteil als Betrachtungsebene zu definieren (siehe Baseline SINFONIA (Pfeifer u. a., [2016b](#))).

Für die Definition der Stadtebene für Innsbruck sind alle neun Katastralgemeinden (Innsbruck, Wilten, Pradl, Hötting, Mühlau, Amras, Arzl, Vill und Igls) für die Untersuchungen enthalten.

3.1.4. Modellansatz

Das Kapitel Modellansatz gibt die methodische Herangehensweise des entwickelten Modellierungsansatzes wieder. In der folgenden Abbildung 3.6 wird der Bottom-up Ansatz des EneRAIp Berechnungsmodells beschrieben.

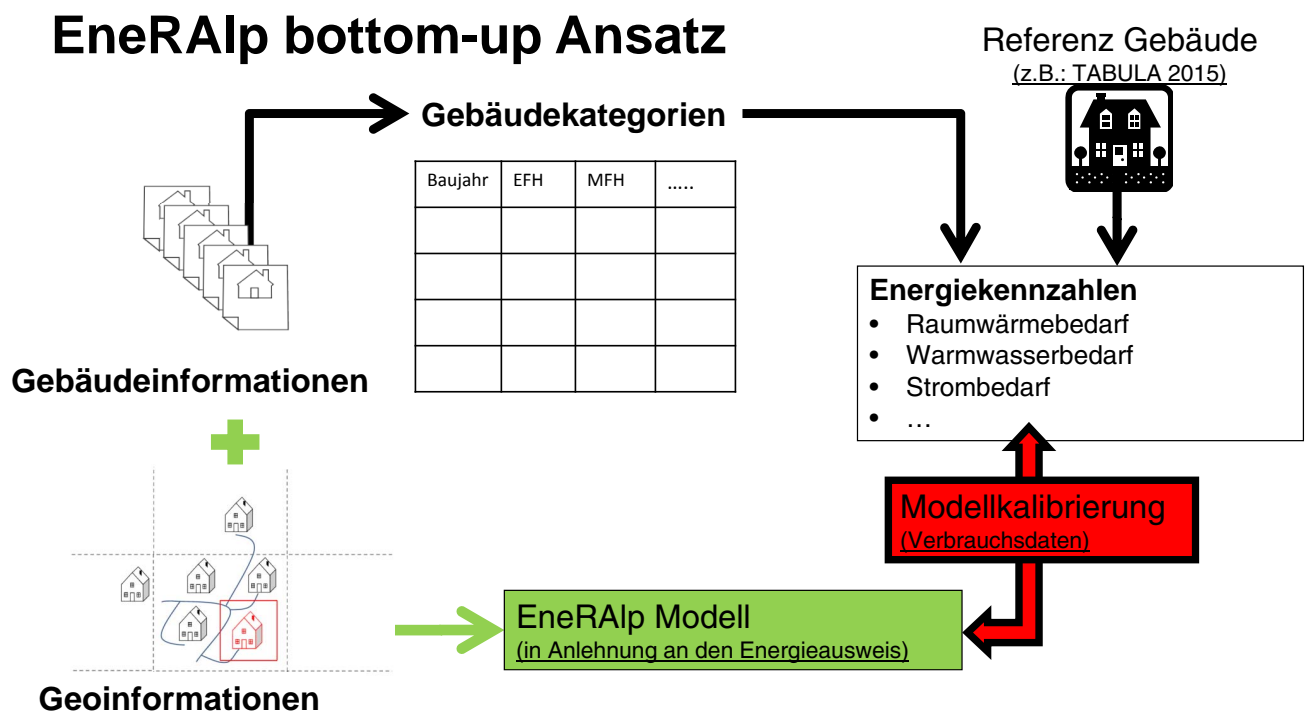


Abbildung 3.6.: Modellansatz EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: eigene Darstellung

Klassische Energiebilanzierungsansätze auf Stadtebene bauen auf aggregierte Gebäudeinformationen auf. Mit der Verwendung von Kennzahlenmodellen (z.B.: TABULA), die Referenzgebäude beinhalten, wird versucht, den Energiebedarf für den Wohngebäudebereich mit der Gebäudekategorie, dem Baualter und der Fläche abzuschätzen. Dieser klassische Weg ist in Abbildung 3.6 mit den schwarzen Pfeilen dargestellt. Das EneRAIp Berechnungsmodell baut einerseits auf die kleinste Einheit (Nutzungseinheit) der Gebäudeinformationen und andererseits auf die Einbindung der Geoinformationen (grüner Pfeil) auf. Die energetischen Kennwerte werden in Anlehnung an den österreichischen Energieausweis berechnet, die in einem weiteren Schritt mit den leitungsgebundenen Verbrauchsdaten in Kooperation mit den Netzbetreibern kalibriert werden (roter Pfeil). Die Gebäudekategorisierung wird wie bei dem klassischen Ansatz - allerdings unabhängig von der energetischen Berechnung - für den Zweck der Übersichtlichkeit auf Basis der Grundlagendaten (siehe Kapitel 3.1.7) durchgeführt.

3.1.5. Grundlagen Berechnungsmodell

Der Kern des EneRAIp Berechnungsmodells wurde in Anlehnung an den österreichischen Energieausweis entwickelt. Aufbauend auf die zur Verfügung gestellten Informationen aus den Grundlagendaten wurde jeweils in Bezug auf die Bauepoche für jedes einzelne Gebäude der energetisch beste und schlechteste Fall abgebildet (weitere Verarbeitung siehe Kapitel 3.1.8). Anhand vom Monatsbilanzierungsverfahren nach der ÖNORM B8110-6 (ÖNORM B8110-6, 2014), den Nutzungsprofilen und dem Klimamodell nach der ÖNORM B8110-5 (ÖNORM B8110-5, 2011) wird der Heizwärmebedarf der Gebäude berechnet. Da nicht alle Nutzungsprofile der Norm aus den Grundlagendaten abgeleitet werden können, wird die Berechnung nur für die folgenden Nutzungsarten des AGWR II durchgeführt:

- Wohnung
- Büro
- Verkaufsstätte
- Beherbergung

Die dazu benötigten U-Werte für die Heizwärmebedarfsberechnung wurden von dem OIB Leitfa-den, 2015 und der OIB Richtlinie, 2015 entnommen. Durchgeführte Teil- oder Vollsanierungen werden aufgrund der fehlenden Informationen zu den Sanierungsmaßnahmen nicht abgebildet. Für den Heiztechnikenergiebedarf nach der ÖNORM H5056 (ÖNORM H5056, 2014) ist jeweils eine effiziente und eine ineffiziente Heiztechnik der unterschiedlichen Energieträger abgebildet (weitere Verarbeitung siehe Kapitel 3.1.8). Nach der ÖNORM H5050, 2014 erfolgt die Bilanzierung des Heizenergie- und Strombedarfs. Die Validierung des Berechnungskerns ist entsprechend den Validierungsbeispielen mithilfe des Excel- Tools ⁶ der dritten Energieausweisgeneration durchgeführt. Zudem wurde auch die Einbindung des Berechnungskerns auf die Grundlagendaten (AGWR II Informationen, Gebäudeumriss) anhand eines Testobjektes überprüft. Die detaillierte Umsetzung des Berechnungskerns und die Validierung ist in der Software Dokumentation (Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 4) im Anhang A.7 nachzulesen. Im Kapitel 3.1.8 ist die Beschreibung der verwendeten Einstellungen und Parameter zu finden.

3.1.6. Softwareumsetzung und Bereitstellung der Ergebnisse

Die Umsetzung des EneRAIp Berechnungsmodells erfolgt mit einem objektorientierten Ansatz in CSharp mit dem Programm .Net. Grund für die Wahl der Programmiersprache waren die ausgereiften Bibliotheken für die Datenanbindung (MS Access via Odbc, bzw. JdbcOdbc, XMLParser, CsvParser, ...) und der kurze Entwicklungsaufwand. In Abbildung 3.7 ist die Software Architektur des EneRAIp Berechnungsmodells abgebildet.

⁶Excel Tool (EA-3G 2015-06-29xb) Christian Pöhn MA 39

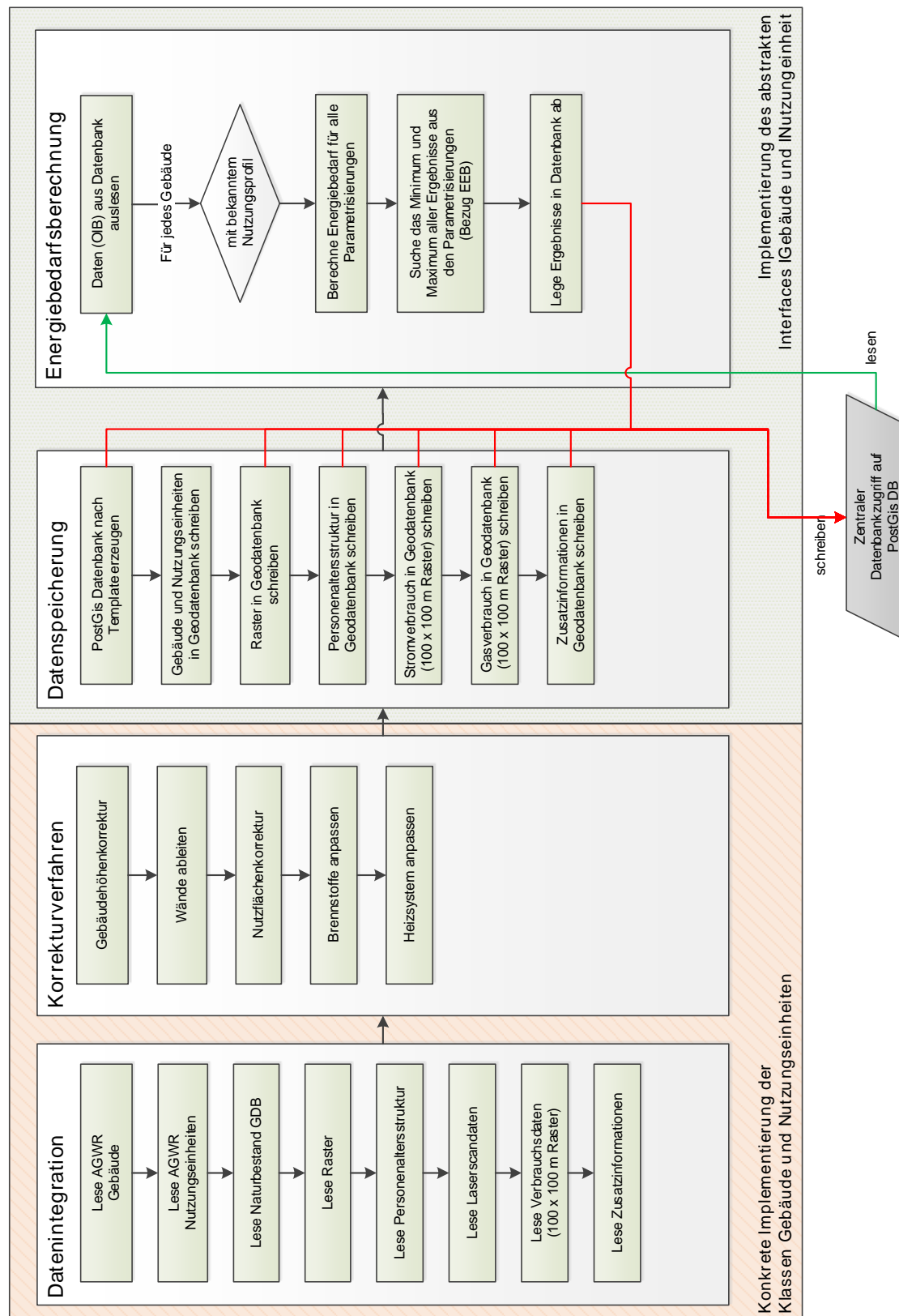


Abbildung 3.7.: Software Architektur EnERAlp Berechnungsmodell - Quelle: Softwaredokumentation Pfeifer u. a., 2016a, eigene Darstellung)

Die Softwareanwendung des Berechnungsmodells verfügt über vier Subprozesse:

1. Datenintegration
2. Korrekturverfahren
3. Datenspeicherung
4. Energiebedarfsberechnung

Die Datengrundlagen [3.1.1](#) werden systematisch in die Klasse „Gebäude- und Gebäudenutzungseinheiten“ in dem ersten Subprozess der „Datenintegration“ integriert. Mit einem Zwei-Schritt-Adresszuordnungsverfahren (Pfeifer u. a., [2016a](#), Kapitel 3.3.9) werden die unterschiedlichen Informationen mit den Gebäudeobjektnummern miteinander verknüpft. Die Klassen (Gebäude und Gebäudenutzungseinheiten) werden mit dem „Korrekturverfahren“ in dem zweiten Subprozess angereichert und korrigiert. Dabei wird z. B. die Gebäudehöhe vom AGWR II mit der Höhe aus den Höhenmodellen abgeglichen und gegebenenfalls nachgebessert. Nach dem Abschluss der Datenanreicherung und den Korrekturverfahren werden die Daten mittels eines Interface für die weiteren Subprozesse bereitgestellt. Bei dem Prozess der „Datenspeicherung“ wird mit einem vordefinierten Datenbanktemplate eine neue Postgres⁷ (PostGIS⁸) Datenbank erstellt. Anschließend werden die zur Verfügung stehenden Gebäude- und Rasterinformationen in die Datenbank abgespeichert. Im letzten Subprozess der „Energiebedarfsberechnung“ werden die Energiekennwerte in Abhängigkeit der Parametereinstellungen berechnet und ebenfalls in der Datenbank gespeichert. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Subprozesse kann aus der Software Dokumentation (Pfeifer u. a., [2016a](#), Kapitel 3.3 bis Kapitel 3.6) entnommen werden.

⁷<https://www.postgresql.org/>, 2016-06-29

⁸<http://postgis.net/>, 2016-06-29

3.1.7. Bestandskategorisierung im Untersuchungsgebiet

Zur übersichtlichen Darstellung des Gebäudebestandes und den modellierten Energiekennwerten gibt es die Gebäudekategorisierung. Aufbauend auf die Informationen aus dem AGWR II Verwaltungsbericht Nutzungseinheiten und den Gebäudeumrissen (siehe Kapitel 3.1.1) wurde wie in der Tabelle 3.1.7 angegeben die Kategorisierung vorgenommen.

Tabelle 3.3.: Einteilung der Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, eigene Einteilung

Gebäudekategorie	Nutzungsarten
Einfamilienhaus (EFH)	1 Wohneinheit (frei stehend)
Reihenhaus (RH)	1 Wohneinheit (aneinander liegende Wände)
Mehrfamilienhaus „Klein“ (MFH-K)	2 - 4 Wohneinheiten
Mehrfamilienhaus „Mittel“ (MFH-M)	5 - 10 Wohneinheiten
Mehrfamilienhaus „Groß“ (MFH-G)	> 10 Wohneinheiten
Mischnutzung (MN) ⁹	Wohnung, Bürofläche, Groß- und Einzelhandelsfläche, Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung, Verkehrs- und Nachrichtenwesen, Industrie und Lagerei, Kultur-, Freizeit-, Bildungs- und Gesundheitswesen, öffentliche Einrichtungen, Sonstige
Gewerbe (GW)	Bürofläche, Groß- und Einzelhandelsfläche, Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung
Industrie	Industrie und Lagerei
Weitere Nutzung	Kultur-, Freizeit-, Bildungs- und Gesundheitswesen, landwirtschaftliche Nutzung, Verkehr- und Nachrichtenwesen, Kirche, sonstige Sakralbauten, Wohnfläche für Gemeinschaften
Sonstige	Privatgarage, Pseudobaulichkeiten (Zelte, Wohnwägen, ...), sonstiges Bauwerk

Bei der Kategorisierung der Einfamilien- und Reihenhäuser wird jeweils die Anzahl der Wohnungen im Gebäude bestimmt. Ist nur eine Wohnung im Gebäude vorhanden, wird anhand des Anteils der aneinander liegenden Wände die Zuteilung zur Kategorie Einfamilienhäuser (freistehend) oder Reihenhäuser (aneinander liegende Wände) durchgeführt. Sind mehrere Wohnungen im Gebäude vorhanden, wird die Kategorisierung auf Basis der Anzahl der Wohnungen für die Mehrfamilienhäuser durchgeführt. Wenn sich mindestens zwei unterschiedliche Nutzungsarten im Gebäude befinden, wird das Gebäude als Mischnutzung ausgewiesen. Bei den Gebäudekategorien „Gewerbe“, „Industrie“, „Weiteren Nutzung“ und „Sonstige“ werden nur ausschließliche Nutzungen ausgewiesen. Das bedeutet, im gesamten Gebäude befindet sich nur eine Nutzungsart z.B. Büros. Die Gebäudefunktion ist daher ein Bürogebäude, das dem Sektor Gewerbe zugeteilt wird.

⁹Im Fall von mindestens zwei verschiedenen Nutzungsarten

3.1.8. Einstellungen und Parameter - EneRAIp Berechnungsmodell

Für die energetische Gebäudemodellierung ist eine Vielzahl von Informationen nötig, um wie im Kapitel 2.1.2 der Realität entsprechende Energiekennwerte zu erhalten. Aufgrund der lückenhaften Grundlagendaten stehen nicht alle benötigten Informationen für die Modellierung der Energiekennwerte zur Verfügung. Daher sind dem Berechnungsmodell eigene Annahmen zu übergeben, damit der energetisch beste bzw. schlechteste Fall abgebildet werden kann. Die übergebenen Annahmen und Modelleinstellungen sind in der Tabelle 3.4 angeführt.

Tabelle 3.4.: Parametereinstellungen EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung

System / Parameter	Einstellungen
Untersuchungsregion	Innsbruck
U-Werte System	OIB ¹⁰
Referenzklima	Nein ¹¹
Mindestanteil der bekannten Nutzungen	0
Raumhöhe	in Abhängigkeit der Bauperiode
Zwischendecken	0,4 m
Landesschlüssel	Tirol
automatische Flächenkorrektur	Ja
Klimazone	Region Nord - Föhngebiet ¹²
Abschlagfaktoren für aneinander liegende Wände	0 % und 20 %
Maximal zulässiger Fehler aneinander liegende Wände	0,05 m
Azimutfehler durch aneinander liegende Wände	1 Grad
Fensteranteil Norden	5 %
Fensteranteil Osten & Westen	15 % und 20 %
Fensteranteil Süden	25 % und 30 %
Bauweise	10 und 60 Wh/(m³ * K)
Raumtemperatur	20 °C
Verschattung	0,75 und 0,85
Wärmerückgewinnungsfaktor Heiztechnik	70 %
Temperaturkorrekturfaktor Kellerdecke	0,7
Temperaturkorrekturfaktor Obergeschoßdecke	0,9

Beschreibung der Parameter und Einstellungen:

Der Heizwärmebedarf wird anhand der U-Werte aus dem OIB Leitfaden, 2015 und der OIB Richtlinie, 2015 für das Standortklima in Innsbruck berechnet. Der Abschlagsfaktor für aneinander liegenden Wände gibt an, wie viel Prozent vom Heizwärmebedarf an der Außenwand gegenüber der Umwelt verloren geht. Dabei wird ein maximaler Fehler der aneinander liegenden Wände (Ausrichtung der Wände) aus den GIS-Daten zugelassen. Die Fensteranteile werden für die jeweiligen Ausrichtungen variiert. Da die Bauweise der Gebäude unbekannt ist wird im Modell zwischen der leichten und schweren Bauweise unterschieden. Die Bauweise wirkt sich auf die Wärmespeicherfähigkeit

¹⁰siehe Softwaredokumentation Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 4.2.1.1

¹¹Klimamodell ÖNORM B8110-5, 2011

¹²Klimamodell ÖNORM B8110-5, 2011

des Gebäudes aus. Bei einer leichten Bauweise ist eine geringere Speicherfähigkeit des Gebäudes im Gegensatz zu der schweren Bauweise gegeben. Die Raumtemperatur wurde mit 20 °C angenommen, auch bei der Verschattung der Fenster wird eine Variation (0,75 bis 0,85) zugelassen. Der Wärmerückgewinnungsfaktor der Heiztechnik gibt den Anteil der rückgewinnbaren Heizungs-technikverluste (Verteilverluste, Speicherverluste, ...) für den Raumwärme- und Warmwasserbedarf an. Abschließend werden die verwendeten Temperaturkorrekturfaktoren für die Kellerdecke und der Obergeschoßdecke angeführt.

3.1.9. Kennzahlen- und Parameteridentifikation - EneRAIp Berechnungsmodell

In dem Kapitel der Kennzahlen- und Parameteridentifikation vom EneRAIp Berechnungsmodell wird auf die modellierten Kennwerte vom Berechnungskern eingegangen.

Kennzahlenidentifikation:

Die in Bezug auf die Bauperiode berechneten Energiekennwerte vom Minimum- und Maximum-Ansatz (energetisch bester / schlechtester Fall) werden in die Postgres Datenbank für die weitere Verarbeitung abgespeichert. Im Fall vom energetisch schlechtesten Fall (ungünstige Eingabeparameter z.B. Fensteranteil) konnte keine annähernde Übereinstimmung vom Wärmebedarf mit Gasverbrauchsdaten bei der ersten Verifizierung festgestellt werden. Der Wärmebedarf wurde in allen Bauperioden signifikant überbewertet. Hingegen weisen die Energiekennwerte beim Minimum-Ansatz (energetisch bester Fall) vom Wärmebedarf eine bessere Übereinstimmung in den neueren Epochen auf, allerdings wird der Wärmebedarf dennoch tendenziell vor allem in den älteren Bauepochen überschätzt. Die Überschätzung kann auf die zahlreichen Annahmen und auf die unbekannten Informationen (wie z.B. Modellierungsannahmen, Sanierungsmaßnahmen) zurückgeführt werden. Beim Haushalts- und Betriebsstrombedarf wurden keine Parametervariationen durchgeführt, die Berechnung bezieht sich immer auf die konditionierte Bruttogesamtfläche. Wie im Ansatz vom Kapitel 3.6 beschrieben, werden die kalkulierten Energiekennwerte aufgrund der Modellannahmen und unbekannten Informationen anhand der leitungsgebundenen Verbrauchsdaten (Strom und Gas) kalibriert. Dafür werden die Energiekennwerte vom energetisch besten Fall (Minimum-Ansatz) für die weitere Kalibrierung vom Modell herangezogen.

Parameteridentifikation:

Auf Basis der Kennzahlenidentifikation wurde die Parameteridentifikation für den energetisch besten Fall (Minimum-Ansatz) durchgeführt. Aus den übergebenen Parametern für den energetisch besten Fall ergeben sich folgende Berechnungsannahmen für die Modellierung. Zu Beginn werden die eingestellten Fensteranteile in der folgenden Tabelle 3.5 im Vergleich zu anderen Studien im Bereich Wohngebäude dargestellt.

Tabelle 3.5.: Vergleich der Fensteranteile - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TABULA, 2015, Dissertation Schriebl, 2007, eigene Darstellung

Gebäudekategorie	Fensteranteil EneRAIp Berech- nungsmodell	Tabula Ref Building AUT Fensteranteile	Fensteranteile Schriebl
Einfamilienhaus	17,5 %	11,5 %	11,9 %
Reihenhaus	12,3 %	16,2 %	12,2 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	17,4 %	-	-
Mehrfamilienhaus „Mittel“	14,6 %	21,4 %	15,7 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	14,6 %	22,0 %	18,4 %
Mischnutzung	15,2 %	-	-
Gewerbe	16,8 %	-	-

Bei den Annahmen zum Fensteranteil gibt es keine Unterscheidung zwischen den Gebäudekategorien vom EneRAIp Berechnungsmodell. Das bedeutet, die angenommenen Anteile sind bei jeder Gebäudekategorie gleich groß. Bei den Reihenhäusern und zum Teil bei den Mehrfamilienhäusern „Mittel“ und „Groß“ wirken sich die aneinander liegenden Wände auf den Gesamtanteil aus. Da keine Informationen zum realen Fensteranteil vorhanden sind, ist eine Verifizierung der Parametereigenschaft nur bedingt möglich. Des Weiteren wurden die Parameter für eine schwere Bauweise als Gebäudekapazität und einen Verschattungsfaktor von 0,85 verwendet. Bei den aneinander liegenden Wänden wird von dem jeweiligen idealen Fall - kein Wärmeverlust gegenüber der Umwelt - ausgegangen.

3.1.10. Gebäudehülle und Gebäudevolumen

Mit der Anzahl der Geschoße aus dem AGWR II und dem Abgleich mit den Höhenmodellen wurden die Gebäudevolumen bestimmt (siehe Gebäudehöhe und Stockwerksanzahl (Pfeifer u. a., 2016a, S. 3.4.1)). In der folgenden Abbildung 3.8 werden die abgeleiteten Gebäudevolumen dargestellt.



Abbildung 3.8.: GIS basierende Darstellung der Gebäudevolumen - Quelle: eigene Darstellung

Die dargestellten Gebäudevolumen entsprechen dem Level of Detail 1 (LOD) nach dem CityGML Standard (SIG-3D, 2015), dabei wird die Grundfläche mit der Gebäudehöhe hochgezogen. Es werden keine Dachstrukturen abgeleitet, daher ist die Abbildung der Gebäudehülle ein vereinfachter Ansatz.

3.1.11. Energetische Bezugsfläche

Für die energetische Bezugsfläche werden die Nutzflächen der Nutzungsarten herangezogen, dabei wurden folgende Nutzungsarten als energetisch relevant ausgewiesen:

- Wohnung / Wohn- & Arbeitsstätte (EneRAIp)
- Wohnfläche für Gemeinschaften
- Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung (EneRAIp)
- Büroflächen (EneRAIp)
- Groß- und Einzelhandelsflächen (EneRAIp)
- Verkehr und Nachrichtenwesen
- Industrie und Lagerei
- Kultur, Freizeit, Bildungs- und Gesundheitswesen
- landwirtschaftliche Nutzung

Die genannten Nutzungsarten werden als energetisch relevante Nutzungseinheiten definiert, allerdings werden nur die mit (EneRAIp) gekennzeichneten Nutzungsarten mit dem EneRAIp Berechnungsmodell abgedeckt. Im Bezug zu dem EneRAIp Berechnungsmodell werden die definierten, energetisch relevanten Nutzungsarten zu 100 Prozent als konditionierte (beheizte) Nutzfläche ausgewiesen. Für die restlichen Nutzungsarten wird der Ansatz für die energetische Bilanzierung im Kapitel 3.3 beschrieben. Verkehrsflächen, Dachbodenflächen, Kellerflächen und Privatgaragen sind als nicht energetisch relevante Flächen ausgewiesen.

Die Umrechnung der Nettofläche in die Bruttofläche erfolgt entsprechend der ÖNORM B8110-6, 2014 mit dem Flächenfaktor von 0,8. Des Weiteren entspricht die konditionierte (beheizte) Bruttogesamtfläche der Brutto-Grundfläche des Energieausweises.

3.2. Kalibrierfaktoren

Im Zuge der Modellierung des Energiebedarfs (EneRAIp Berechnungsmodell) wurden wie im Kapitel 3.1.8 beschrieben, eine Reihe von Parametern (z.B. Fensteranteil) angenommen. Zu den angenommenen Parametern gibt es keine Informationen über Sanierungsmaßnahmen, reales Nutzerverhalten, Leerstand, Teilbeheizungen,... (detaillierte Anführung der jeweiligen Einflussparameter siehe Kapitel 3.2.1 und 3.2.2), die einen erheblichen Einfluss auf die Modellierungsergebnisse haben. Auch Datenungenauigkeiten haben einen Einfluss auf die modellierten Energiebedarfskennwerte. Aufgrund der genannten Defizite der Modellierung ist eine Kalibrierung der kalkulierten Kennwerte unerlässlich. Die Kalibrierung wird mithilfe eines Kalibrierfaktors für die Gebäudekategorie und der Baualtersklasse durchgeführt. Der dimensionslose Kalibrierfaktor gibt das Verhältnis zwischen den gemessenen zu den berechneten Energiekennwerten wieder und wurde wie folgt definiert:

$$f_m = \frac{\text{gemessener Energieverbrauch}}{\text{berechneter Energiebedarf}} \quad (3.1)$$

Mithilfe der Kalibrierfaktoren wird ersichtlich, wie die berechneten Kennwerte mit den tatsächlichen Verbrauchskennwerten übereinstimmen. Für die gemessenen Verbrauchswerte war es nötig, die Netzbetreiber (IKB und TIGAS) in den Kalibrierprozess einzubinden und die rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären.

Rechtliche Rahmenbedingungen:

Aufgrund der datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen dürfen keine Gebäude basierenden Gas- und Stromverbrauchsdaten von den Netzbetreibern an Dritte übermittelt werden. Daher wurde die Kalibrierfaktorenauswertung direkt von den Netzbetreibern durchgeführt. Dafür wurden folgende Informationen seitens des EneRAIp Berechnungsmodells an die Netzbetreiber übermittelt:

- Adresse (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Gebäudekategorie (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Bauperiode (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Bruttogesamtfläche (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Gesamte Nutzfläche (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Statistik Austria 100 x 100 Meter Raster ID (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Statistik Austria)
- Anzahl der Wohnnutzungseinheiten (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)

- Anzahl der Hauptwohnsitzer (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Anzahl der Nebenwohnsitzer (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell auf Basis der Stadtdaten)
- Heizenergiebedarf Raumwärme (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell Algorithmus)
- Heizenergiebedarf Warmwasser (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell Algorithmus)
- Strombedarf (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell Algorithmus)
- Charakteristische Länge l_c (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell Algorithmus)
- Mittlerer U-Wert vom Gebäude (Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell Algorithmus)

Die zur Verfügung gestellten Daten wurden bei den Netzbetreibern intern mit den Verbrauchsdaten verknüpft und als Basis für die Kalibrierfaktorenauswertung herangezogen. Zu den übermittelten Informationen wurde die dazu benötigte Auswertungsmethodik im Rahmen der Dissertation mit den Netzbetreibern ausgearbeitet. Als Gegenleistung der Netzbetreiber wurden die Kalibrierfaktoren in Bezug zur Gebäudekategorie und Baualtersklasse für die Modellkalibrierung zur Verfügung gestellt. Mit den Kalibrierfaktoren auf Basis der Gebäudekategorie und Baualtersklasse ist ein Zurückrechnen auf das einzelne Gebäude nicht möglich.

Anwendungsbereich:

Der Anwendungsbereich der Auswertungsmethodik beschränkt sich auf die vom EneRAIp Berechnungsmodell abgedeckten Bereiche. Es werden die Gebäudekategorien Einfamilienhaus (EFH), Reihenhaus (RH), Mehrfamilienhaus „Klein“ „Mittel“ „Groß“ (MFH-K bis MFH-G), der berechnete Mischnutzungsanteil und das Gewerbe in die Kalibrierfaktorenauswertung einbezogen. Die Kalibrierfaktoren der einzelnen Methoden (Wärme, Strom) können jeweils nur in Bezug zu den modellierten Kennwerten des EneRAIp Berechnungsmodells angewendet werden. Sie können aufgrund der Datengrundlagen und Modellannahmen nicht für andere Modelle verwendet werden.

In der Abbildung 3.9 wird der beschriebene Prozess der Kalibrierauswertung dargestellt. Die dargestellte Einbindung der Rauchfangkehrerdatenbank wurde zur Vollständigkeit angeführt. Dieser Datensatz stand für die Modellanwendung in Innsbruck nicht zur Verfügung (siehe Kapitel 4.4.6). Nachfolgend wird in den Kapitel 3.2.1 und 3.2.2 jeweils auf die detaillierte Auswertungsmethodik Stellung bezogen.

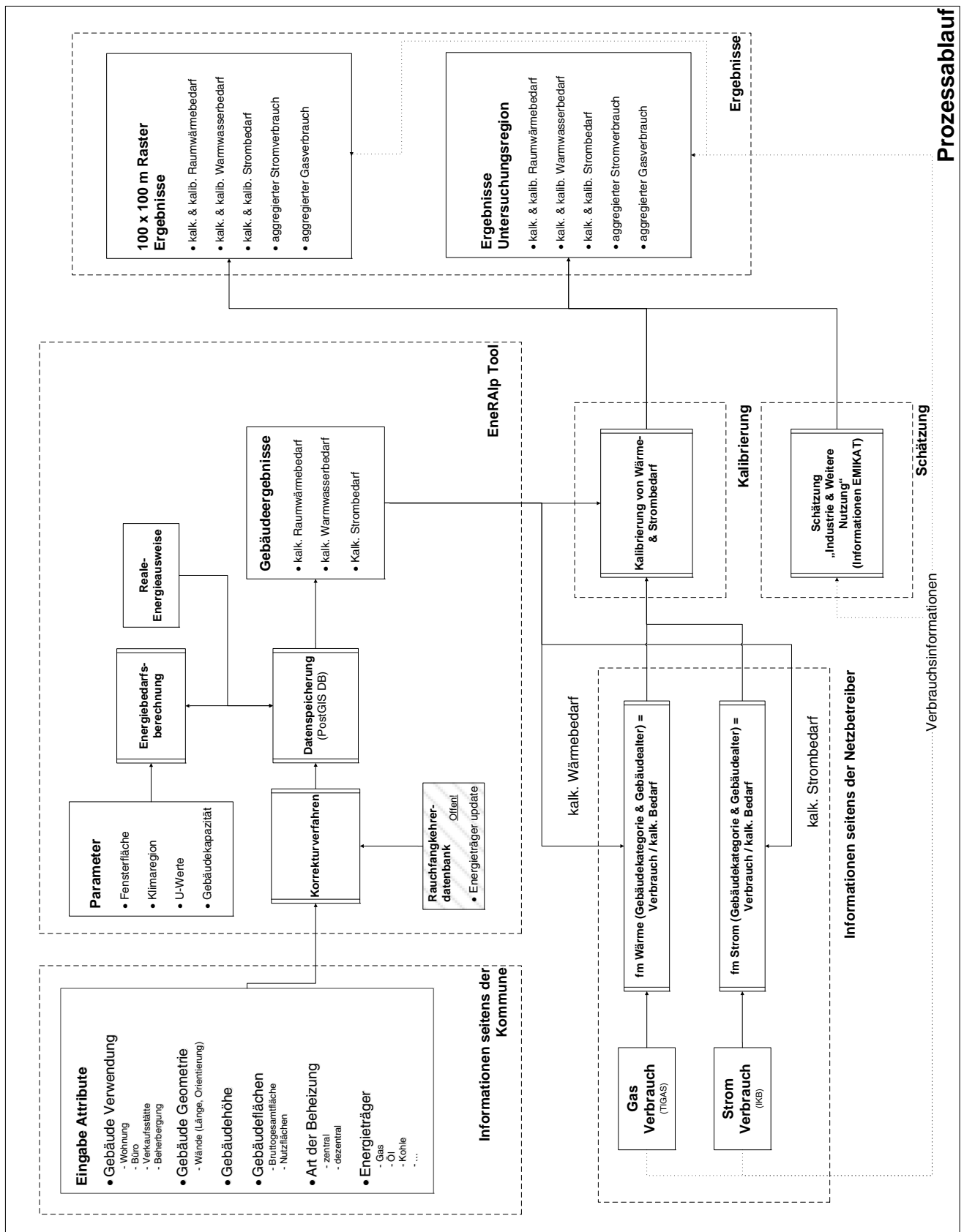


Abbildung 3.9.: Kalibrierprozessübersicht - Quelle: eigene Darstellung

3.2.1. Auswertungsmethodik Kalibrierfaktoren Wärme

Dem Netzbetreiber TIGAS wurden die im Kapitel 3.2 beschriebenen Informationen auf Gebäudeebene zur Verfügung gestellt. Die Kalibrierauswertung erfolgte in den Jahren 2012, 2013 und 2014. Da ein Gebäude mehrere Gasanschlüsse haben kann, werden die einzelnen Verbrauchsdaten auf die Gebäudeebene aggregiert und mit den kalkulierten Bedarfskennwerten verknüpft. Die Betrachtungsebene wird in dem rot markierten Rechteck in der Abbildung 3.10 illustriert.

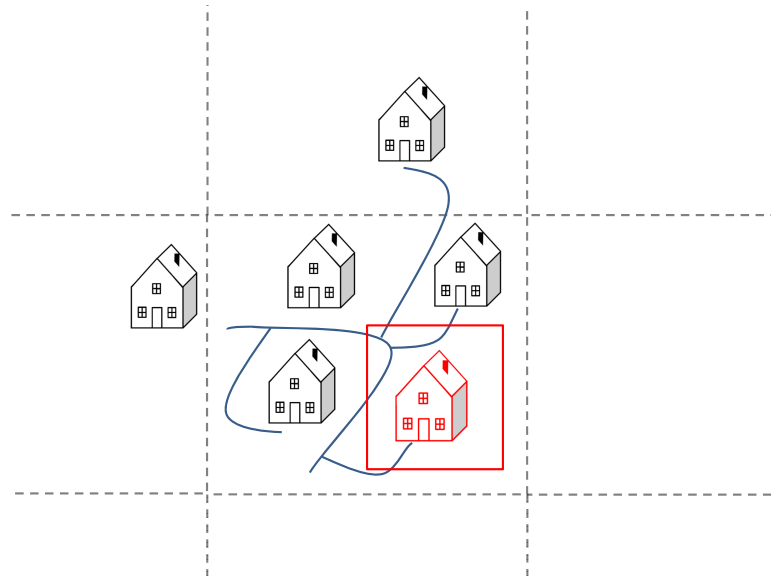


Abbildung 3.10.: Darstellung Gebäudeebene - Quelle: eigene Darstellung

Ansatz:

Für die Kalibrierfaktorenauswertung ist der Heizwert die Bezugsgröße. Das bedeutet, der abgerechnete Gasverbrauch (Abrechnung auf Basis vom Brennwert) wird mit dem jeweiligen Brennstofffaktor „ $f_{Brennstoff}$ “ (Brennwert zu Heizwert) vom Brennwert (H_o) in den Heizwert (H_u) umgerechnet, da nicht davon ausgegangen wird, dass die Gaskessel im Betrieb den Wasserdampfgehalt im Rauchgas kondensieren (Definition Brenn- und Heizwert siehe Kapitel A.1). Dafür wurden folgende Jahresmittelwerte der Tabelle 3.6 verwendet:

Tabelle 3.6.: Brennstofffaktoren - Quelle: TIGAS

Jahr	H_o	H_u	$f_{Brennstoff}$
2012	11,198	10,096	1,109084
2013	11,203	10,100	1,109224
2014	11,252	10,145	1,109118

Der Gasverbrauchsanteil für die Raumheizung wird zusätzlich klimabereinigt, dazu wird der Anteil des Raumwärmebedarfs anhand der berechneten Energiekennzahlen (HEB-TW und HEB-RH)¹³

¹³Heizenergiebedarf exklusiver Hilfsenergie

3. Methodik

berechnet und mit den jeweiligen Klimabereinigungsfaktoren (siehe Tabelle 3.7) für Innsbruck bereinigt.

Klimabereinigung:

Zu Beginn wurden die jährlichen Heizgradtage $HGT_{20/12}$ (2012 bis 2014) gemäß folgender Formel 3.2 für den Standort Flughafen Innsbruck berechnet:

$$HGT_{20/12} = \sum_i (\theta_{i,h} - \theta_{e,i}) * d_i \quad (3.2)$$

$HGT_{20/12}$	Heizgradtage, in Kd/a
$\theta_{i,h}$	mittlere Innentemperatur 20 °C
$\theta_{e,i}$	mittlere Außentemperatur des jeweiligen Tages, in °C
d_i	Tage, wenn $\theta_{e,i} < 12$ °C, in d

Als Referenz- Heizgradtage HGT_{Ref} (20/12) wurden die Heizgradtage der Klimaperiode von 1981 bis 2010 von der ZAMG, 2012 herangezogen. Anschließend wurde der jährliche Klimabereinigungsfaktor f_{Klima} wie folgt (Formel 3.3) bestimmt:

$$f_{Klima} = HGT_{Ref} / HGT_{20/12} \quad (3.3)$$

$HGT_{20/12}$	Heizgradtage, in Kd/a
HGT_{Ref}	Referenz Heizgradtage, in Kd/a
f_{Klima}	jährlicher Klimabereinigungsfaktor, in [-]

Die Ergebnisse der Heizgradtageauswertung und der Klimabereinigungsfaktoren werden in der folgenden Tabelle 3.7 angeführt.

Tabelle 3.7.: Klimabereinigungsfaktoren Innsbruck - Quelle: ZAMG, eigene Berechnung

Region	Jahr	Klimabereinigungsfaktor (f_{Klima})	Heizgradtage ($HGT_{20/12}$)	Heizgradtage Referenzwert (HGT_{Ref})
Innsbruck	2012	0.920	3.612	3.324
Innsbruck	2013	0.936	3.551	3.324
Innsbruck	2014	1.166	2.852	3.324

Die Klimabereinigungsfaktoren f_{Klima} werden für den jeweiligen Raumwärmeanteil des Gasverbrauchs zur Klimabereinigung herangezogen.

Warmwasserbereitung:

Seitens des Netzbetreibers IKB ist der Boilerstromverbrauch für die Warmwasserbereitung bekannt, dieser setzt sich zum Teil aus pauschalierten Anlagen (nicht gezählte Anlagen - auf Erfahrungswerten berechneter Anlagenverbrauch) und gezählte Anlagen zusammen. Da der Boilerstromverbrauch nicht ausschließlich gezählte Anlagen beinhaltet, kann man nicht direkt von einem Verbrauch gemäß der Definition (siehe Kapitel A.1) sprechen. Der Verbrauch ist daher als Pseudoverbrauch anzusehen. Der Anteil vom Boilerstromverbrauch wird bei der Übermittlung der kalkulierten Warmwasserbedarfskennzahlen (HEB-TW) berücksichtigt, damit der Stromanteil für die Warmwasserbereitung in die Auswertung einfließt.

Rahmenbedingungen:

Aufgrund der Modelleigenschaften und der Grundlagendaten wurden folgende Rahmenbedingungen für die Kalibrierungsauswertung des Wärmebedarfs definiert:

- Für die Auswertung werden nur „aktive“ Gebäude (in Verwendung) herangezogen.
- Es werden nur Gebäudeumrisse mit einem Adresspunkt verwendet (siehe Problemstellung mehrere Adressen je Polygon 3.1.2).
- Das Baualter darf nicht das Verbrauchsbezugsjahr überschreiten.
- Es werden für die Auswertung nur vollständig¹⁴ berechnete Gebäude vom EneRAIp Berechnungsmodell herangezogen.
- Für die Auswertung werden nur Gebäude, die ausschließlich mit dem Energieträger Gas für die Raumwärme vom Netzbetreiber versorgt werden, verwendet.
- Der Gasverbrauch von den einzelnen Gebäuden darf nicht den Wert von 1.5 GWh/a übersteigen¹⁵.
- Im Fall des bekannten Boilerstromverbrauchs (Netzbetreiber IKB) wird der Anteil beim Warmwasserbedarf berücksichtigt.
- Gibt es keine Angaben zum Boilerstromverbrauch, wird die Annahme getroffen, dass die Warmwasser- und Raumwärmebereitstellung mit dem selben Brennstoff „Gas“ durchgeführt wird.

Datenbereinigung:

Während der Datenverknüpfung und der Datenverifizierung wurde ersichtlich, dass eine Datenbereinigung von den Extremwerten notwendig ist. In Kombination mit der Kalibrierdatenverifizierung im

¹⁴Kennzahlen werden nur für den Fall, dass alle Nutzungseinheiten im Gebäude berechnet wurden, für die Auswertung herangezogen. Damit werden Gebäude mit unbekannten Nutzungseinheiten, die vom Berechnungsmodell nicht berechnet werden können, wie z. B. Industrie, bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

¹⁵Großverbraucher werden in die Kalibrierungsauswertung nicht einbezogen

Kapitel 4.3.1.3 wurde der Kennwert von 5 Prozent als Datenausschuss in jeder Gebäudekategorie definiert. Dabei werden die unteren und die oberen Extremwerte zu je 2,5 Prozent ausgeschieden.

Berechnung der Kalibrierfaktoren für den Wärmebedarf:

$$g_{v_a} = g_{v_{\text{Verrechnung}}} / f_{\text{Brennstoff}} \quad (3.4)$$

$$h_{eb_{TWGeb}} = h_{eb_{TWGebMod}} - s_{v_{TWGebBoiler}} \quad (3.5)$$

$$g_{v_{RHGeb}(\text{Jahr})} = (g_{v_a} * \frac{h_{eb_{RHGeb}}}{(h_{eb_{TWGeb}} + h_{eb_{RHGeb}})}) * f_{KLIMA} \quad (3.6)$$

$$g_{v_{TWGeb}(\text{Jahr})} = g_{v_a} * \frac{h_{eb_{TWGeb}}}{(h_{eb_{TWGeb}} + h_{eb_{RHGeb}})} \quad (3.7)$$

$$f_{m(\text{Gebäude, Bauperiode})} = \frac{g_{v_{RHGeb}} + g_{v_{TWGeb}}}{h_{eb_{RHGeb}} + h_{eb_{TWGeb}}} \quad (3.8)$$

g_{v_a}	Gasheizwert in kWh/a
$g_{v_{\text{Verrechnung}}}$	Verrechnungsbrennwert Gas in kWh/a
$f_{\text{Brennstoff}}$	Umrechnungsfaktor Brennwert zu Heizwert
$h_{eb_{TWGeb}}$	Heizenergiebedarf für Warmwasser vom Gebäude exklusive dem Boilerstromverbrauch in kWh/a
$h_{eb_{TWGebMod}}$	Heizenergiebedarf für Warmwasser Modell exklusiv Hilfsenergie in kWh/a
$s_{v_{TWGebBoiler}}$	Boilerstromverbrauch für Warmwasser (Netzbetreiber IKB) in kWh/a
$h_{eb_{RHGeb}}$	Heizenergiebedarf für Raumheizung exklusiv Hilfsenergie vom Gebäude in kWh/a
f_{KLIMA}	Klimabereinigungsfaktor des betreffenden Jahres
$g_{v_{RHGeb}}$	Berechneter Gasverbrauch für Raumheizungsbereitstellung vom Gebäude in kWh/a
$g_{v_{TWGeb}}$	Berechneter Gasverbrauch für Warmwasserbereitstellung vom Gebäude in kWh/a
f_m	Modellkalibrierungsfaktor in Abhängigkeit der Gebäudekategorie und Baualtersklasse

Bezugsgröße:

Die zur Verfügung stehende und verwendbare Anzahl der Verbrauchsdaten für die Kalibrierbasis vom Wärmebedarf ist im Vergleich zu den Stromverbrauchsdaten geringer. In Summe stehen 1.362 Gasverbrauchsdaten (Bezugsjahr 2014) für sieben Gebäudekategorien und acht Baualtersklassen zur Verfügung. Anhand der Verifizierung 4.3.1.3 wurde ersichtlich, dass bei der Kalibrierung des Wärmebedarfs mit dem Durchschnittswert (Mittelwert) aller Kalibrierfaktoren (Wärme) ein besseres Ergebnis in Bezug auf die Kalibrierbasis als der Zentralwert (Median) erzielt wird. Daher wurde der Durchschnittswert (Mittelwert) als Bezugsgröße definiert.

Enthaltene Einflussfaktoren im Kalibrierfaktor Wärme:

Aufgrund der unterschiedlichen Informationsdefizite sind folgende Einflussfaktoren, die sich auf die Kalibrierung des Wärmebedarfs auswirken können, zu nennen:

- Annahmen / Rahmenbedingungen EneRAIp Berechnungsmodell
- Sanierungsmaßnahmen
- reales Nutzerverhalten
- Performance Gap
- Leerstand
- Teilbeheizungen
- Energiearmut
- Datenungenauigkeiten

Die Annahmen (z. B. Fensteranteil) beim EneRAIp Berechnungsmodell können sich von der Realität unterscheiden. Folglich besteht ein Einfluss auf die Kalibrierfaktoren und zwar insofern, als dass Abweichungen innerhalb der Annahmen gegenüber der Realität existieren. In dem Modellierungsansatz des EneRAIp Berechnungsmodells fließen keine Informationen von Sanierungsmaßnahmen von einzelnen Gebäuden ein. Daher werden diese auch nicht in der Modellierung des Wärmebedarfs berücksichtigt. Das Nutzverhalten wird über standardisierte Nutzungsprofile seitens der ÖNORM B8110-5 (ÖNORM B8110-5, 2011) beschrieben, die reale Belegungsdichte (Anzahl der Personen) fließt im Berechnungsmodell nicht in das Nutzungsprofil ein. Der Performance Gap (siehe Kapitel 2.1.2) beschreibt den Unterschied zwischen den modellierten Bedarfskennwerten und den tatsächlichen Verbrauchskennwerten von Standardkalkulationsmethoden wie zum Beispiel dem Energieausweis. Er ist jeweils von der angewandten Methode und den Rahmenbedingungen (Annahmen: Verschattung, Luftaustauschrate, ...) abhängig. Der genannte Effekt hat einen indirekten Einfluss auf das Berechnungsmodell und ist daher zu berücksichtigen. Auch der Leerstand und die teilbeheizten Räume werden bei der Modellierung nicht explizit berücksichtigt. In Verbindung mit dem Nutzerverhalten, der Teilbeheizung und Raumtemperatur kann auch die Energiearmut von einkommensschwachen Bewohnern (sozialer Wohnbau) einen Einfluss haben. In der Studie „Pilotprojekt gegen Energiearmut“ (Christanell u. a., 2014) wurden einkommensschwache Haushalte in unterschiedlichen Pilotprojekten in Österreich in Bezug auf die Energiearmut untersucht. Nach der projekteigenen Definition waren 12 Prozent der untersuchten Haushalte von der ausschließlichen Energiearmutsbelastung (eingeschränkte Beheizung) betroffen. Aus der Studie lässt sich zwar kein allgemeiner Trend (regionaler Trend) der energiearmutsbetroffenen Haushalte auf alle Haushalte ableiten, dennoch zeigt sich, dass die Energiearmut einen weiteren Einflussfaktor auf das Nutzerverhalten und somit auf den Energieverbrauch darstellt. Die Datenungenauigkeiten der Datengrundlagen und die damit verbundenen Korrekturverfahren (siehe Kapitel 3.1.6) wirken sich ebenfalls auf

die Kalibrierfaktorenauswertung aus. Für eine detaillierte Bestimmung der einzelnen Einflussfaktoren ist eine umfangreiche Erhebung und Vermessung einzelner Gebäude notwendig, dies konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur bedingt mit der Verknüpfung von zusätzlichen Datensätzen (siehe Kapitel 3.1.1) und der Verifizierung (Kapitel 4.3.1.3) durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Modellkalibrierung Wärme sind im Kapitel 4.3.1 angeführt.

3.2.2. Auswertungsmethodik Kalibrierfaktoren Strom

Wie im Einleitungskapitel 3.2 beschrieben, wurden dem Stromnetzbetreiber IKB die Datengrundlagen für die Kalibrierung zur Verfügung gestellt. Da wie bei der TIGAS mehrere Abnehmer je Gebäude existieren, wurden die einzelnen Verbrauchsdaten auf die Gebäudeebene aggregiert und mit den kalkulierten Bedarfskennwerten verknüpft.

Ansatz:

Seitens des Berechnungsmodells (EneRAIp) stehen der Haushalts- und Betriebsstrombedarf sowie die Hilfsenergie zur Verfügung. Der tatsächliche Stromverbrauch für Raumwärme ist dem Netzbetreiber nicht bekannt und eine Klimabereinigung des Raumwärmestromverbrauchs ist nicht möglich. Der Stromverbrauch für Warmwasserwärmebedarf ist, wie im Kapitel 3.2.1 beschrieben, nur bedingt bekannt und wird daher nicht in die Kalibrierfaktorenauswertung einbezogen. Des Weiteren gibt es keine Informationen zum Kühlbedarf der Gebäude. Deshalb werden die kalkulierten Kennwerte vom Haushalts-, Betriebsstrombedarf und die Hilfsenergie als Kalibrierungsbezug herangezogen, mit dem Wissen, dass auch Anteile des Stromverbrauches für den Zweck der Wärme- und Kältebereitstellung beinhaltet sein können.

Rahmenbedingungen:

Folgende Rahmenbedingungen wurden auf Basis der Grundlagendaten für die Kalibrierfaktorenauswertung des Strombedarfs definiert:

- Für die Auswertung werden nur „aktive“ Gebäude (in Verwendung) herangezogen.
- Es werden nur Gebäudeumrisse mit einem Adresspunkt verwendet (siehe Problemstellung mehrere Adressen je Polygon 3.1.2).
- Das Baualter darf nicht das Verbrauchsbezugsjahr überschreiten.
- Es werden für die Auswertung nur vollständig¹⁶ berechnete Gebäude vom Berechnungsmodell herangezogen.

¹⁶Kennzahlen werden für den Fall, dass alle Nutzungseinheiten im Gebäude berechnet wurden, für die Auswertung herangezogen. Damit werden Gebäude mit unbekannten Nutzungseinheiten, die vom Berechnungsmodell nicht berechnet werden können, wie z. B. Industrie, bei der Auswertung ausgeschlossen.

Datenbereinigung:

Es wurde dieselbe Datenbereinigungsmethodik wie bei der Kalibrierfaktorenauswertung des Wärmebedarfs (3.2.1) durchgeführt. Dabei werden in Bezug auf den Kalibrierfaktor in Summe 5 Prozent vom jeweiligen Datensatz der Gebäudekategorie ausgeschieden. Jeweils 2,5 Prozent werden von den unteren und oberen Extremwerten durch die Datenbereinigung nicht für die Auswertung herangezogen.

Berechnung der Kalibrierfaktoren für den Strombedarf

$$sb_{\text{Geb}(\text{Gebäude, Bauperiode})} = hhsb + bsb + he \quad (3.9)$$

$$fm_{(\text{Gebäude, bauperiode})} = \frac{sv}{sb_{\text{Geb}}} \quad (3.10)$$

sb_{Geb}	Strombedarf vom Gebäude in kWh/a
$hhsb$	Haushaltsstrombedarf in kWh/a
bsb	Betriebsstrombedarf in kWh/a
he	Hilfsenergie in kWh/a
fs	Kalibrierfaktor
sv	Stromverbrauch vom Gebäude in kWh/a

Bezugsgröße:

Für die Kalibrierung des Stromverbrauchs stehen 9.563 Stromverbrauchsdaten für die sieben Gebäudekategorien und acht Bauperioden zur Verfügung. Wie bei dem Kalibrieransatz für die Wärme wurde für die Kalibrierung des Strombedarfs der Durchschnittswert (Mittelwert) aller Kalibrierfaktoren (Strom) herangezogen. Auch hier wurde ersichtlich, dass die Kalibrierung mit dem Durchschnittswert (Mittelwert) ein besseres Ergebnis liefert. Der Ansatz wird im Kapitel 4.3.2.3 verifiziert.

Differenzierungsschwierigkeit der Stromverbrauchsdaten:

Auch bei den Kalibrierfaktoren für den Strombedarf ist eine Differenzierung folgender Kennwerte nicht möglich:

- Stromanteil des Wärmeverbrauchs Raumheizung und Warmwasserwärme
- Kältestromverbrauch
- Haushalts- Betriebstromverbrauch
- Hilfsstromverbrauch

Der tatsächliche Stromanteil für den Raumwärme- und Warmwasserverbrauch ist seitens des Netzbetreibers nur bedingt bekannt. Der Boilerstromverbrauch wurde in der Vergangenheit meist pauschal ohne Zählung beim Endkunden vergütet, neuere Anlagen werden inzwischen gezählt. Es liegt zwar die Information des Boilerstromverbrauchs / -bedarfs (Boilerstromverbrauch) vor, jedoch können die pauschalierten Anlagen nicht von den gemessenen Anlagen differenziert werden. Direkte Stromwärmebereitstellung, wie zum Beispiel einzelne Elektroöfen werden nicht erfasst. Der Stromanteil für Raumwärme und Warmwasserwärme wird in Verbindung mit den kalkulierten und kalibrierten Wärmebedarfskennwerten sowie der Energieträgerverteilung vom AGWR II bei der weiteren Verarbeitung der Kennwerte in der Gesamtbilanz (siehe Kapitel 4.4) vereinfacht berechnet. Zu dem Kältestromverbrauch von Klima- und Kühlungsanlagen gibt es ebenfalls keine Aufzeichnungen seitens des Netzbetreibers. Deshalb kann der Haushalts- und Betriebsstromverbrauch sowie Hilfsstromverbrauch nur modellgestützt berechnet werden. Wie in dem Kapitel 3.2.1 beschrieben, hat auch die Thematik der Energiearmut und der Datenungenauigkeiten einen Einfluss auf die Kalibrierfaktorenauswertung. Die Ergebnisse der Kalibriermethodik Strom sind im Kapitel 4.3.2 angeführt.

3.3. Gesamtbilanzierung

Die integrierten Datengrundlagen (siehe Kapitel 3.1.1) und die kalkulierten und kalibrierten Ergebnisse seitens des EneRAIp Berechnungsmodells stellen die Basis für die Gesamtbilanzierung dar.

Wie im Kapitel 3.1.5 beschrieben werden nicht alle Nutzungsarten seitens des EneRAIp Berechnungsmodells abgedeckt. Dies hat zur Folge, dass einerseits bei den Gebäudekategorien „Industrie“ und „Weitere Nutzung“ keine berechneten Energiekennwerte zur Verfügung stehen und andererseits bei der Gebäudekategorie „Mischnutzung“ gewisse Gebäude zum Teil oder gar nicht berechnet werden. Im Fall der „Mischnutzung“ bzw. der teilberechneten Gebäude wird seitens des EneRAIp Berechnungsmodells der jeweilig berechnete Anteil (in Bezug auf das Gesamtgebäude) von den betroffenen Gebäuden für die weitere Verarbeitung ausgewiesen. Damit kann der Anteil der nicht berechneten Gebäudeteile der „Mischnutzung“ nachvollzogen werden. Im Zuge der aggregierten Einbindung der Verbrauchskennwerte der EMIKAT-Erhebung (siehe 3.1.1.5) werden die modellierten Wärmebedarfskennwerte seitens des EneRAIp Berechnungsmodells durch die Daten aus der Erhebung ersetzt. Die EMIKAT-Erhebung beinhaltet zudem Informationen von der Fernwärmebereitstellung vom Untersuchungsgebiet. Im Zuge des SINFONIA-Projektes wurde eine detaillierte Erhebung der Fernwärmebereitstellung für das SINFONIA-Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Informationen der Erhebung stehen ebenfalls für die Gesamtbilanz zur Verfügung. Zusätzlich werden die aggregierten Verbrauchsdaten (Strom- und Gasverbrauch) der Netzbetreiber für die einzelnen Gebäudekategorien zum Abgleich der Bilanzierung herangezogen. Im Fall der noch unbekannten Nutzungsarten bzw. der nicht berechneten Gebäudeanteile wird pragmatisch auf durchschnittliche Bedarfskennzahlen vom Modell oder auf Literaturwerte zurückgegriffen. Abschließend wurden die Mobilitätskennwerte seitens des Amtes für Verkehrsplanung und Umwelt vom Stadtmagistrat Innsbruck in die Gesamtbilanz mit aufgenommen. Die Gesamtbilanzierung ist eine Zusammenführung von unterschiedlichen Datenquellen und Berechnungsmethoden. Die detaillierte Beschreibung und Vorgehensweise ist in den Ergebnissen im Kapitel 4.4 beschrieben.

3.4. Weiterführende Untersuchungen

Bei den weiterführenden Untersuchungen gilt es, unterschiedliche Bewertungen mit Bezug auf die Gesamtbilanzierung durchzuführen. Dabei werden sowohl die modellierten Kennzahlen seitens des EneRAIp Berechnungsmodells als auch modellunabhängige Untersuchungen durchgeführt. Auf Basis der Gesamtbilanz erfolgt in Verbindung mit anderen Studien ein Abgleich der Kennzahlen. Dabei werden die Bilanzierungen von zwei weiteren österreichischen Städten (Wien und Salzburg) herangezogen. Abschließend werden die zur Verfügung stehenden Energieausweisdaten der Neuen Heimat Tirol (NHT) mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten verglichen, um den Bezug zu den modellierten Kennwerten (EneRAIp Berechnungsmodell) herzustellen. Die detaillierte Vorgehensweise ist wie bei der Gesamtbilanzierung direkt im Ergebnisteil (siehe Kapitel 4.5) angeführt.

4. Ergebnisse

Der Ergebnisteil beginnt mit dem Prozessablauf der Datenintegration der Grundlagendaten (Kapitel 4.1) der Stadt Innsbruck. Hier erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse von der Datenzusammenführung (Verknüpfung) aus den unterschiedlichen Datenquellen. Aufbauend werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse (Kapitel 4.2) angeführt, die eine detaillierte Aufschlüsselung der Gebäudestruktur des Untersuchungsgebietes beinhaltet. Bei den Ergebnissen der Kalibrierfaktoren (Kapitel 4.3) sind die EneRALp Berechnungsmodell spezifischen Kalibrierfaktoren für den Wärme- und Strombedarf angeführt. Anschließend an die Kalibriefaktorenauswertung werden die Ergebnisse der Gesamtbilanzierung (Kapitel 4.4) für die Stadt Innsbruck dargestellt. Zuletzt sind die Ergebnisse der weiterführenden Untersuchung angeführt, welche spezifische Kennwerte auf Basis der Bestandsanalyse und der Gesamtbilanzierung beinhalten. Die Ergebnisse werden sowohl mit unabhängigen Modellen als auch mit Referenzbilanzierungen verglichen. Zur Übersichtlichkeit erfolgt die Diskussion aller beschriebenen Ergebnisse am Ende der einzelnen Kapitel.

4.1. Prozessablauf der Datenintegration

Mit dem Prozessablauf der Datenintegration wird die Datenzusammenführung der unterschiedlichen Datengrundlagen der Stadt Innsbruck beschrieben. Zu Beginn wurden 15.434 Gebäudedaten aus den Verwaltungsberichten Gebäude und Bauvorhaben Gebäude (AGWR II) eingelesen (siehe Datengrundlagen Kapitel 3.1.1), diese beinhalten aktive, nie existente und abgebrochene Gebäude. Für die fortführende Auswertung werden nur aktive und im Bauvorhaben fertiggestellte Gebäude verwendet, dasselbe gilt auch für die Nutzungseinheiten der Gebäude. Daraus ergeben sich 14.684 aktive Gebäude und 88.369 Nutzungseinheiten. Bei der Adresspunktkoordinatenanpassung wurden 12.339 Koordinatenpunkte angepasst. 10.789 Gebäudeumrisse (Polygone) wurden direkt anhand der Gebäudeadresse mit den Daten vom AGWR II verknüpft und 3.574 Gebäudeumrisse anhand der Verortung zugeteilt. Das Gelände- und Oberflächenmodell ist in der Datenintegration vollständig verarbeitet und es konnten 15.422 Gebäude (inkl. nie existent, Abbruch) erfasst werden. 12 Gebäude liegen räumlich außerhalb des Gelände- und Oberflächenmodells. Aus der Datengrundlage der Personentalersstruktur konnten 27.894 Einträge mit den AGWR II Grundlagendaten verknüpft werden, lediglich bei 174 Einträgen gab es kein Zuweisung. Der 100 x 100 Meter Raster der Statistik (Statistik, 2016b) wurde vollständig für alle Gebäude verarbeitet, damit hat jedes Gebäude den Rasterbezug der Statistik Austria. Bei 8.062 Gebäuden erfolgte eine Anpassung der Nutzfläche. Bei 965 Gebäuden wurden die Brennstoffe der Nutzungseinheiten aufgrund der AGWR II Gebäudebrennstoffinformation angepasst. Für 1.071 Gebäude wurde ein künstliches Polygon erzeugt

(das künstliche Polygon bezieht sich auf die überbaute Fläche des AGWR II und wird nur für die Energiebedarfsberechnung herangezogen). 12.150 Gebäude sind vollständig oder teilweise (Voraussetzung: mindestens eine Nutzungsart vom Gebäude muss dem Berechnungsmodell bekannt sein, siehe Kapitel 3.1.5) vom EneRAIp Berechnungsmodell berechnet, keine Gebäudeberechnung endete mit einem Fehler. 3.284 Gebäude erfüllten nicht die Berechnungsmodellvoraussetzungen entsprechend den Grundlagen des Berechnungsmodells (siehe Kapitel 3.1.5), die Gebäude werden wie im Kapitel 3.3 beschrieben, gesondert behandelt (mit EMIKAT-Daten angereichert oder abgeschätzt).

Die folgende Übersicht zeigt alle zur Verfügung stehenden Grundlagen. Die Information zu den Verbrauchsdaten und den EMIKAT-Daten kommen von den Projektpartnern Land Tirol, TIGAS und IKB.

AGWR II aktive Gebäude	→	14.684 Gebäude
AGWR II aktive Nutzungseinheiten	→	88.369 Einheiten
Personenaltersstruktur	→	27.894 Einträge
EMIKAT-Erhebung 2005 / 2010	→	360 Anlagendaten
Gasverbrauchsdaten TIGAS	→	18.382 Einzeldaten
Stromverbrauchsdaten IKB	→	19.355 ¹⁷ Gebäudedaten

Aufbauend auf die integrierten Datengrundlagen wurde das EneRAIp Berechnungsmodell angewendet und die Bestandsanalyse, Kalibrierfaktorenauswertung, Gesamtbilanzierung und die weiterführenden Untersuchungen durchgeführt (siehe Ergebnisse Kapitel 4.2, 4.3, 4.4, 4.5).

¹⁷inkl. Infrastruktur

4.2. Ergebnisse der Bestandsanalyse

Dieses Kapitel zeigt die Ergebnisse der Bestandsanalyse. Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsübersicht im Kapitel 4.2.1 sind weitere, vertiefte Untersuchungen der einzelnen Gebäudekategorien angeführt. Anschließend erfolgt die Verifizierung und Diskussion der Ergebnisse.

4.2.1. Bestandsübersicht Innsbruck

Auf Basis der vordefinierten Gebäudekategorisierung (Kapitel 3.1.7) wurde der Gebäudebestand für die Stadt Innsbruck eingeteilt. Die Anzahl der Gebäude je Gebäudekategorie und die dazugehörige Nutzfläche wird in der folgenden Tabelle 4.1 dargestellt.

Tabelle 4.1.: Gebäudebestandsübersicht Innsbruck - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Kategorie	Anzahl der Gebäude	Nutzfläche [m²]
Einfamilienhaus	1.996	308.392
Reihenhaus	1.079	140.471
Mehrfamilienhaus „Klein“	2.383	595.928
Mehrfamilienhaus „Mittel“	2.173	1.146.221
Mehrfamilienhaus „Groß“	2.154	2.539.438
Mischnutzung	1.955	4.252.478
Weitere Nutzung	400	1.098.040
Gewerbe	582	554.371
Industrie	279	206.220
Sonstige	1.683	153.532
Summe	14.684	10.995.090

Im gesamten Stadtgebiet gibt es in Summe 14.684 aktive Gebäude mit einer gesamten Nutzfläche von ca. 10,9 Mio. m². Der Gebäudeanteil (Anzahl der Gebäude) der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) liegt bei 67 Prozent, gefolgt von der Mischnutzung mit 13 Prozent. Im Bezug zur Nutzfläche liegt der Anteil der ausschließlichen Wohnnutzung bei 43 Prozent. Die Gebäudekategorie Mischnutzung weist mit ca. 4,2 Mio. m² (39 Prozent) den größten Flächenanteil der einzelnen Gebäudekategorien auf und liegt an zweiter Stelle nach der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G). Aufgrund der unterschiedlichen Gebäudenutzungen (z. B. Wohnung, Büro, Verkaufsfläche, ...) ist im Stadtkern eine sehr hohe Dichte an Gebäuden der Kategorie Mischnutzung zu identifizieren. Die „Weitere Nutzung“ - meist öffentliche Gebäude (Kultur-, Freizeit-, Bildungs- und Gesundheitswesen) - reiht sich mit einem Nutzflächenanteil von 10 Prozent an dritter Stelle, gefolgt von den Kategorien Gewerbe und Industrie mit einem Gesamtnutzflächenanteil von 7 Prozent. Die Anzahl der „Sonstigen“ Gebäude ist im Vergleich zu ihrer Nutzfläche hoch, dies ist auf die einzelnen Garagen, die in der „Sonstigen“ Nutzung ausgewiesen sind, zurückzuführen.

4. Ergebnisse

Da sich die Gebäudekategorien Mischnutzung, Gewerbe und Weitere Nutzung aus unterschiedlichen Nutzungsarten zusammensetzen, werden die jeweiligen Nutzflächenanteile der unterschiedlichen Nutzungsarten in der Tabelle 4.2 dargestellt.

Tabelle 4.2.: Nutzflächenanteil Mischnutzung, Gewerbe und Weitere Nutzung - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Nutzungsarten	Mischnutzung	Gewerbe	Weitere Nutzung
Wohnungen	21 %	-	-
Büroflächen	18 %	58 %	-
Verkaufsstätten	11 %	26 %	-
Beherbergung	9 %	13 %	-
Industrie	8 %	-	-
Kultur, Freizeit, Bildungs- u. Gesundheitswesen	13 %	-	57 %
Verkehr,- Nachrichtenwesen	8 %	-	10 %
Wohnflächen für Gemeinschaften	3 %	-	18 %
landwirtschaftliche Nutzung	0,2 %	-	1 %
Religiöse Einrichtungen	0,3 %	-	3 %
Sonstige	9 %	4 %	11 %

Die Gebäudekategorie Mischnutzung weist einen beachtlichen Anteil der Wohnnutzung (21 Prozent) auf, gefolgt von den Büroflächen (18 Prozent) und dem Kultur, Freizeit, Bildungs- und Gesundheitswesen (13 Prozent). Im Gegensatz zur Mischnutzung ist beim Gewerbe die Voraussetzung, dass das gesamte Gebäude ausschließlich einer definierten Nutzungsart (siehe Gebäudekategorisierung 3.1.7) aufweisen muss (z. B. ausschließliches Bürogebäude). In Bezug zu allen Nutzungsarten vom Gewerbe überwiegt die Nutzungsart „Büroflächen“. Derselbe Ansatz (ausschließliche Nutzung) gilt auch für die „Weitere Nutzung“. Der größte Flächenanteil in der „Weiteren Nutzung“ bildet die Nutzungsart „Kultur, Freizeit, Bildungs- und Gesundheitswesen“ mit 57 Prozent.

4. Ergebnisse

Altersstruktur:

Ein weiterer Aspekt der Bestandsanalyse ist die Altersstruktur des Gebäudebestandes. Dafür wird in den nachfolgenden Tabellen 4.3 und 4.4 die Gebäudeanzahl in Bezug zu den Bauperioden vom AGWR II dargestellt.

Tabelle 4.3.: Gebäudealtersstruktur EFH bis MFH-G - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Einfamilienhaus	Reihenhaus	Mehrfamilienhaus "Klein"	Mehrfamilienhaus "Mittel"	Mehrfamilienhaus "Groß"
vor 1919	144	70	516	537	202
1919-1944	355	98	593	389	239
1945-1960	369	172	318	178	261
1961-1970	224	192	272	217	362
1971-1980	173	152	166	156	334
1981-1990	201	165	137	170	196
1991-2000	211	107	107	200	198
2001-2010	267	107	240	261	265
ab 2011	52	16	34	65	97
Summe	1996	1079	2383	2173	2154

Die Altersstruktur der einzelnen Gebäudekategorien in der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) unterscheiden sich grundlegend, es gibt daher keinen allgemeinen Trend der Gebäudeanteile über die Bauperioden. Es ist zu beachten, dass die Bauperioden erst ab den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts mit einem konstanten Intervall eingeteilt wurden. Auch die Bauperiode „ab 2011“ kann aufgrund des Datenbestandes vom Jahr 2015 und den fehlenden fortschreitenden Jahren nur bedingt herangezogen werden. Der größte Anteil (57 Prozent) der Einfamilienhäuser wurde nach der Wiederaufbauphase ab 1960 errichtet. Dasselbe trifft bei den Reihenhäusern (68 Prozent) und bei den Mehrfamilienhäusern „Groß“ (67 Prozent) zu. Hingegen wurden die Mehrfamilienhäuser „Klein“ (60 Prozent) und „Mittel“ (51 Prozent) hauptsächlich in der Gründerzeit, Zwischenkriegszeit und in der Nachkriegszeit erbaut. Es ist ein Rückgang von Gebäudeanteilen in den genannten Gebäudekategorien während des Zeitraumes von 1970 bis 1990 zu verzeichnen, welcher in der Bauperiode 2001 bis 2010 wieder anstieg. Ähnlich zeigt sich der Trend bei den Mehrfamilienhäusern „Groß“, auch dort ist der Gebäudeanteil in den 80ern und 90ern rückläufig, dafür steigt der Anteil in der Bauperiode 2001 bis 2010 an.

4. Ergebnisse

Die Altersstruktur der Gebäude für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) liegt, wie im Beispiel vom Einfamilienhaus 4.1) ersichtlich wird, auch als Diagrammformat vor.

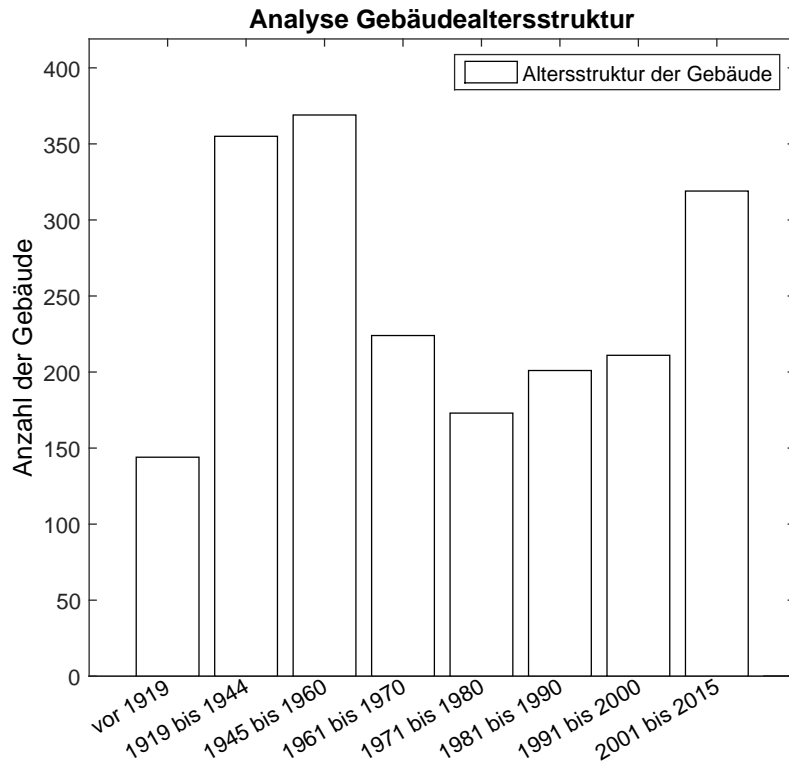


Abbildung 4.1.: Gebäudealtersstruktur Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Wie in der Tabellenbeschreibung 4.3 ersichtlich, wurde der größte Anteil (57 Prozent) der Einfamilienhäuser nach der Wiederaufbauphase ab 1960 errichtet. Ferner ist auf den unterschiedliche Bauperiodenintervall vor der Wiederaufbauphase bei der Ergebnisinterpretation des Gebäudeanteils (höher als in den anderen Bauperioden) zu achten. Für die restlichen Gebäudekategorien der ausschließlichen Wohnnutzung (RH bis MFH-G) befinden sich die zugehörigen Diagramme im Anhang A.2.

4. Ergebnisse

In der Tabelle 4.4 sind die Gebäudealtersstrukturen der Gebäudekategorien Mischnutzung, Weitere Nutzung, Gewerbe, Industrie und Sonstige angeführt.

Tabelle 4.4.: Gebäudealtersstruktur Mischnutzung bis sonstige Gebäude - Quelle: AGWR II, Ene-RAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Mischnutzung	Weitere Nutzung	Gewerbe	Industrie	Sonstige
vor 1919	562	101	235	50	58
1919-1944	162	30	33	19	159
1945-1960	209	40	48	34	387
1961-1970	228	59	62	52	299
1971-1980	205	42	59	49	106
1981-1990	129	43	57	38	150
1991-2000	120	28	51	14	29
2001-2010	272	41	26	17	290
ab 2011	68	16	11	6	158
Summe	1955	400	582	279	1636

Wie bei der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) kommt derselbe Bauepochenbezug aus dem AGWR II zur Anwendung. Im Bereich der nicht ausschließlichen Wohnnutzung zeigt sich, dass bis auf das Gewerbe der größte Anteil der Gebäude nach der Wiederaufbauphase ab 1960 errichtet wurde. Ein großer Anteil (40 Prozent) der Gebäude der Kategorie Gewerbe stammt aus der Gründerzeit. Aus dieser Zeit kommt noch ein erheblicher Anteil aus der Mischnutzung (29 Prozent) und Weiteren Nutzung (25 Prozent). In den 90er Jahren ist bis auf die Kategorie Gewerbe der Anteil der errichteten Gebäude in Bezug auf die restlichen Bauperioden am geringsten.

4. Ergebnisse

Haushalte:

Auf Basis der Nutzungseinheiten „Wohnung“ und „Wohnung / Arbeitsstätte“ des AGWR II (1 Wohnung bzw. Wohn- Arbeitsstätte entspricht einem Haushalt) wurden 73.296 Haushalte für das Stadtgebiet Innsbruck ermittelt.

Anzahl der Bewohner:

Anhand der Meldedaten vom AGWR II erfolgt die Zuordnung der jeweiligen Haupt- und Nebenwohnsitzer zu den einzelnen Gebäudekategorie (siehe Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5.: Haupt- und Nebenwohnsitzer der Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Kategorie	Hauptwohnsitz	Nebenwohnsitz
Einfamilienhaus	4.741	886
Reihenhaus	2.605	397
Mehrfamilienhaus „Klein“	11.236	2.179
Mehrfamilienhaus „Mittel“	25.709	4.587
Mehrfamilienhaus „Groß“	61.411	10.326
Mischnutzung	21.149	5.537
Weitere Meldefälle	2.346	2.918
Summe	129.197	26.830

Am Stichtag 03. Dezember 2015 leben 156.027 Bewohner in der Stadt Innsbruck, davon sind 83 Prozent als Hauptwohnsitzer in Innsbruck gemeldet. Der größte Anteil der Bewohner lebt in Mehrfamilienhäusern „Groß“ (46 Prozent) gefolgt von den Mehrfamilienhäusern „Klein“ (19 Prozent) und der Mischnutzung (17 Prozent). In der Kategorie „Weitere Meldefälle“ werden die restlichen Meldefälle, wie zum Beispiel der Gebäudekategorie „Weitere Nutzung“ oder „Sonstige“, erfasst. Dabei können auch Klärungsfälle¹⁸ wie zum Beispiel bei der Gebäudekategorie „Industrie“ enthalten sein. Zusätzlich gab es eine Untersuchung in Bezug auf den Gebäudeleerstand für die Stadt Innsbruck. Auf Basis der Meldedaten vom AGWR II ergab sich ein Gebäudeleerstand von 4,4 Prozent. Dieser Prozentsatz ist allerdings in Anbetracht der Klärungsfälle im Detail für die einzelnen Gebäude zu überprüfen.

Personenaltersstruktur:

Zu der Personenbelegung der Gebäudekategorien (siehe Tabelle 4.5), steht ein weiterer Datensatz, die Personenaltersstruktur aus dem Lokalen Melderegister (LMR) (siehe Kapitel 3.1.1.2), zur Verfügung. Der Datensatz beinhaltet die Informationen zur Personenalterskategorie, Geschlecht und die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenwohnsitz. Die Verknüpfung der Informationen wurde für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) durchgeführt. In der folgenden Tabelle 4.6 werden die jeweiligen altersbezogenen Meldefälle (Haupt- und Nebenwohnsitzer) anteilig zu den gesamt gemeldeten Personen (LMR) dargestellt.

¹⁸Meldung wurde auf keiner Wohnnutzung durchgeführt

Tabelle 4.6.: Personenaltersstruktur - Quelle: LMR, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen

Personenaltersklasse	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G
0 bis 15 Jahre	12 %	14 %	12 %	11 %	12 %
16 bis 30 Jahre	18 %	17 %	25 %	26 %	28 %
31 bis 45 Jahre	17 %	16 %	21 %	22 %	22 %
46 bis 60 Jahre	24 %	25 %	21 %	21 %	19 %
> 60 Jahre	29 %	28 %	22 %	20 %	20 %

Aus der Auswertung der Tabelle 4.6 wird ersichtlich, dass der Personenkreis ab 46 Jahre in Einfamilienhäusern (53,2 Prozent) und Reihenhäusern (53,5 Prozent) lebt bzw. gemeldet ist. Dieser Trend wirkt sich nicht so stark bei den Mehrfamilienhäusern „Klein“ bis Mehrfamilienhäusern „Groß“ aus. Dort zeigt sich, dass der Anteil der „16 bis 30 Jahre“ jeweils am höchsten ist. Die Altersklasse „0 bis 15 Jahre“ ist in allen betrachteten Gebäudekategorien in einem ähnlichen Bereich zwischen 11 und 14 Prozent. Die Tabelle 4.6 gibt keinen Aufschluss auf die Geschlechtergewichtung und die Einteilung in Haupt- und Nebenwohnsitzern. Deshalb erfolgt die Erweiterung mit diesen genannten Eigenschaften. In Abbildung 4.2 ist die erweiterte Personenaltersstruktur für die Bewohner in der Gebäudekategorie Einfamilienhaus dargestellt.

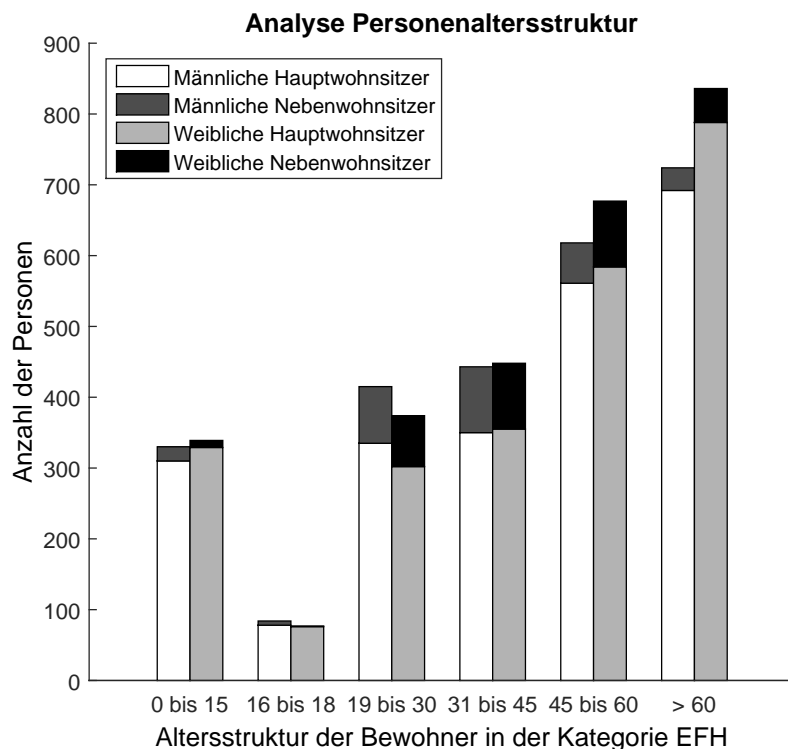


Abbildung 4.2.: Detaillierte Auswertung der Personenaltersstruktur der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: LMR, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

In der detaillierten Betrachtung (siehe Abbildung 4.2) wird zwischen dem Alter, Geschlecht und Haupt- und Nebenwohnsitz unterschieden, zusätzlich ist eine weitere Altersklasse „16 bis 18 Jahre“ abgebildet. Damit kann auch der Anteil der Jugendlichen von den einzelnen Gebäudekategorien bestimmt werden. Um einen Trend zur generellen Altersstruktur abzulesen, sind die „16 bis 18“ Jährigen den „19 bis 30“ Jährigen - für eine gleiche Intervallbreite - zu addieren. Über alle Gebäude- und Alterskategorien wird ersichtlich, dass der weibliche Geschlechtsanteil immer etwas höher als der männliche ist. Vor allem ab dem 60sten Lebensjahr zeigt sich immer ein erhöhter Anteil an Frauen, das zeigt die höhere Lebenserwartung der Frauen. Die weiteren Auswertungen der restlichen Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) werden in der kompakten Zusammenfassung der detaillierten Bestandsanalyse (siehe Anhang A.2) angeführt.

Spezifische Personenkennwerte:

Bezug zu den Haushalten und der Nutzflächen wurden für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) und für den Wohnnutzungsanteil der Mischnutzung spezifische Personenkennwerte für die Gebäudekategorien ermittelt (siehe Tabelle 4.7).

Tabelle 4.7.: Personen pro Haushalt und Nutzfläche pro Person - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Gebäudekategorie	Personen pro Haushalt	Nutzfläche [m ²] pro Person
Einfamilienhaus	2,82	54,8
Reihenhaus	2,78	46,8
Mehrfamilienhaus „Klein“	2,13	44,4
Mehrfamilienhaus „Mittel“	2,04	37,8
Mehrfamilienhaus „Groß“	1,96	35,4
Mischnutzung	2,12	33,0
Durchschnitt	2,31	42,0

Die Personendichte pro Haushalt ist im Einfamilienhaus am höchsten und nimmt bis zum Mehrfamilienhaus „Groß“ ab, eine Ausnahme stellt nur die Mischnutzung dar. Ähnlich wie bei der Personendichte nimmt die Nutzfläche pro Person vom Einfamilienhaus bis zum Mehrfamilienhaus „Groß“ ab. Die Mischnutzung folgt dem Trend und weist den geringsten Nutzflächenanteil pro Person auf. Im Vergleich zu der Mikrozensus Wohnungserhebung 2013, Daten der Statistik Austria (Statistik, 2014b, Tabelle 6) stimmt die durchschnittliche Nutzfläche pro Person über alle Gebäudekategorien von 42 m² mit dem erhobenen Wert aus dem Mikrozensus vom Bundesland Tirol überein.

Gebäudehöhen:

Anhand der Anzahl der Geschoße aus dem AGWR II und den Höheninformationen aus den Höhenmodellen wird in dem Subprozess Korrekturverfahren (siehe Kapitel 3.1.6) des EneRAIp Berechnungsmodells die Gebäudehöhe der einzelnen Gebäude bestimmt. Die angenommene Geschosshöhe der Stockwerke vom AGWR II wurde in Abhängigkeit der Bauperiode (siehe Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.4.1) angewendet. Die Tabelle 4.8 zeigt die durchschnittliche Gebäudehöhe und Stockwerksanzahl der einzelnen Gebäudekategorien.

Tabelle 4.8.: Gebäudehöhen und Stockwerksanzahl der einzelnen Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Gebäudekategorie	Mittelwert Gebäudehöhe [m]	Mittelwert Stockwerksanzahl [m]
Einfamilienhaus	6	2
Reihenhaus	6	2
Mehrfamilienhaus „Klein“	8,2	3
Mehrfamilienhaus „Mittel“	12	4
Mehrfamilienhaus „Groß“	15	5
Mischnutzung	12	4
Weitere Nutzung	7	2
Gewerbe	3,5	1
Industrie	4,9	1
Sonstige	3,2	1

Bei den Einfamilienhäusern, Reihenhäusern und der Weiteren Nutzung ergab sich bei der Bestandsanalyse eine mittlere Anzahl von zwei Stockwerken, die bei den Mehrfamilienhäusern „Klein“ (3 Stockwerke) bis zu den Mehrfamilienhäusern „Groß“ (5 Stockwerke) jeweils um ein Stockwerk ansteigt. Die Mischnutzung weist dieselbe Stockwerksanzahl (4 Stockwerke) wie die Mehrfamilienhäuser „Mittel“ auf. Die Gebäudekategorie Gewerbe, Industrie und die Sonstigen Gebäude haben jeweils ein Stockwerk.

Kompaktheit der Gebäude:

Die Berechnung der Kompaktheit wird anhand der Gebäudeoberflächen und dem Gebäudevolumenverhältnis für die bekannten Nutzungsprofile (siehe bekannte Nutzungsprofile Kapitel 3.1.5) nach dem EneRAIp Berechnungsmodell berechnet. Wie im Kapitel 3.1.10 angeführt, wird die Gebäudeoberfläche und das Gebäudevolumen vereinfacht abgeleitet, da kein detailliertes 3D Gebäudemodell zur Verfügung steht. Aufbauend auf die vereinfachte Bestimmung der Oberfläche (A) und dem Volumen (V) wird das A/V Verhältnis und die charakteristische Länge (lc) in der Tabelle 4.9 für die ausgewerteten Gebäudekategorien dargestellt.

4. Ergebnisse

Tabelle 4.9.: Kompaktheit und charakteristische Länge der Gebäude - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Gebäudekategorie	Kompaktheit Mittelwert (A/V) [1/m]	charakteristische Länge l_c Mittelwert [m]
Einfamilienhaus	0,77	1,30
Reihenhaus	0,67	1,50
Mehrfamilienhaus „Klein“	0,62	1,61
Mehrfamilienhaus „Mittel“	0,42	2,36
Mehrfamilienhaus „Groß“	0,34	2,94
Mischnutzung	0,38	2,64
Gewerbe	0,81	1,23

Je größer das Gebäude desto kleiner die Kompaktheit der Gebäude. Die Kompaktheit der Mischnutzung liegt zwischen der Kompaktheit der Mehrfamilienhäuser „Klein“ und Mehrfamilienhäuser „Groß“. Das Gewerbe mit einer mittleren Stockwerksanzahl von eins weist daher die geringste Kompaktheit im Vergleich zu den anderen ausgewerteten Gebäuden auf. Die charakteristische Länge (l_c) ist jeweils der Kehrwert von der Kompaktheit. Dem Anhang der kompakten Zusammenfassung der detaillierten Bestandsanalyse (siehe Anhang [A.2](#)) kann für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) die Kompaktheit aufgeschlüsselt nach Bauperiode entnommen werden. Anhand des Beispiels Einfamilienhaus werden die Ergebnisse der Kompaktheit in Bezug auf die Bauperiode in der folgenden Abbildung [4.3](#) illustriert.

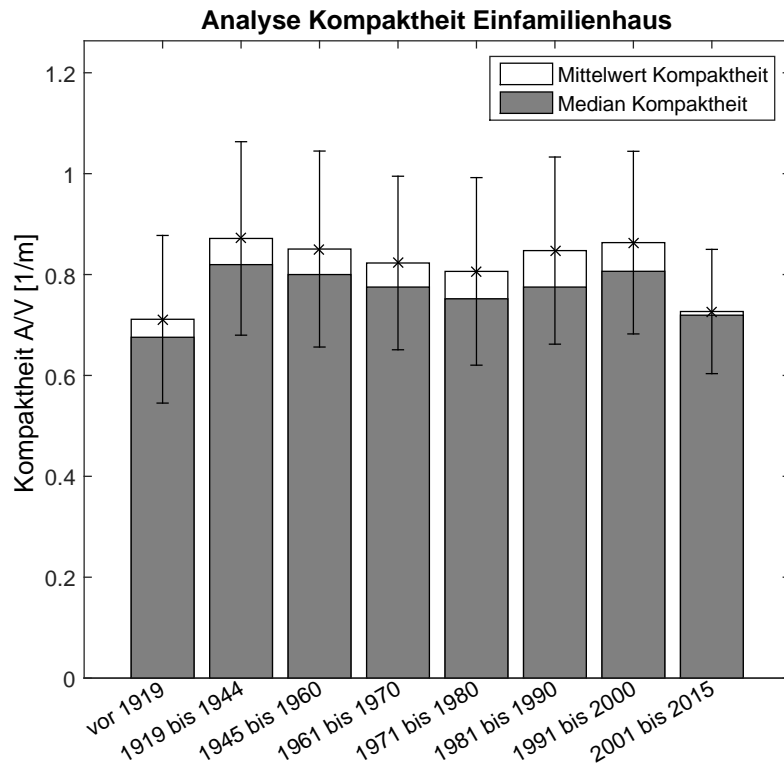


Abbildung 4.3.: Kompaktheit in Bezug auf die Bauperiode Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRALp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Abbildung 4.3 veranschaulicht den Durchschnitt (Mittelwert) und der Zentralwert (Median) für die Kompaktheit der einzelnen Bauperioden, sowie die Standardabweichung für den Durchschnitt der Kompaktheit. Es zeigt sich in allen ausgewerteten Gebäudekategorien, dass der Durchschnittswert der Kompaktheit im Vergleich zu dem Zentralwert tendenziell etwas höher ausfällt. Für die restlichen Gebäudekategorien der ausschließlichen Wohnnutzung (RH bis MFH-G) kann die aufgeschlüsselte Kompaktheit in Bezug auf die Bauperiode aus dem Anhang A.2 entnommen werden.

4.2.2. Weitere Untersuchungen der Gebäudekategorien

Bei den weiteren Untersuchungen der Gebäudekategorien wurden die Anpassungsstrategien des EneRAIp Berechnungsmodells im Vergleich zu den Grundlagendaten für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) untersucht. Ziel der Untersuchung ist die Darstellung der unterschiedlichen Informationsbezüge und der Korrekturmaßnahmen.

Beginnend mit der Grundflächenanalyse wird die bebaute Grundfläche vom AGWR II mit der Grundfläche aus dem EneRAIp Berechnungsmodell anhand des Beispiels Einfamilienhaus Abbildung 4.4 verglichen.

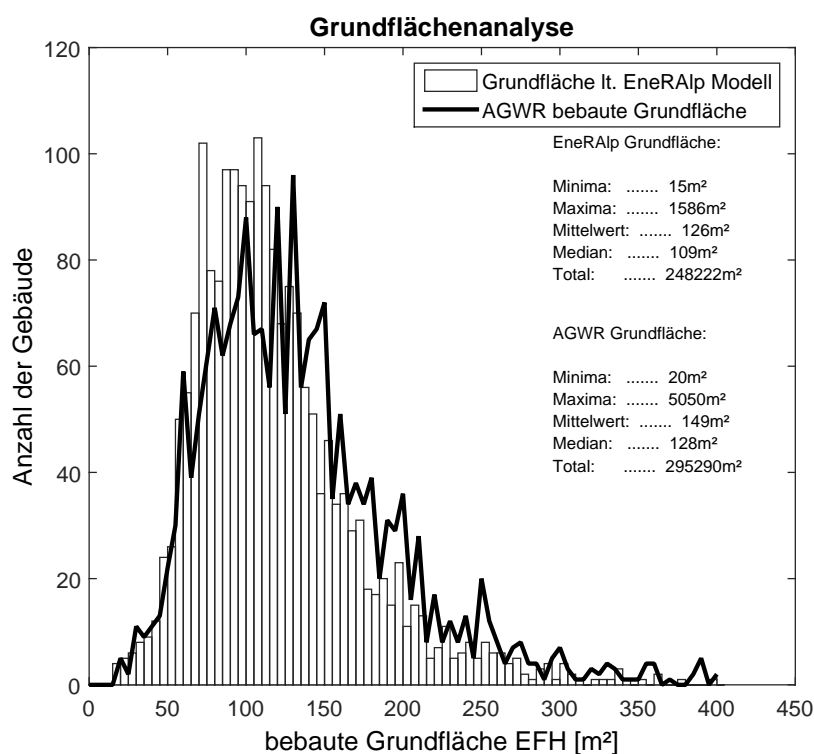


Abbildung 4.4.: Grundflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Im Zuge der Korrekturverfahren des EneRAIp Berechnungsmodells (siehe Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.4.3) wird die Grundfläche nur angepasst, wenn ein Adresspunkt im Polygon vorhanden ist. Sobald sich mehrere Adresspunkte (siehe Kapitel 3.1.2) in einem Polygon befinden, wird die überbaute Grundfläche des AGWR II verwendet und daher nicht angepasst. Es wird über alle ausgewerteten Gebäudekategorien ersichtlich, dass auf Basis der Korrekturverfahren eine Verschiebung bzw. Abwertung der AGWR II Grundfläche zustande kommt. Die Überbewertung der AGWR II Grundfläche wurde schon bei der ersten Erstellung des Innsbrucker Energieentwicklungsplans 2009 (siehe Innsbruck, 2011, Kapitel 3.4.3) anhand von Stichproben festgestellt. Die Anpassungsstrategien der Korrekturverfahren seitens des EneRAIp Berechnungsmodells weisen somit die richtige Tendenz

auf. Die weiteren Auswertungen der restlichen Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) sind in der kompakten Zusammenfassung der detaillierten Bestandsanalyse (siehe Anhang A.2) angeführt.

Bei der Nutzflächenanalyse wird die angepasste Nutzfläche vom EneRAIp Berechnungsmodell mit den Nutzflächen des AGWR II untersucht. Anhand des Beispiels Einfamilienhaus wird die Analyse in der Abbildung 4.5 dargestellt.

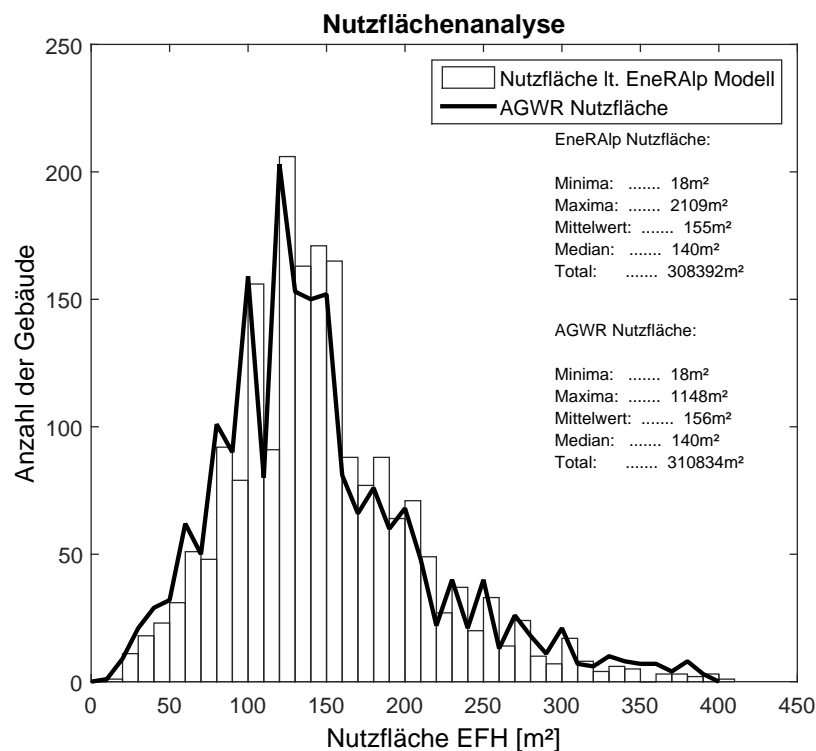


Abbildung 4.5.: Nutzflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Die Anpassung der Nutzfläche (siehe Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.4.3) wird wie bei der Grundflächenanalyse nur mit einem Adresspunkt je Polygon durchgeführt. Im Vergleich zu der Grundflächenanalyse zeigt sich bei der Nutzflächenanalyse, dass die Anpassung der Überbewertung vom AGWR II geringer ausfällt. Im Fall des Einfamilienhauses verändert sich der Zentralwert (Median) im Vergleich zu den restlichen ausgewerteten Gebäudekategorien durch die Korrekturmaßnahmen des EneRAIp Berechnungsmodells nicht. Die restlichen Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) sind in der kompakten Zusammenfassung der detaillierten Bestandsanalyse (siehe Anhang A.2) angeführt.

Die aus der Grundfläche und Stockwerksanzahl resultierende Bruttogesamtfläche ist in der folgenden Abbildung 4.6 illustriert.

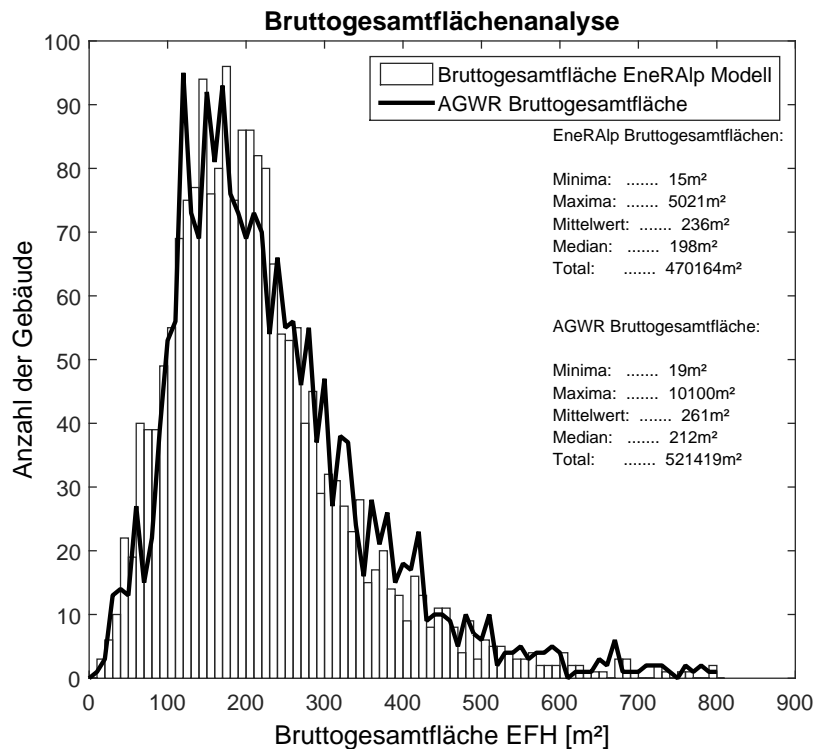


Abbildung 4.6.: Bruttogesamtflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bei der Anpassung der Bruttogesamtfläche kommen zwei Effekte zum Tragen:

1. Einerseits wird die Gebäudehöhe (und somit die Stockwerksanzahl) des AGWR II an die Höhenmodelle angepasst.
2. Erfolgt eine weitere Anpassung durch die Grundfläche vom AGWR II an die Gebäudeumrissen (Polygone) (siehe Subprozess Korrekturverfahren 3.1.6). Die genannten Effekte wirken sich in Bezug auf die analysierten Gebäudekategorien als eine Abwertung der Bruttogesamtfläche aus. Wie bei der Auswertung der bebauten Grundfläche beschrieben, wurde eine Überbewertung der Flächenbezüge seitens des AGWR II schon bei der Erstellung des Innsbrucker Energieentwicklungsplans 2009 (siehe Innsbruck, 2011, Kapitel 3.4.3) festgestellt. Zur Vollständigkeit sind alle restlichen Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) in der kompakten Zusammenfassung der detaillierten Bestandsanalyse (siehe Anhang A.2) angeführt.

4.2.3. Verifizierung der Bestandsanalysen

Bei der Verifizierung der Bestandsanalysen werden die Flächenbezugsdaten (unabhängige Erhebungen) der Neuen Heimat Tirol (NHT) mit den angepassten Flächenbezügen des EneRAIp Berechnungsmodells verglichen. Des Weiteren erfolgt ein Vergleich der beiden Melderegister AGWR II und dem Lokale Melderegister (LMR).

Konditionierter Nutzflächenvergleich NHT:

Die neue Heimat Tirol stellte für einen Teil der Gebäude die intern, erhobenen konditionierten Nutzflächen (siehe Kapitel 3.1.1.5) für die vorliegende Arbeit zur Verfügung. Die konditionierten Nutzflächen weichen in der Regel von der gesamten Nutzfläche eines Gebäudes ab, da nicht alle Gebäudebereiche beheizt werden. In der folgenden Tabelle 4.10 wird die von dem EneRAIp Berechnungsmodell angepasste, konditionierte Nutzfläche mit der von der NHT zur Verfügung gestellten konditionierten Nutzfläche auf Bauepochenebene gegenübergestellt.

Tabelle 4.10.: Vergleich der konditionierten Nutzfläche - Quelle: NHT, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Wohnungen	kondit. Nutzfläche NHT [m ²]	kondit. Nutzfläche EneRAIp Tool [m ²]	Abweichungen Flächen [%]
1961 bis 1969	541	41.095	42.528	-3,5 %
1970 bis 1977	437	37.106	38.836	-4,7 %
1984 bis 1988	86	5.638	5.620	0,3 %
1995 bis 1999	344	26.061	26.995	-3,6 %
2003 bis 2009	482	35.589	35.932	-1,0 %
2011	352	22.704	22.274	1,9 %
Summe	2.242	168.193	172.185	-2,4 %

Die seitens der NHT zur Verfügung gestellte, konditionierte Gesamtnutzfläche (168.193 m²) entspricht ca. 1,5 Prozent der Gesamtnutzfläche des gesamten Gebäudebestands (EneRAIp Berechnungsmodell). Die Auswertung (einzelne Bauepochen) der erhobenen, konditionierten Nutzfläche (NHT) und des EneRAIp Berechnungsmodells zeigen Abweichungen im Bereich von 1 Prozent bis zu 4,7 Prozent. In Summe wird die konditionierte Nutzfläche des EneRAIp Berechnungsmodells gegenüber der Nutzfläche der NHT um 2,4 Prozent leicht überbewertet. Dies ergibt eine annähernde Übereinstimmung mit den Daten der NHT. Die 2.242 Wohnungen stellen allerdings nur eine kleine Stichprobe dar, daher ist die Verifizierung der Anpassungsstrategien nur bedingt für alle Bereiche des Gebäudebestandes möglich.

4. Ergebnisse

Spezifische Personenkennwerte im Vergleich mit der NHT Nutzfläche:

Im Zuge der Bereitstellung der konditionierten Nutzfläche wurde auch die gesamte Nutzfläche von der NHT zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden mit den gemeldeten Personen seitens des AGWR II verknüpft und in der Tabelle 4.11 abgebildet.

Tabelle 4.11.: Verifizierung spezifische Personenkennwerte - Quelle: NHT, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	HW	NW	Nutzfläche pro Person [m ²]
1961 bis 1969	1.094	146	33
1970 bis 1977	1.000	109	33
1984 bis 1988	169	16	30
1995 bis 1999	822	41	30
2003 bis 2009	1.401	32	25
2011	794	15	28
Summe	5.280	359	30

Bei den von der NHT zur Verfügung gestellten Daten handelt es sich um Daten von Mehrfamilienhäusern. Die Nutzfläche pro Person in den Objekten der NHT ist geringer als bei den Auswertungen der spezifischen Personenkennwerte für die Mehrfamilienhäuser in der Tabelle 4.7. Die entsprechend höher Belegungsdichte kann darauf zurück geführt werden, dass die NHT ein sozialer Wohnbauträger ist.

Haupt- und Nebenwohnsitzer AGWR II und LMR:

Es konnte eine Abweichung beim Abgleich der Haupt- und Nebenwohnsitzer zwischen dem „Lokalen Melderegister (LMR)“ und den gemeldeten Personen im AGWR II festgestellt werden. Generell werden die beiden Meldequellen (AGWR II und LMR) vom „Zentralen Melderegister (ZMR)“ gespeist. In der folgenden Tabelle werden die gemeldeten Personen im Stadtgebiet mit der Unterscheidung von Haupt- und Nebenwohnsitzer dargestellt.

Tabelle 4.12.: Vergleich der Meldedaten - Quelle: LMR, AGWR II

Wohnsitzqualität	AGWR II	LMR
Hauptwohnsitzer	129.197	131.065
Nebenwohnsitzer	26.830	22.587
Summe	156.027	153.652

Für die Auswertung der unterschiedlichen Datenquellen wurden nur „aktive“ Gebäude herangezogen. In Summe sind in dem Melderegister des AGWR II mehr Personen als im Melderegister des LMR gemeldet. Bei näherer Betrachtung ist zu sehen, dass das AGWR II mehr Nebenwohnsitzer und weniger Hauptwohnsitzer im Vergleich zu dem LMR aufweist. Interne Recherchen der Stadt Innsbruck zeigten, dass sowohl im LMR als auch im AGWR II dutzende Klärungsfälle vorhanden

sind. Aufgrund von personellen Engpässen ist es der Stadt Innsbruck zurzeit nicht möglich, diese große Anzahl der Klärungsfälle unmittelbar zu lösen. Daher ist die Angabe des Meldedatenbezugs bei den Datenquellen von größter Wichtigkeit.

4.2.4. Diskussion der Bestandsanalysen

Datengüte bzw. Datenqualität

Bei der Datenverarbeitung sind vereinzelte Datenmängel im Datenbestand aufgetreten. In der Zusammenarbeit mit der AGWR- Abteilung der Stadt Innsbruck wurde ersichtlich, dass die Personalressourcen für eine Nacharbeitung der Datenfehler nicht vorhanden sind. Vor allem im Bestand zeigte sich, dass bei der Großerhebung vom GWR im Jahr 2001 Fehler unterlaufen sind. Änderungen wie zum Beispiel im Bereich der Heizungssystemänderung sind nicht genehmigungspflichtig und werden daher auch nicht von der Abteilung nachgearbeitet. Dies hat zur Folge, dass sich die Realität von der vorhandenen Datenbasis unterscheiden kann. Auch die Adressverortung (siehe Anpassungsstrategie Kapitel 3.1.2) der unterschiedlichen Adresspunktdatenquellen (AGWR und GIS) zeigten vor allem im Gebäudebestand deutliche Abweichungen. Die Problematik von mehreren Adresspunkte je Polygon wurde mithilfe einer Sondermethode mit dem EneRAIp Berechnungsmodell in dieser Arbeit gelöst. Inwiefern eine Gebäudeeinteilung des Polygons für die Adresspunktverortung Sinn macht, ist in den zuständigen Fachabteilungen zu klären. Des Weiteren ist immer die zeitliche Komponente der Datenaktualität der unterschiedlichen Datensätze zu berücksichtigen, so ist zum Beispiel das Höhenmodell aus dem Naturbestand (siehe Kapitel 3.1.1) aus der Befliegung vom Jahr 2012 abgeleitet. Für das Korrekturverfahren bedeutet dies, dass nicht in allen Fällen die abgeleiteten Gebäudehöhen mit dem Bestand aus dem Jahr 2015 übereinstimmen. In Bezug auf das EneRAIp Berechnungsmodell wäre die Einbindung eines aktuellen 3D-Gebäudemodells wünschenswert.

Haupt- und Nebenwohnsitzer AGWR II

Wie bei der Verifizierung „Haupt- und Nebenwohnsitzer AGWR II und LMR“ ersichtlich, gibt es eine Reihe an Klärungsfällen der einzelnen Datensätze. Des Weiteren wurde sichtbar, dass es rund 50.000 Meldeklärungsfälle in Bezug auf die Nutzungseinheiten (Nutzungsebene) des AGWR II gibt. Das bedeutet, dass die Meldedurchführung in der Vergangenheit jeweils auf der Gebäudeebene durchgeführt wurde und nicht der einzelnen Nutzungseinheit (z.B. Wohnung Top 1) zugeteilt wurde. Ferner wurde in der Datenintegrationsphase bemerkt, dass bei offenen Bauvorhaben von Neuerichtungen Personen gemeldet sein können.

Auswertung vom Leerstand

Aufgrund der Meldeklärungsfälle auf der Nutzungsebene ist die Bestimmung des Leerstandes nur auf Gebäudeebene möglich. Eine detaillierte Bestimmung vom Wohnungsleerstand ist aufgrund der

aktuellen Datenlage vom AGWR II nicht möglich. In Anbetracht der vorhergehenden Untersuchungen in Bezug auf die Unterschiede zwischen dem AGWR und LMR ist der Leerstand im Detail zu lokalisieren und in Zusammenarbeit mit dem Meldeamt zu überprüfen.

Eigentümer AGWR II

In einem ersten Ansatz wurde bei der Gebäudekategorisierung eine Kategorie für öffentliche Gebäude anhand der Eigentümerverhältnisse (Bund, Land, Gemeinde) nach dem AGWR II angestrebt. Dabei zeigte sich, dass die Eigentümerverhältnisse im Bestand nicht mit den tatsächlichen Eigentümerverhältnissen vom Gebäude übereinstimmen. Im Fall der Ausgliederung der Gebäude von der Stadt Innsbruck in die Innsbruck Immobiliengesellschaft (GmbH & Co KG) wurde das Eigentümerverhältnis Gemeinde nicht im AGWR II abgeändert. Dieselbe Problemstellung konnte bei den Immobilien der Neuen Heimat Tirol (NHT) festgestellt werden. Aufgrund der veralteten Datenlage des Eigentümers wurde generell auf eine Kategorisierung auf Basis des Eigentümers verzichtet.

Verbesserung der Datenlage

Um die aufgezählten Datendefizite zu verbessern, sind weitere Personalkapazitäten nötig, welche primär verwaltungsintern bereitgestellt werden müssten. Dabei sollten gezielte Auswertungen von offensichtlichen Datenfehlern (z.B. Extremwerte von Flächen) forciert werden, um den Gebäudebestand nachzuarbeiten. Zielführend wäre in diesem Zusammenhang eine Prioritätenliste der wichtigsten Gebäudeeigenschaften (z.B. Nutzflächen) für die Stadt Innsbruck zu erstellen. In Bezug auf die energetische Gesamtbilanzierung und aus AGWR II sind folgende Gebäudeeigenschaften zu nennen:

- Adresse
- Art und Alter des Gebäudes
- Flächen
- Geschoßanzahl
- Heizsystem
- Energieträger

Um Sanierungsmaßnahmen im Bestand abzubilden, sind die Kennwerte von den Energieausweisen (Energieausweisdatenbank) nach der Sanierung von Interesse. Zur Unterstützung der Verbesserung der Datenlage ist die räumliche Aufbereitung der Datengrundlagen mit Hilfe von GIS-Programmen ein Mehrwert. Anhand dieser Methodik können Datenfehler der Datenträger lokalisiert und auf Plausibilität überprüft werden. Dennoch kann eine Vororterhebung nicht für alle Fälle ausgeschlossen werden.

4.3. Ergebnisse Kalibrierfaktoren

In den folgenden Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 sind die Ergebnisse der ausgewerteten Kalibrierfaktoren in Bezug auf das EneRAIp Berechnungsmodell angeführt. Dabei ist zu beachten, dass sich die Kalibrierfaktoren auf das EneRAIp Berechnungsmodell mit den definierten Rahmenbedingungen beziehen. Die Kalibrierfaktoren sind daher nur für das entwickelte Berechnungsmodell (EneRAIp) anwendbar.

4.3.1. Ergebnisse Modellkalibrierfaktoren Wärme

Anhand der beschriebenen Methodik 3.2.1 wurden die Kalibrierfaktoren vom Wärmebereich für das EneRAIp Berechnungsmodell ausgewertet. Dazu wurden die Kalibrierfaktoren sowohl für die gesamte Gebäudekategorie (Kapitel 4.3.1.1) als auch für die Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug (Kapitel 4.3.1.2) berechnet. Wie in der Methodik (siehe Kapitel 3.2.1) beschrieben, wird der Durchschnittswert der Kalibrierfaktoren für die Kalibrierung herangezogen.

4.3.1.1. Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie

Für die Auswertung der Kalibrierfaktoren (siehe Methodik 3.2.1) wurden nur vollständig berechnete und mit Gas versorgte (TIGAS) Gebäude verwendet. Seitens des EneRAIp Berechnungsmodells werden sieben Gebäudekategorien abgedeckt und für die Kalibrierung des Berechnungsmodells herangezogen. In folgender Tabelle 4.13 sind die Kalibrierfaktoren (fm) je Gebäudekategorie dargestellt.

Tabelle 4.13.: Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Wärme je Gebäudekategorie - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Gebäudekategorie	fm Wärme	Anzahl ausgewerteter Gebäude
Einfamilienhaus	0,40	137
Reihenhaus	0,48	121
Mehrfamilienhaus „Klein“	0,39	307
Mehrfamilienhaus „Mittel“	0,59	256
Mehrfamilienhaus „Groß“	0,71	266
Mischnutzung	0,58	249
Gewerbe	1,06	26

Im Gegensatz zu den Stromverbrauchsdaten steht für die Wärmebedarfskalibrierung eine wesentlich kleinere Kalibrierbasis von insgesamt 1.362 Gebäuden im Bezugsjahr 2014 zur Verfügung. Generell wird der Wärmebedarf bis auf die Gebäudekategorie Gewerbe seitens des EneRAIp Berechnungsmodells überbewertet. Dies hat zur Folge, dass mithilfe der Kalibrierfaktoren eine Abwertung des Wärmebedarfs durchgeführt wird.

Verteilung der Kalibrierfaktoren Wärme je Gebäudekategorie:

Für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) wurden die Kalibrierfaktorenverteilungen der einzelnen Gasverbrauchsbezugsjahre (2012 bis 2014) ausgewertet. In der folgende Abbildung 4.7 ist die Darstellung der Verteilungen am Beispiel des Einfamilienhauses (EFH) und Reihenhauses (RH) dargestellt.

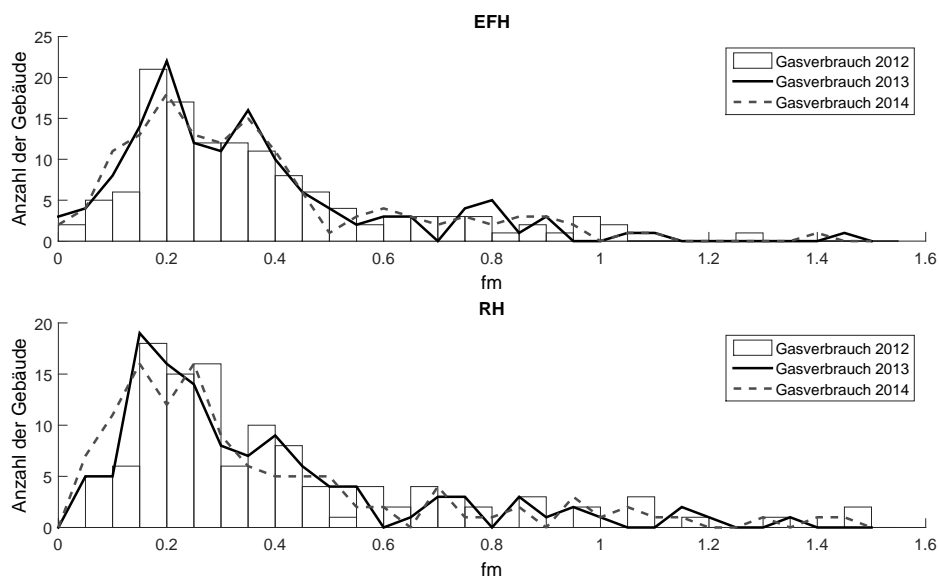


Abbildung 4.7.: Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie EFH und RH - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Es zeigt sich in allen Bezugsjahren und ausgewerteten Gebäudekategorien eine breite Verteilung der Kalibrierfaktoren (fm). Wie in der Methodik (Kapitel 3.2.1) beschrieben, wurde der Durchschnittswert der jährlichen Kalibrierfaktoren gebildet. Die jährlichen Kalibrierfaktoren der einzelnen Gebäudekategorien wurden anschließend zu einem durchschnittlichen Gesamtkalibrierfaktor für die weitere Verwendung zusammengefasst. Der Ansatz der Kalibrierfaktorenbestimmung wurde abschließend mit der Verifizierung (siehe Kapitel 4.3.1.3) überprüft. Die restlichen ausgewerteten Kalibrierfaktorenverteilungen (MFH-K bis MFH-G) befinden sich im Anhang A.3.

4.3.1.2. Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie und Bauperiode

Die Kalibrierfaktorenauswertung „Wärme je Gebäudekategorie“ (siehe Methodik 3.2.1) wurde mit dem Bauperiodenbezug erweitert. Das bedeutet, die Auswertung wird auf sechs Gebäudekategorien (ohne Gewerbe) und acht Bauperioden angewendet. Das Gewerbe ist aufgrund der kleinen Anzahl der zur Verfügung stehenden Verbrauchsdaten (27 Gebäude) nicht in die Auswertung mit Bauperiodenbezug eingebunden. In der folgenden Tabelle 4.14 wird die jeweilige Anzahl der ausgewerteten Gebäude in Verbindung zu Gebäudekategorie und Bauperiode angeführt.

Tabelle 4.14.: Anzahl der ausgewerteten Gebäude je Gebäudekategorie und Bauperiode Gas -
Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Bauperiode	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G	MN
vor 1919	17	15	95	90	38	113
1919 bis 1944	45	23	103	38	58	39
1945 bis 1960	21	25	31	23	31	20
1961 bis 1970	11	22	25	11	18	13
1971 bis 1980	4	3	10	1	10	9
1981 bis 1990	4	7	4	17	22	10
1991 bis 2000	13	10	12	27	36	5
2001 bis 2014	22	16	27	49	53	40

Wie in der Tabelle 4.14 ersichtlich, stehen unterschiedlich viele Gebäude in den einzelnen Bauepo-
chen als Kalibrierbasis zur Verfügung. Am Beispiel Mehrfamilienhaus „Mittel“ der Bauepoche „1971
bis 1980“ wird ersichtlich, dass nicht immer eine ausreichende Kalibrierbasis (kritische Kalibrierba-
sis) für alle Bauepochen vorliegt. Dennoch kann man in den überwiegenden Bauepochen - vor allem
in Bezug auf die Rahmenbedingungen der Auswertungsmethodik 3.2.1 - von einer praktikablen Ka-
librierbasis sprechen.

Aufbauend auf die zur Verfügung stehende Kalibrierbasis werden die ausgewerteten Kalibriefakto-
ren in der Tabelle 4.15 dargestellt.

Tabelle 4.15.: Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Wärme mit Gebäudealtersbezug - Quelle: Ene-
RAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Bauperiode	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G	MN
vor 1919	0,38	0,32	0,35	0,37	0,27	0,43
1919 bis 1944	0,33	0,28	0,32	0,29	0,27	0,34
1945 bis 1960	0,24	0,22	0,30	0,25	0,29	0,53
1961 bis 1970	0,30	0,36	0,35	0,28	0,66	0,71
1971 bis 1980	0,41¹⁹	0,61	0,47	0,12	1,06	0,79
1981 bis 1990	0,62	0,58	0,66	1,01	1,25	1,10
1991 bis 2000	0,54	1,11	0,61	1,08	1,27	0,91
2001 bis 2013	0,66	1,04	0,83	1,12	1,16	1,01

In der Tabelle 4.15 wird die kritische Kalibrierbasis fett markiert dargestellt. Mit dem Bauepochenbe-
zug zeigt sich, dass besonders die älteren Gebäude vom EneRAIp Berechnungsmodell überbewer-
tet werden. Tendenziell verkleinert sich die Überbewertung vom Berechnungsmodell in den neueren

¹⁹Bei den fett markierten Kalibrierfaktoren ist die Anzahl der für die Auswertung zur Verfügung stehenden Gebäude kleiner
gleich sechs.

Gebäudeepochen. Am Beispiel vom Mehrfamilienhaus „Groß“ zeigt sich ein gegensätzlicher Trend und zwar jener, dass der Wärmebedarf bei den neueren Gebäuden unterbewertet wird.

Verteilung der Kalibrierfaktoren Wärme je Gebäudekategorie und Bauepoche:

Im Zuge der Kalibrierfaktorenauswertung der Gebäudekategorie mit dem Bauepochenbezug wurde die Kalibrierfaktorenverteilung mit den jeweiligen Gasbezugsjahren für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) ausgewertet. In der folgenden Abbildung 4.8 wird beispielhaft die Verteilung für das Mehrfamilienhaus „Mittel“ und der Bauepoche „vor 1919“ dargestellt.

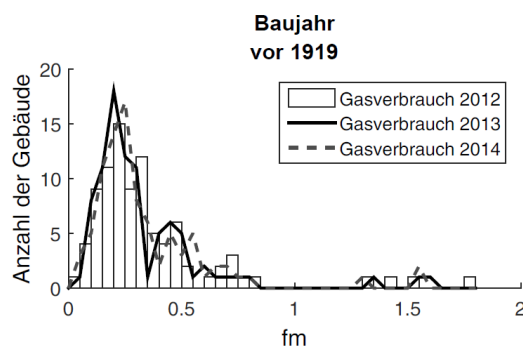


Abbildung 4.8.: Modellkalibrierfaktorenverteilung Wärme MFH-M Bauepoche vor 1919 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

In der dargestellten Bauepoche vom Mehrfamilienhaus „Mittel“ stehen 90 Gebäude für die Kalibrierfaktorenauswertung zur Verfügung und es wird eine linksschiefe (Modalwert < Zentralwert) Verteilung des dimensionslosen Modellkalibrierfaktors (fm) (Definition Modellkalibrierfaktor siehe Kapitel 3.2) erkennbar. Im Gegensatz zu der angeführten Darstellung (Abbildung 4.8) stehen bei mehreren Bauepochen nicht ausreichend viele Daten zur Verfügung. Dies wird am Einfamilienfamilienhaus und der Bauepoche „1971 bis 1980“ in der Abbildung 4.9 illustriert.

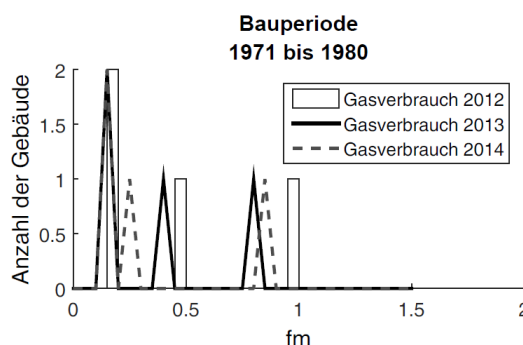


Abbildung 4.9.: Modellkalibrierfaktorenverteilung Wärme EFH Bauepoche 1971 bis 1980 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Wie in der Abbildung 4.9 ersichtlich wird, ist aufgrund der kritischen Kalibrierbasis (4 Gebäude) keine Verteilung ableitbar. Alle ausgewerteten Kalibrierfaktorenverteilungen für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) können aus dem Anhang A.3 entnommen werden. Die jährlichen,

durchschnittlichen Kalibrierfaktoren der einzelnen Gebäudekategorien und Baupochen wurden anschließend wie bei den Kalibrierfaktoren der Gebäudekategorie zu einem durchschnittlichen Gesamtkalibrierfaktor für die weitere Verwendung zusammengefasst. Die Methodik der Kalibrierfaktorenbestimmung wird in dem Kapitel 4.3.1.3 verifiziert.

4.3.1.3. Verifizierung der Kalibrierfaktoren Wärme

Die Verifizierung der Kalibrierfaktoren Wärme wurde für die Gebäudekategorie und für die Gebäudekategorie mit Baupochenbezug durchgeführt. Dabei wird die Verifizierung nicht nur auf die Rahmenbedingungen der Kalibrierbasis, sondern auch auf den restlichen, ausschließlich Gas versorgten Bestand durchgeführt.

Verifizierung der Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie (Bezug: Kalibrierbasis):

Für die Verifizierung der Kalibrierfaktoren der Gebäudekategorie werden dieselben Rahmenbedingungen wie bei der Kalibrierfaktorenauswertung (siehe Kapitel 3.2.1) verwendet. Die ausgewerteten Kalibrierfaktoren werden entsprechend auf den vom EneRAIp Berechnungsmodell kalkulierten Wärmebedarf angewendet und mit den aggregierten Gasverbrauchsdaten verglichen. Es steht ein Gasabsatz (3-Jahresmittelwert) von 91 GWh/a (exklusive Gewerbe) als Verifizierungsbasis zur Verfügung. In der Tabelle 4.16 sind die Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 4.16.: Verifizierung Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie (Kalibrierbasis) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²⁰ Heizenergiebedarf [kWh/a]	Gasverbrauch [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	4.121.773	4.029.402	-2 %
Reihenhaus	2.914.402	2.160.813	-35 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	12.016.715	11.789.217	-2 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	18.720.860	15.508.791	-21 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	33.549.712	34.314.690	2 %
Mischnutzung	30.029.488	27.238.641	-10 %
Gewerbe	6.421.487	6.224.679	-3 %

Mit der Anwendung der Kalibrierfaktoren auf der Gebäudekategoriebasis wird der modellierte (kalibrierte) Heizenergiebedarf bis auf das Mehrfamilienhaus „Groß“ überbewertet. Diese Überbewertung wirkt sich besonders beim Reihenhaus (35 Prozent) und beim Mehrfamilienhaus „Mittel“ (21 Prozent) aus. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass aufgrund der linksschiefen Verteilung der

²⁰Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.13

4. Ergebnisse

Kalibrierfaktoren über die gesamte Gebäudekategorie der gewählte Kalibrierbezug mit dem Durchschnittswert eine erhöhte Überbewertung des Wärmebedarfs der genannten Gebäudekategorien auslöst. Der Effekt der Überbewertung des Wärmebedarfs wird, wie aus der folgenden Verifizierung der Kalibrierfaktoren mit Baupochenbezug hervorgeht, durch die verfeinerte Auswertung mit dem Baupochenbezug minimiert.

Verifizierung der Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie und Bauperiode (Bezug: Kalibrierbasis):

Bei der Verifizierung Kalibrierfaktoren Gebäudekategorie und Bauperiode sind die selben Rahmenbedingungen der Kalibrierfaktorenauswertung (siehe Kapitel 3.2.1) verwendet worden. Die Kalibrierfaktoren wurden auf den kalkulierten Wärmebedarf (EneRAIp Berechnungsmodell) der einzelnen Gebäudekategorien mit dem Baupochenbezug angewendet und mit den Gasverbrauchsdaten verglichen (siehe Tabelle 4.17).

Tabelle 4.17.: Verifizierung Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie und Bauperiode (Kalibrierbasis) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²¹ Heizenergiebedarf [kWh/a]	Gasverbrauch [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	3.734.429	4.029.402	7 %
Reihenhaus	2.211.403	2.160.813	2 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	11.114.394	11.789.217	6 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	14.998.651	15.508.791	3 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	31.529.773	34.314.690	8 %
Mischnutzung	27.920.416	27.238.641	-3 %

Die Tabelle 4.17 zeigt, dass der modellierte (kalibrierte) Heizenergiebedarf bis auf die Mischnutzung unterbewertet ist. Des Weiteren zeigt sich, dass die Anwendung der Kalibrierfaktoren mit Baupochenbezug kleinere Abweichungen zum Verbrauch aufweisen, als im Fall der Kalibrierung auf Basis der Gebäudekategorie. Mit dem Baupochenbezug wird ein stabileres Ergebnis in Bezug auf die Abweichung der einzelnen Gebäudekategorien für den Fall der Kalibrierbasis erzielt.

Vergleich der beiden Ansätze mit dem Bezug auf den Gesamtbestand:

Um den Unterschied zwischen den beiden Kalibrieransätzen (Gebäudekategorie und der Gebäudekategorie mit Baupochenbezug) zu ermitteln, wurden die jeweiligen Kalibrieransätze auf den Gesamtbestand angewendet. Bei den untersuchten Gebäudekategorien Einfamilienhaus (EFH), Reihenhaus (RH), Mehrfamilienhaus „Klein“, „Mittel“, „Groß“, und Mischnutzung ergab sich eine Abweichung von 2,3 Prozent zwischen den beiden Kalibrieransätzen. Das Gesamtergebnis der Kalibrierung auf Basis der Gebäudekategorie ergibt einen etwas höheren Gesamtwärmebedarf. Das bedeutet, dass sich nur ein geringer Unterschied zwischen den Kalibrieransätzen einstellt.

²¹Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.15

4. Ergebnisse

Verifizierung ausschließlich Gas versorgten Gebäude, Kalibrierung Gebäudekategorie:

Aufbauend auf die Untersuchungen der Kalibrierbasis wurde die Verifizierung erweitert und unter folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt:

- vollständig berechnete Gebäude (EneRAIp Berechnungsmodell)
- ausschließlich TIGAS versorgte Gebäude
- Boilerstromverbrauch wird berücksichtigt
- Mehrere Adresspunkte je Polygon werden zugelassen

Damit wird die Kalibrierung außerhalb der Rahmenbedingungen der Kalibrierbasis überprüft und es steht für die Verifizierung ein Gasabsatz (3-Jahresmittelwert) von 131 GWh/a (exklusive Gewerbe) zur Verfügung. In der folgenden Tabelle 4.18 werden die Ergebnisse der erweiterten Verifizierung von der Kalibrierung auf Basis der Gebäudekategorie angeführt.

Tabelle 4.18.: Verifizierung ausschließlich Gas versorgten Gebäude Kalibrierung Gebäudekategorie
- Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²² Heizenergiebedarf [kWh/a]	Gasverbrauch [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	4.427.873	4.738.853	7 %
Reihenhaus	2.986.866	2.922.949	-2 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	12.941.702	14.603.267	12 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	21.154.015	19.230.033	-11 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	36.206.312	42.466.417	16 %
Mischnutzung	39.402.137	47.152.809	6 %
Gewerbe	9.271.958	22.917.251	73 %

Aufbauend auf die Grundlagen der erweiterten Verifizierung zeigt sich die Überbewertung vom Reihenhaus und dem Mehrfamilienhaus „Mittel“. Hingegen zeigt sich bei den restlichen, ausgewerteten Gebäudekategorien eine Unterbewertung des Wärmebedarfs. Bei der Gebäudekategorie Gewerbe ist die Unterbewertung mit 73 Prozent auffallend groß. Diese Abweichung ist auf ein energieintensives Unternehmen zurückzuführen und wird mithilfe der EMIKAT-Daten in der Gesamtbilanzierung (siehe Kapitel 3.3) berücksichtigt. Bei dem Kalibrierungsansatz Gebäudekategorie stellt sich wie bei der Verifizierung der Kalibrierbasis eine größere Varianz (zwischen den Gebäudekategorien) der Abweichungen in Vergleich zu dem Kalibrieransatz Gebäudekategorie mit Bauperiodenbezug ein.

²²Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.13

4. Ergebnisse

Verifizierung ausschließlich Gas versorgten Gebäude, Kalibrierung Gebäudekategorie und Bauepoche:

Als weiterer Schritt wurde die erweiterte Verifizierung mit dem Bauepochenbezug durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4.19 dargestellt.

Tabelle 4.19.: Verifizierung ausschließlich mit Gas versorgten Gebäude, Kalibrierung anhand der Gebäudekategorie und Baualter - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²³ Heizenergiebedarf [kWh/a]	Gasverbrauch [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	4.113.927	4.738.853	13 %
Reihenhaus	2.278.673	2.922.949	22 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	12.040.989	14.603.267	18 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	16.844.211	19.230.033	12 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	34.679.258	42.466.417	18 %
Mischnutzung	37.204.310	47.152.809	21 %

In allen Gebäudekategorien wird der Wärmebedarf mit dem Kalibrieransatz Gebäudekategorie und Bauepochenbezug unterbewertet. Es zeigt sich, dass die Varianz (zwischen den Gebäudekategorien) der Abweichungen stabiler als der Kalibrieransatz Gebäudekategorie ist. Deshalb wurde die Kalibrierung mit dem Bauepochenbezug durchgeführt und die ausgewerteten Abweichungen der Kalibrierungsverifizierung in der Gesamtmodellierung berücksichtigt.

Weitere Verifizierung des EneRAIp Berechnungsmodells mit Hilfe von bestehenden Energieausweisen:

Im Zuge der Zusammenarbeit mit der Neuen Heimat Tirol (NHT) wurden die kalkulierten Raumwärmebedarfskennwerte der realen Energieausweisen und die vom EneRAIp Berechnungsmodell ermittelten Kennwerten mittels eines Heizfaktors den tatsächlichen Verbrauchsdaten der NHT gegenüber gestellt. Dazu wurde der tatsächliche Raumwärmeverbrauch mit dem kalkulierten Raumwärmebedarf wie folgt in Beziehung gesetzt:

$$\text{Heizfaktor} = \frac{\text{gemessener Raumwärmeverbrauch}}{\text{berechneter Heizenergiebedarf Raumwärme}} \quad (4.1)$$

Es wurden 37 Mehrfamilienhäuser mit 2.242 Wohneinheiten untersucht, die Ergebnisse sind in der Tabelle 4.20 dargestellt.

²³Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.15

Tabelle 4.20.: Heizfaktor Energieausweis und EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, NHT, Auswertungen in Zusammenarbeit NHT

Bauperiode	Heizfaktor Raumwärme Energieausweis	Heizfaktor Raumwärme EneRAIp Berechnungsmodell
1961 bis 1969	0,78	0,31
1970 bis 1977	0,86	0,56
1984 bis 1988	0,63	0,83
1995 bis 1999	0,62	0,57
2003 bis 2009	1,46	0,85
2011	1,10	0,72

Heizfaktoren Energieausweis

Wie in der Tabelle 4.20 ersichtlich, wird bei den älteren Bauperioden vor allem „von 1984 bis 1988“ und „von 1995 bis 1999“ (Definition der Epochen nach Energieausweis) der Raumwärmebedarf überschätzt und in den neueren Bauperioden unterschätzt. Im Unterschied zu dem EneRAIp Berechnungsmodell werden die realen Gebäudeeigenschaften (realer Fensteranteil, detaillierte Gebäudestruktur, aktueller Sanierungszustand, ...) in den Berechnungen des Energieausweises berücksichtigt. Dennoch sind Abweichungen zum realen Verbrauch zu verzeichnen. Dieser Effekt hat mehrere Gründe (z.B. Nutzerverhalten) und wird in der Literatur als Performance Gap beschrieben (siehe Kapitel 2.1.2).

Heizfaktoren EneRAIp Berechnungsmodell

Die Heizfaktorenauswertung des EneRAIp Berechnungsmodells zeigt, dass in allen Gebäudekategorien der Raumwärmebedarf überschätzt wird. Im Gegensatz zur Energieausweiserstellung werden beim EneRAIp Berechnungsmodell Annahmen zu den Gebäudeeigenschaften getroffen. Zusätzlich spielen Sanierungsmaßnahmen, die seit der Errichtung umgesetzt wurden, eine große Rolle. Die Unterschiede zwischen den Heizfaktoren des Energieausweises und des EneRAIp Berechnungsmodells können daher auf fehlende Informationen über die tatsächlichen Gebäudeeigenschaften zurückgeführt werden. In diesem Zusammenhang wird ersichtlich, wie wichtig die Kalibrierung der Modellanwendung für die Gesamtbilanzierung ist.

4.3.1.4. Diskussion der Kalibrierfaktoren Wärme

Aufgrund der datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen konnte die Kalibrierfaktorenauswertung nur direkt von dem Netzbetreiber (TIGAS) durchgeführt werden. Die hoch aufgelösten Verbrauchsdaten dürfen seitens des Energieversorgers nicht an Dritte übermittelt werden. Dies bedeutete eine intensive Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Akteuren. Zu Beginn wurden dem Netzbetreiber die kalkulierten Wärmebedarfskennwerte seitens des EneRAIp Berechnungsmodells zur Verfügung gestellt. Anschließend wurde gemeinsam die Methodik für die Kalibrierfaktorenberechnung ausgearbeitet und die Verifizierung der Kalibrierfaktorenanwendung entwickelt. Die komplexe Verknüpfung der kalkulierten Wärmebedarfskennwerte mit den Verbrauchsdaten war sehr zeitintensiv. Diese Arbeitsschritte sind für jeden Netzbetreiber individuell durchzuführen, da sich die Datengrundlagen in der Regel unterscheiden. Zudem beanspruchte die Ausarbeitung der Auswertungsmethodik einige Zeit. Die aus den Rahmenbedingungen resultierende Kalibrierbasis von 1.362 Gebäuden stellte eine praktikable Grundlage dar, allerdings wurde in Bezug auf die Bauepochen ersichtlich, dass nicht für alle Epochen eine ausreichende Kalibrierbasis existierte. In diesen genannten Fällen wäre eine Erweiterung der Kalibrierbasis wünschenswert, um eine bessere statistische Sicherheit zu erlangen. Es zeigte sich auch, dass die Verifizierung der Kalibrierfaktorenanwendung ein wichtiger Bestandteil des Kalibrierungsprozesses ist. Aus der Verifizierung ergab sich die Bezugsgröße des Durchschnittswertes (Mittelwert) der für die Wärmebedarfskalibrierung herangezogen wird. Hinsichtlich der nicht leitungsgebundenen Energieträger (Öl, Holz, Biomasse), welche anhand derselben ausgewerteten Kalibrierfaktoren (Bezug Gas) kalibriert werden, stehen keine realen Verbrauchsdaten für eine Verifizierung zur Verfügung. Die Verifizierung der nichtleitungsgebundenen Energieträger sollte durch eine statistisch umfangreiche Erhebung erfolgen. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich. Eine Betrachtung der kalkulierten und kalibrierten Wärmebedarfskennwerte von einzelnen Gebäuden ist mit dem Hintergrund des Kalibrieransatzes (Gebäudekategorie & Bauperiode) nicht zielführend. Einzelne Gebäude sind immer vor Ort zu betrachten und zu analysieren. Ob eine Übertragung der Kalibrierfaktoren auf andere Untersuchungsregionen möglich ist, sollte vor der Anwendung in weiteren Modellregionen untersucht werden. Das Ziel sollte sein, eine breitere Kalibrierbasis über mehrere Modellregionen aufzubauen. Wie sich der beschriebene aufwendige Kalibrierprozess bei anderen Untersuchungsgebieten in der Praxis umsetzen lässt, hängt von der Bereitschaft der beteiligten Partner und von der zur Verfügung stehenden Zeit ab. Ferner haben zukünftige Modelländerungen bzw. Erweiterungen zur Folge, dass der gesamte Kalibrierprozess von Neuem durchgeführt werden muss. Auch Datengrundlagenänderungen (Verbesserungsprozess der Datengrundlagen) wirken sich auf die Modellierung des Wärmebedarfs aus und sind ebenfalls einem neuen Kalibrierprozess zu unterziehen.

4.3.2. Ergebnisse Modellkalibrierfaktoren Strom

Ziel der Auswertungsmethodik der Kalibrierfaktoren Strom ist die Anpassung der kalkulierten Strombedarfskennwerte des EneRAIp Berechnungsmodells an die tatsächlichen Stromverbrauchswerte. Wie bei der Ermittlung der Kalibrierfaktorenauswertung für die Wärme, wurden die Kalibrierfaktoren für den Strombedarf sowohl für die Gebäudekategorie als auch für die Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug durchgeführt. Die verwendete Auswertungsmethodik ist im Kapitel 4.3.2.3 im Detail beschrieben.

4.3.2.1. Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie

Das EneRAIp Berechnungsmodell deckt sieben Gebäudekategorien für die Kalibrierfaktorenauswertung ab. Der Kalibrierfaktor (f_m) wird entsprechend der Methodik 3.2.2 berechnet. Die Tabelle 4.21 zeigt die Ergebnisse der Auswertung für die Gebäudekategorie.

Tabelle 4.21.: Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Strom je Gebäudekategorie - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Gebäudekategorie	f_m Strom	Anzahl ausgewerteter Gebäude
Einfamilienhaus	2,02	1646
Reihenhaus	1,92	961
Mehrfamilienhaus „Klein“	2,13	2029
Mehrfamilienhaus „Mittel“	2,31	1954
Mehrfamilienhaus „Groß“	2,31	1946
Mischnutzung	1,47	656
Gewerbe	1,77	371

Entsprechend der Auswertungsmethodik wird (siehe Tabelle 4.21) der Strombedarf in allen Gebäudekategorien unterbewertet. Dabei ist zu beachten, dass in dem gesamten Stromverbrauch (seitens der IKB) auch Anteile für die Kühlung und Wärmebereitstellung enthalten sind. Allerdings stehen die Informationen des Verwendungszweckes nicht zur Verfügung und werden daher nicht berücksichtigt. Dies hat mitunter zur Folge, dass der Strombedarf seitens des EneRAIp Berechnungsmodells unterbewertet wird. In Bezug auf den Wärmebereitstellungsanteil vom Strom wird mithilfe der Energieträgerverteilung seitens des AGWR II und den kalibrierten Wärmebedarfskennwerten (EneRAIp Berechnungsmodell) der Anteil vereinfacht in der Gesamtbilanz (siehe Kapitel 4.4) berechnet. Im Vergleich zu der Auswertung der Kalibrierfaktoren Wärme steht bei der Stromkalibrierung eine wesentlich größere Datengrundlage zur Verfügung.

Verteilung der Kalibrierfaktoren Strom je Gebäudekategorie:

Für die einzelnen Stromverbrauchsbezugsjahre (2012 bis 2014) der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) wurde die Kalibrierfaktorenverteilung ausgewertet. In der folgenden Abbildung 4.10 werden die Verteilungen von den Gebäudekategorien Einfamilienhaus (EFH) und Reihenhaus (RH) dargestellt.

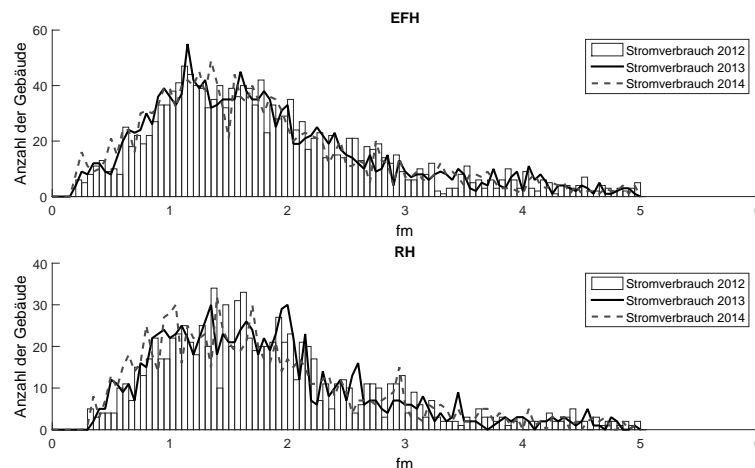


Abbildung 4.10.: Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom Kategorie EFH und RH - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Es zeigt sich in allen ausgewerteten Bezugsjahren eine breite Verteilung der Stromkalibrierfaktoren. Von den einzelnen Jahresverteilungen wurde der Durchschnittswert (Mittelwert) bestimmt (siehe Kapitel 3.2.2). Anschließend wurde aus den einzelnen Mittelwerten ein durchschnittlicher Gesamtkalibrierfaktor gebildet, der für die Kalibrierung der einzelnen Gebäudekategorien herangezogen wird.

4.3.2.2. Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie und Bauperiode

Als weiterer Schritt wurde die Auswertung mit Bezug auf die Gebäudekategorie (nach der Methodik 3.2.2) mit dem Bauepochenbezug erweitert. Im Gegensatz zu der Auswertung der Kalibrierfaktoren Wärme werden alle vom EneRAIp Berechnungsmodell abgedeckten Gebäudekategorien in die Auswertung miteinbezogen (inkl. Gewerbe). In der folgende Tabelle 4.22 wird die Anzahl der zur Verfügung stehenden Gebäude für die Kalibrierung in Bezug zu der Bauperiode dargestellt.

Tabelle 4.22.: Anzahl der ausgewerteten Gebäude je Gebäudekategorie und Bauperiode Strom - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Bauperiode	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G	MN	GW
vor 1919	109	55	429	471	166	222	158
1919 bis 1944	304	77	536	359	228	80	21
1945 bis 1960	320	158	276	163	245	65	27
1961 bis 1970	195	173	243	202	345	61	38
1971 bis 1980	152	142	143	143	318	59	37
1981 bis 1990	181	157	118	157	182	42	33
1991 bis 2000	190	97	91	190	182	21	34
2001 bis 2014	195	102	193	269	280	106	23

Das Gewerbe (Bauperiode „1919 bis 1944“) und die Mischnutzung (Bauperiode „1991 bis 2000,“) weisen die geringste Anzahl der Gebäude (21 Gebäude) auf. Im Fall vom Gewerbe repräsentiert die Kalibriergrundlage allerdings 64 Prozent der in der Bauperiode beinhalteten Gebäude. Bei der Mischnutzung konnte hingegen eine kleinere, repräsentative Kalibrierbasis von 18 Prozent festgestellt werden. Sie stellt wie auch beim Gewerbe die kritische Kalibrierbasis dar, wird aber dennoch als eine praktikable Basis für die Kalibrierfaktorenauswertung eingestuft.

In der folgenden Tabelle 4.23 werden die ausgewerteten Kalibrierfaktoren Strom mit dem Bauepo- chenbezug angeführt.

Tabelle 4.23.: Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Strom mit Gebäudealtersbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Bauperiode	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G	MN	GW
vor 1919	2,17	2,09	2,34	2,45	2,32	1,47	1,33
1919 bis 1944	1,97	2,16	2,21	2,47	2,56	1,66	1,94
1945 bis 1960	1,96	2,01	2,10	2,62	2,57	1,51	1,87
1961 bis 1970	1,89	1,71	2,04	2,06	2,30	1,42	1,64
1971 bis 1980	1,90	1,68	1,84	1,75	1,89	1,11	1,93
1981 bis 1990	2,24	2,16	2,18	2,40	2,39	1,42	1,51
1991 bis 2000	2,11	1,89	2,19	2,49	2,61	1,63	2,87
2001 bis 2014	2,00	1,87	1,73	1,95	2,10	1,52	3,24

Wie im Fall der Auswertung vom Gebäudekategorieansatz ist zu beachten, dass in dem gesamten Stromverbrauch (seitens der IKB) auch Anteile für die Kühlung und Wärmebereitstellung enthalten sind. Da die unbekannten Anteile der Kühlung und Wärmebereitstellungsanteile nicht im Kalibrierprozess berücksichtigt werden, liegt wie in der Tabelle 4.23 ersichtlich ist, eine Unterbewertung des Strombedarfs in allen Gebäudekategorien und Bauepochen vor. Deshalb ist aus der Übersichtstabelle der Kalibrierfaktoren für den Strombedarf kein Trend im Zusammenhang mit der Bauperiode ersichtlich. Im Fall der Wärmebereitstellung von Strom werden die jeweiligen Stromanteile für die

4. Ergebnisse

Raumwärmebereitstellung und Warmwasserbereitstellung vereinfacht in der Gesamtbilanzierung 4.4 mit den kalibrierten Wärmebedarfskennwerten und der Energieträgerverteilung vom AGWR II berechnet.

Verteilung der Kalibrierfaktoren Strom je Gebäudekategorie und Bauperoche:

Im Zuge der Kalibrierfaktorenauswertung der Gebäudekategorie mit dem Baupochenbezug wurde die Kalibrierfaktorenverteilung mit den jeweiligen Strombezugsjahren für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) ausgewertet. In der folgenden Abbildung 4.11 wird beispielhaft die Verteilung für das Einfamilienhaus und der Bauperoche „vor 1919 bis 1944“ dargestellt.

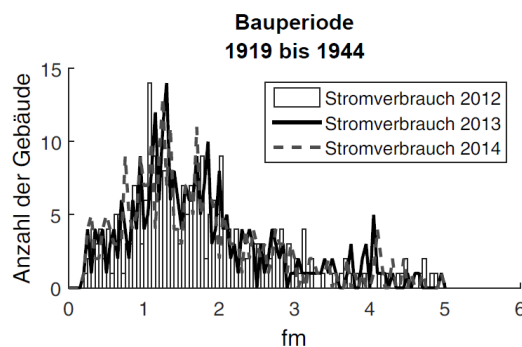


Abbildung 4.11.: Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom EFH Bauperoche 1919 bis 1944 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Für die Auswertung der Bauperoche „1919 bis 1944“ standen 304 Gebäude zur Verfügung. Wie in dem dargestellten Fall und bei einer ausreichend großen Kalibrierbasis wird über alle ausgewerteten Gebäudekategorien ein Trend zu einer linksschiefen Verteilung (Modalwert < Zentralwert) der Kalibrierfaktoren ersichtlich. Gegensätzlich zu der dargestellten Abbildung 4.11 wird in der Abbildung 4.12 das Beispiel der Mischnutzung (Bauperoche „vor 1991 bis 2000“) mit einer deutlich geringeren Kalibrierbasis von 21 Gebäuden angeführt.

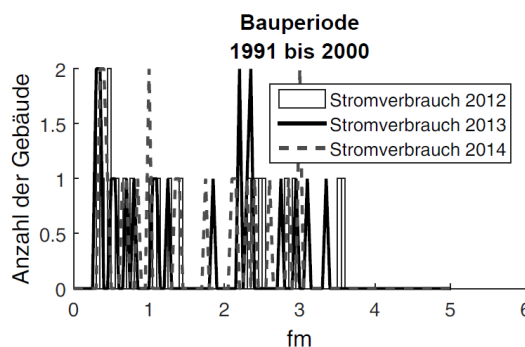


Abbildung 4.12.: Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom Mischnutzung Bauperoche 1991 bis 2000 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

In der Abbildung 4.12 wird ersichtlich, dass aufgrund der kritischen Kalibrierbasis (21 Gebäude) keine Verteilung abgeleitet werden kann. Alle ausgewerteten Kalibrierfaktorenverteilungen für die

ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) sind im Anhang **A.3** angeführt. Die jährlichen durchschnittlichen Kalibrierfaktoren der einzelnen Gebäudekategorien und Bauepochen wurden anschließend wie bei den Kalibrierfaktoren der Gebäudekategorie zu einem durchschnittlichen Gesamtkalibrierfaktor für die weitere Verwendung zusammengefasst. Der Ansatz der Kalibrierfaktorenbestimmung wird mit der Verifizierung (siehe Kapitel **4.3.2.3**) überprüft.

Vergleich der beiden Ansätze mit dem Gesamtbestand:

Um den Unterschied zwischen den beiden Kalibrieransätzen (Gebäudekategorie und der Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug) zu ermitteln, wurden die jeweiligen Kalibrieransätze auf den Gesamtbestand angewendet. Bei den untersuchten Gebäudekategorien Einfamilienhaus (EFH), Reihenhäuser (RH), Mehrfamilienhaus „Klein“, „Mittel“, „Groß“, Mischnutzung und Gewerbe ergab sich eine Abweichung von 3,3 Prozent zwischen den beiden Kalibrieransätzen. Beim Kalibrieransatz auf Basis der Gebäudekategorie (ohne Bauepochenbezug) ergibt sich ein geringfügig höherer Strombedarf.

4.3.2.3. Verifizierung der Kalibrierfaktoren Strom

Aufgrund der minimalen Unterschiede (3,3 Prozent) zwischen den Kalibrieransätzen und zur Vereinheitlichung der verwendeten Kalibrieransätze (Strom- und Wärmebedarf) wurde entschieden, die Kalibrierungsmethodik wie bei der Wärmebedarfsberechnung mit dem Bauepochenbezug durchzuführen. Dies hat auch zur Folge, dass die nachfolgende Verifizierung aufgrund der Übersichtlichkeit nur für den Kalibrieransatz Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug durchgeführt wird.

Verifizierung der Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie und Bauperiode (Bezug: Kalibrierbasis):

Für die Verifizierung des Kalibrieransatzes Strom (Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug) anhand der Kalibrierbasis wurden dieselben Rahmenbedingungen wie bei der Auswertungsmethodik (siehe Kapitel **3.2.2**) verwendet. Mit den ausgewerteten Kalibrierfaktoren mit dem Bauepochenbezug wurde die Kalibrierung des Strombedarfs durchgeführt und dem aggregierten Stromverbrauch für die einzelnen Gebäudekategorien gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle **4.24** angeführt.

4. Ergebnisse

Tabelle 4.24.: Verifizierung Kalibrierbasis Strom Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²⁴ Strombedarf inkl. Wärmebereitstellung [kWh/a]	Stromverbrauch (3-Jahresmittelwert) [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	13.938.801	15.410.086	10 %
Reihenhaus	6.399.212	6.560.112	2 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	28.393.065	29.202.684	3 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	57.339.117	58.833.794	3 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	120.865.541	125.188.191	3 %
Zwischensumme	226.935.736	235.194.866	4 %
<hr/>			
Mischnutzung	84.815.563	74.070.469	-15 %
Gewerbe	61.852.325	78.074.106	21 %
Summe Gesamt	373.603.625	387.339.441	4 %

In der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) wird der kalkulierte und kalibrierte Strombedarf nach der Kalibrierung unterbewertet, in Summe (Zwischensumme) weicht dieser um 4 Prozent von den Stromverbrauchsdaten ab. Auch beim Gewerbe wird der Strombedarf unterbewertet, hingegen ist bei der Mischnutzung eine Überschätzung des Strombedarfs der Fall. Über alle ausgewerteten Gebäudekategorien stellt sich eine Unterbewertung des Strombedarfs von 4 Prozent ein.

Verifizierung der Kalibrierfaktoren Strom Gebäudekategorie & Bauperiode (Bezug: Gesamtbestand):

Als weiterer Schritt wurde der Strom Kalibrieransatz (Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug) ohne weitere Rahmenbedingungen auf den Gesamtbestand der ausgewerteten Gebäudekategorien angewendet. In der folgende Tabelle 4.25 werden die Resultate der Verifizierung vom Gesamtbestand dargestellt.

²⁴Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.23

Tabelle 4.25.: Verifizierung Gesamtbestand Strom Gebäudekategorie mit Bauepochenbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Gebäudekategorie	Modellierter und kalibrierter ²⁵ Strombedarf inkl. Wärmebereitstellung [kWh/a]	Stromverbrauch (3-Jahresmittelwert) [kWh/a]	Abweichungen [%]
Einfamilienhaus	15.653.059	16.846.500	7 %
Reihenhaus	6.783.919	6.468.482	-5 %
Mehrfamilienhaus „Klein“	30.649.736	30.090.371	-2 %
Mehrfamilienhaus „Mittel“	59.499.144	59.919.490	1 %
Mehrfamilienhaus „Groß“	125.637.233	129.923.034	3 %
Zwischensumme	238.223.091	243.247.877	2 %
<hr/>			
Mischnutzung	223.453.277	311.095.232	28 %
Gewerbe	86.459.707	80.646.903	-7 %
Summe Gesamt	461.676.368	554.343.109	17 %

Im Vergleich zu der Kalibrierbasis Verifizierung wird das Reihenhaus, Mehrfamilienhaus „Klein“ und das Gewerbe minimal überbewertet. Die Überbewertung der Mischnutzung (im Fall der Kalibrierbasis siehe Tabelle 4.24) ändert sich in eine Unterbewertung des Strombedarfs. Dabei ist zu beachten, dass nicht vollständig berechnete Mischnutzungen (nur bekannte Nutzungsprofile werden vom EneRAIp Berechnungsmodell berechnet siehe Kapitel 3.1.5) in der Auswertung enthalten sind. Dies ist auch der Grund für die Unterbewertung der Mischnutzung von 28 Prozent. In der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) zeigt sich eine minimale Verbesserung von einem Prozent bei der Anwendung der Kalibrierfaktoren am Gesamtbestand. Auch das Gewerbe wird im Vergleich zu der Auswertung der Kalibrierbasis beim Gesamtbestand überbewertet und die Abweichung zu den Stromverbrauchsdaten verringert sich. Die ausgewerteten Abweichungen der einzelnen Gebäudekategorien werden bis auf die Mischnutzung werden in dem Kalibrierprozess bei der Gesamtmodellierung miteinbezogen. Die nicht berechneten Anteile der Mischnutzung werden gesondert in der Gesamtbilanzierung (siehe Ergebnisse Kapitel 4.4) anhand des Flächenbezugs berücksichtigt.

²⁵Kalibrierung anhand der statistisch ausgewerteten Kalibrierfaktoren Tabelle 4.23

4.3.2.4. Diskussion der Kalibrierfaktoren Strom

Wie bei der Auswertungsmethodik der Wärmebedarfskalibrierfaktoren führte aufgrund der datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen der Netzbetreiber (IKB) die Kalibrierfaktorenauswertung direkt durch. Der Verarbeitungsprozess (Bereitstellung der kalkulierten Kennwerte, die Verknüpfung der Verbrauchsdaten mit den kalkulierten Bedarfskennwerten und die Auswertung der Kalibrierfaktoren (IKB)) wurde wie bei dem Kalibrierprozess für den Wärmebedarf durchgeführt. Auch hier zeigt sich, dass dieser Prozess sehr zeitintensiv ist und nur mit einer guten Zusammenarbeit mit dem Netzbetreiber möglich ist. Die umfangreiche Kalibrierbasis von 9.563 Gebäuden erwies sich bis auf wenige Ausnahmen (siehe Kapitel 4.3.2.2) als eine sehr gute Basis. Eine Problematik stellt die Differenzierbarkeit der einzelnen Stromanteile (Haushalts- und Betriebsstrom, Kältestromverbrauch, Raumwärmestromverbrauch,...) dar. Da eine Unterscheidung aufgrund der fehlenden Informationen nicht möglich war, wurde der Kalibrierbezug auf den Haushalts- und Betriebsstrom sowie den Hilfsstrombedarf festgelegt. Der kalibrierte Strombedarf beinhaltet daher auch die unbekannten Anteile für die Wärmebereitstellung und den Kühlbedarf. Eine vereinfachte Differenzierung in Bezug auf den Strom- Wärmeanteil wird in der weiterführenden Gesamtbilanzierung (Kapitel 4.4) durchgeführt. Eine flächendeckende, detaillierte Erhebung bzw. Vermessung der einzelnen Stromverwendungszwecke (Anteile) ist in der Praxis seitens des Netzbetreibers nicht umsetzbar. Bei einer Übertragung der Strom-Kalibrierfaktoren auf ländliche Gebiete ist ein Urbanisierungsgrad (urban versus ländliche Region) zu berücksichtigen. Wie aus der Studie (Statistik, 2011b) ersichtlich, ist der durchschnittliche Stromverbrauch in ländlichen Gebieten um rund 21 Prozent höher als im städtischen Bereich. Die Ursachen des Urbanisierungsgrades werden in der Studie wie folgt beschrieben:

„Die Wohnnutzfläche ist in ländlichen Regionen mit durchschnittlich 118 m² um 51 Prozent größer als im urbanen Bereich mit 78 m². So sind in der ländlichen Region der Stromverbrauch für Raumheizung um durchschnittlich 172 Prozent und der Verbrauch für die Warmwasserbereitung um durchschnittlich 106 Prozent höher als in der urbanen Region. Auch der Stromverbrauch zum Kochen liegt in ländlichen Regionen um durchschnittlich 73 Prozent höher. Offenbar ist in diesem Zusammenhang das dichtere Versorgungsnetz für Erdgas und Fernwärme in urbanen Regionen der ausschlaggebende Faktor, wodurch Erdgas und Fernwärme in urbanen Regionen häufig zu Heizzwecken und zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden sowie Erdgas auch zum Kochen.“ (Statistik, 2011b, Seite 15)

Das bedeutet, dass im Fall einer Modellanwendung auf den ländlichen Bereich, eine erneute Kalibrierfaktorenauswertung nötig ist. Auch hier sollte im Zusammenhang der Modellweiterentwicklung das Ziel sein, eine breite Kalibrierbasis für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche (Stadt / Land) aufzubauen. Dabei ist auf die Bereitschaft und auf die Zeitressourcen der beteiligten Partner wie bei der Wärmebedarfskalibrierung zu achten. Modellerweiterung und eine Datengrundlagenänderung (Verbesserungsprozess der Datengrundlagen) wirken sich auf die Modellierung des Strombedarfs aus und sind ebenfalls wie bei der Wärmebedarfskalibrierung einem erneuten Kalibrierprozess zu unterziehen.

4.4. Ergebnisse Gesamtbilanzierung

In der Gesamtbilanzierung werden die Ergebnisse von den Modellierungs- und Erhebungsansätzen für den gesamten Gebäudebestand und der Mobilität für die Stadt Innsbruck zusammengeführt. Dabei werden die kalkulierten- und kalibrierten Kennwerte seitens des EneRALp Berechnungsmodells, die EMIKAT-Datenerhebung und die Mobilitätsenerhebung herangezogen. Die unbekannten bzw. nicht modellierten Bereiche des Gebäudebestandes werden dabei systematisch anhand von unterschiedlichen Ansätzen abgeschätzt. Die detaillierte Vorgehensweise wird direkt bei der Ergebnisdarstellung beschrieben. Die Gesamtbilanzierung teilt sich in die Sektoren Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude und Mobilität.

4.4.1. Ergebnisse der Gesamtbilanz Wohngebäude

Die Gesamtbilanz der Wohngebäude besteht ausschließlich aus den modellierten Kennwerten (EneRALp Berechnungsmodell) der Wohnnutzung. Dabei wird sowohl die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) als auch der Wohnnutzungsanteil der Mischnutzung herangezogen. Auf Basis des EneRALp Berechnungsmodells wurde der Endenergiebedarf für Raumwärme, Warmwasserwärme und Strom berechnet und mithilfe der Kalibrierfaktoren angepasst. In der folgenden Abbildung 4.13 werden die modellierten Kennwerte für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) dargestellt.

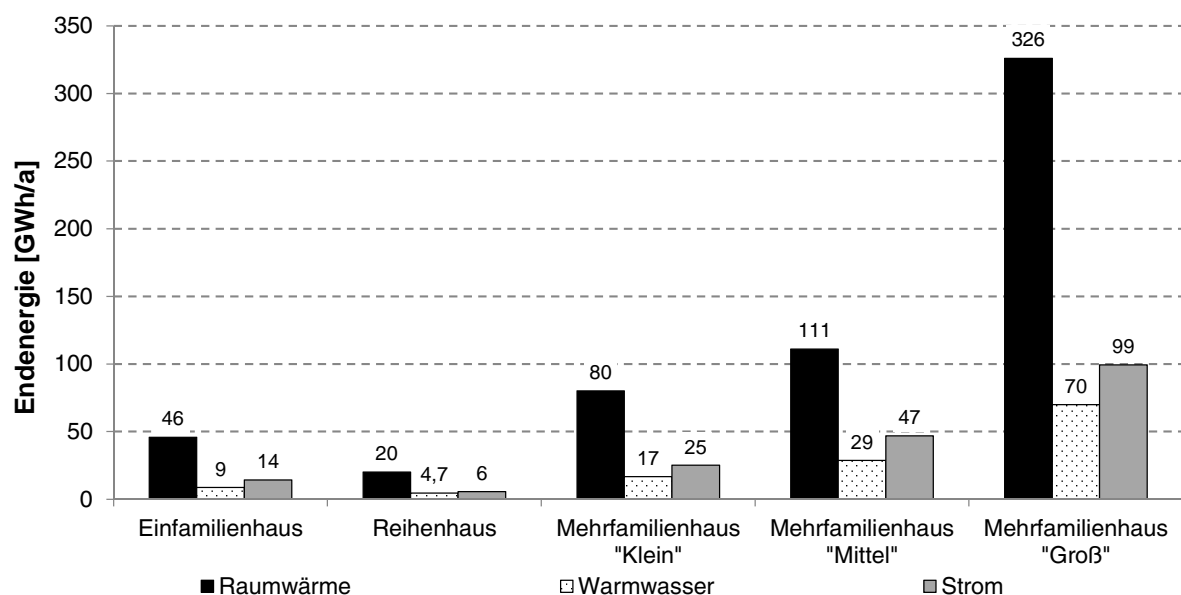


Abbildung 4.13.: Endenergiebedarf ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRALp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

In der Abbildung 4.13 wird jeweils der Endenergiebedarf für die einzelnen Verwendungszwecke in Gigawattstunden pro Jahr dargestellt. Der größte Anteil des Endenergieeinsatzes wird für die Raum-

wärme benötigt, gefolgt vom Strombedarf. Entsprechend des Nutzflächenanteils der Gebäudekategorie Mehrfamilienhaus „Groß“ mit 54 Prozent in Bezug auf die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G siehe Kapitel 4.2.1) wird der größte Energieanteil der ausschließlichen Wohnnutzung für die genannte Gebäudekategorie aufgewendet. Dem gegenüber ist bei den Reihenhäusern mit einem Nutzflächenanteil von 3 Prozent (siehe Kapitel 4.2.1) der geringste Energieeinsatz in Bezug zu der ausschließlichen Wohnnutzung zu verzeichnen.

Gesamtbilanzierung der Wohngebäude inklusive dem Wohnnutzungsanteil der Mischnutzung:

Für die Gesamtbilanzierung der Wohngebäude wurde zu der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) der Wohnnutzungsanteil der Mischnutzung mit einbezogen. Da nicht alle Nutzungsarten (Nutzungsprofile) der Mischnutzung seitens des EneRAIp Berechnungsmodells abgedeckt werden, wurde folgende Systematik der Bilanzierung angewendet. Die Berechnung der Mischnutzung vom EneRAIp Berechnungsmodell wird jeweils anteilmäßig von den bekannten Nutzungsprofilen (siehe Kapitel 3.1.5) zu der gesamt Nutzfläche durchgeführt. Der jeweilig berechnete Anteil vom Gebäude wird in Bezug zu der gesamt energetischen Bezugsfläche des Gebäudes (siehe Kapitel 3.1.11) für die weitere Verarbeitung vom EneRAIp Berechnungsmodell ausgegeben (69 Prozent der energetischen Nutzfläche wurden vom EneRAIp Berechnungsmodell berechnet). Somit ist der berechnete Anteil von den Gebäuden der Mischnutzung bekannt. Als ein weiterer Schritt wurden in Zusammenarbeit mit dem Land Tirol die kalkulierten- und kalibrierten Wärmebedarfskennwerte vom EneRAIp Berechnungsmodell durch die EMIKAT-Erhebung (Datenerhebung 2005 und 2010) - die sich auf die Mischnutzung beziehen - ersetzt. Bei der EMIKAT-Erhebung wurde der Wärmeverbrauch von Gebäuden (meist Dienstleistungssektor und Industrie) stichprobenartig für die Erstellung des Emissionskatasters nach dem Immissionsgesetz Luft (IG-L) erhoben. Anschließend wurde der verbleibende, nicht berechnete energetische Nutzflächenanteil (Annahme: 90 Prozent der nicht berechneten Nutzfläche sind energetisch relevant) der Mischnutzung vereinfacht mit einem durchschnittlichen Wärmebedarfskennwert (Kennwertbezug aus dem berechneten Mischnutzungsanteil, Raumwärme und Warmwasserwärme) von $100 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (Flächebezug: energetische Nutzfläche) berechnet. Mithilfe des Flächenanteils der Wohnnutzung von der Mischnutzung wurde abschließend der Wärmebedarfsanteil bestimmt. Der Strombedarf der Wohnnutzung wird in Bezug auf den berechneten Mischnutzungsanteil ebenfalls mit dem Flächenanteil der Wohnnutzung von der Gebäudekategorie Mischnutzung berechnet. Die Bestimmung des Wohnnutzungsanteils auf Basis der Wohnnutzfläche stellt einen vereinfachten Ansatz dar, die Trennung zwischen der Wohn- und Nichtwohnnutzung ist in Bezug auf den Modellierungsansatz und den Kalibrieransatz nur für eine Abschätzung heranzuziehen. Weiters zeigte sich, dass eine Trennung der Mischnutzung in Wohn- und Nichtwohnnutzung vor allem im Bezug auf die Modellabweichungen zu den Verbrauchsdaten (Strom und Gas) schwierig ist. Deshalb werden die Abweichungen (Gap) zwischen den modellierten Kennwerten und den tatsächlichen Verbrauchsdaten der Mischnutzung zur Gänze in der Bilanzierung des Nicht-Wohngebäudebereichs berücksichtigt.

In der nachstehenden Tabelle 4.26 wird die Gesamtbilanzierung mit den Modellabgleichsinformationen für den Sektor Wohngebäude angeführt.

4. Ergebnisse

Tabelle 4.26.: Gesamtbilanzierung Wohngebäude - Quelle: EnerAlp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen

Gebäudekategorie	Wärmebedarf [GWh/a]	Strombedarf [GWh/a]
Einfamilienhaus	55	14
Reihenhaus	25	6
Mehrfamilienhaus „Klein“	97	25
Mehrfamilienhaus „Mittel“	140	47
Mehrfamilienhaus „Groß“	396	99
Haushaltsanteil Mischnutzung	90	44
<hr/>		
Modellabgleich:		
Modellunterschied zu Gas- und Stromverbrauch	61	0,7
Gasanteil Fernwärme (Tabelle 4.27)	37	-
Nicht zuteilbarer Gas- und Stromverbrauchsanteil	12	13
<hr/>		
Summe	802	236

In der Tabelle 4.26 wird der jeweilige Wärme- und Strombedarf für den Wohngebäudebereich dargestellt, der Modellabgleich bezieht sich auf die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) und wird anschließend näher beschrieben. Im Vergleich zu der ausschließlichen Wohnnutzung wird bei der Mischnutzung ersichtlich, dass bei der Trennung der Wohnnutzung auf Basis der Wohnnutzfläche der Wärmebedarf tendenziell zu niedrig und der Strombedarf zu hoch bewertet wird. Daher ist die Trennung der Mischnutzung nur als Abschätzung heranzuziehen. In Bezug auf die Gesamtbilanz der Mischnutzung hat die Trennung keine Auswirkungen. Der Gesamtenergieeinsatz für den Sektor Wohngebäude liegt bei 1.037 Gigawattstunden pro Jahr, davon werden 77 Prozent für den Wärmebedarf und 23 Prozent für den Strombedarf aufgewendet.

Modellabgleich in Bezug auf die Gesamtbilanzierung Wohngebäude:

Für den Modellabgleich wird nur die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) herangezogen. Der Modellunterschied zwischen den Gas- und Stromverbrauchsdaten wird anhand der Energieträgerverteilung vom AGWR II berechnet. In Bezug auf die Energieträgerverteilung des AGWR II ist zu erwähnen, dass die Erhebung vom Gebäudebestand im Jahr 2001 durchgeführt wurde. Das kann bedeuten, dass sich in der Zwischenzeit aufgrund eines Heizungstausches der Energieträger geändert hat. Des Weiteren wurden bei der Großerhebung die Energieträger (Raumwärme- und Warmwasserbereitung) nicht immer vollständig erhoben und wird daher als Energieträger „unbekannt“ ausgewiesen. Bei der Warmwasserbereitung stehen nur mangelhafte Energieträgerinforma-

tionen zur Verfügung. Beim Strom wird der kalkulierte- und kalibrierte Strombedarf inklusive Wärmebereitstellung (Energieträgerverteilung vom AGWR II) für den Modellabgleich herangezogen. In dem Modellunterschied des Gasverbrauchs (61 GWh/a) ist der Anteil, der für die Fernwärme aufgewendet wird, enthalten und benötigt daher eine zusätzliche Betrachtungsweise. Um den Gasanteil für die Fernwärme abzuschätzen, wurde auf die Fernwärmeerhebung seitens des SINFONIA Projektes (SINFONIA, 2014) zurückgegriffen. Im Zuge des Projekts SINFONIA wurde mit den Projektpartnern (KELAG, NHT, IIG und TIGAS) eine Fernwärmeerhebung für das Untersuchungsgebiet - welches circa ein Drittel des Stadtgebietes abdeckt - durchgeführt. Dabei wurde sowohl der Energieeinsatz als auch der Energieträger erhoben. In der folgenden Tabelle 4.27 werden die Ergebnisse der Erhebung in aggregierter Form dargestellt.

Tabelle 4.27.: Fernwärmeerhebung SINFONIA District - Quelle: KELAG, NHT, IIG, TIGAS, Auswertung 2014

Anlagenbetreiber	Energieeinsatz [GWh/a]	Energieträger
Innsbrucker Immobiliengesellschaft (IIG)	17,8	Gas
Neue Heimat Tirol (NHT)	3,9	Gas
KELAG Wärme GmbH (KELAG)	15,4	Gas
Neue Heimat Tirol (NHT)	6,7	Biomasse

Laut den Ergebnissen aus der Fernwärmeerhebung werden rund 72 Prozent (Summe Fernwärmeerhebung SINFONIA, siehe Tabelle 4.27) des modellierten Fernwärmebedarfs (61 GWh/a siehe Tabelle 4.28) der ausschließlichen Wohnnutzung abgedeckt. Bei der Fernwärmeerhebung (SINFONIA Projekt) wurde keine Differenzierung in Bezug auf die Mischnutzung (Wohn- und Nichtwohnnutzung) durchgeführt und wird daher nicht berücksichtigt. Der fehlende Fernwärmeanteil (38 Prozent) des modellierten Fernwärmebedarfs wird in Bezug auf den Energieträger als unbekannt ausgewiesen. Der Gaseinsatz für die Fernwärme von 37 Gigawattstunden pro Jahr (siehe Gasanteil Tabelle 4.27) verringert die Modellabweichungen auf 10 Prozent in Bezug auf den Gesamtgaseinsatz der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G). Zu den Modellabweichungen ist der Anteil des nicht zuteilbaren Gasverbrauchs - der in der vorhergehenden Untersuchung nicht berücksichtigt wurde - einzubinden, dasselbe gilt für den Stromverbrauch. Der nicht zuteilbare Gas- bzw. Stromverbrauch ergibt sich aus der Differenz der verknüpfbaren Verbrauchsdaten (Zusammenführungsprozess der Netzbetreiber) und den Gesamtverbrauch vom Untersuchungsgebiet laut Netzbetreiber. Dieser wird jeweils zu 50 Prozent auf die Sektoren Wohngebäude und Nicht- Wohngebäude aufgeteilt. Da der Anteil der unbekannten Energieträger (Wärmebedarf) von der ausschließlichen Wohnnutzung bei 19 Prozent (ohne Berücksichtigung nicht zuteilbarer Gas- bzw. Stromverbrauch) liegt, wurden die Modellabweichungen und der nicht zuteilbare Anteil von Strom und Gas von den unbekannten Energieträgern Wärmebedarf abgezogen und zu den jeweiligen Energieträgern (Gas und Strom) dazu gezählt. Damit wird gewährleistet, dass die modellierten Gas- und Strombedarfskennwerte mit der Gesamtsumme der gemessenen Verbrauchsdaten übereinstimmen.

Energieträgerverteilung Wohngebäude auf Basis vom AGWR II:

Aus der beschriebenen Bilanzierungssystematik und auf Basis der Energieträgerverteilung (Bezug: Nutzfläche) vom AGWR II wurde die Energieträgerverteilung für den Sektor Wohngebäude abgeleitet. Wie im Abschnitt des Modellabgleichs beschrieben, ist auf die Datenqualität seitens des AGWR II zu achten, daher stellt die folgende Energieträgerverteilung in der Tabelle 4.28 eine Abschätzung dar.

Tabelle 4.28.: Energieträgerverteilung Wohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TI-GAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen

Energieträger	Endenergie [GWh/a]	Anteil [%]
Öl	247	31 %
Gas	257	32 %
Kohle	17	2,2 %
Scheitholz	40	5,0 %
Pellets	2	0,3 %
Hackschnitzel	0,4	0,05 %
Fernwärme	61	7,6 %
Strom	67	8,4 %
Wärmepumpe (Strom)	2	0,3 %
Wärmepumpe (Umweltwärme)	6	0,8 %
Solarthermie	3	0,4 %
unbekannt	100	12 %
Summe	802	100 %

Der überwiegende Anteil (63 Prozent) des Wärmebedarfs wird von den Energieträgern Öl (31 Prozent) und Gas (32 Prozent) bereitgestellt. Die Anteile der Energieträger Öl und Gas sind im Fall der Wohngebäude ähnlich. Der erneuerbare Anteil für die Wärmebereitstellung im Wohngebäude-sektor liegt bei rund 16 Prozent (Annahme: keine Kohle, der „unbekannte“ Energieträgeranteil wird nicht berücksichtigt, Strom aus 100 Prozent erneuerbarer Energie, Fernwärme nach Tabelle 4.27). Der unbekannte Energieträgeranteil (12 Prozent) wird zur Nachvollziehbarkeit der Datengrundlagen nicht proportional zu den restlichen Energieträgern aufgeteilt.

Abgeschätzte Energieverteilung Wohngebäude:

Aufbauend auf die Gesamtbilanz der Wohngebäude wurde in der Masterarbeit (Dobler, 2016) ein erster Ansatz für ein Prognosemodell zur Szenarienbildung erarbeitet. Dafür wurden die unbekannten Energieträgerverteilungsanteile (siehe Tabelle 4.28) für den Raumwärme- und Warmwasserwärmebedarf anhand von unterschiedlichen Annahmen (siehe Masterarbeit Dobler, 2016, Kapitel 5.1.4 & 5.1.5) aufgelöst. Die abgeschätzte Energieträgerverteilung wird in der folgenden Abbildung 4.14 für den Wohngebäudesektor in Form eines Sankey-Diagramms dargestellt.

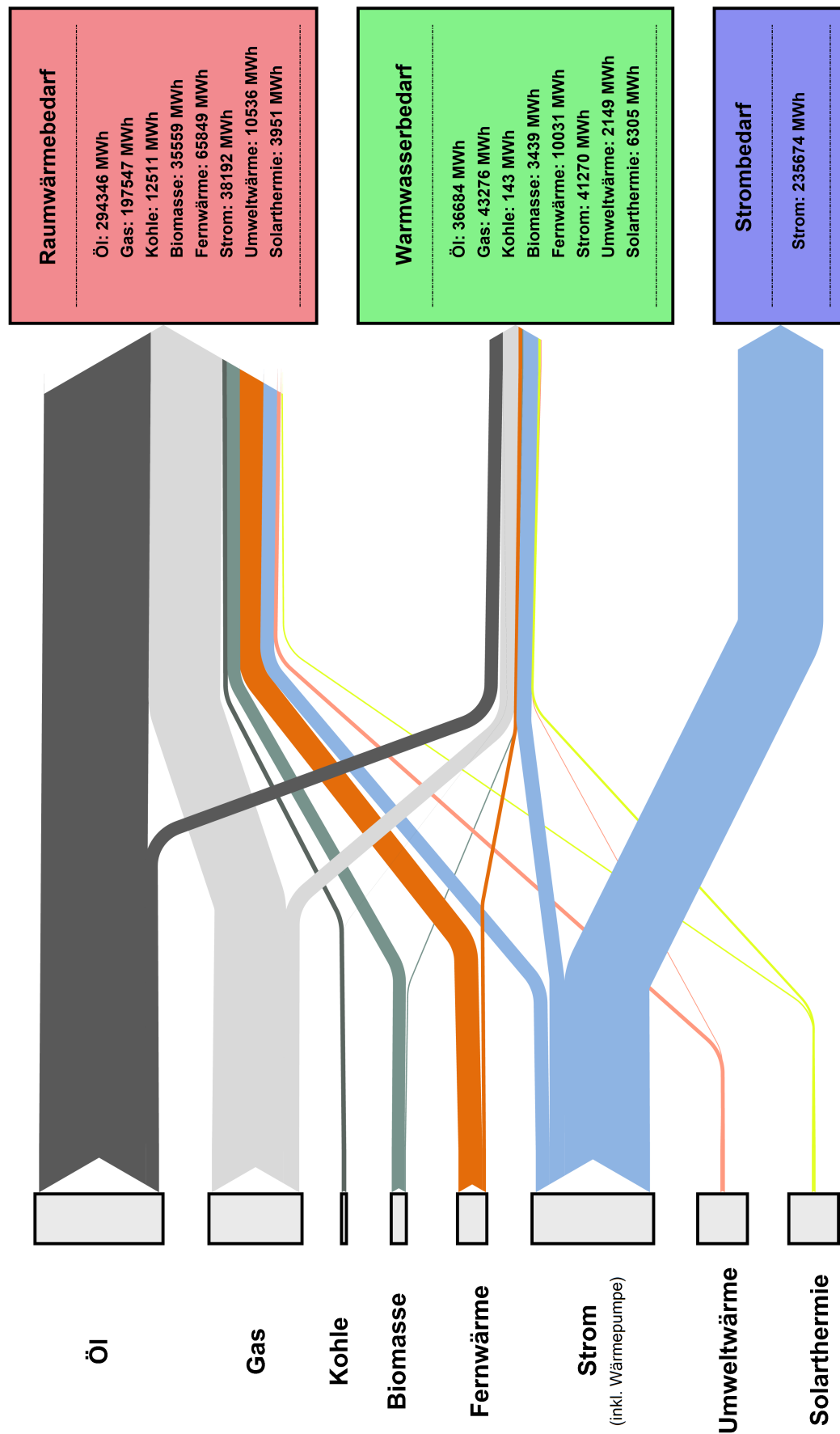


Abbildung 4.14.: Angepasste Energieträgerverteilung Wohngebäude - Quelle: Dobler, 2016, Tabelle 5.7 & 5.11, eigene eSankey Darstellung

4.4.2. Ergebnisse der Gesamtbilanz Nichtwohngebäude

Für die Gesamtbilanzierung des Nichtwohngebäudesektors wurden unterschiedliche Berechnungsmethoden und Datengrundlagen hergezogen. Die zur Verfügung stehenden Informationen und Datengrundlagen sind in der folgenden Auflistung ersichtlich.

- Nutzflächen seitens des EneRAIp Berechnungsmodells
- Mischnutzungsanteil ohne Wohnnutzung seitens des EneRAIp Berechnungsmodells
- EMIKAT-Erhebung (2005 & 2010)
- Gas und Stromverbrauchsdaten (Netzbetreiber)

Als Basisinformation für die Sektoren Gewerbe, Dienstleistung und Industrie steht die Nutzfläche seitens des EneRAIp Berechnungsmodells (Quelle: AGWR II) zur Verfügung. Ferner wird der berechnete Mischnutzungsanteil (EneRAIp Berechnungsmodell) ohne Wohnnutzung herangezogen. Als ein weiterer Schritt wurden in Zusammenarbeit mit dem Land Tirol die kalkulierten- und kalibrierten Wärmebedarfskennwerte vom EneRAIp Berechnungsmodell durch die EMIKAT-Erhebung (Datenerhebung 2005 und 2010) - die sich auf die Mischnutzung beziehen - ersetzt. Auch für die restlichen Gebäudekategorien des Nichtwohngebäudesektors, welche vom EneRAIp Berechnungsmodell nicht berücksichtigt werden, wurden die EMIKAT-Erhebungsdaten herangezogen. Zu den genannten Daten wurden die Gas- und Stromverbrauchsdaten der Netzbetreiber in aggregierter Form in die Bilanzierung miteinbezogen. Nach der umfangreichen Zusammenführung der Datengrundlagen wurde der nicht berechnete Nutzflächenanteil der einzelnen Gebäudekategorien als „unbekannt“ bestimmt und mit den spezifischen Kennzahlen der Wärmebereich vereinfacht berechnet. Die Ergebnisse für den Nichtwohngebäudesektor und die Beschreibung der einzelnen Bilanzierungsschritte sind in der Tabelle 4.29 angeführt.

4. Ergebnisse

Tabelle 4.29.: Gesamtbilanzierung Nichtwohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TI-GAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen

Gebäudekategorie	Wärmebedarf [GWh/a]	Strombedarf [GWh/a]
Mischnutzung ohne Haushalte ²⁶	149	169
Mischnutzung EMIKAT ²⁷	99	
Mischnutzung unbekannter Anteil ²⁸	96	
<i>Modellunterschied zu Gas- Stromverbrauch ²⁹</i>	<i>50</i>	<i>81</i>
Gewerbe ²⁶	79	79
Gewerbe EMIKAT ²⁷	24	
<i>Modellunterschied zu Gas- Stromverbrauch ²⁹</i>	<i>35</i>	<i>0,5</i>
Industrie EMIKAT ²⁷ / Stromverbrauch ³⁰	5	14
Industrie unbekannter Anteil - Kennwerte Sattler ³¹	18	
Weitere Nutzung Gas- / Stromverbrauch ³⁰	52	38
Weitere Nutzung EMIKAT ²⁷	0,4	
Weitere Nutzung Fernwärme TIGAS 2014 ³⁰	25	
Weitere Nutzung unbekannter Anteil ³²	31	
Sonstige Gasverbrauch / Stromverbrauch ³⁰	1	4
Sonstige EMIKAT ²⁷	2	
Sonstige Fernwärme TIGAS 2014 ³⁰ / EMIKAT ²⁷	5	
EMIKAT ²⁷ nicht zuordenbar (ohne Strom)	13	
<i>Nicht zuteilbarer Gas- Stromverbrauchsanteil³⁰</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
<i>Infrastruktur Strom (keine Adresse)³⁰</i>		<i>23</i>
Summe Nichtwohngebäude	683	408

Für die Bilanzierung der Mischnutzung wurde der berechnete Anteil der Mischnutzung (ohne Wohnnutzung) seitens des EneRAIp Berechnungsmodells durch die einzelnen EMIKAT-Erhebungsdaten ersetzt. Der verbleibende, nicht berechnete energetische Nutzflächenanteil der Mischnutzung wurde wie bei dem Wohngebäudesektor (Annahme 90 Prozent der nicht berechneten Nutzfläche sind

²⁶Ergebnisse aus dem EneRAIp Berechnungsmodell

²⁷Kennwerte aus der EMIKAT Erhebung Land Tirol

²⁸verbleibender unbekannter Anteil nach Berücksichtigung der Modell und EMIKAT-Informationen

²⁹Abgleich der modellierten Kennwerten mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten der Kategorie

³⁰Verbrauchsdaten entsprechend der Netzbetreiber

³¹Quelle: Kennwerte Sattler, 2008

³²verbleibender unbekannter Anteil

energetisch relevant) vereinfacht mit einem durchschnittlichen Wärmebedarfskennwert (Kennwertbezug aus dem berechneten Mischnutzungsanteil, Raumwärme und Warmwasserwärme) von $100 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (Flächenbezug: energetische Nutzfläche) berechnet. Die Modellabweichungen in Bezug auf den Gas- und Stromverbrauch wurden dem Nichtwohngebäudesektor zugeschlagen. Im Fall vom Gewerbe wurde ebenfalls der berechnete Wärmebedarf durch die EMIKAT-Erhebung ersetzt und der Modellabgleich für die Gas- und Stromverbrauchsdaten durchgeführt. Bei der Industrie wurden als erster Schritt die Wärmebedarfskennwerte seitens der EMIKAT-Erhebung herangezogen. Da keine Informationen betreffend des Strombedarfs in der EMIKAT-Erhebung erfasst wurden, wurde der aggregierte Stromverbrauch seitens des Netzbetreibers verwendet. Der Wärmebedarf des unbekannten Anteils der Industrie wurde vereinfacht mit $111 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (Flächenbezug: energetische Nutzfläche) berechnet. Der verwendete, spezifische Kennwert wurde aus der Sattler Studie Vorarlberg (Sattler, 2008) entnommen und bildet den Mittelwert über alle erhobenen Industriebetriebe der Studie. Bei der „Weiteren Nutzung (WN)“ wurden sowohl die aggregierten Gasverbrauchsdaten als auch die Stromverbrauchsdaten verwendet. Seitens der EMIKAT-Erhebung standen nur wenige Informationen zum Wärmebedarf zur Verfügung. In Zusammenarbeit mit der TIGAS konnte der bekannte Fernwärmeanteil erhoben werden. Die verbleibenden, nicht berechneten Nutzflächen der „Weiteren Nutzung“ (Annahme: 90 Prozent der Nutzfläche energetisch relevant) wurden vereinfacht mit einem durchschnittlichen Wärmebedarfskennwert (Kennwertbezug aus allen berechneten Gebäudekategorien, Raumwärme und Warmwasserwärme) von $138 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ (Flächenbezug: energetische Nutzfläche) berechnet. Für die Gebäudekategorie „Sonstige“ wurden ausschließlich die aggregierten Datengrundlagen der Netzbetreiber (Gas- und Stromverbrauch), EMIKAT-Erhebung, und die Fernwärmeerhebung der TIGAS verwendet. Die Kategorie „Sonstige“ beinhaltet energetisch irrelevante Nutzungseinheiten wie Privatgarage, Pseudobaulichkeit (Zelte, Wohnwägen, ...) und sonstiges Bauwerk, daher wurden mit den vorhandenen Datengrundlagen keine weiteren Berechnungen angestellt. Die nicht zuordenbaren Wärmebedarfskennwerte seitens der EMIKAT-Datenerhebung wurden ohne den Stromanteil in die Bilanzierung eingebunden. Bei dem 50-prozentigen Anteil der nicht zuteilbaren Gas- und Stromverbrauchsdaten wird wie bei dem Wohngebäudesektor davon ausgegangen, dass dieser Anteil in dem unbekannten Energieträger beinhaltet ist. Daher werden die nicht zuteilbaren Anteile von Strom und Gas von dem unbekannten Energieträger Wärmebedarf abgezogen und zu den jeweiligen Energieträgern (Gas und Strom) dazu gezählt. Damit wird gewährleistet, dass der modellierte Gas- und Strombedarf mit der Gesamtsumme der gemessenen Verbrauchsdaten übereinstimmt. In der Infrastruktur Strom sind die Stromverbräuche von Straßenbeleuchtungen, Parkautomaten, Schienenheizungen, etc. enthalten, diese werden zu dem Nichtwohngebäudesektor hinzugezählt.

Energieträgerbilanzierung Nichtwohngebäude nach AGWR II und EMIKAT:

Aufbauend auf die durchgeführte Bilanzierung wurde anhand der Grundlagendaten (AGWR II und EMIKAT) die Energieträgerverteilung für den Nichtwohngebäudesektor abgeleitet. Bei der Energieträgerverteilungsableitung ist einerseits auf die Datenqualität seitens des AGWR II und andererseits auf die unterschiedlichen Erhebungszeitpunkte (2005 und 2010) der EMIKAT-Datenerhebung zu achten, daher stellt folgende Energieträgerverteilung der Nichtwohngebäude in der Tabelle 4.30 eine Abschätzung dar.

Tabelle 4.30.: Energieträgerverteilung Nichtwohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen

Energieträger	Endenergie [GWh/a]	Anteil [%]
Öl	85	12 %
Gas	315	46 %
Kohle	1,2	0,2 %
Scheitholz	12	2 %
Pellets	0,9	0,1 %
Hackschnitzel	1,7	0,2 %
Fernwärme	91	13 %
Strom	24	4 %
Wärmepumpe (Strom)	4	1 %
Wärmepumpe (Umweltwärme)	12	2 %
Solarthermie	1,1	0,2 %
unbekannt	136	20 %
Summe	683	100 %

Bei dem Nichtwohngebäudebereich wird der überwiegende Anteil (46 Prozent) des Wärmebedarfs von dem Energieträger Gas bereitgestellt. Ungeachtet der unbekannten Energieträgern zeigt sich, dass der Anteil der Fernwärme (13 Prozent) ein wenig größer als der Anteil vom Öl (12 Prozent) ist. Die Fernwärmebereitstellung für den Nichtwohngebäudebereich wird zum größten Teil durch das Heizkraftwerk Innrain mit fossilen Energieträgern durchgeführt. Der erneuerbare Anteil für die Wärmebereitstellung im Sektor Nichtwohngebäude ist im Vergleich zu dem Sektor Wohngebäude niedriger und liegt bei 8 Prozent (Annahme: keine Kohle, der „unbekannte“ Energieträgeranteil wird nicht berücksichtigt, Strom aus 100 Prozent erneuerbarer Energien, Annahme Fernwärme 100 Prozent fossil). Mit den getroffenen Annahmen stellt sich in den Sektoren Wohngebäude und Nichtwohngebäude zur Deckung des Wärmebedarfs ein Anteil an erneuerbarer Energieträgeranteil von 12 Prozent (Basis der Berechnung Energieträgerverteilung Tabelle 4.28 und 4.30) ein. Wie auch bei der Energieträgerverteilung des Sektors Wohngebäude wurde der unbekannte Energieträgeranteil (20 Prozent) zur Nachvollziehbarkeit der Datengrundlagen nicht in die restlichen Energieträgern aufgeschlüsselt. Eine weiterführende Abschätzung der Energieträgerverteilung für den Nichtwohngebäudebereich wurde nicht durchgeführt.

GIS basierende Darstellung der Energiebedarfskennwerte:

Alle Energiebedarfskennwerte, die seitens des EneRAIp Berechnungsmodells (bekannte Nutzungsprofile siehe Kapitel 3.1.5) zur Verfügung stehen, können anhand der Geoinformationen räumlich dargestellt werden. Wie im Kapitel 2.2 beschrieben, dürfen die generierten Ergebnisse aufgrund der datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen nur in gerasterter Form (100 x 100 Meter Raster) und nicht auf der Gebäudeebene visualisiert werden. In der folgenden Abbildung 4.15 und 4.16 wird der kalkulierte- und kalibrierte Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) und Strombedarf des Untersuchungsgebietes für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G), Mischnutzung (berechneter Anteil) und Gewerbe dargestellt.

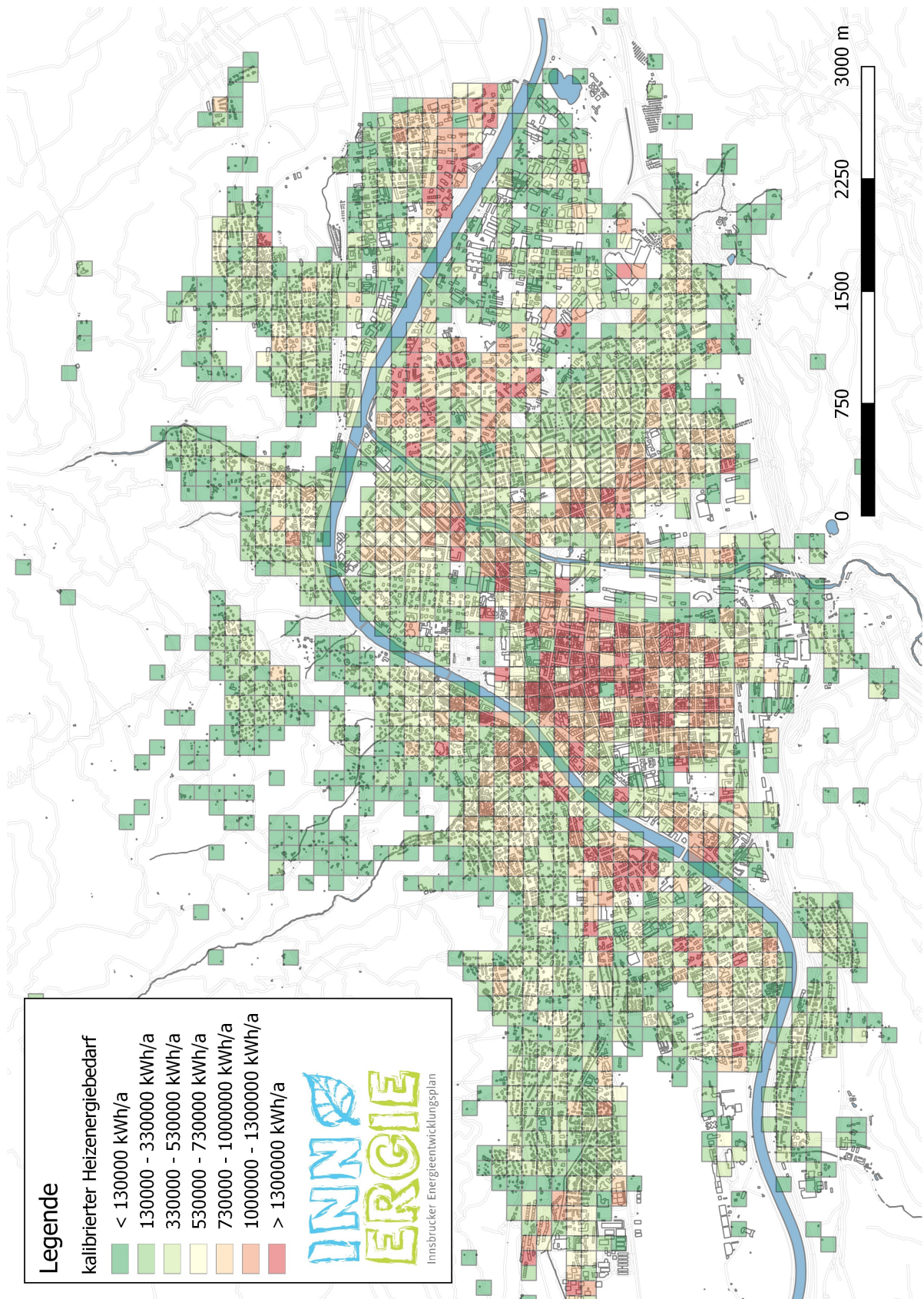


Abbildung 4.15.: Kalkulierter und kalibrierter Wärmebedarf Innsbruck - Quelle: eigene Darstellung

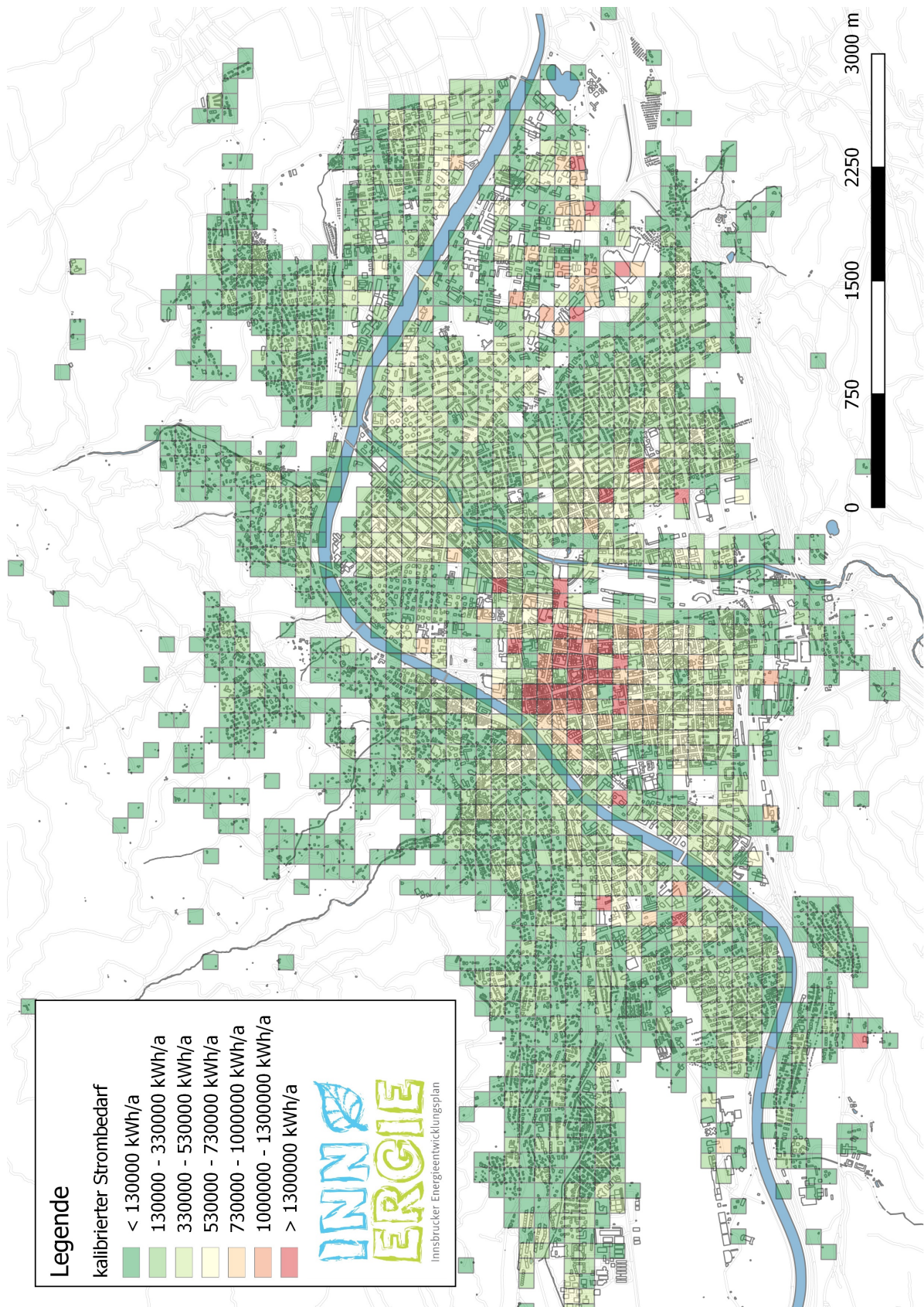


Abbildung 4.16.: Kalkulierter und kalibrierter Strombedarf Innsbruck - Quelle: eigene Darstellung

4.4.3. Mobilität

Die Kennwerte zur Mobilität der Stadt Innsbruck wurden seitens des Amtes für Verkehrsplanung und Umwelt vom Stadtmagistrat Innsbruck zur Verfügung gestellt. Die eigenen Berechnungen wurden im Juni 2016 mit der Unterstützung der ProgrammSystem Verkehr (PSV) Software durchgeführt. Die makroskopische Verkehrsmodellierungssoftware PSV ermöglicht Analysen sowie Prognosen für den Individualverkehr (IV) und öffentlichen Verkehr (ÖV). Die Differenzierung nach dem Verkehrsmodus findet in der Modal-Split-Rechnung statt, welche alle Verkehrsteilnehmer als Fußgänger, Radfahrer, ÖV-Mitfahrer, IV-Selbstfahrer und IV-Mitfahrer unterscheidet (Helmert, 2016). Mit Hilfe von Verkehrszählpunkten der Stadt Innsbruck und dem Land Tirol wird über eine iterative Ausgleichsrechnung zwischen den Simulations- und Zählwerten das Verkehrsmodell kalibriert. Mit einem Energieäquivalent von 9,5 kWh/l (Annahme: 50 Prozent Diesel- und 50 Prozent Benzin Fahrzeuge) wird anhand des modellierten Jahres-Kraftstoffbedarfs der Gesamtenergiebedarf der Mobilität berechnet. Die Berechnungen wurden sowohl für den innerstädtischen Verkehr - beinhaltet den Pendlerverkehr und Einkaufsverkehr - (522 GWh/a) als auch für den innerstädtischen Verkehr inklusive Autobahnverkehr (710 GWh/a) durchgeführt (Innsbruck, 2016).

4.4.4. Übersicht Gesamtbilanz

In der folgenden Tabelle 4.31 werden die betrachteten Teilsektoren Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude und Mobilität zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 4.31.: Übersicht der Gesamtbilanz - Quelle: eigene Auswertung - inkl. Rundungsdifferenzen

Sektoren	Endenergiebedarf [GWh/a]	Anteil [%]
<u>Wohngebäude:</u> (ausschließliche Wohnnutzung)		
Wärmebedarf	802	30 %
Strombedarf	236	9 %

<u>Nichtwohngebäude:</u> (Gewerbe, Dienstleistung & Industrie)		
Wärmebedarf	683	26 %
Strombedarf	408	15 %

<u>Mobilität:</u> (innerstädtischen Verkehr)		
	522	20 %
Summe	2651	100 %

Der größte Anteil des Endenergieeinsatzes der Gesamtbilanzierung wird für den Wärmebedarf (56 Prozent) aufgewendet, gefolgt von dem Strombedarf (24 Prozent). Für die Mobilität wurde die Bilanzierung des innerstädtischen Verkehrs ohne Autobahn herangezogen. Der Anteil des Durchzugsverkehrs (Autobahnen) wird nicht in der Gesamtbilanz berücksichtigt. In Summe ergibt sich für das Stadtgebiet Innsbruck ein Endenergieeinsatz von 2.651 GWh/a.

4.4.5. Verifizierung der Gesamtbilanz

Im Zuge des Innsbrucker Energieentwicklungsplans wurde im Jahr 2014 die Bilanzierung der Ausgangsbasis vom Referenzjahr 2009 anhand eines Top-Down-Ansatzes verifiziert. Dabei wurden einige Unstimmigkeiten des Bilanzierungsansatzes in Verbindung zur absoluten Höhe des Wärmeverbrauchs und der Energieträgerverteilung bei einer vergleichenden Bewertung mit statistischem und energieträgerspezifischem Datenmaterial (z.B. Statistik Austria, Land Tirol, TIGAS) festgestellt

(Neubarth, 2014). Der erstellte Top-Down Ansatz wird für die Plausibilisierung des EneRAIp Berechnungsmodells und des Bilanzierungsansatzes 2015 herangezogen. In der folgenden Tabelle 4.32 sind die beiden Ansätze gegenübergestellt.

Tabelle 4.32.: Vergleich Wärmebedarfsansatz Bottom-Up und Top-Down - Quelle: Bilanzierung 2015, e3consult (Neubarth, 2014), eigene Darstellung

Energieträger	Wärmebedarf [GWh/a]	Wärmebedarf [GWh/a]
	Bottom-Up	Top-Down
Öl	332	450
Gas	572	600
Biomasse	75	100
Fernwärme	151	100
Strom	91	120
Solar + Wärmepumpe	28	20
unbekannt / sonstige	236	40
Summe	1485	1430

In der Tabelle 4.32 wird der Gesamtwärmebedarf für den Wohn- und Nichtwohngebäudesektor gegenübergestellt. Quantitativ weichen die unterschiedlichen Ansätze nur gering (3,5 Prozent) voneinander ab, größere Abweichungen werden hingegen bei der Energieträgerverteilung ersichtlich. Dies kann einerseits auf den unbekannten Anteil (rund 15 Prozent) seitens der Bilanzierung 2015 und andererseits auf die vereinfachte Methodik des Top-Down Ansatzes zurückgeführt werden. Die Bestimmung der Energieträgerverteilung stellte sowohl bei der Bilanzierung 2015 als auch bei der Top-Down Berechnung eine Herausforderung dar. Die Abschätzung des erneuerbaren Energieträgeranteils der Wärmebilanzierung 2015 von 12 Prozent (Basis der Berechnung Energieträgerverteilung Tabelle 4.28 und 4.30) kommt den Berechnungen des Top-Down Ansatzes von ~15 Prozent (Neubarth, 2014) nahe. Die direkte Gegenüberstellung der unterschiedlichen Ansätze dient der Plausibilisierung, ist allerdings aufgrund der unterschiedlichen Methodiken und Datenquellen nicht für einen direkten Vergleich geeignet. Der Wärmebedarf von der Ausgangsbasis (Referenzjahr 2009: 2.750 GWh/a Innsbruck, 2011) wurde um rund 46 Prozent überschätzt. Auch der erneuerbare Energieträgeranteil von 33 Prozent entspricht nicht den Gegebenheiten in der Stadt Innsbruck.

4.4.6. Diskussion Gesamtbilanz

Der modellgestützte Bottom-Up Ansatz der Gesamtbilanzierung stellt sich als ein sehr umfangreicher und komplexer Ansatz dar. Die Zusammenführung der unterschiedlichen Grundlagendaten, die Bilanzierung und der Abgleich mit den Verbrauchsdaten sind sehr zeitintensiv. Zudem wird der Prozess durch teils mangelhafte und zeitlich veraltete Datengrundlagen (z.B. Energieträgerverteilung AGWR II) erschwert. Zusätzlich stehen nicht für alle Bereiche des Gebäudebestandes ausreichend Informationen zur Verfügung, was zur Folge hat, dass die unbekannten Bereiche mit durchschnittlichen Bedarfskennwerten abgeschätzt werden müssten. Auch die Einhaltung der datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen erschwerte die Ausarbeitung der Gesamtbilanzierung.

Wohngebäudesektor

Die hoch aufgelösten Daten des AGWR II stellen eine gute Grundlage für die Abbildung des Wohngebäude Sektors dar. Die Informationen reichen bis auf die niedrigste Ebene der Nutzungsebene (z.B. Wohnung, Büro, ...) und sind für die energetische Abbildung anhand des Bottom- Up Ansatzes hilfreich. Unter Berücksichtigung der Datenungenauigkeiten - diese werden mithilfe der Korrekturverfahren des EneRAIp Berechnungsmodells vereinfacht bereinigt - stehen dem Sektor Wohngebäude alle relevanten Informationen zu den Gebäudeeigenschaften (Nutzfläche, Verwendungszweck, Baualter, ...) zur Verfügung. Die unbekannten und für das Modell wichtigen Informationen, wie zum Beispiel Sanierungsmaßnahmen und Nutzerverhalten, werden mit den Modellkalibrierungsmethoden für die energetische Bewertung berücksichtigt. Damit ist die energetische Abbildung in Bezug auf den Energieeinsatz der einzelnen Gebäudekategorien gut zu bewerkstelligen. Die größte Herausforderung in Verbindung zu der Datenqualität zeigt sich im Bereich der Energieträgerverteilung, hier ist auf teils lückenhafte (unbekannter Energieträger) und veraltete Daten zurückzugreifen. Das bedeutet, dass auf der gegebenen Datenbasis nur eine Abschätzung der Energieträgerverteilung erfolgte.

Nichtwohngebäudesektor

Die Datenlage des Nichtwohngebäudesektors ist im Vergleich zu dem Wohngebäudesektor größtenteils nicht vollständig. Es stehen nicht für alle Gebäude des Nichtwohngebäudesektors ausreichend Informationen zu dem Verwendungszweck zur Verfügung. Die Datenlage wurde zum Teil durch die Einbindung der EMIKAT-Daten verbessert, allerdings kann dadurch nicht der gesamte Nichtwohngebäudebestand abgedeckt werden. Dies hatte zur Folge, dass auf vereinfachte Abschätzungen der unbekannten Nutzungen zurückgegriffen werden musste. Des Weiteren ist auf Basis des AGWR II eine detaillierte Differenzierung der Verwendungszwecke (Branche) mancher Nutzungseinheiten wie zum Beispiel der Industrie nicht möglich. Damit können auch keine modellgestützten, energetischen Bewertungen in Bezug auf den Verwendungszweck durchgeführt werden. Die Energieträgerverteilung setzt sich aus den Datengrundlagen des AGWR II und der EMIKAT-Datenerhebung zusammen, auch hier wurde wie bei dem Wohngebäude Sektor auf teils lückenhafte (unbekannter Energieträger) und veraltete Daten zurückgegriffen.

Energieträgerverteilung

Die lückenhafte Datengrundlage (unbekannter Energieträger) aus dem Jahr 2001 seitens des AGWR II und die fehlende Erfassung des Heizkesselaustausches haben bei den Bestandsgebäuden zur Folge, dass die Energieträgerinformationen teilweise nicht den aktuellen Gegebenheiten entsprechen. Diese Problematik könnte durch die Einbindung einer Rauchfangkehrerdatenbank verbessert bzw. behoben werden. Eine solche Rauchfangkehrerdatenbank würde alle Heizanlagen, deren Brennstoffe und Heizkesselleistung beinhalten. Sie würde aufgrund des Kehrzyklus immer auf dem aktuellen Stand gehalten werden. Eine verbesserte Abschätzung der Energieträgerverteilung könnte auf Basis der Rauchfangkehrerdatenbank erfolgen, allerdings steht die genannte Datenbank für die Bilanzierung aufgrund von gesetzlichen Rahmenbedingungen (siehe Datenmängel Kapitel 5) derzeit nicht zur Verfügung.

Allgemeine Empfehlungen

Auf Basis der vorliegenden Bilanzierungssystematik werden die Defizite in Verbindung zu den Grundlagendaten ersichtlich. Für die zukünftige Weiterführung der Gesamtbilanzierung wäre eine Verbesserung der Datengrundlage wünschenswert. In Hinblick auf die unterschiedlichen Datenlieferanten ist eine weitere, intensive Zusammenarbeit der Partner Voraussetzung für die weitere Entwicklung der Gesamtbilanzierungsmethodik. Ziel sollte es sein, eine zentrale Datenbasis aufzubauen und die Datendefizite zu verbessern. Je besser die Datengrundlage für die Bilanzierung ist, desto aussagekräftiger wird die Gesamtbilanzierung. Durch die vorliegende Bilanzierung wurde ein erster Schritt zur Verbesserung - in Bezug auf die Ersterhebung des Referenzjahres 2009 - gesetzt.

4.5. Ergebnisse weiterführende Untersuchungen

In dem Kapitel der weiterführenden Untersuchungen werden wie in der Methodik 3.4 beschrieben, unterschiedliche Bewertungen und Untersuchungen auf Basis der Gesamtbilanz durchgeführt. In den folgenden Kapitel 4.5.1 bis 4.5.7 sind die einzelnen Untersuchungen angeführt und beschrieben.

4.5.1. Spezifische Bedarfskennzahlenanalyse EneRAIp Berechnungsmodell

Als erster Schritt wurden die spezifischen Raumwärme-, Warmwasser- und Strombedarfskennwerte (Endenergie) des EneRAIp Berechnungsmodells für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) anhand der konditionierten Bruttogesamtfläche berechnet. In der Abbildung 4.17 werden die Ergebnisse dargestellt.

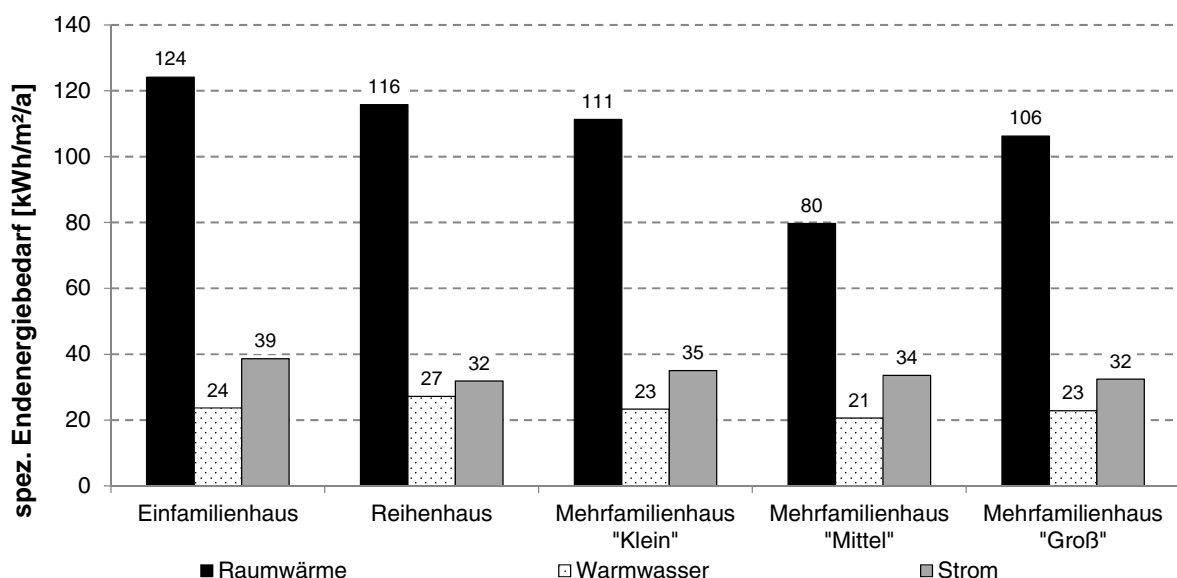


Abbildung 4.17.: Spezifischer Endenergiebedarf ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, Eigene Auswertungen

Der spezifische Raumwärmebedarf ist bei den Einfamilienhäusern am größten und nimmt bei den größeren Gebäuden ab. Entgegen dem Trend des spezifischen Raumwärmebedarfs in Bezug auf die Gebäudegröße weist das Mehrfamilienhaus „Groß“ einen höheren Bedarf als das Mehrfamilienhaus „Mittel“ auf. Dies kann auf die Bauepoche „1971 bis 1980“ vom Mehrfamilienhaus „Groß“ zurückgeführt werden. In dieser Bauepoche sind die Gebäude mit einem schlechteren spezifischen Raumwärmebedarf von 181,4 kWh/m²/a (siehe Tabelle 4.33) errichtet worden. Dementsprechend ist der erhöhte Raumwärmebedarf des Mehrfamilienhauses „Groß“ zum Mehrfamilienhaus „Mittel“ mit der Altersstruktur und dem erhöhten, spezifischen Raumwärmebedarf zu erklären. Bis auf

4. Ergebnisse

das Mehrfamilienhaus „Mittel“ wird in jeder Bauepoche „1971 bis 1980“ der ausschließlichen Wohnnutzung ein erhöhter spezifischer Raumwärmebedarf auf Basis der kalkulierten und kalibrierten Kennwerte ersichtlich. Die aufgeschlüsselten Raumwärmebedarfskennzahlen des EneRALp Berechnungsmodells in Bezug auf die Bauepochen sind in der folgenden Tabelle 4.33 ersichtlich.

Tabelle 4.33.: Spezifische Raumwärmebedarfskennzahlen ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRALp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	EFH	RH	MFH-K	MFH-M	MFH-G
spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]					
vor 1919	213,8	139,8	142,4	95,2	59,9
1919-1944	162,3	126,6	100,3	52,7	39,7
1945-1960	125,3	92	106,9	47,7	44,9
1961-1970	112,9	111,4	106,3	51	114,9
1971-1980	151,2	155,6	141,8	73,3	181,4
1981-1990	116,3	78,9	101,8	102,4	124,5
1991-2000	91,5	147,9	86,9	118,7	132,3
2001-2010	66,8	99,4	71,8	85,4	72,2
2011-2015	64	88,6	72,5	83,7	74,1

In der Tabelle werden die spezifischen Raumwärmebedarfskennwerte für die einzelnen Bauepochen der ausschließlichen Wohnnutzung angeführt. Die Kennzahlen basieren auf den kalkulierten und kalibrierten Ergebnissen aus dem EneRALp Berechnungsmodell. Eine weitere, detaillierte Auswertung in Bezug auf die Anzahl der Gebäude, die spezifische konditionierte Bruttogesamtfläche und die spezifischen Wärmebedarfskennwerte (Raumwärme und Warmwasser) für die einzelnen Bauepochen der Gebäudekategorien (EFH bis MFH-G), sind in dem Anhang A.6 angeführt.

Warmwasserbedarfskennwerte:

Da aufgrund fehlender Informationen keine detaillierte Differenzierung zwischen der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung durchgeführt werden konnte, wurde die Warmwasserbereitstellung rechnerisch seitens des EneRALp Berechnungsmodells miteinbezogen. Die Modellierung wurde entsprechend der Vorgaben des Energieausweises (siehe Softwaredokumentation Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 4.2.2) für den Endenergiebedarf durchgeführt. Der Nutzenergiebedarf der Warmwasserbereitstellung wurde anhand der tatsächlichen Personenbelegung vom Gebäude (Quelle: AGWR II) jeweils angepasst (siehe Softwaredokumentation Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 4.2.2). In Bezug auf den Nutzenergiebedarf für Warmwasser von 12,8 kWh/m²/a (Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus) der ÖNORM B8110-5 Teil 1, 2009 stellen sich folgende durchschnittlichen Kennwerte bei der ausschließlichen Wohnnutzung (siehe Tabelle 4.34) ein.

Tabelle 4.34.: Angepasster Nutzenergie Warmwasserbedarf - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Gebäudekategorie	Durchschnittlicher Warmwasserbedarf (Nutzenergie) [kWh/m ² /a]
Einfamilienhaus	12,2
Reihenhaus	13,3
Mehrfamilienhaus „Klein“	13,8
Mehrfamilienhaus „Mittel“	15,9
Mehrfamilienhaus „Groß“	16,9

Als Flächenbezug wird die konditionierte Bruttogesamtfläche vom dem EneRAIp Berechnungsmodell herangezogen. Es wird ersichtlich, dass der Nutzenergiebedarf der Warmwasserbereitstellung mit den größer werdenden Gebäuden zunimmt. Das bedeutet, dass die grundlegende Annahme seitens der ÖNORM, denselben spezifischen Warmwasserwärmebedarf sowohl für das Einfamilienhaus als auch für das Mehrfamilienhaus zu verwenden, eine Unterschätzung des Warmwasserwärmebedarfs von den Mehrfamilienhäusern zur Folge hat.

Strombedarfskennwerte:

Der in der Abbildung 4.17 dargestellte Strombedarf (Endenergie) beinhaltet keinen Stromanteil für die Wärmebereitstellung. Der Stromanteil für die Wärmebereitstellung wurde vereinfacht anhand der kalkulierten und kalibrierten Wärmebedarfskennwerte und mithilfe der Energieträgerverteilung des AGWR II berechnet. In der folgenden Tabelle 4.35 werden die spezifischen Anteile des gesamten Strombedarfs (Haushaltsstrom-, Wärme- und Hilfsenergiebedarf) für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) in Bezug zur konditionierten Bruttogesamtfläche aufgeschlüsselt dargestellt.

Tabelle 4.35.: Aufschlüsselung des Strombedarfs (Endenergie) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

Gebäudekategorie	Gesamt-Strombedarf [kWh/m ² /a]	Haushaltsstrombedarf [kWh/m ² /a]	Stromanteil für Wärme [kWh/m ² /a]	Hilfsenergie [kWh/m ² /a]
Einfamilienhaus	45,4	34,0	6,8	4,6
Reihenhaus	37,3	27,9	5,5	3,9
Mehrfamilienhaus „Klein“	41,8	31,5	6,8	3,6
Mehrfamilienhaus „Mittel“	42,7	31,4	9,1	2,2
Mehrfamilienhaus „Groß“	42,3	30,8	9,9	1,6

Der Stromanteil für den Wärmebedarf ist abhängig von der Energieträgerverteilung des AGWR II. Der größte spezifische Strombedarf für die Wärmebereitstellung (Raumwärme und Warmwasser) wird bei dem Mehrfamilienhaus „Groß“ aufgewendet. Der spezifische Hilfsenergiebedarf nimmt

mit den größer werdenden Gebäuden ab. Im Gegensatz zu den Reihenhäusern ist der Haushaltsstrombedarf bei den Einfamilienhäusern am größten. Die Mehrfamilienhäuser weisen einen ähnlichen Haushaltsstrombedarf von rund 31 kWh/m²/a auf. Vergleicht man die Annahmen der ÖNORM H5050, 2014 für den Haushaltsstrom der ausschließlichen Wohnnutzung, wird erkennbar, dass der spezifische Haushaltsstrom von 16,43 kWh/m²/a (ÖNORM H5050, 2014) deutlich unter dem modellierten Kennwert liegt. Die Unterbewertung wurde auch in Verbindung mit den Ergebnissen des Kalibrierprozesses (siehe Kapitel 4.3.2) ersichtlich.

4.5.2. Haushaltsenergiebedarfskennwerte EneRAIp Berechnungsmodell

Aufbauend auf die spezifische Bedarfskennzahlenanalyse werden die kalkulierten und kalibrierten Kennwerte von Raumwärme, Warmwasser und Strombedarf seitens des EneRAIp Berechnungsmodells in Bezug zu den Haushalten untersucht. In der folgenden Tabelle 4.36 sind die Ergebnisse der Auswertung angeführt.

Tabelle 4.36.: Endenergiebedarf pro Haushalt - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, AGWR II, eigene Auswertung

Gebäudekategorie	Strombedarf (exkl. Wärmeanteil) [kWh/Haushalt/a]	Raumwärmebedarf [kWh/Haushalt/a]	Warmwasserbedarf [kWh/Haushalt/a]
Einfamilienhaus	7.143	22.967	4.383
Reihenhaus	5.103	18.542	4.357
Mehrfamilienhaus „Klein“	4.005	12.722	2.668
Mehrfamilienhaus „Mittel“	3.151	7.484	1.936
Mehrfamilienhaus „Groß“	2.722	8.927	1.918
Mittelwert	3.147	9.600	2.124

Die Anzahl der Haushalte wurde wie im Kapitel 4.2.1 beschrieben für die Auswertung der ausschließlichen Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) herangezogen. Wie in der Tabelle 4.36 ersichtlich wird, nimmt der Verbrauch je Haushalt mit den größer werdenden Gebäuden für alle Verwendungszwecke (Strom, Raumwärme und Warmwasser) ab. Im Strombedarf ist der durch den Strom bereitgestellte Wärmeanteil nicht enthalten, wird dieser berücksichtigt, ergibt sich ein Mittelwert für die ausschließliche Wohnnutzung von 4.005 kWh/Haushalt/a (Mittelwert EFH bis MFH-G). Im Vergleich zu der Studie (Statistik, 2011b) wurde ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 4.685 kWh/Haushalt/a (2011) für den österreichischen Bestand modelliert. Der Kennwert der Studie ist um 15 Prozent höher als der durchschnittliche Stromverbrauch pro Haushalt in Innsbruck, dies kann wie in der Studie (Statistik, 2011b, Seite 15) beschrieben auf den Urbanisierungsgrad (21 Prozent siehe Kapitel 4.3.2.4) - urban versus ländliche Regionen - zurückgeführt werden. In Bezug zu dem spezifischen Haushaltsstrom von 33 kWh/m²/a (Mittelwert) in der Tabelle 4.35 wird anhand der

vorliegenden Auswertung des Weiteren bestätigt, dass die Annahme zum spezifischen Haushaltsstrom (16,43 kWh/m²/a) der ÖNORM H5050, 2014 zu niedrig angesetzt wird. Der österreichische Durchschnitt für den Raumwärmeverbrauch pro Haushalt liegt bei 12.206 kWh/Haushalte/a (Statistik, 2015a, Statistik, 2015b, Bezugsjahr 2013/2014, eigene Berechnungen siehe Anhang A.4). Im Vergleich zu dem Mittelwert des Raumwärmebedarfs der Untersuchungsregion (9.600 kWh/Haushalte/a) wird der Einfluss der Gebäudestruktur ersichtlich. Das städtische Gebiet weist einen hohen Anteil (rund 69 Prozent der ausschließlichen Wohnnutzung, Bezug: Anzahl der Gebäude) an Mehrfamilienhäusern auf, was zur Folge hat, dass der Mittelwert im Vergleich zum österreichischen Durchschnittswert niedriger ausfällt. Von diesem Effekt und von der Personenbelegung pro Haushalt (siehe Kapitel 4.5.2, Tabelle 4.36) ist auch der durchschnittliche Warmwasserverbrauch pro Haushalt betroffen, dieser liegt im österreichischen Schnitt bei 2.946 kWh/Haushalte/a (Statistik, 2015a, Statistik, 2015b, Bezugsjahr 2013/2014, eigene Berechnungen siehe Anhang A.4).

4.5.3. Pro Kopf Energiebedarf EneRAIp Berechnungsmodell

Die modellierten Bedarfskennwerte für Raumwärme, Warmwasser und Strombedarf seitens des EneRAIp Berechnungsmodells werden in dem vorliegenden Kapitel in Bezug zu den im Gebäude lebenden Personen ausgewertet. Dazu wurden sowohl die Anzahl der Hauptwohnsitzer als auch die Nebenwohnsitzer von dem AGWR II herangezogen. Die Auswertung bezieht sich auf die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) und die Ergebnisse werden in der Abbildung 4.18 dargestellt.

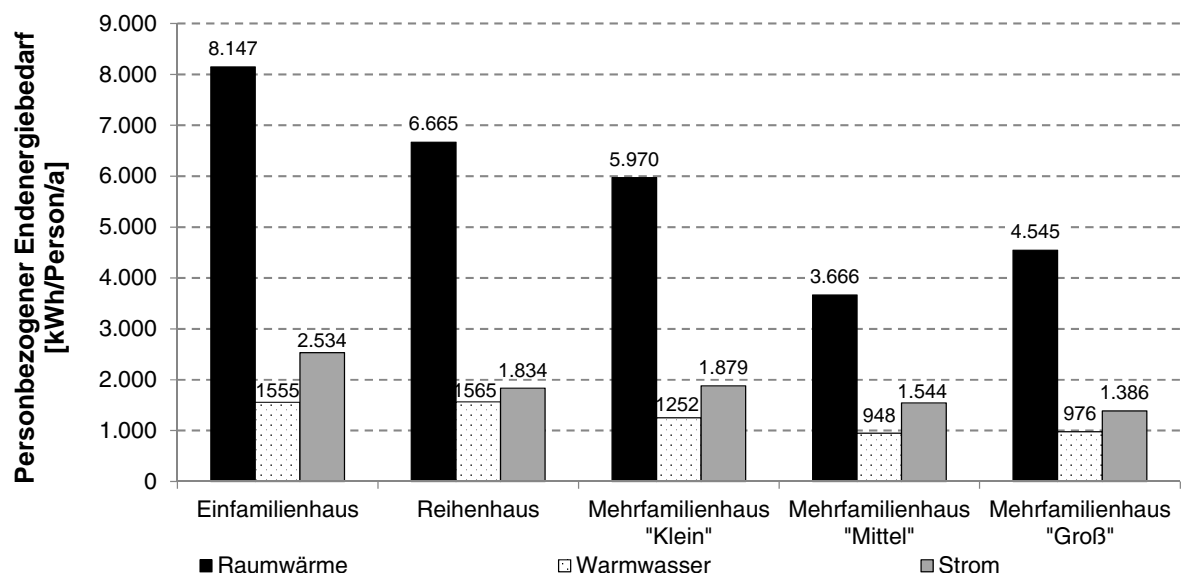


Abbildung 4.18.: Spezifischer Endenergiebedarf pro Person - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, AGWR II, Eigene Auswertungen

In der Abbildung 4.18 wird der modellierte Strombedarf exklusive dem Anteil des Strombedarfs für die Wärmebereitstellung angeführt. Der österreichische Durchschnitt für den Stromverbrauch pro Person liegt bei 2.050 kWh/Person/a (Bezug: 2011, Statistik, 2011b), im Vergleich dazu ergibt sich ein durchschnittlicher modellierter Strombedarf inkl. des Wärmebereitstellungsanteils von 1.955 kWh/Person/a für das Untersuchungsgebiet Innsbruck. Der Urbanisierungsgrad, der in der Auswertung der Haushalte (siehe Beschreibung Tabelle 4.36) beschrieben wurde, ist in Bezug auf die Personen geringer. Dies kann auf die unterschiedliche Personenbelegung je Haushalt in der Studie (Statistik, 2011b) mit 2,29 Personen pro Haushalt und 2,04 Personen pro Haushalt (Mittelwert) der Auswertung (ausschließliche Wohnnutzung siehe „Spezifische Personenkenwerte“ Kapitel 4.2.1) zurückgeführt werden. Der durchschnittliche Raumwärmebedarf pro Person liegt bei 4.699 kWh/Person/a, im Vergleich dazu liegt der österreichische Durchschnitt bei 5.418 kWh/Person/a (Statistik, 2015a, Statistik, 2015b, Bezugsjahr 2013/2014, eigene Berechnungen siehe Anhang A.4). Der beschriebene Effekt der Gebäudestruktur in Bezug auf den Raumwärme- und Warmwasserbedarf (siehe Kapitel 4.5.2, Tabelle 4.36) kommt auch in Verbindung mit der Auswertung der Personenbelegung zu tragen. Entsprechend der Tabelle 4.7 (Kapitel 4.2.1) verringert sich die Personenbelegung pro Haushalt mit den größer werdenden Gebäuden (ausschließliche Wohnnutzung). Dem österreichischen Durchschnitt vom Warmwasserverbrauch von 1.308 kWh/Person/a (Statistik, 2015a, Statistik, 2015b, Bezugsjahr 2013/2014, eigene Berechnungen siehe Anhang A.4) steht der durchschnittliche modellierte Warmwasserbedarf von 1.040 kWh/Person/a gegenüber.

Städtevergleich vom Pro-Kopf-Energiebedarf:

Aufbauend auf die Ergebnisse der Gesamtbilanzierung wurde ein Städtevergleich vom Pro-Kopf-Energiebedarf durchgeführt. Dazu wurden die aktuellen Energiebilanzen der Städte Wien und Salzburg herangezogen und mit der Gesamtbilanz der Stadt Innsbruck verglichen. Die Gegenüberstellung wird in der Tabelle 4.37 angeführt.

Tabelle 4.37.: Städtevergleich Pro-Kopf-Energiebedarf - Quelle: Bilanzierung Innsbruck 2015, Stadt Salzburg (Salzburg, 2015), Stadt Wien (Wien, 2014), Eigene Auswertung - inkl. Rundungsdifferenzen

Sektoren	Innsbruck 2015 [GWh/a]	Salzburg 2013 [GWh/a]	Wien 2012 [GWh/a]
Wärmebedarf	1.485	1.589	19.131
Strombedarf	644	767	5.391
Verkehr	522	613	13.613
Summe	2.651	2.969	38.135
<hr/>			
	GJ/Einwohner	GJ/Einwohner	GJ/Einwohner
Pro-Kopf-Energiebedarf	73,9	73,3	80,5
Einwohner	129.197	149.760	1.717.084

Um einen direkten Vergleich der Studien zu erhalten, wurden die Teilbereiche Wärmebedarf, Strombedarf und Verkehr summiert und in Bezug auf die Hauptwohnsitzer der Pro-Kopf-Energiebedarf in GJ/Einwohner berechnet. Als Einwohnerbezug wurden im Studienergebnis der Stadt Innsbruck die Hauptwohnsitze vom AGWR II herangezogen. In Bezug auf die Studienergebnisse weisen die Städte Innsbruck (73,9 GJ/Einwohner) und Salzburg (73,3 GJ/Einwohner) den ähnlichen Pro-Kopf-Energiebedarfseinsatz auf. In der Stadt Wien hingegen wird mehr Energie pro Einwohner aufgewendet. Primärer Einfluss auf den Pro-Kopf-Energiebedarf hat die Stadtstruktur (Anteil Industrie, Gewerbe und Haushalt), dementsprechend kann sich der Energieeinsatz pro Kopf stark ändern. Weiters sind in jeder der angeführten Städte unterschiedliche Bilanzierungsmethoden im Einsatz. Wie aus dem Kapitel 4.4.6 ersichtlich, ist der Einfluss von Datenmängeln, Datenlücken und Modellannahmen auf die Gesamtbilanzierung nicht zu unterschätzen. Ein direkter Städtevergleich ist daher immer sehr kritisch zu betrachten und es ist jeweils im Detail zu untersuchen, ob eine Vergleichbarkeit (z.B. Wohngebäudebereich) besteht.

4.5.4. Spezifische Verbrauchskennzahlenanalyse der Netzbetreiber

In Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern (IKB, TIGAS) wurden die Verbrauchsdaten unabhängig von den kalkulierten und kalibrierten Energiebedarfskennwerten (EneRALp Berechnungsmodell) mit den Grundlagendaten verknüpft und in Bezug zu der konditionierten Bruttogesamtfläche (EneRALp Berechnungsmodell) für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) ausgewertet.

Spezifischer Stromverbrauch Netzbetreiber IKB:

Für die Auswertung wurde der 3-Jahres-Mittelwert der Stromverbrauchsdaten (2012 bis 2014) gebildet und mit den aktiven Gebäuden verknüpft. Aufgrund der Problematik von mehreren Adresspunkten je Polygon (siehe Kapitel 3.1.2) wurden nur die Gebäudeumrisse mit einem Adresspunkt herangezogen. Für die Auswertung sind nur spezifische Kennwerte die kleiner als $600 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ sind, im Einsatz. Zu dem Grenzwert wurde dieselbe Datenbereinigungsmethodik wie bei der Kalibriermethodik (siehe Kapitel 3.2) angewendet. In der folgenden Abbildung 4.19 wird am Beispiel des Einfamilienhauses die Verteilung des spezifischen Stromverbrauchs dargestellt.

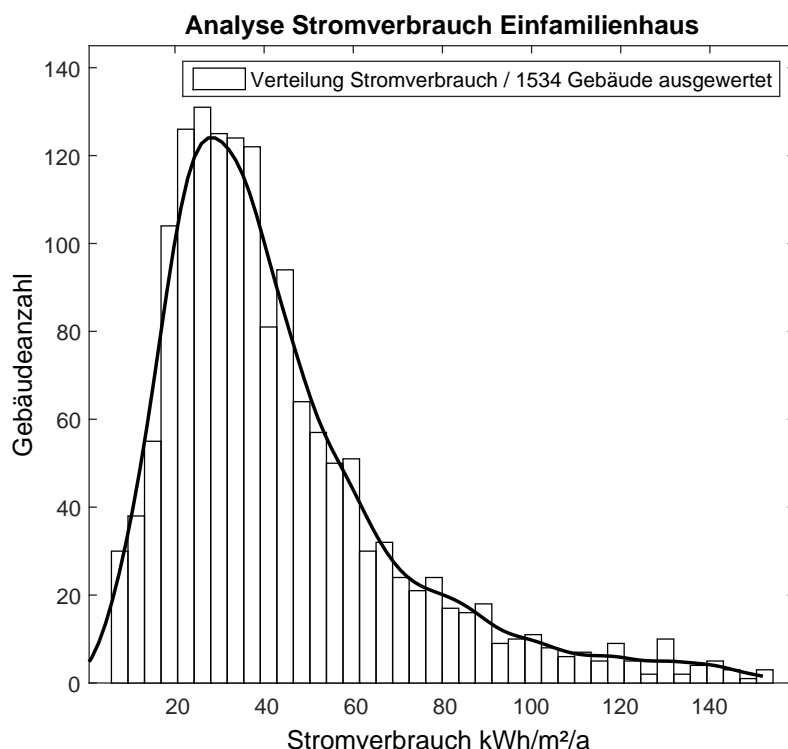


Abbildung 4.19.: Spezifischer Stromverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Als Hilfestellung wurde eine Verteilungsfunktion (schwarze Funktion) an die Datengrundlagen angepasst (fit) und der Modalwert abgeleitet. Diese Hilfestellung wurde wegen der Heizenergieverbrauchsanalyse implementiert, da die Datengrundlage (ausgewertete Gebäude) im Vergleich zu der Stromverbrauchsdatenanalyse kleiner ist, sie bezieht sich nur auf die Bestimmung vom Modalwert. Die Verteilung des gesamten Stromverbrauchs wurde in Bezug zu der konditionierten Brut-

togesamtfläche ausgewertet. Der gesamte Stromverbrauch beinhaltet sowohl den Haushaltsstrom als auch den Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung (Raumwärme und Warmwasser), Hilfsenergie und einen möglichen Stromverbrauchseinsatz für die Kühlung. Eine Klimabereinigung ist aufgrund der fehlenden Information des Wärmeanteils vom Stromverbrauch nicht möglich und wird daher nicht berücksichtigt. Die Verteilungen der restlichen Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) können die Auswertungen aus dem Anhang A.5.1 entnommen werden. Zur Übersichtlichkeit wurden die Verteilungskennwerte der ausgewerteten Gebäudekategorien in der folgenden Tabelle 4.38 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 4.38.: Kennwerte der Verteilung für den spezifischen Stromverbrauch in kWh/m²/a - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

Gebäudekategorie	Quantile 25 %	Zentralwert (Median)	Quantile 75 %	Modal- wert	Mittel- wert
Einfamilienhaus	25,1	36,5	54,0	29,0	43,4
Reihenhaus	24,3	34,5	47,8	30,3	39,1
Mehrfamilienhaus „Klein“	27,4	37,5	52,0	32,3	43,1
Mehrfamilienhaus „Mittel“	31,3	40,3	51,4	36,6	42,6
Mehrfamilienhaus „Groß“	30,9	39,6	49,5	38,4	41,0

Wie in der Verteilungskurve ersichtlich wird, liegt eine linksschiefe Verteilung (Modalwert < Zentralwert) in allen ausgewerteten Gebäudekategorien vor. Der Durchschnittswert (Mittelwert) ist in allen Fällen größer als der Zentralwert, liegt aber unterhalb der Quantile von 75 Prozent. Darüber hinaus wurden die Stromverbrauchsdaten in Bezug zur Bauepoche analysiert, in der Abbildung 4.20 wird anhand vom Beispiel Einfamilienhaus die Auswertung dargestellt.

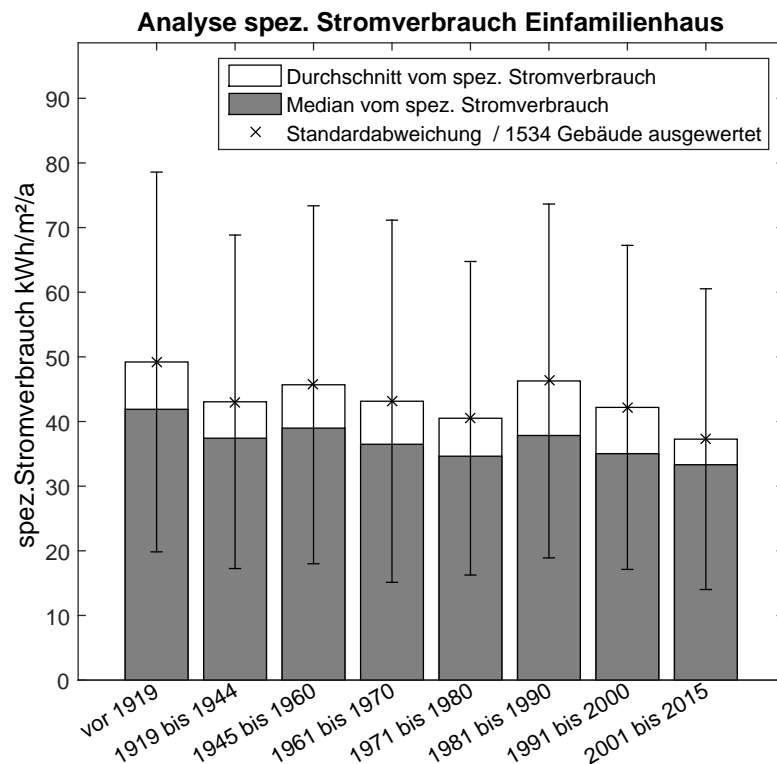


Abbildung 4.20.: Spezifischer Stromverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

In der Auswertung wird jeweils der Durchschnittswert (Mittelwert), Zentralwert (Median) und die Standardabweichung vom Durchschnittswert dargestellt. In der Darstellung ist wie bei der spezifischen Stromverbrauchsverteilung der Anteil für die Wärme-, Kältebereitstellung und Hilfsenergie enthalten. In Bezug zur Wärmebereitstellung (Raumwärme) haben die Baualtersklassen der Gebäude einen Einfluss auf den Stromverbrauch. Aufgrund der Rahmenbedingungen (unbekannte Anteilsgröße des Wärme- und Kühlverbrauchs vom Stromverbrauch) und den Baualtersklassen kann kein genereller Trend über die ausgewerteten Gebäudekategorien in Bezug auf die Baualtersklasse festgestellt werden. Die Ergebnisse der restlichen baualtersklassenbezogenen Auswertungen für die Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) werden in dem Anhang [A.5.2](#) angeführt.

Spezifischer Heizenergieverbrauch Netzbetreiber IKB und TIGAS:

Wie bei den Stromverbrauchsdaten wurden die Gasverbrauchsdaten in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern TIGAS und der IKB unabhängig von dem EneRAIp Berechnungsmodell mit den Grundlagendaten (EneRAIp Berechnungsmodell) verknüpft. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein Anteil des Gasverbrauchs für die Warmwasserbereitung verwendet wird und daher eine Differenzierung zwischen der Raumwärme und Warmwasser schwierig ist, wurde der Stromverbrauch für die Warmwasserbereitung seitens der IKB in die Auswertung mit einbezogen. Es wird davon ausgegangen, dass die Warmwasserbereitung entweder mit Gas oder Strom durchgeführt wird, daher bezieht sich die Auswertung auf den gesamten Heizenergieverbrauch der untersuchten Gebäude. Die gezählten Gasverbrauchsdaten (Abrechnung auf Basis vom Brennwert) wurden mittels

der Brennstofffaktoren (siehe Tabelle 3.6) in den Heizwert umgerechnet und anschließend mit den Klimabereinigungsfaktoren der Tabelle 3.7 klimabereinigt. Abschließend wurde aus den bereinigten Gasverbrauchsdaten (2012 bis 2014) ein 3-Jahres-Mittelwert gebildet. Der Gasanteil für den Verwendungszweck Kochen wird in der Auswertung vernachlässigt. Dieser ist laut Auskunft des Netzbetreibers TIGAS im Vergleich zu anderen Städten in Innsbruck sehr gering und wird daher nicht gesondert als Verwendungszweck ausgewiesen. Des Weiteren werden nur aktive Gebäude, die ausschließlich mit Gas versorgt werden, für die Auswertung herangezogen. Wie bei der Stromverbrauchsauswertung werden nur Gebäudeumrisse mit einem Adresspunkt verwendet. Für die Auswertung werden nur spezifische Kennwerte, die kleiner als $600 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ sind, herangezogen. Zu dem Grenzwert wurde die gleiche Datenbereinigungsmethodik wie bei der Kalibriermethodik (siehe Kapitel 3.2) durchgeführt. In der anschließenden Abbildung 4.21 wird die Verteilung des spezifischen Heizenergieverbrauchs anhand dem Beispiel Einfamilienhaus angeführt.

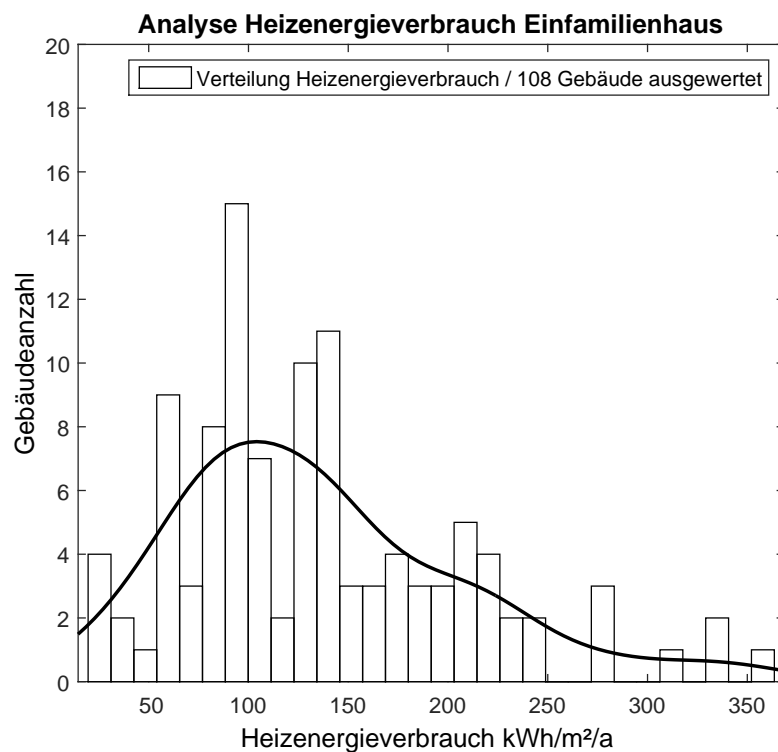


Abbildung 4.21.: Spezifischer Heizenergieverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreiber

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Gebäude ist im Vergleich zu der Stromverbrauchsanalyse deutlich kleiner. Aufgrund dessen wird die Ableitung der Verteilung in Verbindung zu den Gebäudekategorien erschwert. Dazu wurde, wie bei der Stromverbrauchsdatenanalyse beschrieben, eine Verteilfunktion als Hilfestellung an die Datengrundlage angepasst und der Modalwert abgeleitet. Zur Klassifizierung der Verteilungen werden die Verteilungskennwerte in der Tabelle 4.39 angeführt.

4. Ergebnisse

Tabelle 4.39.: Kennwerte der Verteilung für den spezifischen Heizenergieverbrauch in kWh/m²/a -
Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreiber

Gebäudekategorie	Quantile 25 %	Zentralwert (Median)	Quantile 75 %	Modal- wert	Mittel- wert
Einfamilienhaus	88,3	126,6	174,5	104,1	135,9
Reihenhaus	73,2	103,7	140,8	93,1	112,1
Mehrfamilienhaus „Klein“	82,5	116,1	149,4	109,9	125,0
Mehrfamilienhaus „Mittel“	58,8	79,3	110,5	72,5	95,7
Mehrfamilienhaus „Groß“	52,1	71,0	98,8	63,1	93,8

Anhand der definierten Bestimmung des Modalwertes stellt sich auch bei den spezifischen Heizenergieverbrauchskennwerten eine linksschiefe Verteilung (Modalwert < Zentralwert) ein. Der Durchschnittswert (Mittelwert) der Kennwerte ist in allen Fällen größer als der Zentralwert und liegt unterhalb der Quantile von 75 Prozent. Die ausgewerteten Verteilungen der verbleibenden Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) können aus dem Anhang A.5.3 entnommen werden. Die Untersuchungen des spezifischen Heizenergieverbrauchs wurden mit dem Bauepochenbezug erweitert und werden am Beispiel des Einfamilienhauses in der Abbildung 4.22 dargestellt.

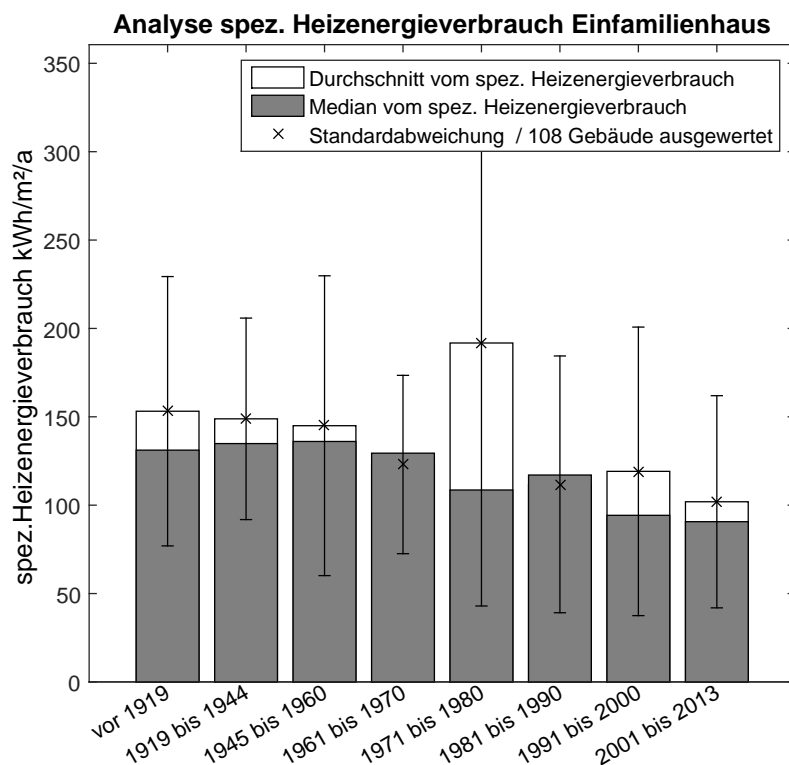


Abbildung 4.22.: Spezifischer Heizenergieverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreiber

4. Ergebnisse

Für die Darstellung des spezifischen Heizenergieverbrauchs mit Bauepochenbezug wurden der Durchschnittswert (Mittelwert), Zentralwert (Median) und die Standardabweichung vom Durchschnittswert ausgewertet. Es wird ersichtlich, dass durch die Aufschlüsselung der zugrunde liegenden Auswertungsbasis in die acht Baualtersklassen nur mehr eine kleine Stichprobe für die einzelnen Bauperioden übrig bleibt. Im Fall vom Mehrfamilienhaus „Mittel“ Bauperiode „1971 bis 1980“ steht sogar nur ein Gebäude als Basis für die Auswertung zur Verfügung. Daher ist Repräsentativität bei der Heizenergieverbrauchsanalyse mit Bauepochenbezug nur bedingt gesichert und daher kritisch zu betrachten. Die Auswertungen der verbleibenden Gebäudekategorien (RH bis MFH-G) werden im Anhang A.5.3 angeführt.

Vergleich der wärmespezifischen Bedarfs- und Verbrauchskennwerte:

Zur Übersichtlichkeit werden die untersuchten, durchschnittlichen wärmespezifischen Bedarfs- und Verbrauchskennwerte in Bezug der Gebäudekategorie in der folgenden Tabelle 4.40 gegenübergestellt.

Tabelle 4.40.: Vergleich der wärmespezifischen Kennzahlen (Mittelwert) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern

Gebäudekategorie	Modellierung gesamter Bestand Raumwärme + Warmwasser [kWh/m²/a]	spez. Gasverbrauch [kWh/m²/a]	spez. Gas- und Boilerverbrauch [kWh/m²/a]
Einfamilienhaus	148	132	136
Reihenhaus	143	108	112
Mehrfamilienhaus „Klein“	135	119	125
Mehrfamilienhaus „Mittel“	100	90	112
Mehrfamilienhaus „Groß“	129	87	94

Die Kennwerte der „Modellierung gesamter Bestand“ beziehen sich auf die kalkulierten und kalibrierten Wärmebedarfskennwerte (Raumwärme und Warmwasser) aus dem EneRAIp Berechnungsmodell. Dem wird sowohl der ausschließliche, spezifische Gasverbrauch als auch der Gas mit dem Boilerstromverbrauch (Heizenergieverbrauch) der Gebäude gegenübergestellt. Der Anteil des Boilerstromverbrauchs vom Heizenergieverbrauch liegt bei den Einfamilienhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern „Klein“ zwischen 3 und 4 Prozent. Vor allem in Bezug zu den Mehrfamilienhäusern „Mittel“ (20 Prozent) und Mehrfamilienhäusern „Groß“ (8 Prozent) zeigt sich, dass die Einbeziehung des Boilerstromverbrauchs sehr wichtig ist (Differenz spez. Gasverbrauch und spez. Gas- und Boilerverbrauch Tabelle 4.40). Die modellierten Kennwerte (EneRAIp Berechnungsmodell) sind bis auf die Gebäudekategorie Mehrfamilienhäuser „Mittel“ größer als die spezifischen Heizenergieverbrauchsdaten. Hier ist zu beachten, dass sich die modellierten Kennwerte auf den gesamten Bestand (ausschließliche Wohnnutzung EFH bis MFH-G) und die Heizenergieverbrauchsanalyse auf eine Stichprobe von 821 Gebäuden bezieht.

4.5.5. Vergleich der Wärmebedarfskennzahlen mit unabhängigen Kennzahlenmodellen

Im folgenden Kapitel werden die modellierten Wärmebedarfskennzahlen (Raumwärme- und Warmwasserbedarf) aus dem EneRAIp Berechnungsmodell mit zwei unabhängigen Kennzahlenstudien verglichen. Die Vergleichskennwerte der ersten Studie sind aus dem europäischen „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment - TABULA“ (TABULA, 2015) Kennzahlenmodell (siehe Kapitel 1.7) entnommen. Die Wärmebedarfskennwerte (Raumwärme und Warmwasser) vom Kennzahlenmodell können auf Basis der Gebäudehüllenqualität (Bestand, Sanierung, verbesserte Sanierung) und dem Heizsystem auf nationaler Ebene (Österreich) zusammengestellt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, anhand von Adaptionfaktoren die Auswahl an Referenzverbrauchsdaten anzupassen. Für den Vergleich wurde die Gebäudehüllenqualität vom Gebäudebestand („Bestand / existing condition“) ausgewählt und mit den Adaptionfaktoren abgeglichen. In Bezug zu der Heiztechnik wurde ein Gas versorgtes Heizsystem mit mittlerer Effizienz verwendet. Um eine vergleichbare Basis der Kennzahlenmodelle (EneRAIp, TABULA) herzustellen, wurden die Kennwerte der Gebäudekategorie Mehrfamilienhaus „Klein“ und „Mittel“ vom EneRAIp Berechnungsmodell zum Mehrfamilienhaus zusammengefasst. Die Gebäudekategorie Mehrfamilienhaus „Groß“ wird entsprechend der TABULA Definition als Apartmentblock herangezogen. Der Vergleich der verwendeten TABULA Kennwerte und den Kennwerten vom EneRAIp Berechnungsmodell wird anhand des spezifischen Raumwärme- und Warmwasserbedarfs (Flächenbezug: konditionierte Bruttogesamtfläche) in der Abbildung 4.23 angeführt.

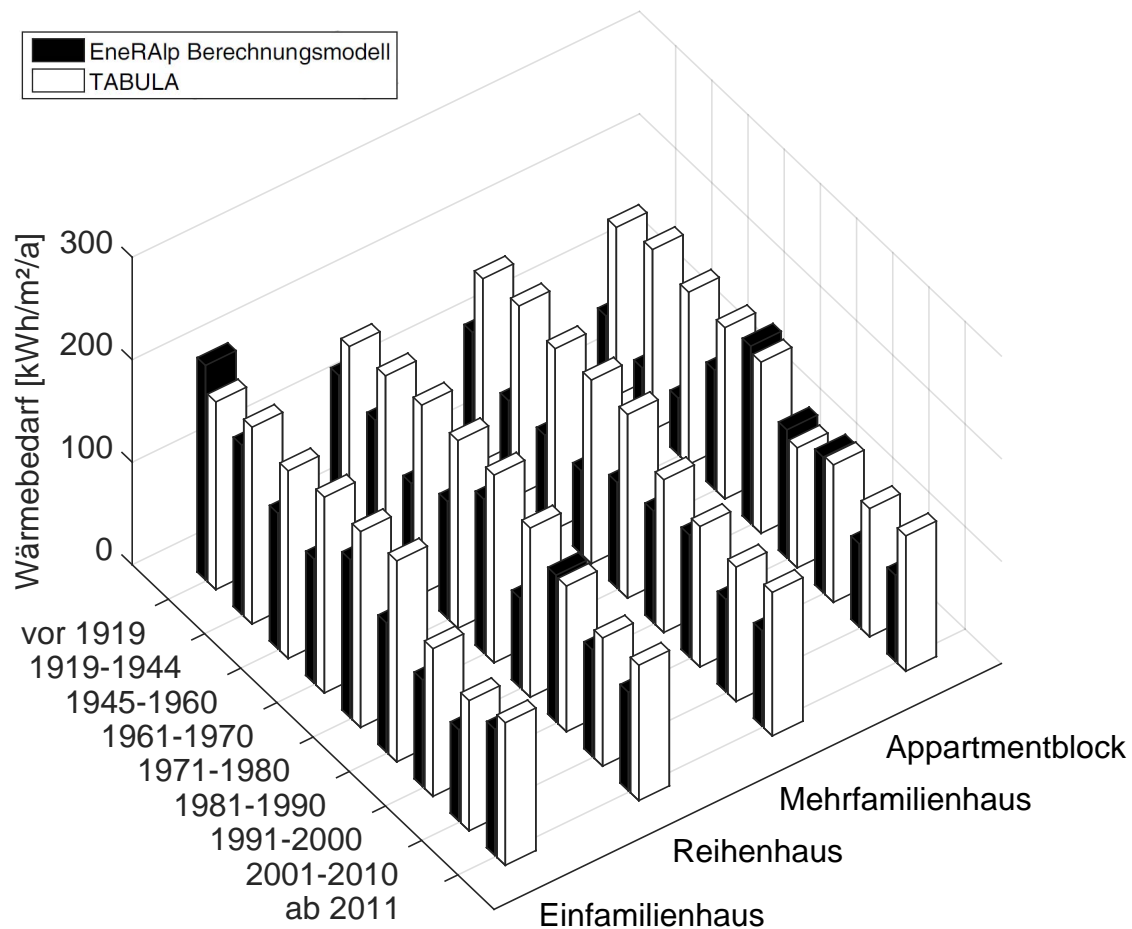


Abbildung 4.23.: Kennzahlenvergleich Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) - Quelle: TABULA und EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung

Wie in der Darstellung erkennbar ist, sind die Wärmebedarfskennwerte (Raumwärme und Warmwasser) des EneRAIp Berechnungsmodells bis auf wenige Ausnahmen niedriger als die Kennwerte der TABULA Studie. In den Kennwerten des EneRAIp Berechnungsmodells sind die Effekte von Sanierungsmaßnahmen, Leerstand, Teilbeheizungen und Nutzerverhalten durch die Kalibrierung berücksichtigt, welche bei den Bestandsgebäuden seitens des TABULA Kennzahlenmodells unberücksichtigt bleiben. In Bezug auf die TABULA Kennwerte wären daher die Informationen zu den jeweiligen Anteilen der Bestandsgebäude, teilsanierten Gebäude und vollsanierten Gebäude nötig. Die genannten Informationen sind in der Größenordnung von 14.684 Gebäuden (Bestand Innsbruck) nicht in der Untersuchungsregion verfügbar. Das bedeutet, dass eine direkte Anwendung in Zusammenhang mit einer Bilanzierung mit den spezifischen Kennwerten (TABULA) auf Basis von den Bestandsgebäuden („Bestand / existing condition“) eine Überbewertung zur Folge hätte. Folgedessen ist ein Abgleich mit den realen Verbrauchsdaten wie im Fall der Kalibrierung (EneRAIp Berechnungsmodell) und Gesamtbilanzierung für die Gesamtbilanz unerlässlich. Zur Vollständigkeit werden die verwendeten Kennwerte des EneRAIp Berechnungsmodells und TABULA im Anhang [A.6](#) in Tabellenform angeführt.

Ein ähnlicher Effekt wird in der Studie „Optimierung regionaler Energiesysteme unter Berücksichtigung heterogener Energieträger (OPRES)“ (Reiter u. a., 2010), die in Zusammenarbeit der Stadt Salzburg und der Salzburg AG (Netzbetreiber) entstanden ist, ersichtlich. Hier wurden die modellierten und die tatsächlichen Verbrauchsdaten des Wärmebedarfs (Raumwärme und Warmwasser) für das Einfamilienhaus (es wurden nur die Kennwerte vom Einfamilienhaus veröffentlicht) gegenübergestellt. In der folgenden Abbildung 4.24 wird der Vergleich aus der Studie angeführt.

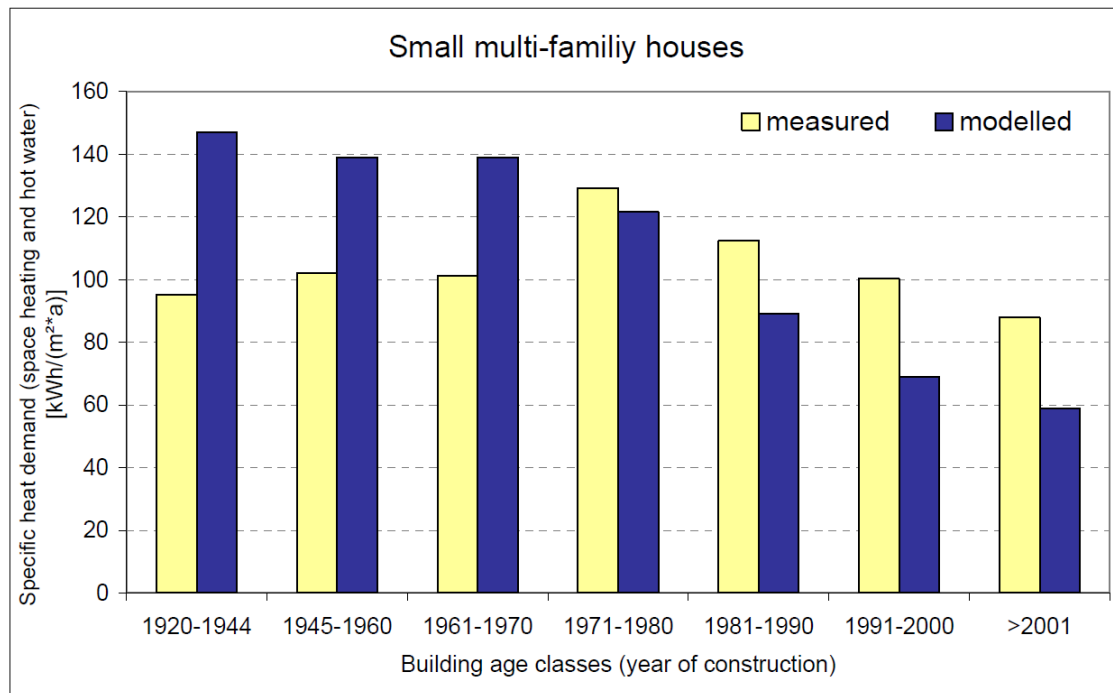


Abbildung 4.24.: Spezifischer Wärmebedarf Einfamilienhaus (Flächenbezug: konditionierte Bruttogesamtfläche) - Quelle: OPRES (Reiter u. a., 2010)

Generell wird ersichtlich, dass die spezifischen Kennwerte der Studie niedriger als die Kennwerte seitens des EneRALp Berechnungsmodells und TABLUA Kennzahlenmodells (Vergleiche spezifische Kennwerte Anhang A.6) sind. Auch im Vergleich zu der Verbrauchsdatenanalyse „Heizenergieverbrauch“ (siehe Kapitel 4.5.4) sind die Kennwerte von geringerer Höhe. Es kommt auch derselbe Flächenbezug (184 m² pro Gebäude) wie beim EneRALp Berechnungsmodell und TABLUA Kennzahlenmodell zum Einsatz, daher sind die niedrigen Kennwerte kritisch zu betrachten. Dennoch wird in dem Beispiel der Studie der Unterschied zwischen den modellierten und tatsächlich gemessenen Verbrauchsdaten ersichtlich, welche wiederum auf die Effekte von Sanierungsmaßnahmen, Leerstand, Teilbeheizungen und Nutzerverhalten zurückzuführen sind.

4.5.6. Vergleich der Energieausweisdaten mit den Verbrauchsdaten NHT

Abschließend und von allen vorhergehenden Untersuchungen unabhängig wurden die Energieausweisdaten seitens der Neuen Heimat Tirol (NHT) mit den Verbrauchsdatenaufzeichnungen des Wohnbauträgers untersucht. Die Untersuchung bezieht sich auf den Heizenergieverbrauch bzw. -bedarf für Raumwärme und sollte für die Plausibilität der Energieausweiskennwerte (EA) dienen. Zudem wurde die Untersuchung in Bezug zu dem beschriebenen „Performance Gap“ (siehe Kapitel 2.1.2) durchgeführt. Für die Auswertung wurden die Verbrauchsdaten vom Jahr 2014 herangezogen. Da keine direkten Messdaten für den Raumwärmeverbrauch vorliegen, wurde die Aufteilung des Raumwärme- und Warmwasseranteils entsprechend der Kostenabrechnung seitens der NHT durchgeführt. Daher ist der Verbrauch als ein „Pseudoverbrauch“ anzusehen, da der Anteil für die Raumwärme rechnerisch ermittelt wurde. Der Raumwärmeverbrauchsanteil wurde abschließend mit dem Klimabereinigungsfaktor (siehe Tabelle 3.7) klimabereinigt und für die Auswertung herangezogen. In der folgenden Tabelle 4.41 werden die Ergebnisse der Auswertung gegenübergestellt.

Tabelle 4.41.: Spezifischer Raumwärme- Heizenergiebedarf (EA) und Heizenergieverbrauch - Quelle: NHT, Auswertung in Zusammenarbeit NHT

Bauperiode	Gesamtverbrauch Raumwärme [kWh/a]	Heizenergiebedarf Raumwärme (EA) [kWh/m²/a]	Heizenergieverbrauch Raumwärme [kWh/m²/a]	Anzahl Gebäude /- teile
1961 bis 1969	2.119.113	57	43	8
1970 bis 1977	3.044.136	78	67	7
1984 bis 1988	484.310	96	59	3
1995 bis 1999	1.466.355	95	49	7
2003 bis 2009	1.419.082	31	38	4
2011	848.241	24	27	5

Die spezifischen Kennzahlen in der Tabelle 4.41 wurden in Bezug zu der konditionierten Bruttogesamtfläche berechnet. Bei den älteren Gebäuden von „1961 bis 1999“ zeigt die Auswertung, dass der spezifische Heizenergieverbrauch immer niedriger als der kalkulierte Bedarf seitens des Energieausweises ist. In den neueren Perioden („2003 bis 2011“) zeigt sich hingegen eine Unterbewertung der kalkulierten Wärmebedarfskennwerte vom Energieausweis. Bei der Betrachtung der einzelnen Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen aus der Auswertung wird ersichtlich, dass vor allem in den älteren Baualtersklassen die Abweichung zwischen dem Verbrauch und Bedarf am größten ist und bei den neueren Gebäuden abnimmt. Das bedeutet, dass die Energieausweise der neueren Gebäude eher dem tatsächlichen Verbrauch entsprechen als die älteren Energieausweise. Dennoch wurden bei den neueren Gebäuden vereinzelt Abweichungen zwischen dem Verbrauch und Bedarf von bis zu 48 Prozent festgestellt. Auch der beschriebene Effekt des „Performance Gap“ vom Kapitel 2.1.2 wird in der Auswertung ersichtlich.

4.5.7. Diskussion der weiterführenden Untersuchungen

Die Verknüpfung der Ergebnisse aus der Bestandsanalyse mit den Ergebnissen der Gesamtbilanzierung hat den Vorteil, dass unterschiedlichste, spezifische Energiekennwerte für die Untersuchungsregion ausgewertet werden können. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der einzelnen Kennzahlenauswertung lässt sich eine Plausibilisierung der Gesamtbilanzierungsergebnisse in Verbindung mit Referenzwerten hervorragend durchführen. Es wird in den folgenden Abschnitten die Diskussion für die einzeln durchgeführten Untersuchungen angeführt.

Spezifische Bedarfskennzahlenanalyse EneRAIp Berechnungsmodell

Die Ergebnisse der Bedarfskennzahlenanalyse sind abhängig von der vorhandenen Gebäudestruktur des Untersuchungsgebietes. Mit der Kalibrierung des EneRAIp Berechnungsmodells werden die Einflüsse der Gebäudesanierung, Teilbeheizung, Leerstand und Nutzerverhalten abgedeckt. Dadurch wird für einen großen Anteil der betrachteten Gebäude eine zuverlässige Modellierung gewährleistet. Die Modellierung der nicht leitungsgebundenen Energieträger (Öl, Biomasse, ...) ist schwierig, da keine Verifizierung der modellierten Kennwerte möglich ist. In Bezug auf die Berechnungsrahmenbedingungen des Energieausweises konnten mit der detaillierten Ausarbeitung des Haushaltsstrombedarfs die Annahmen der ÖNORM H5050, [2014](#) nicht bestätigt werden. Auch die Verwendung der Nutzenergiebedarfskennwerte der ÖNORM B8110-5 Teil 1, [2009](#) für die Warmwasserbereitstellung hätte aufgrund der Personenbelegungsdichte für die Mehrfamilienhäuser eine Bedarfsunterschätzung zur Folge. Hier zeigt sich der Mehrwert der unterschiedlichen Grundlageninformation, die eine Verbesserung der Modellierung des Wärmebedarfs mit sich bringen. Des Weiteren konnte eine positive Plausibilisierung der spezifischen Kennwerte des EneRAIp Berechnungsmodells mit den Kennwerten der Statistik Austria (Statistik, [2011b](#), Statistik, [2015a](#), Statistik, [2015b](#)) durchgeführt werden. Auch der Städtevergleich anhand des Pro Kopf Energiebedarfs zeigte, dass die modellierten Kennwerte mit den anderen Städten entsprechend den Rahmenbedingungen übereinstimmen.

Spezifische Verbrauchskennzahlenanalyse der Netzbetreiber

Anhand der spezifischen Verbrauchskennzahlenanalyse konnten die modellierten Kennwerte seitens des EneRAIp Berechnungsmodells überprüft werden. Wie aus den Ergebnissen der spezifischen Verbrauchskennzahlenanalyse hervorgeht, stellte sich in allen Fällen eine linksschiefe Verteilung (Modalwert < Zentralwert) ein. Die linksschiefe Verteilung ist im Zusammenhang mit der zur Verfügung stehenden Stichprobe (Anzahl der Verbrauchsdaten je Kategorie) zu sehen. Dies wird auch in der Verbrauchskennwertstudie VDI 3807, [1998](#) ersichtlich. In der Studie stellte sich ebenfalls vielfach eine linksschiefe Verteilung der Kennwerte in den untersuchten Gebäudekategorien ein. Dennoch unterliegen die Kennwerte einer Gauß- bzw. Normalverteilung, dies ist bei den Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern bei einer ausreichend großen Stichprobe der Studie ersichtlich. Auch in der Studie von Feist, [2007](#) wird für baugleiche Gebäude und gleiche Gebäudetechniken eine Normalverteilung der Kennwerte bestätigt. In Bezug auf die Heizenergieverbrauchskennzahlenanalyse des Netzbetreibers TIGAS zeigt sich, dass die zur Verfügung stehenden Verbrauchsdaten

mit der Einteilung der Gebäudekategorien eine zu kleine Stichprobe darstellen. Daher kann keine statistisch gesicherte Aussage zur Verteilung der spezifischen Kennwerte im Fall des Heizenergieverbrauchs getroffen werden. Die Stromverbrauchsdaten des Netzbetreibers IKB stellen hingegen eine bessere Grundlage dar. Wird der Bauepochenbezug in die Betrachtung miteinbezogen, bedeutet dies, dass eine größere Stichprobe der Verbrauchsdaten zur Verfügung stehen muss. Daher wäre eine Ausweitung der Untersuchungen auf weitere Städte und Gemeinden für eine verbesserte Datengrundlage sinnvoll, um ein Inventar an statistisch gesicherten Verbrauchskennzahlen für die Region Tirol zu erhalten.

Vergleich der Wärmebedarfskennzahlen

Bei dem Vergleich des EneRAIp Berechnungsmodells und des TABULA Kennzahlenmodells zeigen sich große Unterschiede der Wärmebedarfskennwerte von den einzelnen Gebäudekategorien und Baualtersklassen, die auf die unterschiedlichen Einflüsse von Gebäudestruktur, Sanierungsmaßnahmen, Teilbeheizungen, Leerstand und Nutzerverhalten zurückzuführen sind. Daher ist eine vereinfachte Anwendung von Wärmebedarfskennwerten (wie z.B. TABULA) für eine Bilanzierung immer kritisch zu betrachten. Der Ansatz, die kalkulierten Bedarfskennwerte mit den Verbrauchsdaten zu kalibrieren, ist eine der wenigen Möglichkeiten, die lokalen Einflüsse in die Gesamtbilanzierung eines Untersuchungsgebietes für einen großen Anteil des Gebäudebestandes mit einzubeziehen, wenn, wie im Fall von Tirol, keine zentrale Energieausweisdatenbank zur Verfügung steht. Dies gilt in diesem Zusammenhang nur für die leitungsgebundenen Energieträger (Strom, Gas) und ist immer für das jeweilige Untersuchungsgebiet „eigens“ zu betrachten. Im Fall der nicht leitungsgebundenen Energieträger (Öl, Biomasse,...) besteht die Möglichkeit einer Verifizierung nicht. Eine Verifizierung für die nicht leitungsgebundenen Energieträger anhand einer Großerhebung von Verbrauchsdaten würde eine Verbesserung der Güte von den modellierten Bedarfskennwerten mit sich bringen. Dies konnte im Rahmen dieser Arbeit aufgrund der Komplexität und der zur Verfügung stehenden Zeit nicht durchgeführt werden.

Vergleich der Energieausweiskennwerte NHT

Mit dem Vergleich der Energieausweiskennwerte mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten wurde die Problematik des Pre- und Rebound Effekts (siehe Kapitel 2.1.2) ersichtlich. Hier gilt es in der Zukunft die Bilanzierungsverfahren bzw. die Rahmenbedingungen des Energieausweises sukzessive zu verbessern, um verbesserte energetische Aussagen zu den Gebäuden zu treffen. Inwiefern eine Einbindung von Adaptionfaktoren (Anpassung an den tatsächlichen Verbrauch siehe Studie Sunikka-Blank u. a., 2012) sinnvoll ist, ist zu hinterfragen. Eine Qualitätssicherung in Bezug auf die verwendeten Baustoffkennwerte durch zertifizierte Produkte, statistisch gesichertes Nutzerverhalten, verbesserte Rahmenbedingungen (Schulungen, Vergütung) für die Erstellungen von Energieausweisen und eine Qualitätsüberprüfung seitens des Landes würden dazu beitragen, dass sich die Güte der Energieausweise verbessert. Wie auch die Untersuchungen der Studie Sunikka-Blank u. a., 2012 zeigten, wird der Energiebedarf bei den deutschen Energieausweisen um durchschnittlich 30 Prozent überschätzt. Dies hat zur Folge, dass Energieeffizienzmaßnahmen nur bedingt bzw.

schlecht beurteilt werden. Eine Zentralisierung der Energieausweisdaten sollte ebenfalls in Tirol umgesetzt werden, denn nur so können auch qualitätsgesicherte Überprüfungen durchgeführt werden. Die Energieausweise sind unter Berücksichtigung der genannten Aspekte eine gute Basis, um einerseits den aktuellen Status quo von einer großen Anzahl der Gebäude abzubilden und andererseits besteht die Möglichkeit, gezielte Energieeffizienzmaßnahmen durchzuführen. Es steht außer Frage, dass die Einführung bzw. Etablierung des Energieausweises seine Zeit braucht, dennoch sollte das Ziel sein, verlässliche, energetische Informationen zu den Gebäuden zu erhalten.

5. Fazit

Um die energiepolitischen Ziele und Maßnahmen umzusetzen, stellen räumliche Energiebilanzierungen ein wichtiges Instrument dar. Besonders die Evaluierung von energetischen Maßnahmen in großräumigen Untersuchungsgebieten kann mit diesem Instrument unterstützt werden. Mit dem entwickelten Energiemodell (EneRAIp Berechnungsmodell) und der Anwendung im Untersuchungsgebiet Innsbruck wird ein Weg der räumlichen Modellierung gezeigt, welcher als Grundlage für die Modellierung von österreichischen Untersuchungsregionen herangezogen werden kann. Das Ziel der Arbeit, eine Grundlage der räumlichen Energiebilanzierung für den österreichischen Gebäudebestand zu liefern, ist damit erreicht. Nachfolgend wird auf die einzelnen Diskussionen im Ergebniskapitel (siehe Kapitel 4.2.4, 4.3.1.4, 4.3.2.4, 4.4.6, 4.5.7) auf die definierten Fragestellungen der Arbeit (siehe Kapitel 1.4) eingegangen. Aufbauend werden die Hypothesen überprüft und die offenen Fragestellungen, die sich im Laufe der Ausarbeitung ergeben haben, angeführt. Mit dem Conclusio und Ausblick wird die Arbeit abgeschlossen.

5.1. Beantwortung der Fragestellungen

Nachstehend wird auf die Fragestellungen der Arbeit in Bezug auf die Modellentwicklung und der Modellanwendung anhand der Untersuchungsregion Stadt Innsbruck eingegangen. Ziel der Beantwortung der Fragestellung ist es einen allgemeinen Bezug zu österreichischen Untersuchungsregionen herzustellen.

Welche Datengrundlagen stehen in den Untersuchungsregionen zur Verfügung und wie können diese entsprechend dem Datenschutzgesetz (DSG 2000) (Bundeskanzleramt, 2000) verarbeitet werden?

Als Basis für die grundsätzliche Modellierung des Energiebedarfs konnten zwei wesentliche Datengrundlagen für die Untersuchungsregion identifiziert werden. Der Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II) und der Naturbestand (GIS-Daten) gelten als Voraussetzung für das EneRAIp Berechnungsmodell, um die Modellierung durchzuführen. Das AGWR II ist ein standardisierter Datensatz der Statistik Austria, der entsprechend dem GWR-Gesetz (Bundeskanzleramt, 2016a) den Kommunen in Österreich zur Verfügung steht. Das AGWR II beinhaltet personenbezogene Informationen und ist hinsichtlich der Anforderungen vom Datenschutzgesetz (DSG 2000) (Bundeskanzleramt, 2000) zu verarbeiten. Das bedeutet, dass die Ergebnisse entsprechend der

Richtlinie der Statistik Austria (Statistik, 2010) nur in aggregierter Form ohne Personenbezug veröffentlicht werden dürfen. Überdies ist zu beachten, dass auch das AGWR II einer fortlaufenden Entwicklung unterliegt und sich infolgedessen die standardisierten Verwaltungsberichte - welche in das Modell eingebunden werden - ändern können. Der Naturbestand (Adressen, Gebäudeumrisse und Höhenmodelle) unterliegt hingegen nicht dem Datenschutzgesetz, da dieser im Rahmen der Cooperation Open Government Data Österreich (OGD) (OGD, 2011) in Tirol veröffentlicht ist. Die (OGD) unterliegt der EU-INSPIRE-Richtlinie³³, welche grundsätzlich eine Veröffentlichung von standardisierten Datensätzen fordert. Dennoch zeigt sich im OGD-Portal, dass jedes Bundesland in Österreich unterschiedliche Datensätze mit abweichenden Datenstrukturen zur Verfügung stellt. Hier gibt es keinen einheitlichen Katalog an Daten, der für alle Bundesländer in Österreich gilt. Alle weiteren zur Verfügung gestellten Daten, wie z.B. Verbrauchsdaten zur Modellkalibrierung, sind in Bezug auf den Datenschutz kritischer zu betrachten. Eine Verarbeitung der genannten Daten ist nur in einer intensiven Zusammenarbeit mit den Datenhaltern möglich. Der Verarbeitungsprozess ist direkt vom Datenhalter durchzuführen und die Ergebnisübermittlung erfolgt entweder in aggregierter Form oder als statistische Kennwerte, damit der Personenbezug ausgeschlossen werden kann. Bei der Datenaufbereitung gilt es im Zweifelsfall immer den Personenbezug zu vermeiden und Vorkehrungen zu treffen, welche es nicht ermöglichen, einen Personenbezug (z.B. Rückrechnung) herzustellen. Anhand der Auflistung der Datengrundlagen im Kapitel 3.1.1 wird, abgesehen von den hier angeführten Datensätzen, ein Überblick über die verfügbaren Daten in der Untersuchungsregion Innsbruck gegeben. Die Datengrundlagen können sich entsprechend den Verwaltungsstrukturen von Untersuchungsregion zu Untersuchungsregion unterscheiden.

Welche Datenmängel bzw. -defizite sind bei der Umsetzung zu beachten?

Für die Verarbeitung und Verknüpfung der unterschiedlichen Datensätze - in Zusammenarbeit mit den Datenlieferanten entsprechend dem DSG 2000 - ist ein wesentliches Merkmal die Adressschreibweise. Hier ist ersichtlich, dass kein einheitlicher Standard der unterschiedlichen Datensätze vorliegt, was wiederum zur Folge hat, dass intelligente Adresszuordnungen entwickelt werden mussten (siehe Softwaredokumentation (Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.3.9). Auch offensichtliche Datenmängel, wie z.B. die Verortungsqualität des AGWR II, sind mit gesonderten Verfahren zu verbessern (siehe Softwaredokumentation (Pfeifer u. a., 2016a, Kapitel 3.3.8). Im Hinblick der Datenaktualität ist zu beachten, dass die Grundlagendaten des AGWR II von der Großerhebung aus dem Jahr 2001 stammen. Das bedeutet, dass ein großer Anteil der Bestandsdaten eine veraltete Datenaktualität aufweist und nicht genehmigungspflichtige Gebäudeänderungen (Heizsystem, Sanierungen,...) - welche sich seit der Großerhebung ereignet haben - nicht erfasst sind. Auch bei den weiteren verwendeten Datensätzen (Naturbestand) ist der Erhebungszeitpunkt in Bezug auf die Datenaktualität zu berücksichtigen. Explizite Datenmängel der Untersuchungsregion Stadt Innsbruck sind jeweils in den einzelnen Ergebniskapiteln (siehe Kapitel 4.2.4, 4.3.1.4, 4.3.2.4, 4.4.6) diskutiert.

³³<http://inspire.ec.europa.eu/>

Um auf die Frage der Datendefizite einzugehen, sind folgende Erkenntnisse anzuführen: In Verbindung zu dem Stand der Wissenschaft (Kapitel 1.7) ist festzustellen, dass nur in wenigen Untersuchungsregionen in Österreich ein 3D-Gebäudemodell entsprechend dem CityGML Standard zur Verfügung steht. Das vorhandene und vereinfachte 3D-Gebäudemodell der Stadt Innsbruck ist veraltet (Jahr 2006) und entspricht nicht dem CityGML Standard, weshalb auf eine Einbindung in das EneRALp Berechnungsmodell verzichtet wurde. Dennoch ist mit der Datenspeicherung des EneRALp Berechnungsmodells (Postgres Datenbank) ein erster Schritt gelungen, um eine zukünftige Einbindung eines 3D-Gebäudemodells entsprechend dem CityGML Standard zu gewährleisten.

Hinsichtlich der nicht verfügbaren Energieausweisdatenbank und den Heizungsanlagenprüfberichten erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Geoinformation - Sachbearbeiter für den Emissionskataster (DI (FH) Christoph Haun) eine Ausarbeitung der Datendefizite in Verbindung zu den gesetzlichen Rahmenbedingungen für das Land Tirol:

Entsprechende, rechtliche Regelungen für die Dokumentation bzw. die Überprüfung energetischer Daten finden sich übergeordnet in der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 (EU Richtlinie, 2010) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Im Anhang II ist die verpflichtende Einrichtung eines unabhängigen Kontrollsystems zur Überprüfung der Nachweise über die Gesamtenergieeffizienz (Energieausweise) und der Inspektionsberichte von Heizungsanlagen gefordert. Der Umsetzung dieses unabhängigen Kontrollsystems wurde mit dem § 35 des Tiroler Gas-, Heizungs- und Klimaanlagegesetzes 2013 (TGHKG 2013) (Bundeskanzleramt, 2016d) genüge getan, die näheren Bestimmungen zum unabhängigen Kontrollsystem, wie im Abs. 3 des § 35 TGHKG 2013 festgelegt, sind jedoch nicht umgesetzt. Regelungen zur Schaffung entsprechender elektronischer Datensammlungen finden sich überdies in der Vereinbarung gemäß Art 15a B-VG über das Inverkehrbringen von Kleinf Feuerungen und die Überprüfung von Feuerungsanlagen und Blockheizkraftwerken (Abschnitt VI, Artikel 22 Abs. 3 Überwachung, Datenerfassung (Bundeskanzleramt, 2016b)) und im TGHKG 2013 § 20 Datensammlung, wo auch die Regelung von Zugriffsberechtigungen auf die Datensammlungen vorgeschrieben ist. Ebenfalls nicht wirksam sind die Absätze 6 und 7 des § 19c der Tiroler Bauordnung 2011 (TBO 2011) (Bundeskanzleramt, 2016c): Weder werden derzeit Energieausweise auf der Energieausweisdatenbank der Statistik Austria abgespeichert (TBO 2011 § 19c Abs. 6), noch existiert eine Verordnung, in welcher nähere Bestimmungen über den Inhalt, die Form und die Registrierung von Energieausweisen definiert sind. Dies verhindert in weiterer Folge den Zugriff für das Land Tirol auf das Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II) und die darin gespeicherten Daten in der Anlage A bis H (siehe Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR-Gesetz) (Bundeskanzleramt, 2016a), BGBl. I Nr. 9/2004 in der geltenden Fassung). Zudem ist im Rahmen der Zugriffsberechtigung (Land Tirol) für das AGWR II die Tür- oder Topnummer entsprechend den landesrechtlichen Vorschriften oder die nähere Lagebestimmung innerhalb des Gebäudes durchzuführen (GWR-Gesetz, Anlage C 2.). Hinsichtlich dieser noch nicht umgesetzten Verordnungen ist hier starker Handlungsbedarf gegeben, um die genannten, noch ausstehenden gesetzlichen Regelungen vollends umzusetzen. Weiters ist festzuhalten, dass nur eine entsprechend umfangreiche und ständig aktuell gehaltene Datenbasis als Grundlage für die sich ständig verändernde, energetische Situation herangezogen

gen werden kann. In dieser Hinsicht muss eine Zusammenarbeit mit den zuständigen Prüfor ganen, Technikern und Fachleuten angestrebt werden, welche die verpflichtende, zentrale und permanente Erfassung der Daten von Energiebereitstellungssystemen zum Ziel hat. In Bezug zu den Heizungsanlagenprüfberichten (elektronische Heizungsanlagen datenbank) sind die Rauchfangkehrer einzubinden, welche im Rahmen der Inspektionen die Wärmebereitstellungssysteme, installierten Leistungen und eingesetzten Energieträger erfassen, allerdings nicht verpflichtet sind, die Daten weiter zu geben. Um eine verlässliche, entsprechend detaillierte Datengrundlage zu führen, sollte das Ziel sein, ein einheitliches, zentrales Datenerfassungssystem für die Energieausweisdaten und der Heizungsanlagenprüfberichte zu erstellen, um verbesserte energetische Beurteilungen räumlich durchzuführen.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Datenführung und -pflege, welche im Zusammenhang mit den vorhandenen Personalressourcen zu sehen sind. Hier zeigte sich, dass aufgrund der komplexen Anforderungen und der hoch aufgelösten Erfassung von Informationen besonders im Bezug auf die Personalkapazitäten Engpässe zu verzeichnen sind. Die derzeitige Entwicklung der dezentralen Informationserfassung und -verwaltung widerspricht jeder Verwaltungsvereinfachung bzw. Verwaltungsreform. Infolge dessen gilt es, die Kosten-Nutzen-Frage kritisch zu stellen und gezielte Maßnahmen zur Optimierung der Verwaltungsprozess - Vermeidung von Doppelerfassungen und Vereinfachung vom Informationsaustausch - um zu setzen. Ziel sollte es sein, eine harmonisierte zentrale Datenbank aufzubauen, die von den unterschiedlichen Verwaltungsabteilungen (z.B. Stadtplanung, GIS-Abteilung, ...) genutzt werden kann.

<i>Wie lässt sich die räumliche Energiebilanzierung standardisieren?</i>
--

Aus technischer Sicht ist eine voll automatisierte und standardisierte räumliche Energiebilanzierung auf Basis der zur Verfügung stehenden Grundlagendaten grundsätzlich umsetzbar. Allerdings ist eine solche Umsetzung aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen zurzeit begrenzt und daher nicht möglich. Die datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen fordern meist aufwendige manuelle Verarbeitungsschritte, welche besonders den Automatisierungsgrad begrenzen. Die Standardisierung der bestehenden Datengrundlagen ist meist gegeben, dennoch sind, wie im Beispiel der OGD-Plattform angeführt, einheitliche Datenkataloge und Schnittstellen in Verbindung mit den Geodaten für die Bundesländer zu erstellen. Dies gilt nicht nur in Bezug auf die Geodaten, sondern auch in Verbindung mit den gesetzlich vorgeschriebenen Emissionskataster. Es sind bundesweite Vereinheitlichungen im Bereich der Industrie und Gewerbe durchzuführen. Zudem ist das Energiemodell laufend mit aktuellen Energieverbrauchsdaten zu kalibrieren bzw. abzugleichen, dies

5. Fazit

ist sowohl für den ländlichen als auch für den urbanen Raum durchzuführen. Hier ist eine Weiterentwicklung des Verarbeitungsprozesses für großräumige Gebiete voranzutreiben.

Wie gut stimmen die einzelnen Berechnungsansätze (statistische Kennzahlen, EneRAIp Berechnungsmodell, Energieausweis,...) in Bezug auf die aggregierten Verbrauchsdaten überein?

Die Beantwortung der Fragestellung erfolgte in den Kapiteln 4.3.2, 4.3.1 und 4.5. In Bezug auf das EneRAIp Berechnungsmodell konnten zum Teil große Abweichungen zwischen den modellierten Kennwerten und dem tatsächlichen Energieverbrauch festgestellt werden, welche einerseits auf die Informationsdefizite (Sanierungsmaßnahmen, reale Fensteranteile, ...) der Stadtmodellierung und andererseits auf die bekannten Effekte, wie z.B. Pre- und Rebound Effekte, zurückzuführen sind. Die genannten Informationsdefizite stellen auch die größte Herausforderung bei der Anwendung von statistischen Kennzahlen dar, da eine richtige Verwendung der Kennzahlen primär von den realen Gegebenheiten des Gebäudes abhängt. Bei der Untersuchung der Energieausweise der Neuen Heimat Tirol (NHT) zeigten sich entsprechend dem Grundlagenkapitel 2.1.2 die bekannten Pre- und Rebound Effekte. Bei älteren Gebäuden wird der Wärmebedarf überschätzt (Prebound-Effekt) und bei den neueren Gebäuden unterschätzt (Rebound-Effekt).

Welche Auswirkungen haben Benutzerverhalten und Sanierungsmaßnahmen auf die Energiebilanz?

Die Auswirkungen des Benutzerverhaltens und der Sanierungsmaßnahmen auf die Energiebilanz von einzelnen Gebäuden ist in dem Grundlagenkapitel 2.1.2 beschrieben. Der generelle Trend, dass der Wärmebedarf von älteren Gebäuden überschätzt und bei neueren Gebäuden unterschätzt wird, ist auch anhand der Modellierung vom EneRAIp Berechnungsmodell (siehe Kalibrierfaktoren Kapitel 4.3.1) zu sehen und zeigt die Wichtigkeit der Modellkalibrierung. Allerdings ist aufgrund der Informationsdefizite (Sanierungsmaßnahmen, reale Fensteranteile, ...) der Datengrundlagen eine Differenzierung und Quantifizierung der beiden Effekte sehr schwierig. Hier ist ein weiterer Forschungsbedarf besonders in Bezug auf die Stadtmodellierung gegeben.

Welche Betrachtungsebenen (Stadtgebiet, Rasterebene, Siedlungsebene, Gebäudekategorie, Gebäudeebene, Nutzungsebene) sind für die weiterführende Konzeptentwicklung möglich bzw. sinnvoll?

Das EneRAIp Berechnungsmodell basiert auf hoch aufgelösten disaggregierten Informationsgrundlagen (z.B. Nutzungsebene: Wohnung, Büro), welche angesichts der modellierungs- und datenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen in einer höheren Ebene abzubilden sind. Entsprechend den

Kalibrierungsgrundlagen (Gebäudekategorie und Baualtersklasse) des EneRAIp Berechnungsmodells, welche auf Gebäudeebene durchgeführt werden, zeigt sich, dass die kleinstmögliche energetische Betrachtungsebene der Modellierung die Gebäudekategorie ist. Einzelne Gebäude sind daher immer einer detaillierten Vorort-Analyse mithilfe eines Energieausweisprogrammes oder anderen validierten Programmen zur Ermittlung des Energiebedarfs (z.B. PHPP) zu unterziehen. Auch in Verbindung zu datenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen - die einen Personenbezug verbieten - ist die aggregierte Darstellung auf Basis der Gebäudekategorie zu gewährleisten. In Bezug zu der räumlichen Darstellung der Ergebnisse sind in der Richtlinie „Statistische Geheimhaltung in Publikationen und bei Weitergabe von Daten“ (Statistik, 2010) die Rahmenbedingung klar geregelt, damit wird eine Darstellung der Ergebnisse auf Gebäudeebene ausgeschlossen. Eine weitere Verwendbarkeit der räumlichen Ergebnisse entsprechend der genannten Richtlinie ist durch den hohen Aggregationsgrad schlussendlich zu hinterfragen.

5.2. Überprüfung der Hypothesen

In Bezug auf die im Kapitel 1.5 definierten Hypothesen wird die Überprüfung der Hypothesen durchgeführt:

Die detaillierten räumlich, aufgelösten Gebäudedaten ermöglichen eine verbesserte Ermittlung des kommunalen Energiebedarfs (Hypothese 1). Dennoch zeigt sich, dass aufgrund der Unsicherheiten in der Datenlage, getroffenen Annahmen, regionalen Einflüssen und des Nutzerverhaltens eine Modellkalibrierung (Hypothese 2) anhand von tatsächlichen Verbrauchsdaten essenziell für eine genauere Modellierung des Energiebedarfs ist. Ohne einen Modellabgleich (Modellkalibrierung) mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten wäre die getroffene Hypothese 1 zu widerlegen. Daher zeigte sich, wie wichtig die in der Arbeit umgesetzte Modellkalibrierung in Bezug auf die Reduktion des Fehlers für die Energiemodellierung ist.

5.3. Offene Fragestellungen

Die Fragestellungen, welche sich im Bezug auf die Weiterentwicklung der räumlichen Energiebilanzierung im Laufe der Arbeit ergeben haben, sind in den nachstehenden Punkten angeführt:

- Wie lässt sich eine verbesserte Differenzierung der Einflussfaktoren auf die Kalibrierfaktoren in Bezug auf die Modellabweichungen durchführen?
- Inwiefern lassen sich durch die Einbindung einer zentralen Energieausweisdatenbank die Saniierungsmaßnahmen und das Benutzerverhalten vom EneRAIp Berechnungsmodell differenzieren?
- Wie wirkt sich die Einbindung der Heizungsanlagenprüfberichte auf die Energieträgerverteilung vom AGWR II aus und sind die Abschätzungen des unbekannten Energieträgeranteils, die im Rahmen der Masterarbeit Dobler, [2016](#) für den Wohngebäudebereich getroffen wurden, richtig?
- Welchen Mehrwert hat die Einbindung eines 3D-Gebäudemodells (City GML Standard) ohne bekannten Fensteranteil für das EneRAIp Berechnungsmodell? Wie lassen sich die Fensteranteile automatisiert großräumig erheben und mit dem 3D-Gebäudemodell verknüpfen?
- Wie lässt sich eine Verifizierung der nicht leitungsgebundenen Energieträger (Öl, Biomasse,...) großräumig durchführen?

5.4. Conclusio

Die vorliegende Arbeit zeigt anhand der Untersuchungsregion Innsbruck eine mögliche Herangehensweise der räumlichen Energiebilanzierung in Bezug auf österreichische Datengrundlagen. Der entwickelte Bottom-Up Ansatz basiert auf hochaufgelösten, disaggregierten Daten und bildet in einem weiteren Verarbeitungsschritten den gesamten Energiebedarf der Untersuchungsregion ab. Die damit verbundenen datenschutz- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen für die Verarbeitung der genannten Datengrundlagen erfordern eine intensive Zusammenarbeit mit den Datenlieferanten bzw. Projektpartnern. Um den Prozess der räumlichen Energiebilanzierung starten zu können, ist primär eine dem Datenschutzgesetz entsprechende IT Infrastruktur zu gewährleisten. Eine Sammlung und Verarbeitung der unterschiedlichen Datenquellen ist sehr komplex und zeitintensiv, dabei stellt die Datenqualität der Grundlagendaten eine große Herausforderung dar. Als Vorteil ist der räumliche Bezug zu nennen, dieser lässt eine recht einfache, visuelle Plausibilitätsprüfung der Datengrundlagen und Ergebnisse zu. Hinsichtlich der lokalisierten Datenmängel und deren Aufnahme in die Datengrundlagen zeigte sich, dass meistens die Personalressourcen in den Verwaltungsabteilungen nicht gegeben sind. Hier ist ein Handlungsbedarf besonders in Verbindung mit den Verwaltungsvereinfachungen gegeben. Grundsätzlich stellt die Verknüpfung der unterschiedlichen Datensätze dennoch einen verwaltungsinternen Mehrwert dar. Die Frage, wie sich eine regelmäßige Energiebilanzierung in den Verwaltungsprozess eingliedern lässt, hängt einerseits von den Personalressourcen und andererseits von der nötigen Expertise der handelnden Personen ab. In Bezug auf das EneRAIp Berechnungsmodell ist eine fortlaufende Kalibrierung einer regelmäßigen Energiebilanzierung notwendig, weshalb eine Einbindung der Netzbetreiber unerlässlich ist. Die Datenaktualität und Datenqualität der Grundlagendaten ist zu verbessern, besonders die Informationen der Energieträgerverteilung (Rauchfangkehrerdaten). Es besteht ein weiterer Entwicklungsbedarf der Verifizierung von den nicht leitungsgebundenen Energieträgern (Öl, Biomasse, ...). Hier gilt es, eine Möglichkeit bzw. Datengrundlagen zu finden welche eine Verifizierung zulassen. Zudem sind für die Bereiche, in denen Datendefizite (z.B. Industrie) vorherrschen, verbesserte Grundlagen zu schaffen und weiter zu entwickeln. Ein Vergleich mit anderen Untersuchungsregionen ist jeweils in Verbindung mit den angewendeten Methoden zu beurteilen und kritisch zu betrachten. Die Ergebnisse sind soweit möglich mit einem Top-Down Ansatz zu verifizieren und in Bezug auf die Datendefizite des Bottom-Up Ansatzes kritisch zu betrachten. Die Praxistauglichkeit stellt aufgrund des aufwendigen Ansatzes eine Herausforderung dar, es benötigt eine fachliche Expertise und eine gute Zusammenarbeit mit den Stakeholdern. Die Arbeit stellt eine Grundlage dar, welche anhand der angeführten und noch offenen Aspekte (siehe offene Fragestellungen Kapitel 5.3) weiter zu entwickeln ist.

5.5. Ausblick

Wie in der Einleitung beschrieben, wurde im Rahmen des Projektes SINFONIA (Smart INitiative of cities Fully cOmmitted to iNvest in Advanced large-scaled energy solutions) der Ist-Zustand (Strom- und Wärmebedarf) für einen ausgewählten Stadtteil (Distrikt) von Innsbruck erhoben (Pfeifer u. a., [2016b](#)), welcher als Basis der Beurteilung von den implementierten energetischen Maßnahmen dienen soll. Nach Beendigung des Projektes ist daher eine erneute Anwendung des EneRAIp Berechnungsmodells notwendig, um die Maßnahmen auf Distriktebene zu beurteilen.

Die vorliegenden Ergebnisse dienen als Grundlage für das Nachfolgeprojekt der Szenarienentwicklung des Innsbrucker Energieentwicklungsplans (IEP), welche im Rahmen eines groß angelegten Stakeholderprozesses und in Verbindung mit den Zielen von „Tirol 2050 energieautonom“ auszuarbeiten sind.

In dem Sondierungsprojekt ZIRBE – Zielorientiertes Innovationslabor zur Demonstration und Entwicklung Regionaler Lösungen gemeinsam mit der Bevölkerung zur Annäherung an die Energieautonomie - ist mitunter ein Ziel, eine räumliche Energiebilanzierung für die Region Osttirol zu erstellen. Dafür sollte das entwickelte EneRAIp Berechnungsmodell zum Einsatz kommen und entsprechend den regionalen Gegebenheiten weiter entwickelt werden. Hier besteht auch die Möglichkeit, die offenen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit abzuclarbeiten.

Literatur

- Abdul-Rahman, A. und M. Pilouk (2008). *Spatial Data Modelling for 3D GIS*. 1. Aufl. s.l.: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-74167-1. URL: <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10203856>.
- Agugiaro, G. (2016). *Energy planning tools and CityGML-based 3D virtual city models - Experiences from Trento (Italy)*. DOI: [10.1007/s12518-015-0163-2](https://doi.org/10.1007/s12518-015-0163-2).
- ASHRAE (2008). *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*. URL: https://www.ashrae.org/.../20081211_1402007errata12408.pdf (besucht am 12.09.2016).
- Aumann, G., C. Volker, R. Kaden und P. Willkomm (2015). *3D-GIS und Energie Version 1.0*. Hrsg. von Runder Tisch GIS E.V. und Technische Universität München. URL: <http://www.rtg.bv.tum.de/index.php/en/projektarbeit2/leitfaeden2/169-Arbeitskreise/916>.
- Bahn, O., A. Haurie und D. Zachary (2004). *Mathematical Modeling and Simulation Methods in Energy Systems*. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.197.5824&rep=rep1&type=pdf> (besucht am 14.09.2016).
- Bahu, JM., A. Koch, E. Kremers und SM. Murshed (2013). *Towards a 3D spatial urban energy modeling approach*. Hrsg. von Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-2/W1.
- Bayer, G., T. Sturm und S. Hinterseer (2001). *Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungsgebäuden*. Hrsg. von Klima- und Energiefonds. URL: www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf (besucht am 20.09.2016).
- Becker, T., C. Nagel und T. Kolbe (2013). *Semantic 3D modeling of multi-utility networks in cities for analysis and 3D visualization -Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences*. Hrsg. von Heidelberg Springer Verlag Berlin.
- Benke, G., K. Leutgöb, M. Jandrovic, D. Mandl, G. Bayer, D. Baumgartner, M. Auer, B. Mayer und Austria Statistik (2012). *Energieverbrauch im Dienstleistungssektor*. Hrsg. von e7 Energiemarkt Analyse. URL: www.e-sieben.at/de/projekte/Endbericht-EV-DLG.pdf (besucht am 20.09.2016).
- Biberacher, M., S. Gadocha, I. Achardinger und D. Zocher (2010). *Räumliche Modelle als Entscheidungsgrundlage für Inwertsetzung regional verfügbarer Energiepotenziale zur CO2-neutralen Deckung des lokalen Wärmebedarfs (ReCO2NWK)*. Hrsg. von FFG Endbericht, Energiesysteme der Zukunft, Schriftenreihe 56/2010.
- Biermayr, P., E. Schriefl und B. Baumann (2004). *Maßnahmen zur Minimierung von Reboundeffekten bei der Sanierung von Wohngebäuden*. Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. URL: https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/sparte_iuc/ImmoVermoegen/endbericht_maresi_id2791_2.pdf (besucht am 06.07.2016).

- BMWWF (2015). *Grünbuch für eine integrierte Energie- und Klimastrategie*. URL: <http://www.bmwwf.gv.at/EnergieUndBergbau/EnergiestrategieUndEnergiepolitik/Seiten/Gruenbuch-fuer-eine-integrierte-Energie--und-Klimastrategie-.aspx> (besucht am 14.09.2016).
- BMWi (2015). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe Handel Dienstleistung in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013*. Hrsg. von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL: https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjPyJ7f-p3PAhWJwBQKHahXApAQFggLMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.isi.fraunhofer.de%2Fisi-wAssets%2Fdocs%2Fx%2Fde%2Fprojekte%2FSchlussbericht-GHD_2006-2013_Kurzfassung-Februar2015.pdf&usg=AFQjCNGdUH2sQEhF-tBQurI2xGifnOvSQ&bvm=bv.133178914,d.d24&cad=rja (besucht am 20.09.2016).
- Bohne, Dirk (2014). *Technischer Ausbau von Gebäuden: Und nachhaltige Gebäudetechnik*. 10., aktual. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-8348-1832-4. DOI: [10.1007/978-3-8348-2253-6](https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2253-6). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-2253-6>.
- Botzenhart, F., T. Hamacher und P. Mühlich (2010). *Ein integriertes Optimierungsmodell für die Energieinfrastruktur der Stadt Salzburg: nicht veröffentlicht*. Hrsg. von Max-Planck-Institut für Plasma-physik.
- Breunig, Martin und Sisi Zlatanova (2011). "3D geo-database research - Retrospective and future directions". In: *Computers & Geosciences* 37.7, S. 791–803. ISSN: 00983004. DOI: [10.1016/j.cageo.2010.04.016](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.016).
- Building-SMART (2016). *Referenz - IFC Standard*. Hrsg. von Building SMART. URL: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications> (besucht am 28.04.2016).
- Bundeskanzleramt (2000). *Bundesgesetz über den Schutz personenbezogener Daten: DSG 200*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=bundesnormen&Gesetzesnummer=10001597> (besucht am 14.09.2016).
- (2010). *Bundesgesetz, mit dem die Organisation auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft neu geregelt wird: EIWOG 2010*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007045> (besucht am 14.09.2016).
 - (2011). *Bundesgesetz, mit dem Neuregelungen auf dem Gebiet der Erdgaswirtschaft erlassen werden: GWG 2011*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007523> (besucht am 14.09.2016).
 - (2016a). *Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister: GWR-Gesetz*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003223> (besucht am 14.09.2016).
 - (2016b). *Gesamte Rechtsvorschrift für Grundversorgungsvereinbarung - Art. 15a B-VG*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003460> (besucht am 27.09.2016).
 - (2016c). *Gesamte Rechtsvorschrift für Tiroler Bauordnung 2011*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000473> (besucht am 27.09.2016).

- Bundeskanzleramt (2016d). *Tiroler Gas-, Heizungs- und Klimaanlagengesetz 2013*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000545> (besucht am 27.09.2016).
- Carrion, D., A. Lorenz und T. Kolbe (2010). *Estimation of the energetic rehabilitation state of buildings for the city of Berlin using a 3D City Model represented in CityGML*. Hrsg. von Remote Sensing and Spatial Information Sciences 38.
- Christanell, A., S. Mandl, M. Leitner, A. Jamek, K. Silva, C. Nwafor und G. Schmid (2014). *Pilotprojekt gegen Energiearmut*. Hrsg. von Klima und Energiefond. (Besucht am 02.08.2016).
- citygml (2012). *Virtual 3D City models*. URL: <http://www.citygml.org/index.php?id=1523> (besucht am 20.09.2016).
- Czerkauer, C. und T. Brus (2013). *Präsentation - Zwischenergebnisse ENUR Forschungsprojekt*. Hrsg. von nicht veröffentlicht.
- Czerwinski, A., S. Sandmann, E. Stöcker-Meier und L. Plümer (2007). *Sustainable SDI for EU noise mapping in NRW – best practice for INSPIRE*.
- Dermentzis, G. und R. Pfluger (2015). *SINFONIA: Literature review on energy district tools (nicht veröffentlicht)*.
- Dobler, C. (2016). "Theoretische Grundlagen von Prognosemodellen für die energie-tische Stadtentwicklung angewandt auf das Beispiel Innsbruck". Masterarbeit. Universität Innsbruck.
- Eicker, U. (2011). *Präsentation - Stadtweite Wärmebedarfsprognose auf Basis von 3D-Stadtmodellen*. Hrsg. von Zentrum für angewandte Forschung nachhaltige Energietechnik, Hochschule für Technik Stuttgart.
- Eicker, U., J. Schumacher und Coors V. (2016). *New 3D simulation methods for Urban Energy Planning*. Hrsg. von 9th International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings and Smart Communities (IEECB&SC'16), Frankfurt. DOI: 10.2790/290244. URL: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ieecb-sc16-proceedings> (besucht am 05.08.2016).
- ESRI (2016). *Referenz- ESRI City Engine*. Hrsg. von ESRI Inc. URL: <http://www.esri.com/software/cityengine> (besucht am 28.04.2016).
- EU (2014). *Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030*. (Besucht am 14.09.2016).
- EU Richtlinie (2002). *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0091> (besucht am 12.09.2016).
- (2010). *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32010L0031> (besucht am 12.09.2016).
- Feist, W. (2007). *Warum sind Messwerte oft höher als der zuvor berechnete Bedarf?* URL: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8T5e1oWRPXsJ:passiv.de/former_conferences/Passivhaus_D/pdf/Passivhaus_Messergebnisse_Stand_der_Technik.pdf+&cd=1&hl=de&ct=clnk&gl=at&client=firefox-b (besucht am 06.09.2016).
- Feist, Wolfgang (1994). *Thermische Gebäudesimulation: Kritische Prüfung unterschiedlicher Modellansätze: Gesamthochschule, Diss.–Zugl. erster Teil von: Kassel, 1992*. 1. Aufl. Heidelberg: Müller. ISBN: 9783788074869.

- Geissler, S. und M. Gross (2008). *Datenerfassung von Energieausweisen für Wohnbauten - DATAMINE Projekt*. Hrsg. von Intelligent Energy Europe & Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit Österreich. URL: <http://docplayer.org/12413892-Endbericht-modellprojekt-oesterreich-datenerfassung-von-energieausweisen-fuer-wohnbauten-zur-verfuegung-gestellt-von-energie-bewusst-kaernten.html> (besucht am 28.04.2016).
- Gemeinden, e5 (2016). *Programm für energieeffiziente Gemeinden*. URL: <http://www.e5-gemeinden.at/index.php?id=42>.
- Giovannini, L., U. Di-Staso, P. Cipriano, F. Prandi und R. De-Amicis (2014). *Progetto SUNSHINE - servizi smart, open ed estendibili, per stimare la performance energetica degli edifici residenziali alla scala urbana*. Hrsg. von Atti della 18a Conferenza Nazionale ASITA Firenze.
- Gröger, G. und L. Plümer (2012). *CityGML – Interoperable semantic 3D city models*. Hrsg. von ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Haas, R., P. Biermayr, L. Kranzl, A. Müller und E. Schriefl (2007). *Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030*. Hrsg. von Technische Universität Wien, Energy Economics Group.
- Hausladen, G. und T. Hamacher (2011). *Leitfaden Energienutzungsplan*. Hrsg. von Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.
- Helmert, C. (2016). *ProgrammSystem Verkehr Software*. Hrsg. von Software Kontor Helmert GmbH. URL: <http://www.software-kontor.de/psv.html> (besucht am 29.08.2016).
- Hermann, J. (2012). "Optimierung der städtischen Energieversorgung am Beispiel der Stadt Augsburg unter besonderer Berücksichtigung von Wärmetransportmechanismen". Dissertation. Universität Augsburg.
- Innsbruck, Stadtmagistrat (2011). *Innsbrucker Energieentwicklungsplan 2009*. URL: <https://energie.innsbruck.gv.at/data.cfm?vpath=subsites/energie1/innsbrucker-energieentwicklungsplan-endbericht-phase-i> (besucht am 26.07.2016).
- (2016). *Kennwerte Mobilität Stadt Innsbruck: eigene Berechnungen*. Hrsg. von Amt Verkehrsplanung und Umwelt.
- Jones, P., S. Lannon und J. Williams (2001a). *Modelling building energy use at urbane scale*. URL: https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0ahUKEwiLoJTG8p3PAhXG8RQKHW1wDeU4ChAWCB8wAQ&url=https%3A%2F%2Fstuff.mit.edu%2Fafs%2Fathena%2Fdept%2Fcron%2FBackup%2Fproject%2Furban_metabolism%2FTG0FF%2Freadings%2520and%2520websites%2FModellingbuildingenergyuseaturbanscale.pdf&usg=AFQjCNHyHiqCovXW85GvGnAl0imB6CXNdQ&cad=rja (besucht am 20.09.2016).
- Jones, P.J., S. Lannon und J. Williams (2001b). *Modelling building energy use at urban scale*. Hrsg. von IBPSA, 7th International Conference, Rio de Janeiro, Brazil.
- Judkoff, R. und J. Neymark (1995). *International Energy Agency building energy simulation test (BESTEST) and diagnostic method*. DOI: [10.2172/90674](https://doi.org/10.2172/90674).
- Jungmeier, G., G. Fankhauser, K. Könighofer und J. Spitzer (1997). *GEMIS-Österreich-Energetische Kennzahlen im Prozesskettenbereich Nutzenergie-Energiedienstleistung*.
- Kaden, R., M. Prytula, A. Krüger und T. Kolbe (2013). *Energieatlas Berlin: Vom Gebäude zur Stadt – Am Beispiel zur Abschätzung der Wärmeenergiebedarfe von Gebäuden*. Hrsg. von Wichmann

- Verlag. 18. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme. URL: <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1185875/1185875.pdf> (besucht am 20. 09. 2016).
- Kaltschmitt, Martin und Wolfgang Streicher, Hrsg. (2009). *Regenerative Energien in Österreich: Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung*. 1. Aufl. Praxis. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. ISBN: 978-3-8348-0839-4. DOI: [10.1007/978-3-8348-9327-7](https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9327-7). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-9327-7>.
- KEM (2016). *Klima- und Energie- Modellregionen*. URL: <http://www.klimaundenergiemodellregionen.at/start.asp?ID=242147&b=5121> (besucht am 15. 09. 2016).
- Khronos-Group (2016). *Referenz - Collada*. Hrsg. von Khronos Group. URL: <https://www.khronos.org/collada/> (besucht am 28. 04. 2016).
- Kircher, Ernst, Raimund Girwidz und Peter Häußler (2010). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. 2. Aufl. Springer-Lehrbuch. Berlin: Springer. ISBN: 978-3-642-01602-8. DOI: [10.1007/978-3-642-01602-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-01602-8). URL: <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10351759>.
- Kolbe, T. (2016). *Referenz - 3D City Database*. Hrsg. von Technische Universität München. URL: <http://www.3dcitydb.net> (besucht am 28. 04. 2016).
- Kosz, M., T. Madreiter und W. Schönböck (1996). *Wärmedämmung, Rentabilität, Beschäftigungseffekte, Klimaschutz*. Springer Wien New York.
- Laasch, Thomas und Erhard Laasch (2013). *Haustechnik: Grundlagen - Planung - Ausführung*. 13., durchgesehen und akt. Aufl. 2013. Wiesbaden: Springer. ISBN: 978-3-8348-1260-5. DOI: [10.1007/978-3-8348-9900-2](https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9900-2). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-9900-2>.
- Laffont, K. und A. Vafeas (2015). *SINFONIA: WP3 / T3.3-Review of existing decision support tools for district refurbishment (nicht veröffentlicht)*.
- Lange, Norbert de (2006). *Geoinformatik: In Theorie und Praxis*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-28292-1. DOI: [10.1007/3-540-28292-0](https://doi.org/10.1007/3-540-28292-0). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-28292-0>.
- Layer, G., F. Matula und R. Saller A. nad Rahn (1999). *Ermittlung von Energiekennzahlen für Anlagen, Herstellungsverfahren und Erzeugnisse*. Hrsg. von Forschungsstelle für Energiewirtschaft. URL: <https://www.ffe.de/download/langberichte/Kennzahlen.pdf> (besucht am 09. 09. 2016).
- Lederer, A. (2016). "Entwicklung eines Berechnungsmodells für den individuellen Energieverbrauch verschiedener Haushalte für Raumheizung und Warmwasser anhand baugleicher Kleingartenwohnhäuser". Diplomarbeit. TU Wien. URL: <http://repositum.tuwien.ac.at/obvutwhs/content/titleinfo/1310920> (besucht am 14. 09. 2016).
- Linder, Wilfried (1999). *Geo-Informationssysteme: Ein Studien- und Arbeitsbuch*. Berlin und Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-58465-7. DOI: [10.1007/978-3-642-58465-7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-58465-7). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-58465-7>.
- Linz, Stadt (2011). *LOD2-Gebäudekacheln*. URL: http://geo.data.linz.gv.at/katalog/geodata/3d_geo_daten_lod2/LOD2_url_Liste.csv (besucht am 20. 09. 2016).
- Loga, T., R. Born, M. Großklos und M. Bially (2001). *Arbeitshilfe und Ergänzung zum Energiepass Heizung/ Warmwasser*. Hrsg. von Institut Wohnen und Umwelt GmbH. URL: <http://www.iwu>.

- de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/ephw-toolbox.pdf (besucht am 06.07.2016).
- Merz, R. (2002). "Objektorientierte Modellierung thermischen Gebäudeverhaltens". Dissertation. URL: <https://kluedo.ub.uni-kl.de/files/1345/kluedo-1500.pdf> (besucht am 09.09.2016).
- Miller, G., J. Warren, S. Geraghty, K. Margerm und J. Molina (2011). *Integrated Energy Mapping for Ontario Communities – Lessons Learned Report*. URL: <https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjY2ZWV8Z3PAhVBsBQKHYPDIYQFggqMurl=http%3A%2F%2Fwww.canurb.org%2Fs%2FCUIPublicationIntegratedEnergyMappingOntario-wvxc.pdf&usg=AFQjCNF2So19EZ2nz8ASdbHhWh9uSHRpTQ> (besucht am 20.09.2016).
- Müller, A. (2015). "Energy Demand Assessment for Space Conditioning and Domestic Hot Water - A Case Study for the Austrian Building Stock". Dissertation. Technische Universität Wien.
- Müller, A., P. Biermayr, L. Kranzl, R. Haas, F. Altenburger, I. Bergmann, G. Friedl, W. Haslinger, R. Heimrath, R. Ohnmacht und W. Weiss (2010). *Heizen 2050*. Hrsg. von Projektendbericht Forschungsprojekt Nr. 814008, Klima- und Energiefonds.
- Möst, Dominik, Wolf Fichtner und Armin Grunwald, Hrsg. (2009). *Energiesystemanalyse: Tagungsband des Workshops Ënergiesystemanalyse vom 27. November 2008 am KIT Zentrum Energie, Karlsruhe*. Karlsruhe: Univ.-verl. ISBN: 978-3-86644-389-1.
- Mutani, G. und G. Vicentini (2013). *Analisi del fabbisogno di energia termica degli edifici con software geografico libero*. Hrsg. von La Termotecnica 6.
- Nations, United (2015). *Large-scale Methodology -Energy efficiency technologies and fuel switching in new and existing buildings*. URL: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/OHDOOUYZWFH6ZKOU9K98P9NW5WVMJ8> (besucht am 20.09.2016).
- Neubarth, J. (2014). *Präsentation - Innsbrucker Energieentwicklungsplan: Validierung Ist- Daten 2009 für Wärmeverbrauch in Wohn- und Nicht Wohngebäuden*. Hrsg. von e3 consult.
- ÖNORM B8110-5 (2011). *Wärmeschutz im Hochbau Teil 5 - Klimamodell und Nutzungsprofile*.
- ÖNORM B8110-5 Teil 1 (2009). *Wärmeschutz im Hochbau Teil 5 Beiblatt 1 - Normaussentemperatur*.
- ÖNORM B8110-6 (2014). *Wärmeschutz im Hochbau Teil 6 - Grundlagen und Nachweisverfahren- Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*.
- ÖNORM EN ISO 13790 (2008). *Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung*.
- ÖNORM H5050 (2014). *Berechnung des Gesamtenergieeffizienz-Faktor*.
- ÖNORM H5056 (2014). *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden Heiztechnik-Energiebedarf*.
- Nouvel, R., C. Schulte, U. Eicker, D. Pietruschka und V. Coors (2013). *CityGML-based 3D city model for energy diagnostics and urban energy policy support*. Hrsg. von IBPSA World 2013.
- Nouvel, R., R. Kaden, J. Bahu, J. Kaempf, P. Cipriano, M. Lauster und J. Benner (2015a). *GENESIS OF THE CITYGML ENERGY ADE*. Hrsg. von International Conference Future Buildings & Districts Sustainability from Nano to Urban Scale Lausanne Vol II.
- Nouvel, Romain, Alessio Mastrucci, Ulrich Leopold, Olivier Baume, Volker Coors und Ursula Eicker (2015b). "Combining GIS-based statistical and engineering urban heat consumption models: To-

- wards a new framework for multi-scale policy support". In: *Energy and Buildings* 107, S. 204–212. ISSN: 03787788. DOI: [10.1016/j.enbuild.2015.08.021](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.021).
- OGD (2011). *Cooperation Open Government Data Österreich*. URL: <https://www.data.gv.at/infos/cooperation-ogd-oesterreich/> (besucht am 14.09.2016).
- OIB Begriffsbestimmung (2015). *Begriffsbestimmungen*. URL: https://www.oib.or.at/sites/default/files/begriffsbestimmungen_26.03.15.pdf (besucht am 09.09.2016).
- OIB Leitfaden (2015). *Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden*. URL: <http://oib.at/oib-richtlinien/richtlinien/2015> (besucht am 29.06.2016).
- OIB Richtlinie (2015). *Energieeinsparung und Wärmeschutz Richtlinie 6*. URL: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2015/oib-richtlinie-6> (besucht am 29.06.2016).
- Open-Geospatial (2016). *Referenz - Open-Geospatial (OGC) Standard*. Hrsg. von OGC. URL: <http://www.opengeospatial.org/> (besucht am 28.04.2016).
- Ostermann, V., G. Götzl, P. Steckler, A. Zottl, R. Heimrath, A. Novak und R. Kalasek (2010). *Geopot - Geothermische Nutzungen und geothermisches Nutzungspotential von Regionen*. Hrsg. von Klima-und Energiefonds Endbericht.
- Papula, Lothar (2008). *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. 5., verb. und erw. Aufl. ISBN: 978-3-8348-0225-5.
- Perez, D., C. Vautey und J. Kämpf (2012a). *Urban energy flow microsimulation in a heating dominated continental climate*. Hrsg. von Proc. of SIMUL 2012.
- Perez, D. und D. Robinson (2012b). *Urban energy flow modelling - A data-aware approach*. Hrsg. von Digital Urban Modeling and Simulation.
- Petrini, F. u.a. (2014). *VERTISOL- das weltweit erste Verfahren zur großflächigen Erstellung von Solarkatastern für Gebäudefassaden dargestellt am Beispiel der Stadt Wien*. Hrsg. von Beiträge zum 26. AGIT-Symposium Salzburg - Herbert Wichmann Verlag.
- Pfeifer, D. und P. Kepplinger (2016a). *EnerRAIp Tool Softwaredokumentation - Datenintegrations- und Energiebedarfsberechnungsmodell*. Hrsg. von alpS - GmbH & Universität Innsbruck.
- Pfeifer, D., D. Fischer, P. Mautner und W. Streicher (2016b). *GIS based bottom-up approach to evaluate the energy demand for the SINFONIA district Innsbruck (AT)*. Hrsg. von 9th International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings and Smart Communities (IEECB&SC'16), Frankfurt. DOI: [10.2790/290244](https://doi.org/10.2790/290244). URL: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ieecb-sc16-proceedings> (besucht am 05.08.2016).
- PHI (2016). *Passivhaus Projektierungs-Paket (PHPP)*. Hrsg. von Passiv Haus Institut. URL: http://www.passiv.de/de/04_phpp/04_phpp.htm (besucht am 12.09.2016).
- Prandi, F., M. Soave, F. Devigili, M. Andreolli und R. Amicis (2014). *Services Oriented Smart City Platform Based On 3d City Model Visualization*. DOI: [10.5194/isprsannals-II-4-59-2014](https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-4-59-2014).
- Rachel, Alexander (2013). *Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus: Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe: Univ., Diss.–München, 2013*. Bd. 157. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos. ISBN: 3832535489.
- Ratti, C., N. Baker und K. Steemers (2005). *Energy consumption and urban texture*. Hrsg. von 37(7) *Energy and Buildings*.

- Reiter, D., F. Botzenhart, P. Mühlich, T. Hamacher und A. Reiter (2010). *Developing a Roadmap for the Future Energy Infrastructure in Salzburg*. Hrsg. von 10th IAEE European Conference, Vienna, Austria - AAEE.
- Resch, B., G. Sagl, T. Törnros, A. Bachmaier, J-B. Eggers, S. Herkel, S. Narmsara und H. Gündra (2014). *GIS-Based Planning and Modeling for Renewable Energy - Challenges and Future Research Avenues*. Hrsg. von ISPRS International Journal of Geo-Information 3.
- Reul, L. und H. Michaels (2012). *Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement*. URL: https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi_1s3i1p3PAhVIvhQKHRZXC1IQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fweb.mit.edu%2Fenergy-efficiency%2Fdocs%2FEESP_Reul_MappingForEngagement.pdf&usg=AFQjCNE20fRvf8lNsL_-ccr2e8zd5S-pzw (besucht am 20.09.2016).
- Salat, S. (2009). *Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behaviour*. Hrsg. von Building Research & Information, 37.
- Salzburg, Stadt (2015). *Energiebericht 2013*. URL: https://www.stadt-salzburg.at/pdf/energiebericht_2013_smart_city_salzburg_grundlag.pdf (besucht am 02.08.2016).
- Sattler, P. (2008). *Energiezukunft Vorarlberg - Möglichkeiten der Energieeffizienz in der Industrie durch Anwendung bester verfügbarer Technologien*. URL: http://www.pzwei.at/index.php/component/docman/?task=doc_download&gid=906 (besucht am 12.08.2016).
- Schardinger, I. (2014). "Räumliche Modellierung und Optimierung regionaler Energiesysteme". Dissertation. Paris-Lodron-Universität Salzburg.
- Schlette, Kay (1999). "Entwicklung eines praxisorientierten und rechnergestützten Modells zur Prognose des deutschen Energieverbrauchs." Dissertation. URL: <http://oops.uni-roldenburg.de/432/59/schent99.pdf> (besucht am 09.09.2016).
- Schmid, A. (2013). *Präsentation - EnergyGIS des Kantons St. Gallen*. Hrsg. von IBK Forum Experten- und Erfahrungsaustausch Dornbirn.
- Schriegl, E. (2007). "Modellierung der Entwicklung von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im österreichischen Wohngebäudebestand unter Annahme verschiedener Optimierungsziele". Dissertation. Technische Universität Wien.
- SIG-3D (2015). *Handbuch für die Modellierung von 3D Objekten*. Hrsg. von SIG 3D. URL: http://wiki.quality.sig3d.org/index.php/Handbuch_f%C3%BCr_die_Modellierung_von_3D_Objekten_-_Teil_2:_Modellierung_Geb%C3%A4ude_%28LOD1,_LOD2_und_LOD3%29 (besucht am 04.07.2016).
- (2016). *Referenz - Special Interest Group 3D (SIG 3D)*. Hrsg. von SIG 3D. URL: <http://www.sig3d.org/> (besucht am 28.04.2016).
- SINFONIA (2014). *Smart INitiative of cities Fully cOmmitted to iNvest in Advanced large-scaled energy solutions SINFONIA*. URL: <http://www.sinfonia-smartcities.eu/> (besucht am 11.08.2016).
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer. ISBN: 3-211-81106-0.
- Statistik, Austria (2010). *Statistische Geheimhaltung in Publikationen und bei Weitergabe von Daten*. URL: www.statistik.at/web_de/ueber_uns/aufgaben_und_grundsaeetze/datenschutz/index.html (besucht am 14.09.2016).

- Statistik, Austria (2011a). *Energieeinsatz im Dienstleistungssektor*. URL: <http://docplayer.org/379987-Energieeinsatz-im-dienstleistungssektor.html> (besucht am 20.09.2016).
- (2011b). *Modellierung des Stromverbrauchs in den privaten Haushalten Österreichs nach unterschiedlichen Verwendungszwecken*. URL: <http://docplayer.org/7297186-Modellierung-des-stromverbrauchs-in-den-privaten-haushalten-oesterreichs-nach-unterschiedlichen-verwendungszwecken.html> (besucht am 10.08.2016).
 - (2014a). *Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) Energieausweisdatenbank*. URL: <http://www.emikat.at/wp-content/uploads/2014/04/Geb%C3%A4ude-und-Wohnungsregister-Energieausweisdatenbank.pdf> (besucht am 28.06.2016).
 - (2014b). *Wohnen 2013 Tabellenband Mirkozensus-Wohnungserhebung*. URL: https://www.wko.at/Content.Node/branchen/k/sparte_iuc/Immobilien--und-Vermoeigenstreuhaender/tabellenband_wohnen_2013_079206.pdf (besucht am 27.07.2016).
 - (2015a). *Einsatz aller Energieträger nach Verwendungszwecken 2003 bis 2014*. URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html (besucht am 24.08.2016).
 - (2015b). *Gesamteinsatz aller Energieträger 2013/2014*. URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html (besucht am 25.08.2016).
 - (2016a). *Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II Handbücher*. URL: http://www.statistik.at/web_de/services/adress_gwr_online/handbuch/index.html (besucht am 28.06.2016).
 - (2016b). *Regionalstatistische Rastereinheiten*. URL: http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/regionalstatistische_rastereinheiten/ (besucht am 25.04.2016).
- Stoglehner, G., S. Erker und G. Neugebauer (2013). *Tools für Energieraumplanung*. Hrsg. von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich. (Besucht am 20.09.2016).
- Strzalka, A., J. Bogdahn, V. Coors und U. Eicker (2010). *3D City modeling for urban scale heating energy demand forecasting*. Hrsg. von 17(4) HVAC&R Research.
- Sunikka-Blank, Minna und Ray Galvin (2012). "Introducing the prebound effect (Deutsche Fassung): The gap between performance and actual energy consumption". In: *Building Research & Information* 40.3, S. 260–273. ISSN: 0961-3218. DOI: [10.1080/09613218.2012.690952](https://doi.org/10.1080/09613218.2012.690952).
- Swan, L. und I. Ugursal (2009). "Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques". In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.8, S. 1819–1835. ISSN: 13640321. DOI: [10.1016/j.rser.2008.09.033](https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033).
- TABULA (2015). *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*. URL: <http://webtool.building-typology.eu/#bm> (besucht am 25.04.2016).
- van Beeck, N. (1999). *Classification of Energy Models*. URL: <https://pure.uvt.nl/ws/files/532108/777.pdf> (besucht am 09.09.2016).
- VDI 3807 (1998). *Verbrauchskennwerte für Gebäude*.
- VDI 4661 (2003). *Energiekenngrößen Definition - Begriffe - Methodik*.

- virtualcitySYSTEMS (2016). *Referenzen - 3D- Stadtmodelle*. Hrsg. von virtualcitySYSTEMS GmbH. URL: <http://www.virtualcitysystems.de/index.php/referenzen#3d-stadtmodelle> (besucht am 28.04.2016).
- Wagner, D., T. Kolbe und V. Coors (2014). *Spezifikation von Prüfplänen und Prüfergebnissen zur Validierung von 3D-Stadtmodellen*. Hrsg. von DGPF Tagungsband 23. URL: <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1276249/1276249.pdf> (besucht am 20.09.2016).
- Walter, E. und H. Kämpf (2015). *A verification of CitySim results using the BESTEST and monitored consumption values*. URL: <http://bupress.unibz.it/en/buildings-simulation-applications-bsa-2015.html> (besucht am 14.09.2016).
- Wien, Stadt (2014). *Energiebericht der Stadt Wien*. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/energiebericht2012.pdf> (besucht am 02.08.2016).
- Winkelmüller, S. (2006). "Optimierung der Nachfrage- und Erzeugungsstruktur kommunaler Energiesysteme am Beispiel von Wien". Dissertation. Universität Augsburg.
- ZAMG (2012). *Klimanormalperiode 1981 bis 2010*. Hrsg. von Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. URL: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/daten-download/klimamittel> (besucht am 22.06.2016).

Abbildungsverzeichnis

2.1. Pre- und Reboundeffekt - Quelle: Sunikka-Blank u. a., 2012	15
3.1. Adresspunktvergleich - Quelle: Naturbestand, AGWR II, eigene Darstellung	29
3.2. Mehrere Adresspunkte je Gebäudeumriss - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung	30
3.3. Darstellung Nutzungsebene - Quelle: eigene Darstellung	31
3.4. Darstellung Gebäudeebene - Quelle: eigene Darstellung	32
3.5. Darstellung Rasterebene - Quelle: eigene Darstellung	33
3.6. Modellansatz EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: eigene Darstellung	34
3.7. Software Architektur EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: Softwaredokumentation Pfeifer u. a., 2016a , eigene Darstellung)	36
3.8. GIS basierende Darstellung der Gebäudevolumen - Quelle: eigene Darstellung	42
3.9. Kalibrierprozessübersicht - Quelle: eigene Darstellung	46
3.10. Darstellung Gebäudeebene - Quelle: eigene Darstellung	47
4.1. Gebäudealtersstruktur Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	61
4.2. Detaillierte Auswertung der Personenaltersstruktur der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: LMR, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	64
4.3. Kompaktheit in Bezug auf die Bauperiode Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	68
4.4. Grundflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	69
4.5. Nutzflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	70
4.6. Bruttogesamtflächenanalyse der Gebäudekategorie Einfamilienhaus - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	71
4.7. Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie EFH und RH - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	77
4.8. Modellkalibrierfaktorenverteilung Wärme MFH-M Bauepoche vor 1919 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	79
4.9. Modellkalibrierfaktorenverteilung Wärme EFH Bauepoche 1971 bis 1980 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	79
4.10. Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom Kategorie EFH und RH - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	87

4.11. Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom EFH Baupopoche 1919 bis 1944 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	89
4.12. Modellkalibrierfaktorenverteilung Strom Mischnutzung Baupopoche 1991 bis 2000 - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	89
4.13. Endenergiebedarf ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	94
4.14. Angepasste Energieträgerverteilung Wohngebäude - Quelle: Dobler, 2016, Tabelle 5.7 & 5.11, eigene eSankey Darstellung	99
4.15. Kalkulierter und kalibrierter Wärmebedarf Innsbruck - Quelle: eigene Darstellung	105
4.16. Kalkulierter und kalibrierter Strombedarf Innsbruck - Quelle: eigene Darstellung	106
4.17. Spezifischer Endenergiebedarf ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, Eigene Auswertungen	112
4.18. Spezifischer Endenergiebedarf pro Person - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, AGWR II, Eigene Auswertungen	116
4.19. Spezifischer Stromverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	119
4.20. Spezifischer Stromverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	121
4.21. Spezifischer Heizenergieverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreibern	122
4.22. Spezifischer Heizenergieverbrauch Einfamilienhaus - Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreibern	123
4.23. Kennzahlenvergleich Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) - Quelle: TABULA und EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung	126
4.24. Spezifischer Wärmebedarf Einfamilienhaus (Flächenbezug: konditionierte Bruttogesamtfläche) - Quelle: OPRES (Reiter u. a., 2010)	127
A.1. Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie EFH und MFH-M Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xiii
A.2. Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie MFH-G Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xiv
A.3. Modellkalibrierfaktoren Wärme EFH Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xv
A.4. Modellkalibrierfaktoren Wärme RH Baujahr vor 1919 bis 2013 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xvi
A.5. Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-K Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xvii
A.6. Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-M Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xviii
A.7. Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-G Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	xix

A.8. Modellkalibrierfaktoren Strom Kategorie EFH und MFH-M Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xx
A.9. Modellkalibrierfaktoren Strom Kategorie MFH-G Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxi
A.10. Modellkalibrierfaktoren Strom EFH Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxii
A.11. Modellkalibrierfaktoren Strom EFH Baujahr vor 1919 bis 2013 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxiii
A.12. Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-K Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxiv
A.13. Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-M Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxv
A.14. Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-G Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxvi

Tabellenverzeichnis

3.1. Klassifikation des EneRAIp Berechnungsmodells - Quelle: eigene Einteilung	23
3.2. Einteilung der Altersklassen der Personenaltersstruktur - Quelle: LMR, eigene Einteilung der Grundlagendaten	27
3.3. Einteilung der Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, eigene Einteilung	38
3.4. Parametereinstellungen EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Darstellung	39
3.5. Vergleich der Fensteranteile - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TABULA, 2015, Dissertation Schriebl, 2007, eigene Darstellung	41
3.6. Brennstoffakoren - Quelle: TIGAS	47
3.7. Klimabereinigungsfaktoren Innsbruck - Quelle: ZAMG, eigene Berechnung	48
4.1. Gebäudebestandsübersicht Innsbruck - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	58
4.2. Nutzflächenanteil Mischnutzung, Gewerbe und Weitere Nutzung - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	59
4.3. Gebäudealtersstruktur EFH bis MFH-G - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	60
4.4. Gebäudealtersstruktur Mischnutzung bis sonstige Gebäude - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	62
4.5. Haupt- und Nebenwohnsitzer der Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	63
4.6. Personenaltersstruktur - Quelle: LMR, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen	64
4.7. Personen pro Haushalt und Nutzfläche pro Person - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	65
4.8. Gebäudehöhen und Stockwerksanzahl der einzelnen Gebäudekategorien - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	66
4.9. Kompaktheit und charakteristische Länge der Gebäude - Quelle: AGWR II, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	67
4.10. Vergleich der konditionierten Nutzfläche - Quelle: NHT, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	72
4.11. Verifizierung spezifische Personenkennwerte - Quelle: NHT, EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	73
4.12. Vergleich der Meldedaten - Quelle: LMR, AGWR II	73

4.13.Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Wärme je Gebäudekategorie - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	76
4.14.Anzahl der ausgewerteten Gebäude je Gebäudekategorie und Bauperiode Gas - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	78
4.15.Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Wärme mit Gebäudealtersbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	78
4.16.Verifizierung Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie (Kalibrierbasis) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	80
4.17.Verifizierung Kalibrierfaktoren Wärme Gebäudekategorie und Bauperiode (Kalibrierbasis) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	81
4.18.Verifizierung ausschließlich Gas versorgten Gebäude Kalibrierung Gebäudekategorie - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	82
4.19.Verifizierung ausschließlich mit Gas versorgten Gebäude, Kalibrierung anhand der Gebäudekategorie und Baualter - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS	83
4.20.Heizfaktor Energieausweis und EneRAIp Berechnungsmodell - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, NHT, Auswertungen in Zusammenarbeit NHT	84
4.21.Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Strom je Gebäudekategorie - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	86
4.22.Anzahl der ausgewerteten Gebäude je Gebäudekategorie und Bauperiode Strom - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	88
4.23.Übersichtstabelle Kalibrierfaktoren Strom mit Gebäudealtersbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	88
4.24.Verifizierung Kalibrierbasis Strom Gebäudekategorie mit Baupochenbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	91
4.25.Verifizierung Gesamtbestand Strom Gebäudekategorie mit Baupochenbezug - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	92
4.26.Gesamtbilanzierung Wohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen	96
4.27.Fernwärmeerhebung SINFONIA District - Quelle: KELAG, NHT, IIG, TIGAS, Auswertung 2014	97
4.28.Energieträgerverteilung Wohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen	98
4.29.Gesamtbilanzierung Nichtwohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen	101
4.30.Energieträgerverteilung Nichtwohngebäude - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Land Tirol, eigene Auswertungen - inkl. Rundungsdifferenzen	103
4.31.Übersicht der Gesamtbilanz - Quelle: eigene Auswertung - inkl. Rundungsdifferenzen	108

4.32. Vergleich Wärmebedarfsansatz Bottom-Up und Top-Down - Quelle: Bilanzierung 2015, e3consult (Neubarth, 2014), eigene Darstellung	109
4.33. Spezifische Raumwärmebedarfskennzahlen ausschließliche Wohnnutzung - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	113
4.34. Angepasster Nutzenergie Warmwasserbedarf - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	114
4.35. Aufschlüsselung des Strombedarfs (Endenergie) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	114
4.36. Endenergiebedarf pro Haushalt - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, AGWR II, eigene Auswertung	115
4.37. Städtevergleich Pro-Kopf-Energiebedarf - Quelle: Bilanzierung Innsbruck 2015, Stadt Salzburg (Salzburg, 2015), Stadt Wien (Wien, 2014), Eigene Auswertung - inkl. Rundungsdifferenzen	117
4.38. Kennwerte der Verteilung für den spezifischen Stromverbrauch in kWh/m ² /a - Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	120
4.39. Kennwerte der Verteilung für den spezifischen Heizenergieverbrauch in kWh/m ² /a - Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit der Netzbetreiber	123
4.40. Vergleich der wärmespezifischen Kennzahlen (Mittelwert) - Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern	124
4.41. Spezifischer Raumwärme- Heizenergiebedarf (EA) und Heizenergieverbrauch - Quelle: NHT, Auswertung in Zusammenarbeit NHT	128
A.1. Detaillierte Bestandsanalyse Einfamilienhaus (EFH) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	viii
A.2. Detaillierte Bestandsanalyse Reihenhaushaus (RH) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	ix
A.3. Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Klein (MFH-K) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	x
A.4. Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Mittel (MFH-M) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	xi
A.5. Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Groß (MFH-G) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen	xii
A.6. Kennwertberechnung Wärmebedarf Statistik Austria Quelle: Statistik, 2015a, Statistik, 2015b, eigene Berechnung	xxvii
A.7. Analyse spezifischer Stromverbrauch je Kategorie Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxix
A.8. Analyse spezifischer Stromverbrauch je Kategorie und Bauepoche Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB	xxx
A.9. Analyse spezifischer Heizenergieverbrauch je Kategorie Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit Netzbetreibern	xxxix
A.10. Analyse spezifischer Heizenergieverbrauch je Kategorie und Bauepoche Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit Netzbetreibern	xxxii

A.11.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Einfamilienhaus Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxiii
A.12.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Reihenhaushaus Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxiii
A.13.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Klein“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxiv
A.14.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Mittel“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxiv
A.15.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Klein“ und „Mittel“ (TABULA Vergleich) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxv
A.16.Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Groß“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung	xxxv
A.17.Vergleichs Wärmebedarfskennzahlen (Raumwärme und Warmwasser) TABULA Quelle: TABULA, 2015	xxxvi

A. Anhang

A.1. Begriffsbestimmung

Im nachstehenden Kapitel ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Begriffe, die mit der vorliegenden Arbeit in Verbindung stehen, angeführt.

A.1.1. Definition Energie

*„Unter Energie (von griechisch: *energeia*=Tatkraft) versteht man die Fähigkeit eines Stoffes oder Systems, Arbeit zu leisten. Im mikrophysikalischen und damit atomaren und molekularen Bereich spricht man z. B. von freier oder innerer Energie (Enthalpie), die über die Hauptsätze der Thermodynamik miteinander verknüpfbar sind (z.B. Rotations-, Schwingungs-, Anregungs-, Dissoziations-, Resonanz-, Bindungs-, Aktivierungs-, Gitterenergie). Im makrophysikalischen und technischen Bereich unterscheidet man zwischen mechanischer Energie (potenzielle und kinetische Energie), thermischer, elektrischer und chemischer Energie, Kernenergie und Strahlungsenergie. In der praktischen Energieanwendung äußert sich die Arbeitsfähigkeit von Energie in Form von Kraft, Wärme und Licht. Die Arbeitsfähigkeit der chemischen Energie sowie der Kern- und Strahlungsenergie ist erst durch Umwandlung dieser Energieformen in mechanische und/oder thermische Energie gegeben.“* (Kaltschmitt u. a., [2009](#), Seite 1 bis 2)

A.1.2. Definition von Modellen

Ein Modell ist seinem Wesen nach eine in Maßstab, Detailliertheit und/oder Funktionalität verkürzte beziehungsweise abstrahierte Darstellung des originalen Systems (Stachowiak, [1973](#)). Nach Stachowiak (Stachowiak, [1973](#), S. 131-133) lassen sich Modelle im Allgemeinen durch drei Hauptmerkmale kennzeichnen:

1. Abbildungsmerkmal: Ein Modell ist eine Abbildung bzw. Repräsentation von einem natürlichen oder künstlichen Original.
2. Verkürzungsmerkmal: Von einem Modell werden im Allgemeinen nicht alle Attribute erfasst, durch die sich das von ihm repräsentierte Original auszeichnet. Die Auswahl wird durch die vom Modellerschaffer bzw. –benutzer als relevant erachteten Attribute festgelegt.

3. Pragmatisches Merkmal: Das Modell kann seinem Original nicht eindeutig zugeordnet werden. Die Abbildbarkeit ist auf a) bestimmte Subjekte, b) innerhalb bestimmter Zeitperioden, für c) bestimmte gedankliche bzw. tatsächliche Operationen beschränkt. Somit wird bei der Erstellung des Modells festgelegt, für wen es entwickelt wird, in welchem Zeitraum und zu welchem Zweck.

Modelle können in zwei Hauptklassen, in theoretische und gegenständliche Modelle eingeteilt werden (Kircher u. a., 2010, Seite 736). Unter theoretischen Modellen versteht man gedankliche Konstrukte bzw. Theorien. Diese können sich mit realen als auch fiktiven Gegenständen bzw. Gegebenheiten beschäftigen. Bei gegenständlichen Modellen handelt es sich um real existierende und somit auch unmittelbar betrachtbare Gegenstände (Sachmodell) (Rachel, 2013, Seite 81).

A.1.3. Energiemodelle

Ziel der Energiemodelle ist es, die hochkomplexen Energiebereitstellungs-, versorgungs- und nutzungsprozesse durchschaubar in vereinfachter Form darzustellen. Die Prozesse bzw. Systeme können gesamthaft oder nur in Teilbereichen (Energiesektoren) betrachtet werden (Schlette, 1999, Seite 3).

„Als Beispiel lässt sich die Ermittlung des Energieverbrauchs für Wohngebäude – einem Subsystem des Energiesektors – nennen. Unter einer Betrachtung auf gesamthafter Ebene wird die Behandlung des gesamten Energiesektors, bezogen auf einen bestimmten geografischen Raum bzw. Wirtschaftsraum (Stadt, Bundesland, Staat, usw.), verstanden. Er beinhaltet alle Betriebe, Haushalte, etc. in dieser abgegrenzten räumlichen Einheit. Aufgrund der großen Bandbreite des Energiesektors und der sich daraus ableitenden Vielfalt an unterschiedlichen Fragestellungen existieren zahlreiche verschiedene Modelle. Die genaue Zielsetzung legt fest, welche Arten von Energiemodellen zur Anwendung kommen können. Zur besseren Übersichtlichkeit und Abgrenzung ist eine Klassifizierung anhand von verschiedenen Kriterien zielführend“ (Dobler, 2016, Seite 3).

A.1.4. Energieträger

Unter einem Energieträger wird ein Stoff verstanden, aus dem direkt oder durch einen oder mehreren Umwandlungsschritten Energie gewonnen werden kann (Kaltschmitt u. a., 2009, Seite 2).

A.1.5. Energiewandlungskette

Die Energie (Energieträger) kann nach dem Grad der Umwandlung auf verschiedenen Stufen dargestellt werden. Es wird zwischen Primär-, Sekundär-, Endenergie, Nutzenergie und Energiedienstleistung unterschieden.

Primärenergie:

Die Primärenergie bezeichnet den Energieinhalt von Energieträgern, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurden. Darunter fallen fossile Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas, Kohle, etc. und erneuerbare Energien wie Sonnenenergie, Wasserkraft, Windenergie, etc. (Kaltschmitt u. a., [2009](#), Seite 2).

Sekundärenergie:

Unter der Sekundärenergie versteht man den Energiegehalt von Energieträgern nach mindestens einer technischen Umwandlung. Der Umwandlungsprozess kann in den technischen Anlagen aus Primär- oder aus anderen Sekundärenergieträgern bzw. -energien erfolgen. Bei dem Prozess der technischen Umwandlung kommt es zu Umwandlungsverlusten vom Energieträger (Kaltschmitt u. a., [2009](#), Seite 2).

Endenergie:

Die beim Verbraucher (Konsumenten) ankommende Sekundärenergie, eventuell weiter verringert, um allfällige Umwandlungs- bzw. Transportverluste, wird als Endenergie bezeichnet. Beispiele für diese zur Verwendung bereitgestellten Energieträger sind unter anderem: Heizöl, Benzin, Fernwärme, Holzpellets und elektrische Energie (Kaltschmitt u. a., [2009](#), Seite 3).

Nutzenergie:

Bei der Nutzenergie handelt es sich um jenen Anteil der Endenergie, welcher der Erfüllung eines bestimmten Zwecks dient. Zum Beispiel wird das Erdgas oder Heizöl in einem Gebäude für die Erzeugung der Raumwärme oder Warmwasserwärme genutzt, ein Teil der Energie bleibt in Form von Abgas- und Kesselverlusten ungenutzt. Die Größe der auftretenden Verluste werden von der jeweiligen verwendeten Technologie bestimmt (Kaltschmitt u. a., [2009](#), Seite 3). Folglich stellt die Nutzenergie jenen Anteil an Energie dar, welcher zur Bedarfsdeckung der Energiedienstleistungsnachfrage zur Verfügung steht (Haas u. a., [2007](#), Seite 19).

Energiedienstleistung:

Bei einer Energiedienstleistung handelt es sich um eine vom Konsumenten nachgefragte und durch Energieeinsatz bereitgestellte Dienstleistung. Beispiele dafür sind die Behaglichkeit in einem Wohnraum, die Lichtstärke auf einer Arbeitsfläche oder das Zurücklegen einer räumlichen Distanz mit einem Fahrzeug (Haas u. a., [2007](#), Seite 18).

A.1.6. Brennwert und Heizwert

Der Brennwert gibt die Wärmemenge an, die bei vollständiger Verbrennung von einem Kubikmeter trockenen Gases, gerechnet im Normzustand (0 °C und 1,013 bar), frei wird, wenn die Ausgangs- und Endprodukte eine Temperatur von 25 °C aufweisen und das bei der Verbrennung bildende Wasser vollständig kondensiert. Dabei wird die im entstehenden Wasserdampf enthaltene Latentwärme

berücksichtigt, die bei der Kondensation des Wasserdampfes anfällt, wenn das Abgas auf die Bezugstemperatur von 25 °C zurückgekühlt wird. Der Heizwert ist wie der Brennwert definiert, jedoch ohne Berücksichtigung der im Wasserdampf enthaltenen Energie (Kondensationswärme) (Bohne, 2014, Seite 203).

A.1.7. Unterscheidung zwischen Energieverbrauch und Energiebedarf

In der Studie Layer u. a., 1999, Seite 10 wird in Anlehnung an die VDI 4661, 2003 der Verbrauch und Bedarf wie folgt definiert:

„Der Energiebedarf ist der zur Erfüllung eines bestimmten Verwendungszwecks unter Einsatz einer bestimmten Technologie der erwartete Energieaufwand in der jeweils erforderlichen Form. Er bezieht sich auf bestimmte Zeiträume oder Vorgänge “ (Layer u. a., 1999, Seite 10).

Der Energieverbrauch wird über die Deckung eines Energiebedarfs eingesetzten Menge an Energieträgern definiert. Der Begriff Verbrauch ist thermodynamisch irreführend, da nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik Energie nicht verbraucht werden kann, sondern stets nur in eine andere Energieform umgewandelt wird (Layer u. a., 1999, Seite 10). Die Begriffsdefinitionen beziehen sich auf den Zusammenhang der Nachfrage und dem Angebot.

Entgegen der angeführten Definition von Energiebedarf und Energieverbrauch wird für die vorliegende Arbeit die Begrifflichkeit im Kontext mit anderen Literaturen aus dem Bereich wie folgt definiert.

Energiebedarf:

Der Energiebedarf beschreibt den durch eine Kalkulation oder Simulation bestimmten Energieumsatz. Es handelt sich um einen theoretischen und modellgestützten Kennwert (Haas u. a., 2007, Seite 18).

Energieverbrauch:

Unter dem Energieverbrauch wird die tatsächlich umgesetzte und messbare Energiemenge verstanden (Haas u. a., 2007, Seite 18). Die Messung wird von den Netzbetreibern durchgeführt und wird zur Abrechnung des Endenergieverbrauchs herangezogen.

Pseudoverbrauch:

Ferner wird für die vorliegende Arbeit ein weiterer Begriff der „Pseudoverbrauch“ eingeführt, welcher eine Mischung aus berechneten und gemessenen Kennwerten darstellt. Der „Pseudoverbrauch“ ermittelt sich meistens aus den gemessenen Energiemengen, welche rechnerisch einem Teilsektor zugeteilt werden. Als Beispiel kann an dieser Stelle die Berechnung des Raumwärmeverbrauchs angeführt werden, welcher auf Basis des Raumwärmeanteils vom Energieausweis berechnet wird. Des Weiteren kann der Pseudoverbrauch auch eine Mischung aus gemessenen und pauschalierten (kalkulierten) Verbrauchskennwerten sein.

A.1.8. Gesamtbilanzierung

Unter Gesamtbilanzierung wird die Zusammenführung vom gesamten Energieeinsatz für ein bestimmtes Referenzjahr eines räumlich definierten Untersuchungsgebietes (z.B. Stadtgebiet Innsbruck) von Strom, Wärme, Kälte und Mobilität verstanden. Die Gesamtbilanz kann in unterschiedlichen Sektoren, z.B. Wohn-, Nichtwohngebäuden und Mobilität gegliedert sein.

A.1.9. Verwendete statistische und mathematische Begriffe

Die folgenden statistischen und mathematischen Begriffe kommen in dieser Arbeit zur Anwendung und werden wie folgt definiert:

Durchschnittswert (Mittelwert):

Der Durchschnittswert bzw. Mittelwert ist das arithmetische Mittel einer Stichprobe und wird gemäß Papula, 2008, Seite 481 wie folgt definiert:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (\text{A.1})$$

\bar{x} Mittelwert einer Stichprobe

x_1, x_2, \dots Stichprobenwerte

Zentralwert (Median):

Der Zentralwert bzw. Median ist der Stichprobenwert, der genau in der Mitte einer geordneten Stichprobe steht. Das bedeutet, dass sich links und rechts von dem Zentralwert gleich viele Stichprobenwerte befinden (Papula, 2008, Seite 481).

Modalwert:

Der Modalwert einer Häufigkeitsverteilung ist der Stichprobenwert, der in der Stichprobe am häufigsten vorkommt (Papula, 2008, Seite 481).

Standardabweichung:

Die Standardabweichung für die Streuung um den arithmetischen Mittelwert wird wie folgt, gemäß Papula, 2008, Seite 481 berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2} \quad (\text{A.2})$$

s Standardabweichung

n Anzahl der Messungen

xi Messwert der Stichprobe

\bar{x} Mittelwert der Messergebnisse

Die Standardabweichung besagt, dass 68,3 Prozent der Messergebnisse in den Bereich $\bar{x} - s$ und $\bar{x} + s$ fallen.

A.1.10. Geografische Informationssysteme (GIS)

Der Begriff „Geografische Informationssysteme“ setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

1. Unter einem Informationssystem versteht man eine Sammlung an Daten zu einer bestimmten Thematik (Linder, 1999, Seite 1). Diese Daten müssen aufgenommen, gespeichert, aktualisiert, verarbeitet, ausgewertet und wiedergegeben werden können. Somit setzt sich das Informationssystem aus vier verschiedenen Komponenten zusammen: Hardware, Software, Daten und AnwenderIn (Lange, 2006, Seite 319 bis 320).
2. Man spricht von einem „Geografischen Informationssystem“, wenn die enthaltenen Daten zusätzlich mit einem räumlichen Bezug (Koordinaten) verknüpft werden (Linder, 1999, Seite 3).

A.1.11. Weiterführende Begriffbestimmungen

Ferner gelten die Begriffsbestimmungen vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB Begriffsbestimmung, 2015). Unter Bezugnahme auf das Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister II (AGWR II) werden die Begrifflichkeiten entsprechend den AGWR II Handbüchern (Statistik, 2016a) verwendet.

A.2. Anhang I Detaillierte Bestandsanalyse der Wohngebäude

Tabelle A.1.: Detaillierte Bestandsanalyse Einfamilienhaus (EFH) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

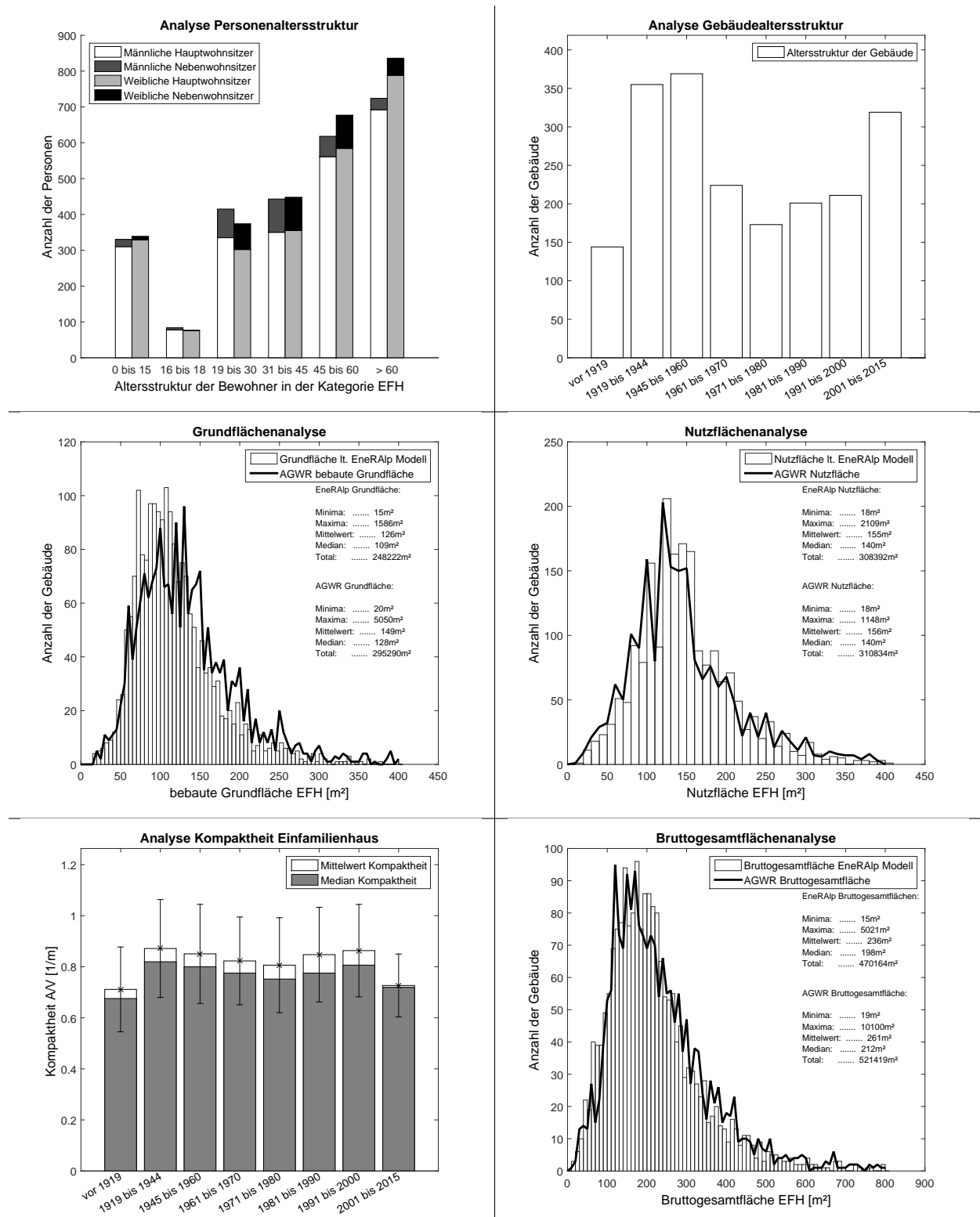


Tabelle A.2.: Detaillierte Bestandsanalyse Reihenhause (RH) Quelle: EneRALp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

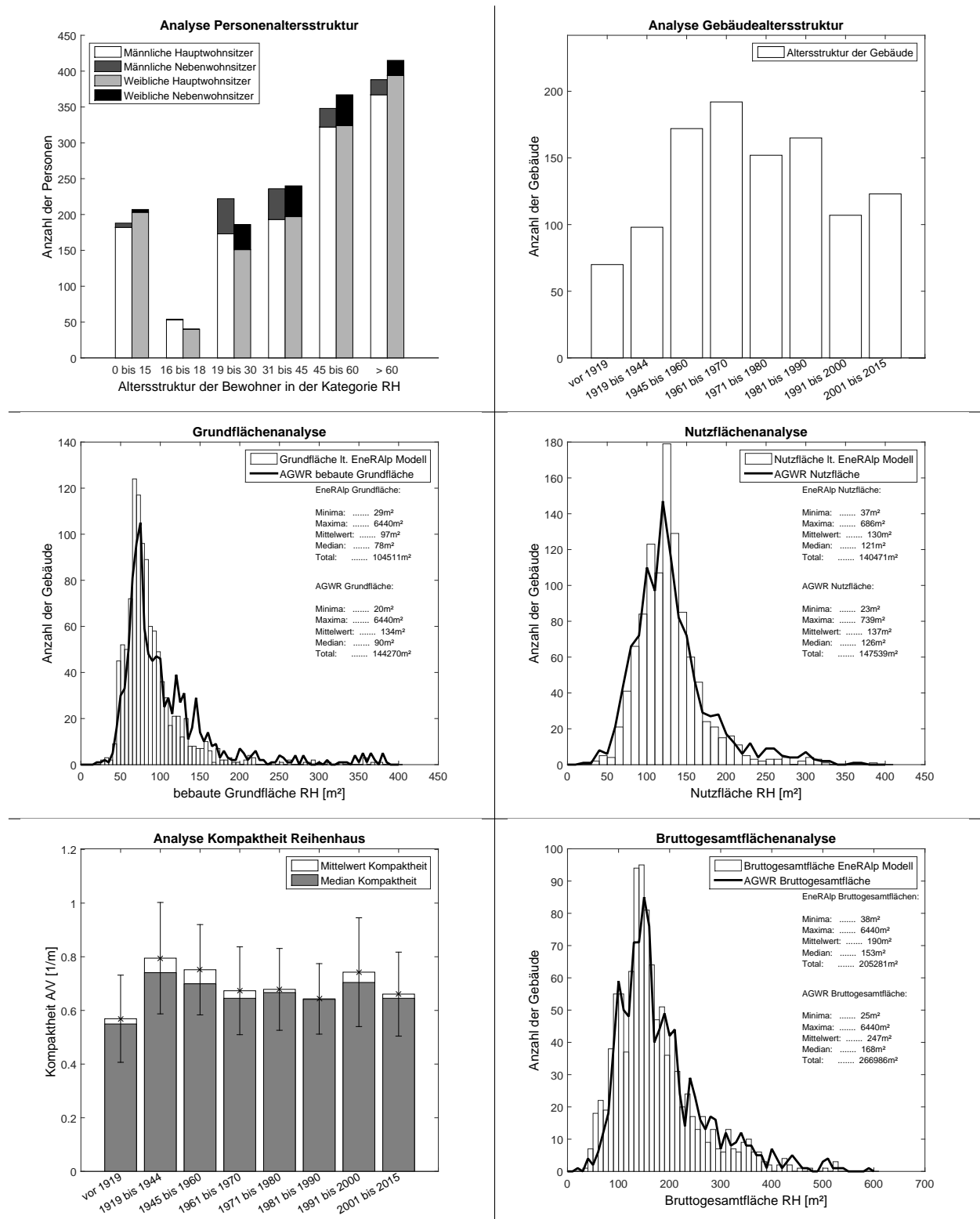


Tabelle A.3.: Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Klein (MFH-K) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

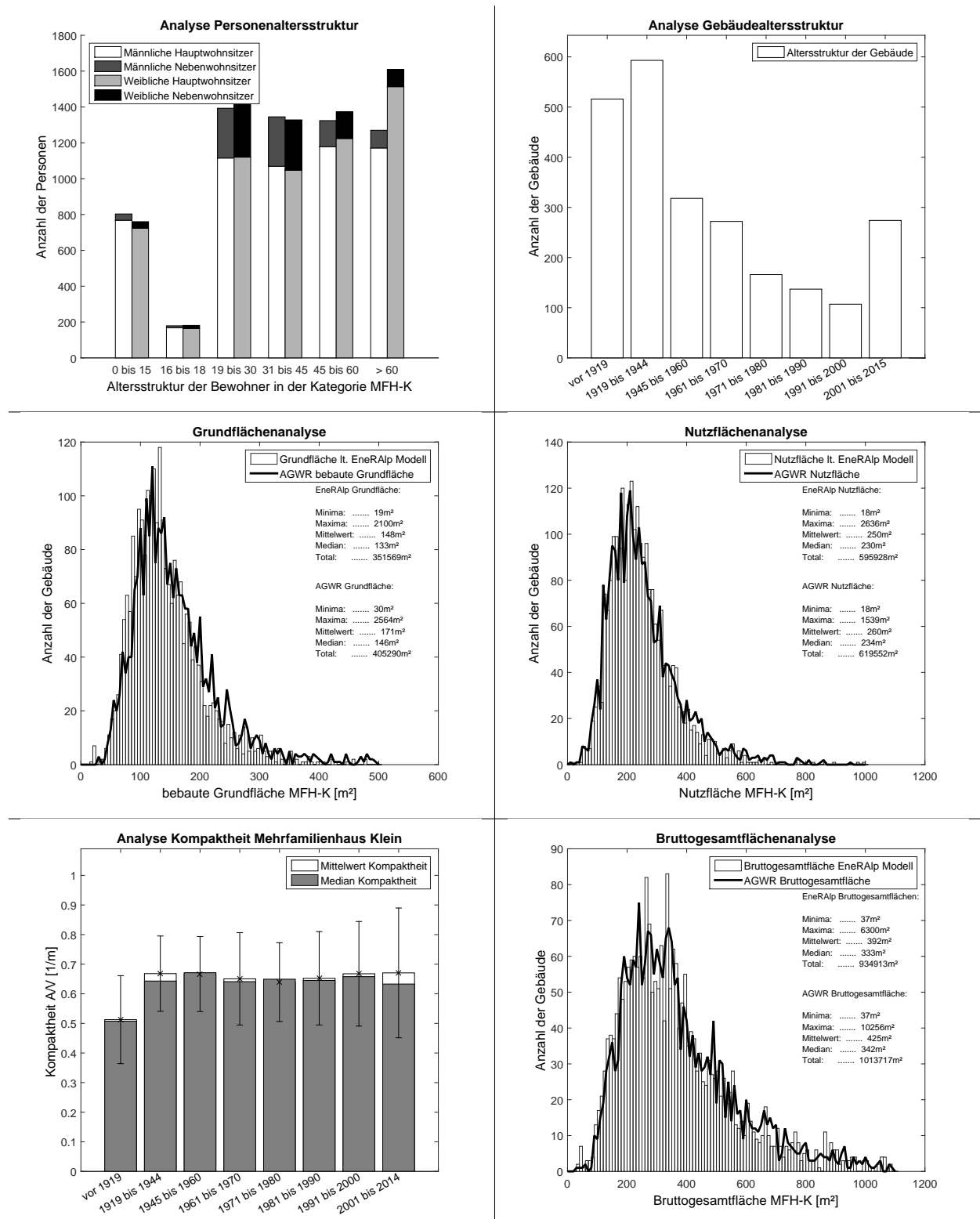


Tabelle A.4.: Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Mittel (MFH-M) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen

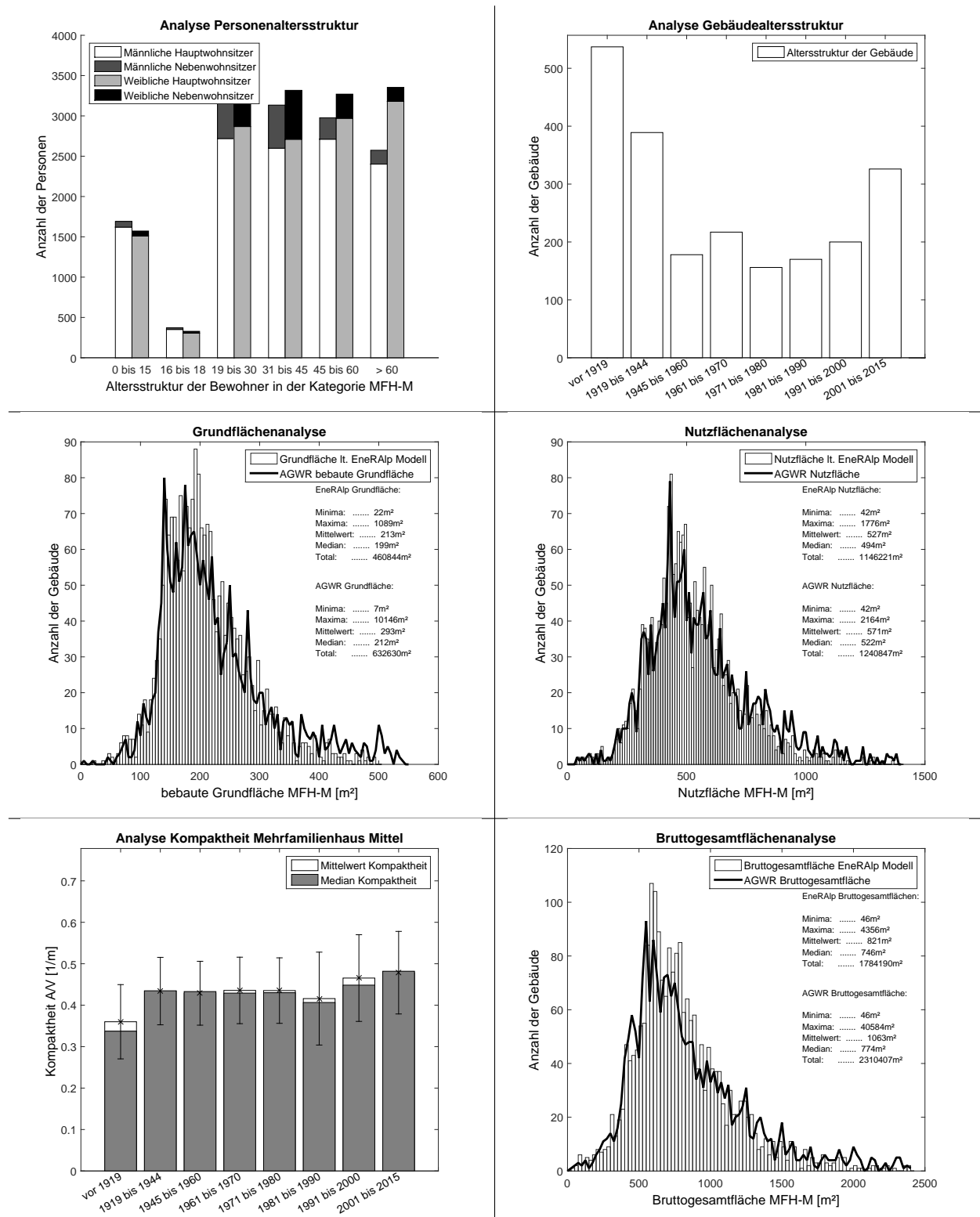
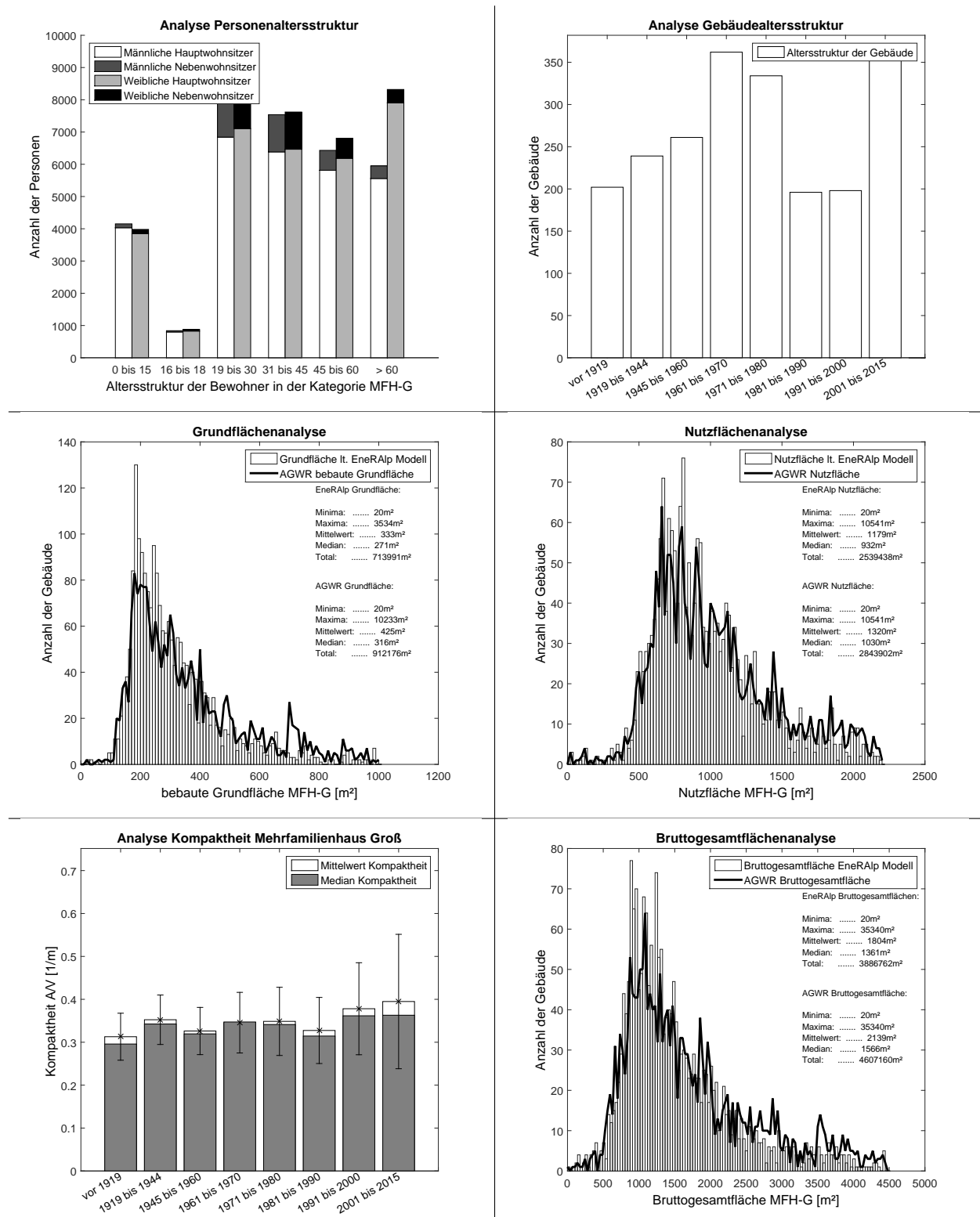


Tabelle A.5.: Detaillierte Bestandsanalyse Mehrfamilienhaus Groß (MFH-G) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertungen



A.3. Anhang II Kalibrierfaktoren

A.3.1. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Wärme Gebäudekategorie

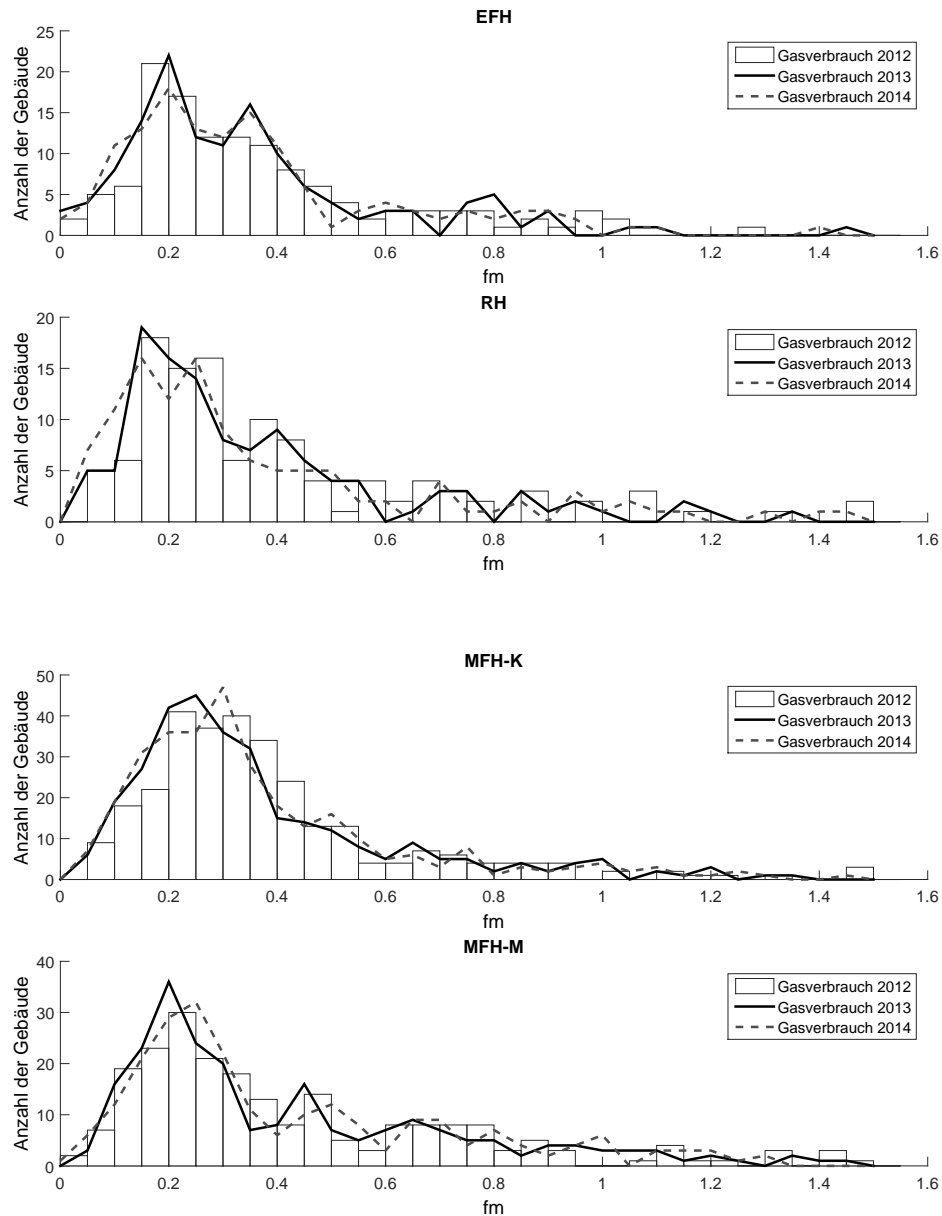


Abbildung A.1.: Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie EFH und MFH-M Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

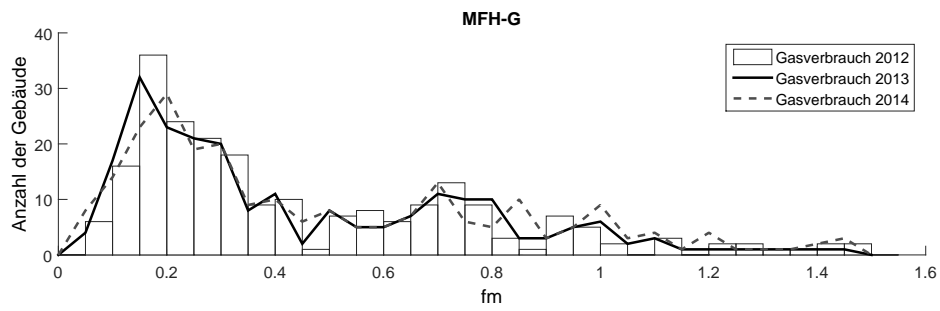


Abbildung A.2.: Modellkalibrierfaktoren Wärme Kategorie MFH-G Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

A.3.2. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Wärme mit Altersbezug

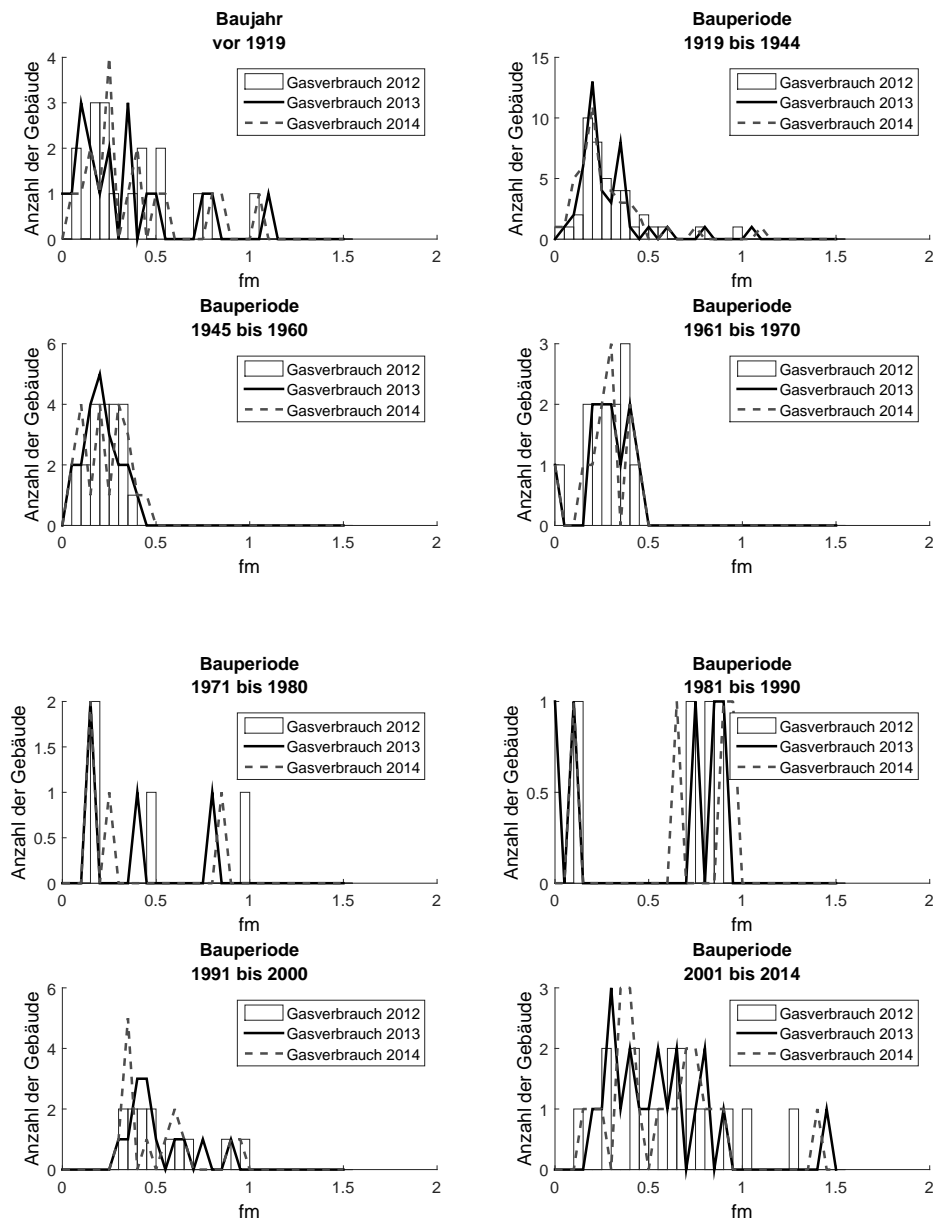


Abbildung A.3.: Modellkalibrierfaktoren Wärme EFH Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

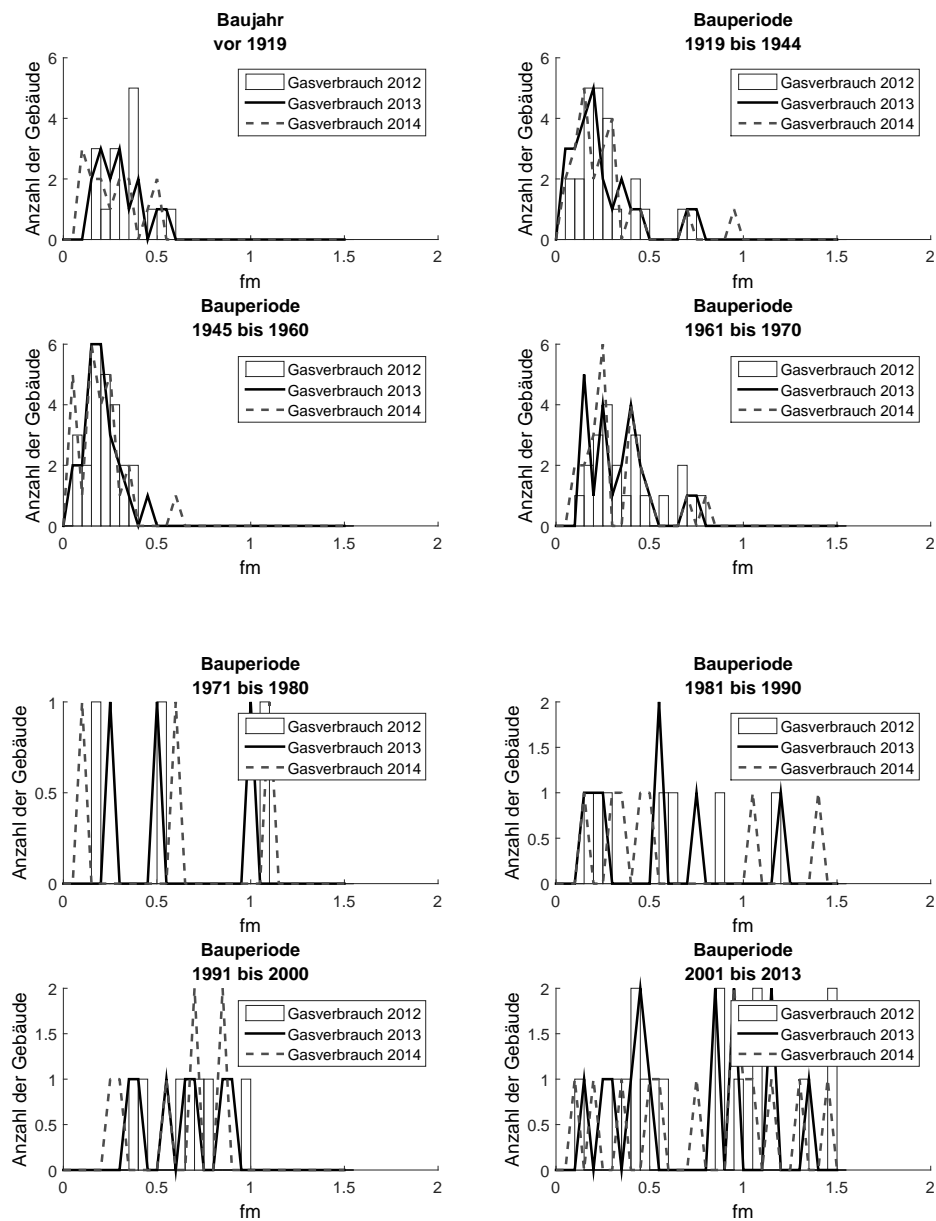


Abbildung A.4.: Modellkalibrierfaktoren Wärme RH Baujahr vor 1919 bis 2013 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

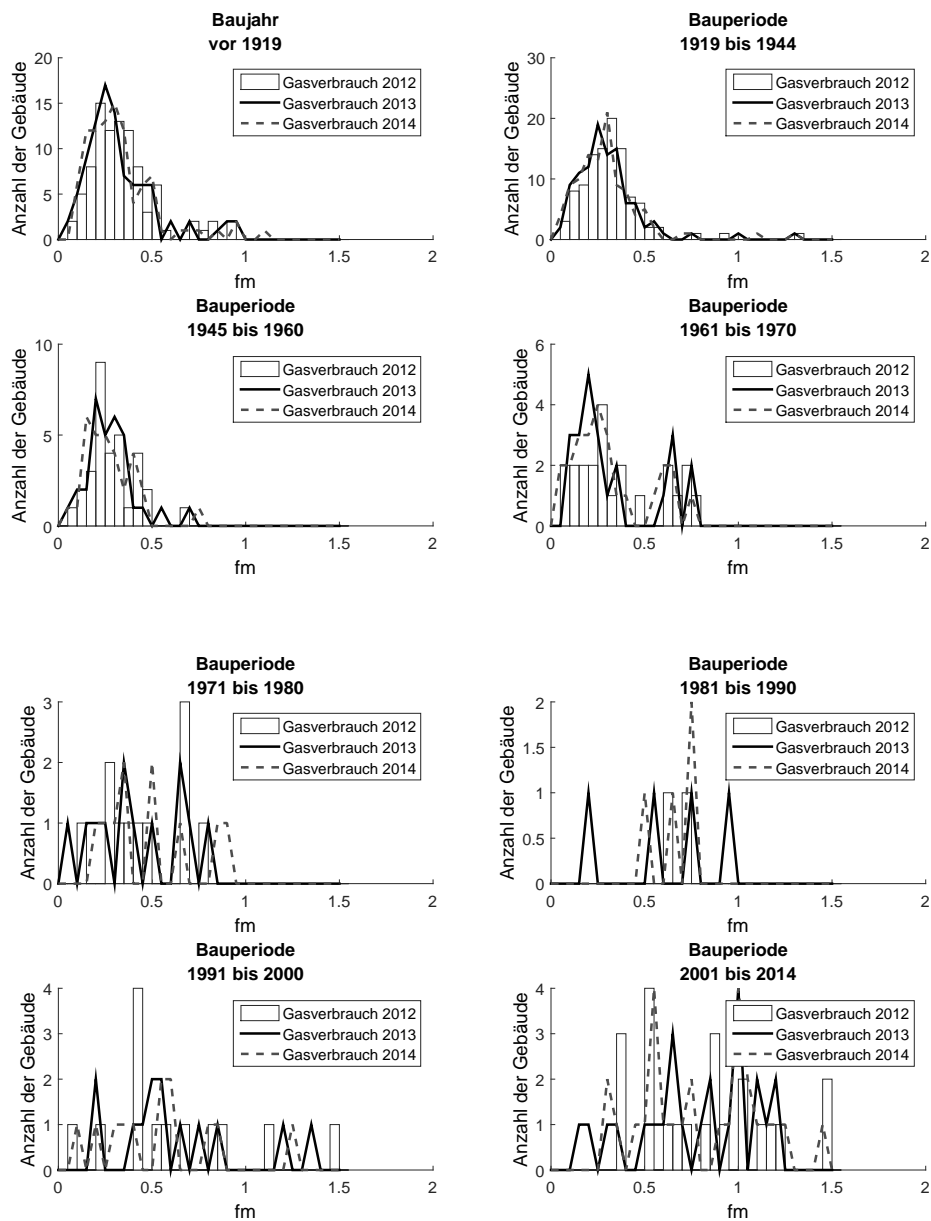


Abbildung A.5.: Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-K Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAlp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

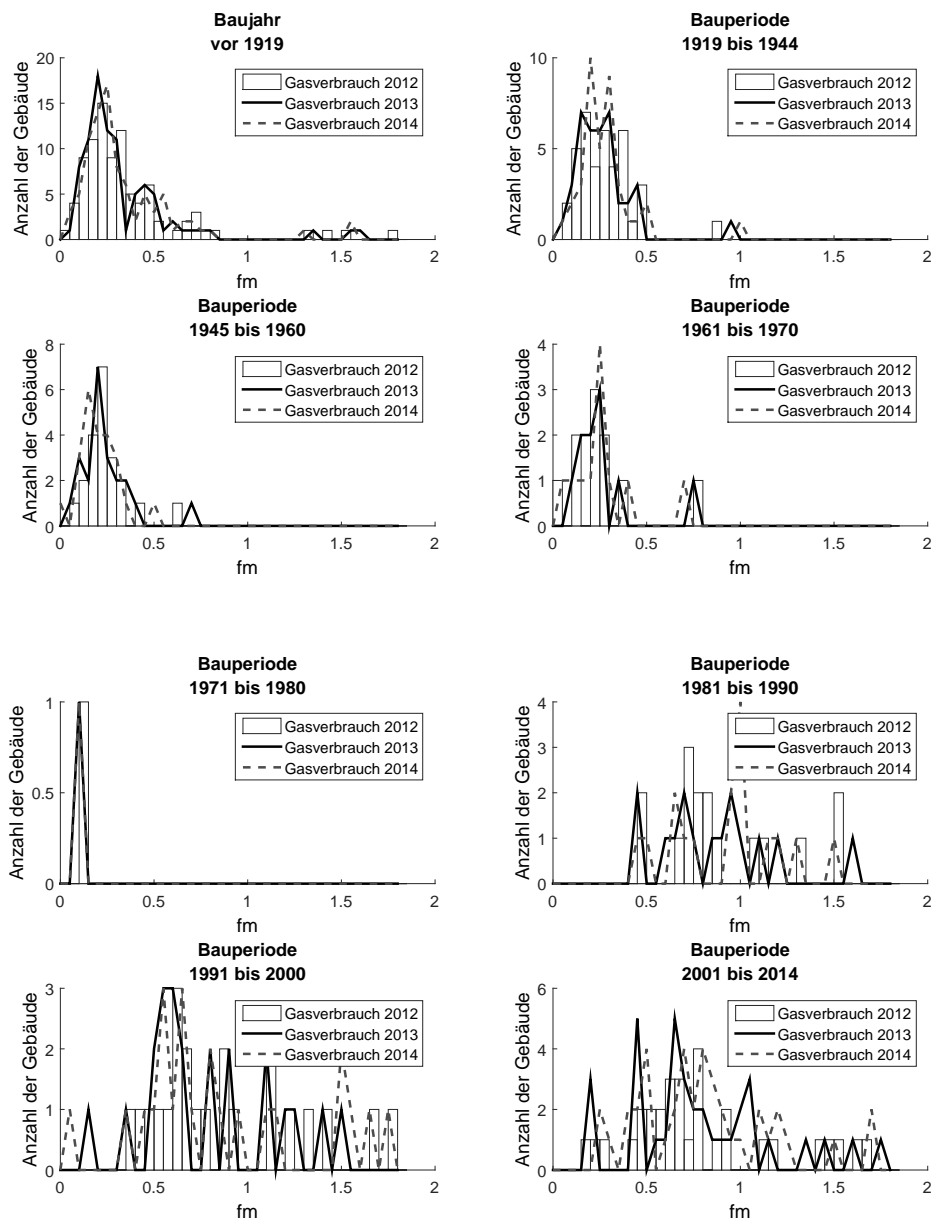


Abbildung A.6.: Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-M Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAlp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

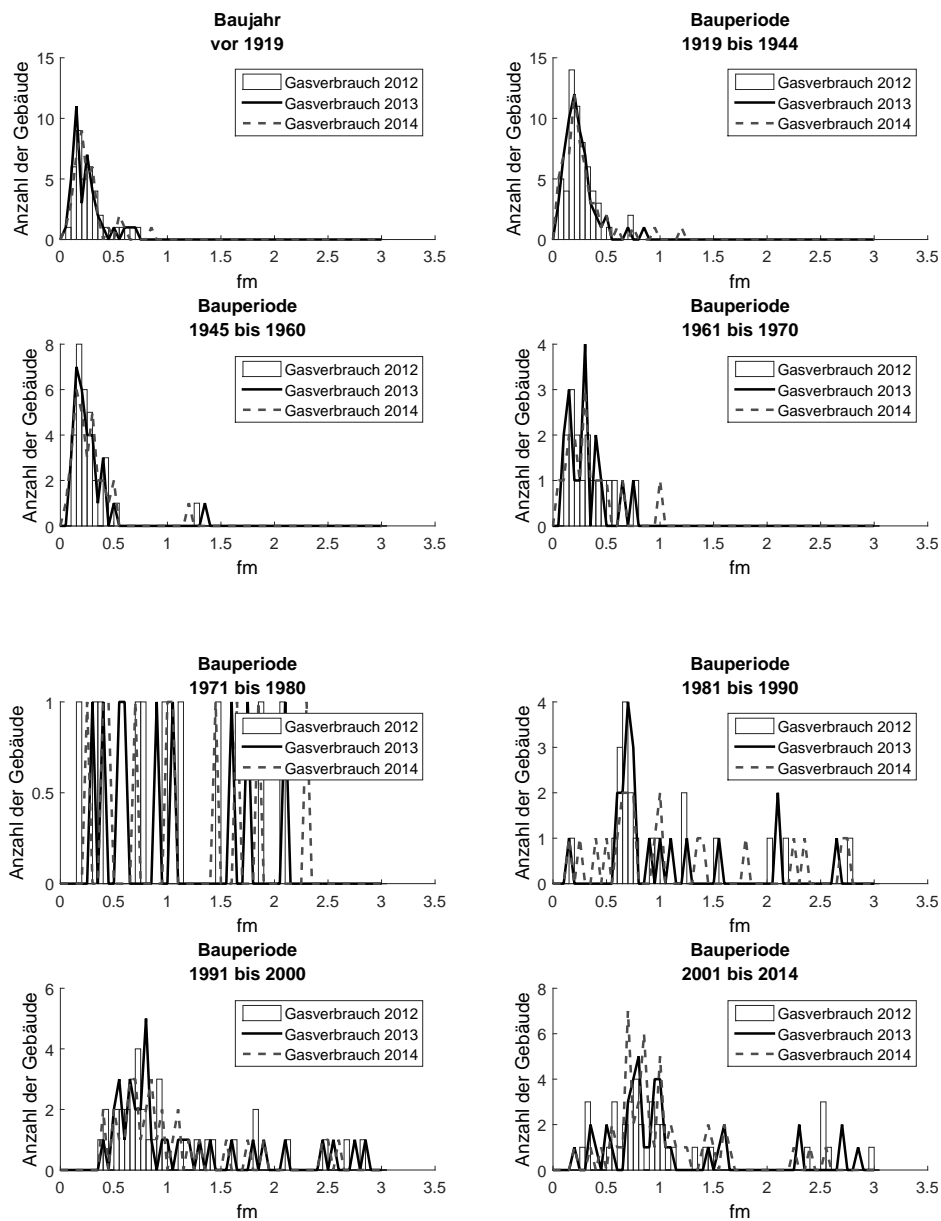


Abbildung A.7.: Modellkalibrierfaktoren Wärme MFH-G Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAlp Berechnungsmodell, TIGAS, Auswertungen in Zusammenarbeit TIGAS

A.3.3. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Strom Gebäudekategorie

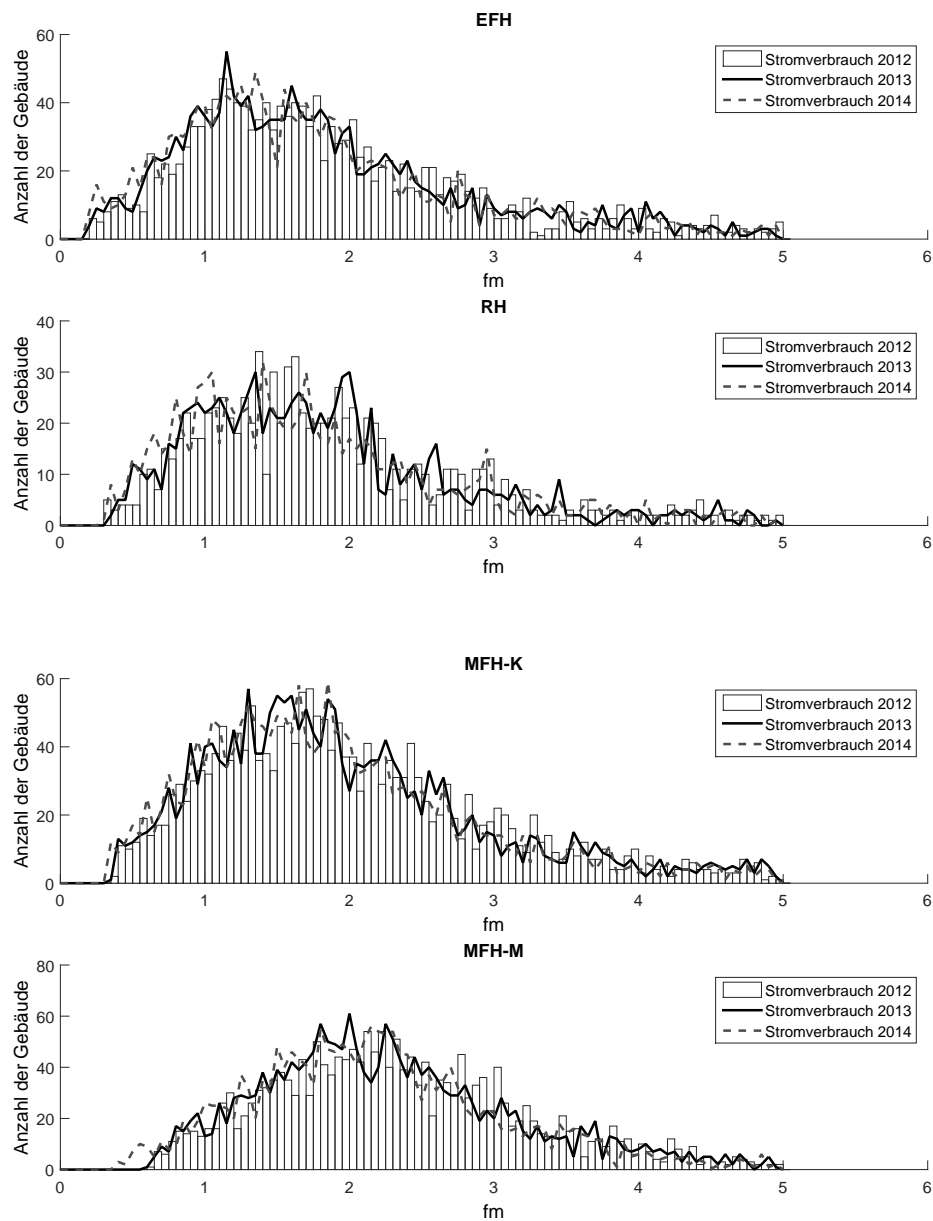


Abbildung A.8.: Modellkalibrierfaktoren Strom Kategorie EFH und MFH-M Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

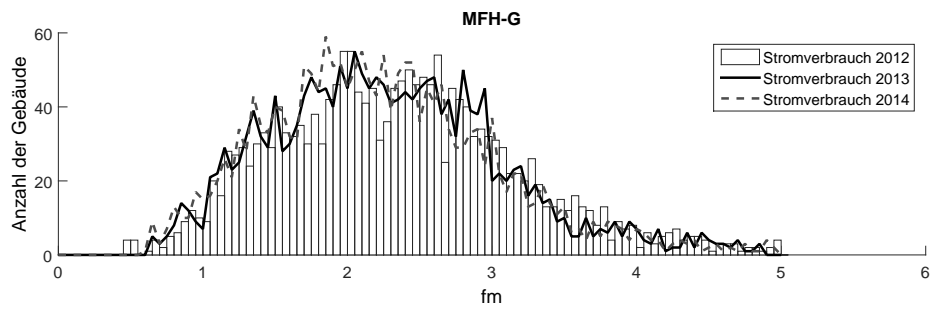


Abbildung A.9.: Modellkalibrierfaktoren Strom Kategorie MFH-G Quelle: EneRAIp Berechnungsmo-
dell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

A.3.4. EneRAIp Tool Modellkalibrierungsfaktoren Strom mit Altersbezug

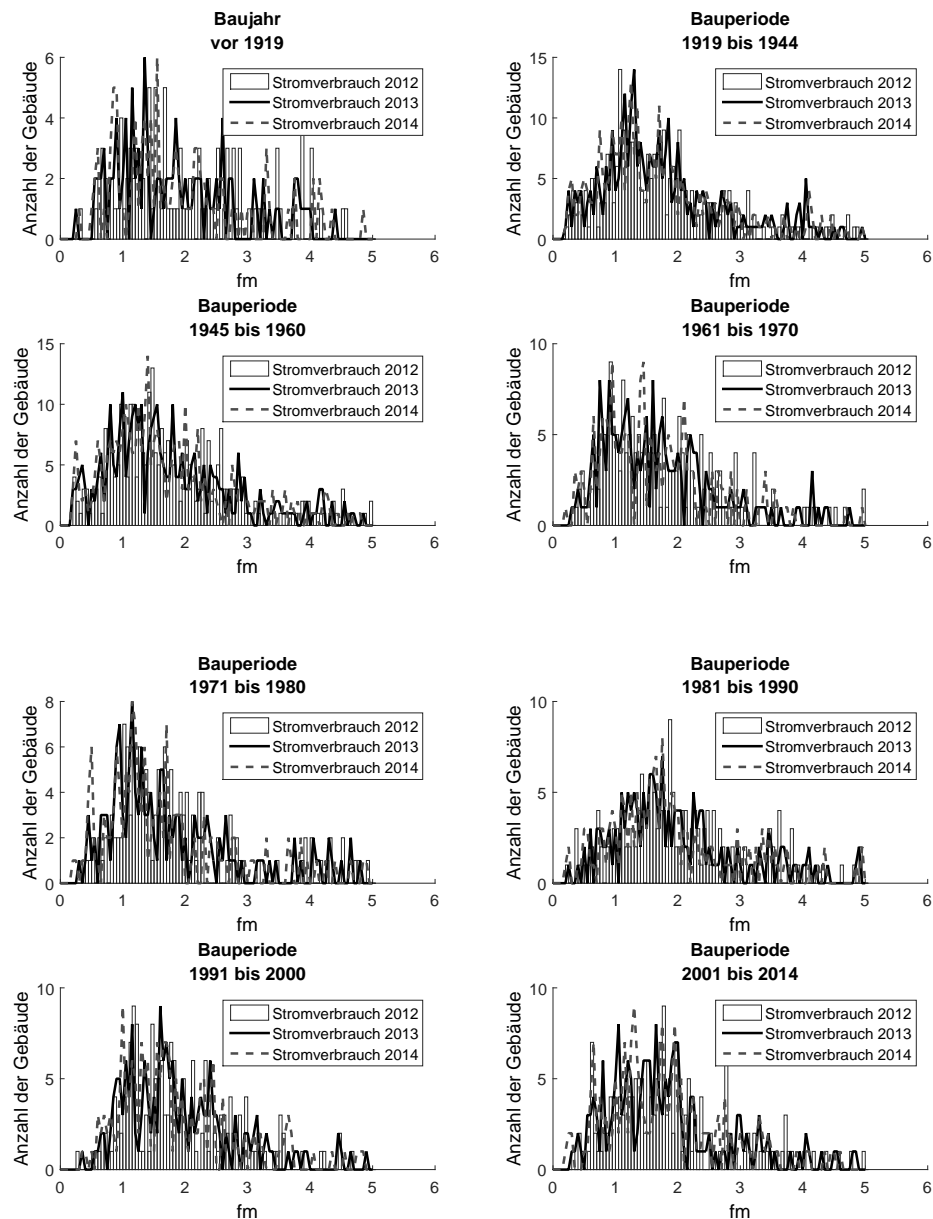


Abbildung A.10.: Modellkalibrierfaktoren Strom EFH Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

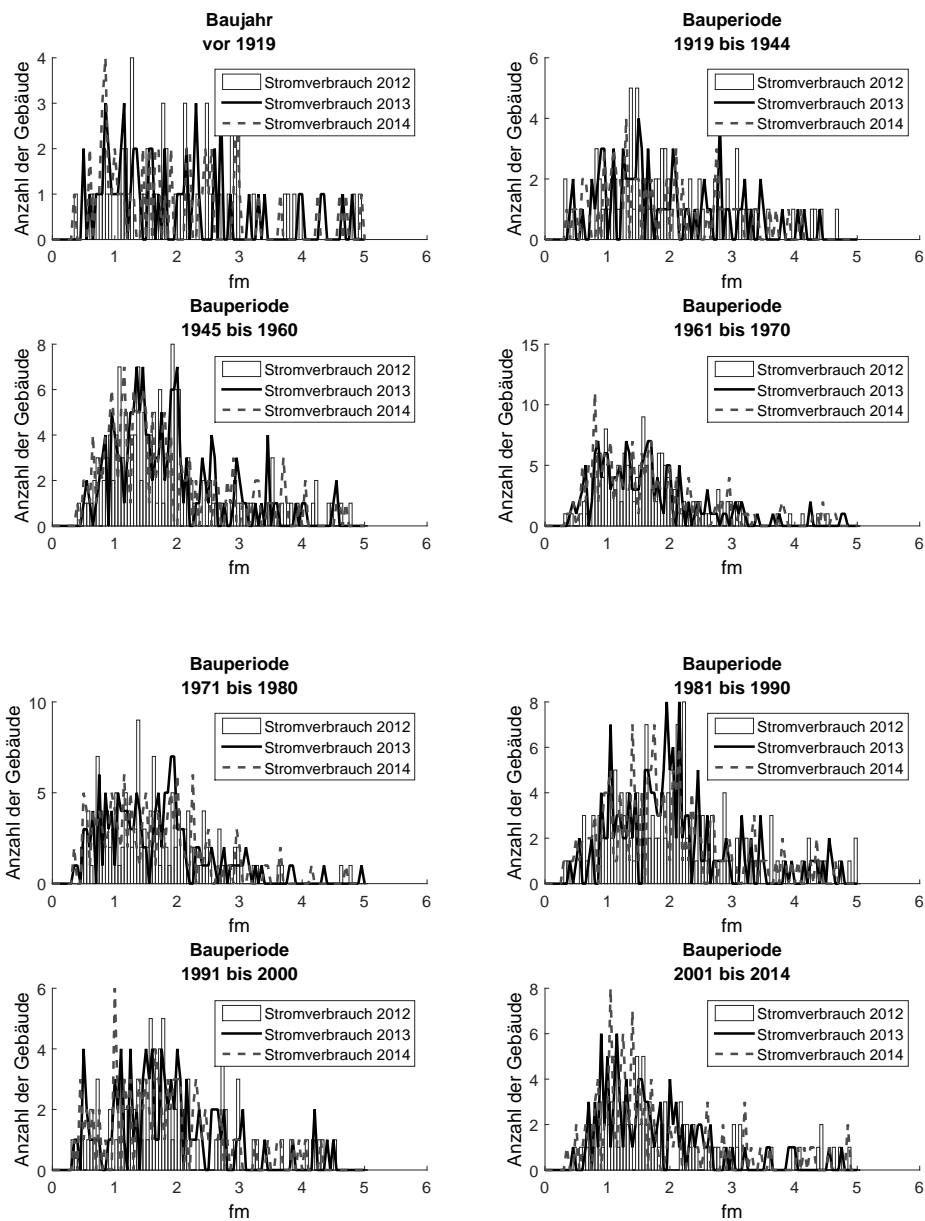


Abbildung A.11.: Modellkalibrierfaktoren Strom EFH Baujahr vor 1919 bis 2013 Quelle: EnerAlp Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

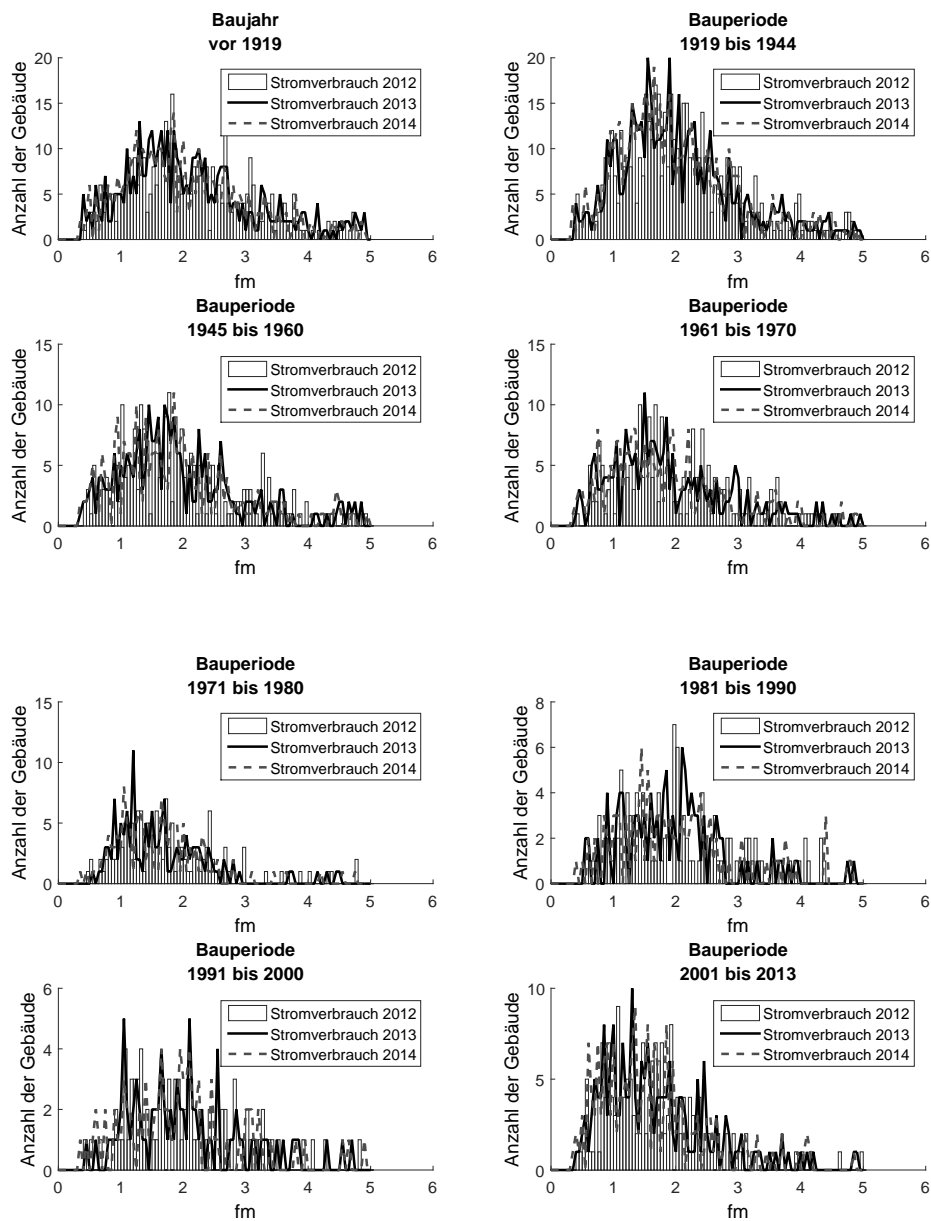


Abbildung A.12.: Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-K Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAlp
Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

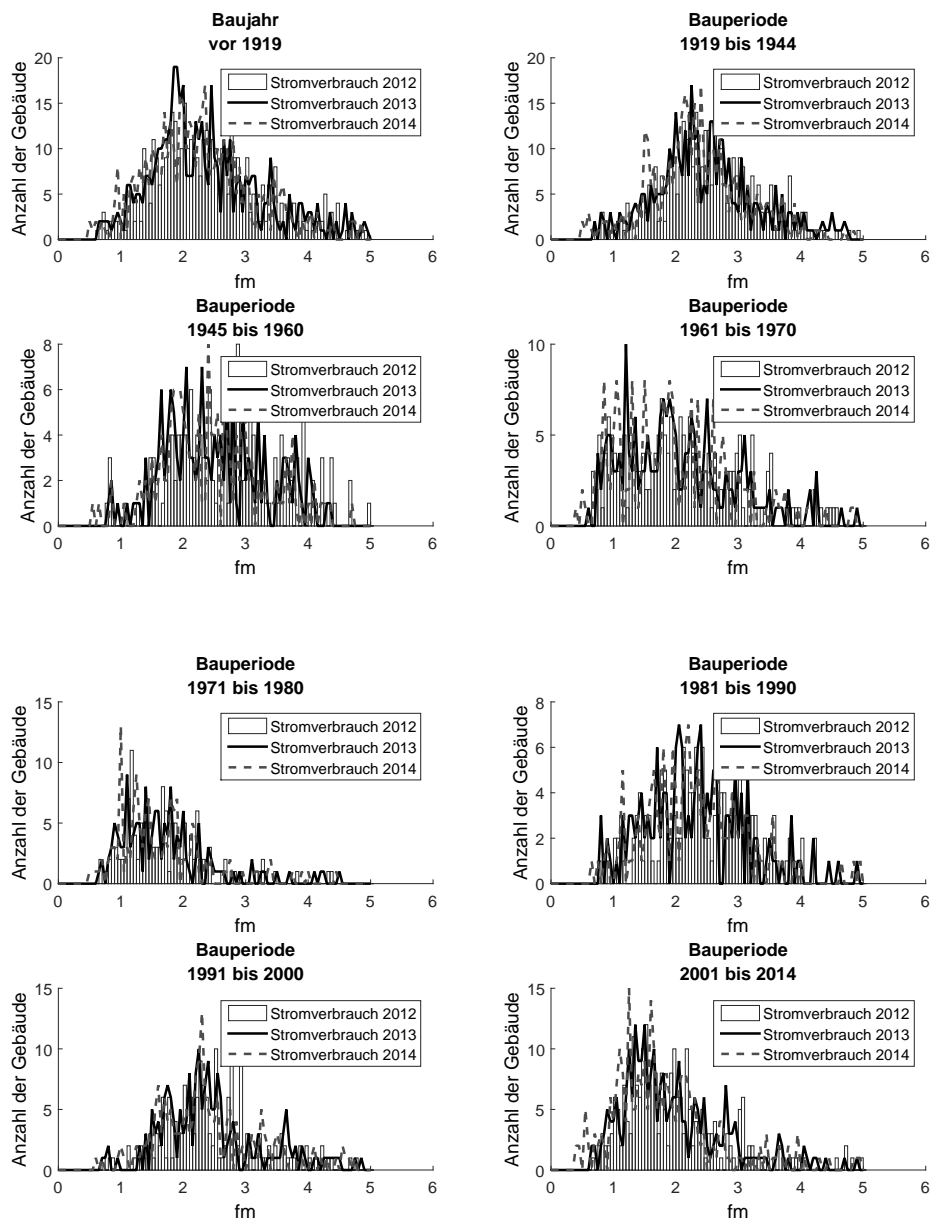


Abbildung A.13.: Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-M Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAIp
Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

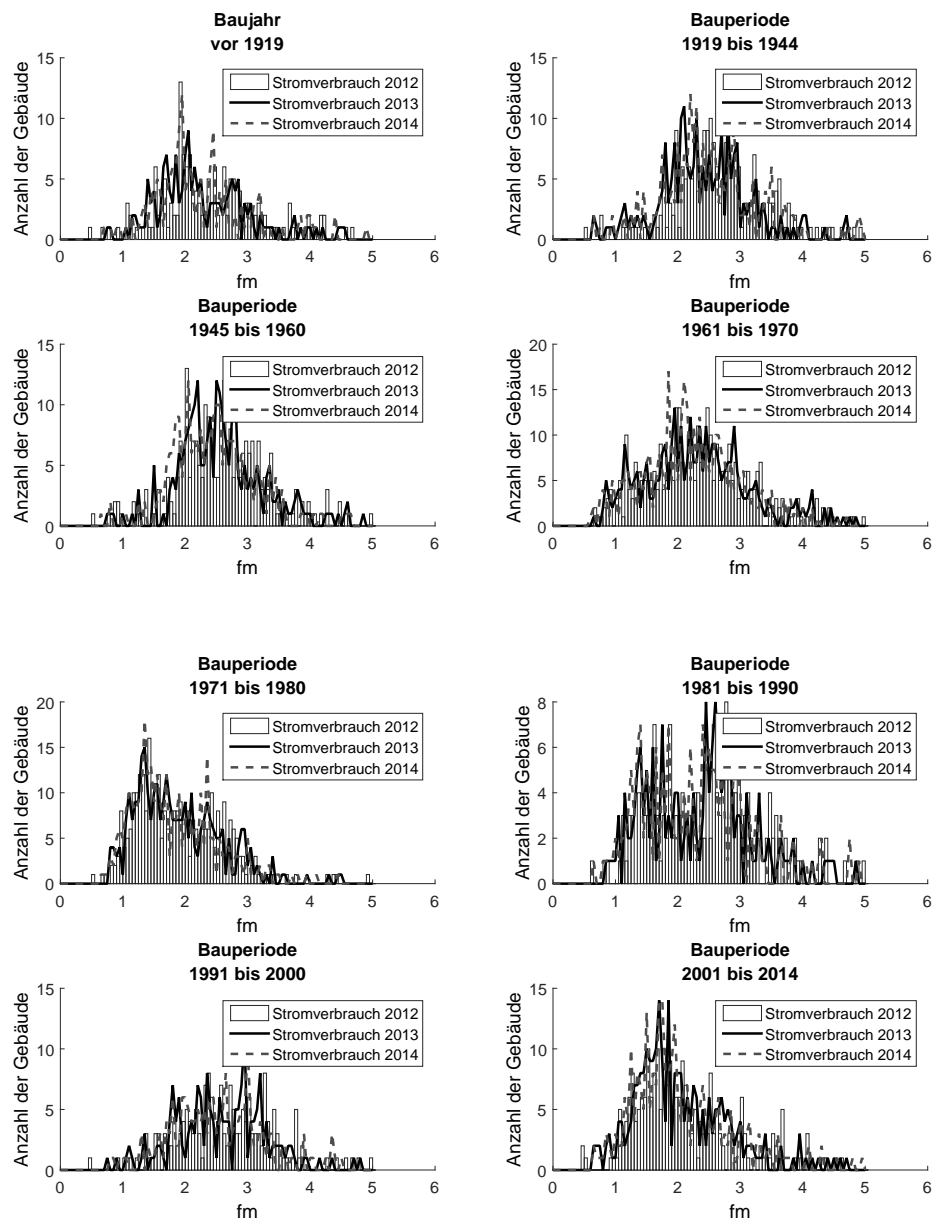


Abbildung A.14.: Modellkalibrierfaktoren Strom MFH-G Baujahr vor 1919 bis 2014 Quelle: EnerAIp
Berechnungsmodell, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB

A.4. Anhang III Kennwertberechnung Wärmebedarf Statistik Austria

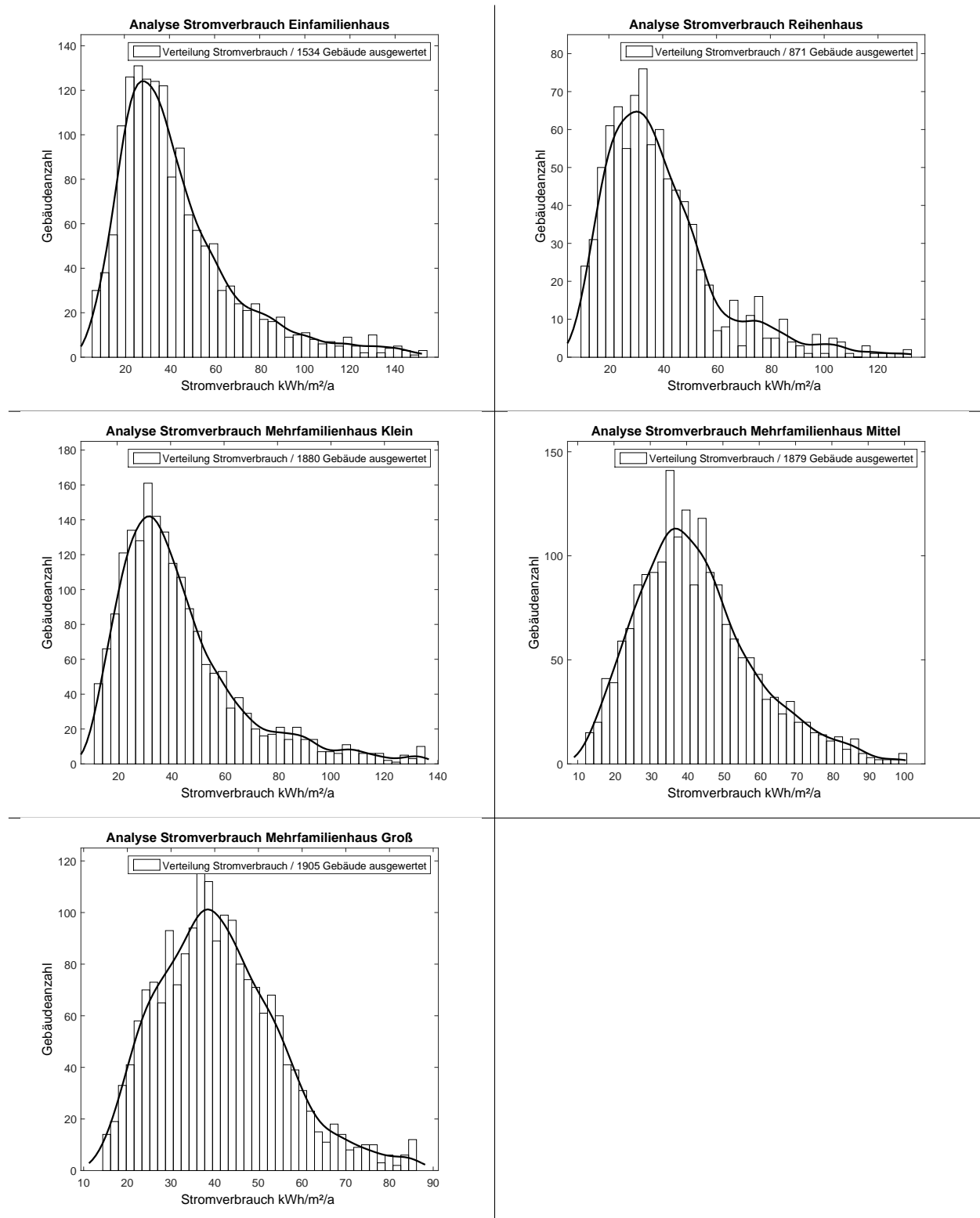
Tabelle A.6.: Kennwertberechnung Wärmebedarf Statistik Austria Quelle: Statistik, [2015a](#), Statistik, [2015b](#), eigene Berechnung

Bezugsgrößen	Kennwerte	Einheit
Haushalte	3.745.552	Haushalte
Einwohner	8.438.613	Personen
Personen je Haushalt	2,25	Personen/ Haushalt
Energiebezug (2013/2014)		
Raumwärme	164.587.275	GJ/Jahr
Warmwasser	39.726.643	GJ/Jahr
Energiebezug je Haushalt		
Raumwärme	44	GJ/Haushalt/Jahr
Warmwasser	11	GJ/Haushalt/Jahr
Raumwärme	12.206	kWh/Haushalt/Jahr
Warmwasser	2.946	kWh/Haushalt/Jahr
Energiebezug pro Person		
Raumwärme	20	GJ/Person/Jahr
Warmwasser	5	GJ/Person/Jahr
Raumwärme	5.418	kWh/Person/Jahr
Warmwasser	1.308	kWh/Person/Jahr

A.5. Anhang IV Verbrauchsdatenanalyse

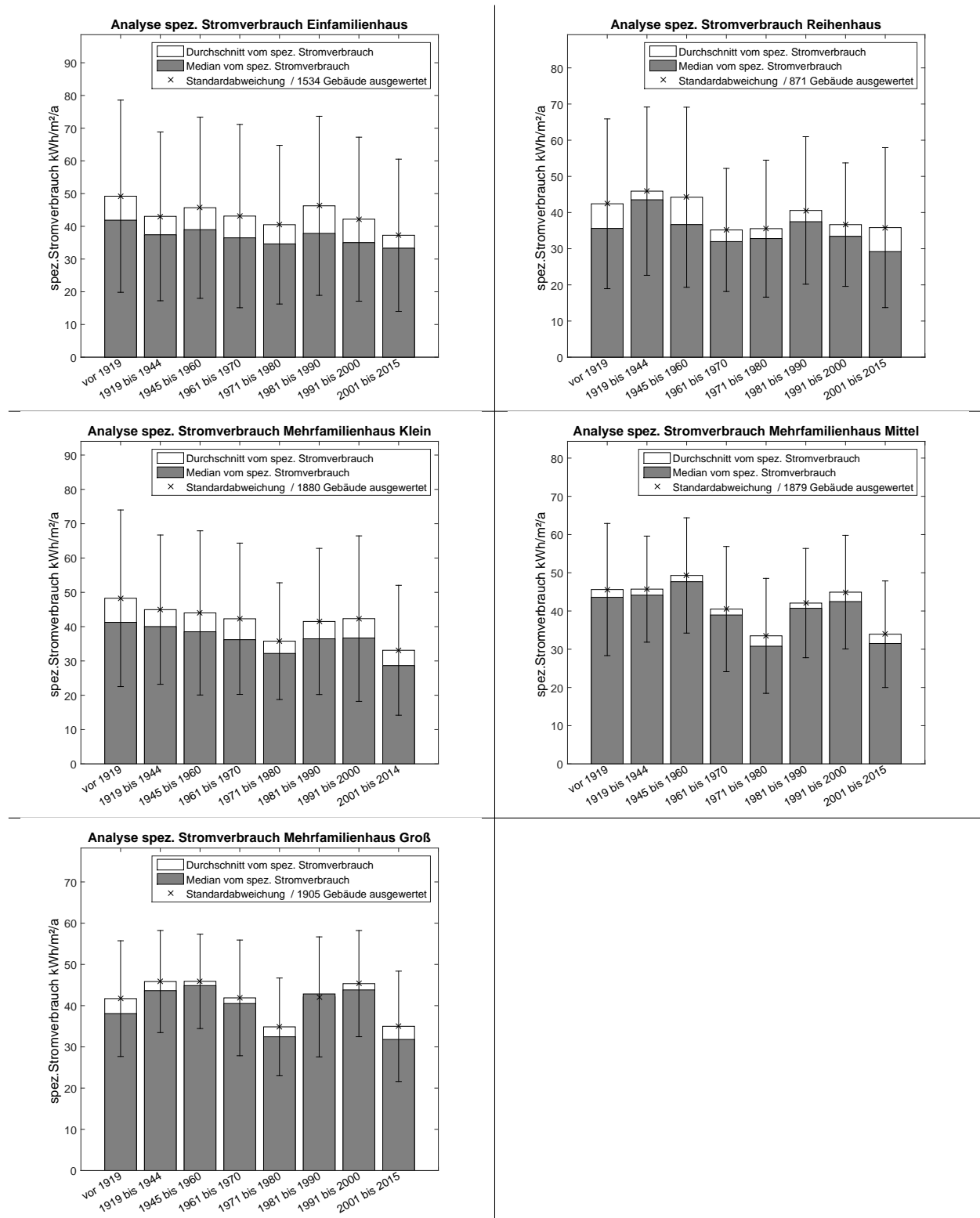
A.5.1. Stromverbrauchsdatenanalyse je Kategorie

Tabelle A.7.: Analyse spezifischer Stromverbrauch je Kategorie Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB



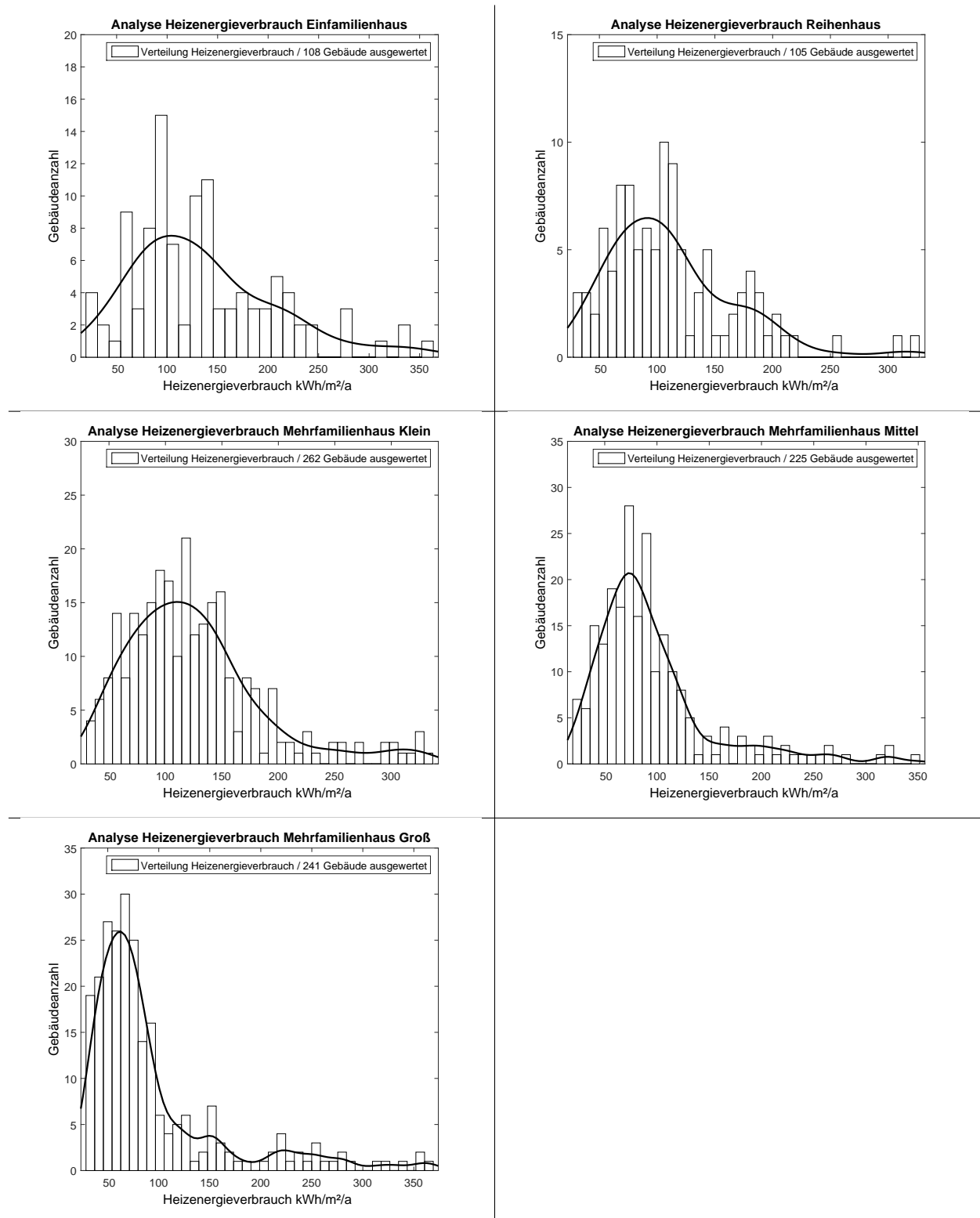
A.5.2. Stromverbrauchsdatenanalyse je Kategorie und Bauepoche

Tabelle A.8.: Analyse spezifischer Stromverbrauch je Kategorie und Bauepoche Quelle: IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit IKB



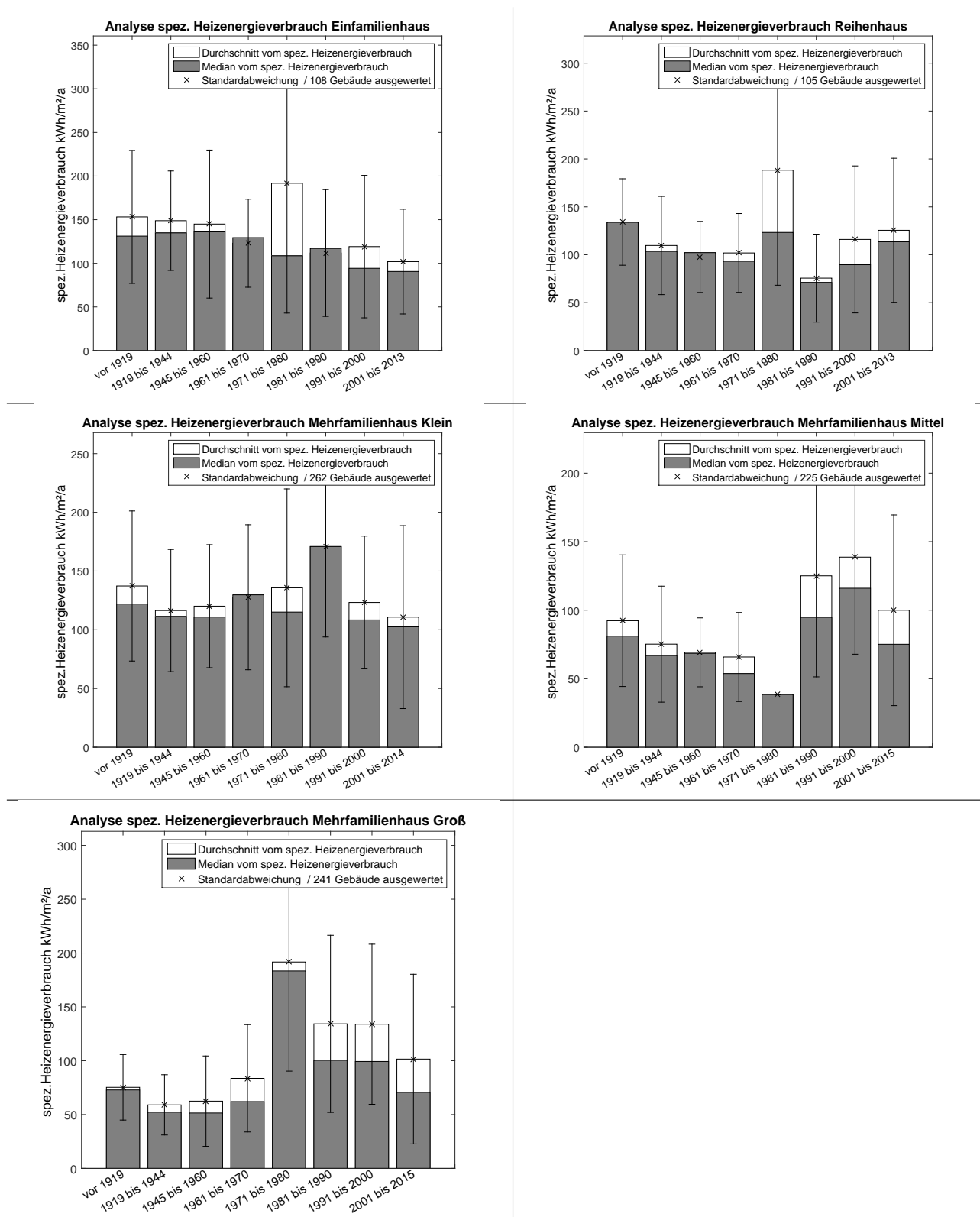
A.5.3. Heizenergieverbrauchsdatenanalyse je Kategorie

Tabelle A.9.: Analyse spezifischer Heizenergieverbrauch je Kategorie Quelle: TIGAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit Netzbetreibern



A.5.4. Heizenergieverbrauchsdatenanalyse je Kategorie und Baupoeche

Tabelle A.10.: Analyse spezifischer Heizenergieverbrauch je Kategorie und Baupoeche Quelle: TI-GAS, IKB, Auswertungen in Zusammenarbeit Netzbetreibern



A.6. Anhang V spezifische Kennzahlen EneRAIp

Berechnungsmodell

Tabelle A.11.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Einfamilienhaus Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	144	206,8	213,8	23,0
1919-1944	355	164,7	162,3	24,0
1945-1960	369	168,6	125,3	23,8
1961-1970	224	184,8	112,9	23,6
1971-1980	173	194,8	151,2	23,5
1981-1990	201	188,3	116,3	23,8
1991-2000	211	188,5	91,5	23,9
2001-2010	267	205,2	66,8	23,5
2011-2015	52	216,7	64,0	24,4

Tabelle A.12.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Reihenhaushaus Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	70	14.948	139,8	26
1919-1944	98	15.027	126,6	27,1
1945-1960	172	24.231	92	27,9
1961-1970	192	29.603	111,4	27,3
1971-1980	152	23.702	155,6	27,5
1981-1990	165	26.842	78,9	26,9
1991-2000	107	18.360	147,9	27,1
2001-2010	107	17.214	99,4	27,1
2011-2015	16	2.885	88,6	28,5

Tabelle A.13.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Klein“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	516	350	142,4	22,4
1919-1944	593	282	100,3	23,3
1945-1960	318	255	106,9	23,8
1961-1970	272	291	106,3	23,9
1971-1980	166	307	141,8	23,7
1981-1990	137	302	101,8	24
1991-2000	107	307	86,9	24
2001-2010	240	317	71,8	23,4
2011-2015	34	309	72,5	26,2

Tabelle A.14.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Mittel“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	537	675	95,2	19,7
1919-1944	389	592	52,7	19,7
1945-1960	178	599	47,7	19,9
1961-1970	217	627	51	21,3
1971-1980	156	682	73,3	21,8
1981-1990	170	683	102,4	21,4
1991-2000	200	619	118,7	21,7
2001-2010	261	642	85,4	21,1
2011-2015	65	679	83,7	23

Tabelle A.15.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Klein“ und „Mittel“ (TABULA Vergleich) Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	1053	412,9	111	20,6
1919-1944	982	323,7	73	21,2
1945-1960	496	302,5	73	21,6
1961-1970	489	351,9	71	22,3
1971-1980	322	390,6	95	22,4
1981-1990	307	410,6	102	22,1
1991-2000	307	408,5	109	22,2
2001-2010	501	388,9	81	21,8
2011-2015	99	441,9	82	23,6

Tabelle A.16.: Spezifische Wärmebedarfskennzahlen Mehrfamilienhaus „Groß“ Quelle: EneRAIp Berechnungsmodell, eigene Auswertung

Bauperiode	Anzahl Gebäude	spez. kond. Bruttogesamtfläche je Gebäude [m ²]	spez. Raumwärmeenergiebedarf [kWh/m ² /a]	spez. Warmwasserenergiebedarf [kWh/m ² /a]
vor 1919	202	1.132	59,9	20,8
1919-1944	239	914	39,7	20,7
1945-1960	261	1.183	44,9	20,6
1961-1970	362	1.469	114,9	22,7
1971-1980	334	1.754	181,4	23,7
1981-1990	196	1.614	124,5	23,4
1991-2000	198	1.624	132,3	23,5
2001-2010	265	1.523	72,2	23,7
2011-2015	97	1.581	74,1	25,5

Tabelle A.17.: Vergleichs Wärmebedarfskennzahlen (Raumwärme und Warmwasser) TABULA
Quelle: TABULA, [2015](#)

Bauperiode	Wärmebedarf Einfamilienhaus [kWh/m ² /a]	Wärmebedarf Reihenhaus [kWh/m ² /a]	Wärmebedarf Mehrfamilien- haus [kWh/m ² /a]	Wärmebedarf Appartment- block [kWh/m ² /a]
vor 1919	183	174	177	164
1919-1944	192	179	184	176
1945-1960	183	184	176	168
1961-1970	191	183	179	167
1971-1980	191	183	179	167
1981-1990	196	165	149	117
1991-2000	144	142	137	134
2001-2010	127	125	131	125
nach 2011	139	132	140	132

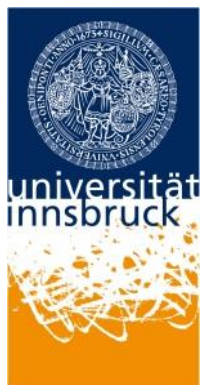
A.7. Anhang VI Softwaredokumentation EneRAIp Berechnungsmodell

EneRAIp

Berechnungsmodell

Softwaredokumentation

(DATENINTEGRATIONS- UND ENERGIEBEDARFSBERECHNUNGSMODELL)





SINFONIA stands for "Smart INitiative of cities Fully cOmitted to iNvest In Advanced large-scaled energy". This project has received funding from the European Union's Seventh Programme for research, technological development



Competence Centers for
Excellent Technologies

Das Kompetenzzentrum alpS - Centre for Climate Change Adaptation wird im Rahmen von COMET - Competence Centers for Excellent Technologies durch BMVIT, BMWFJ, dem Land Tirol und dem Land Vorarlberg gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Das Projekt EneRAlp ist ein COMET Projekt.

Impressum:

Autor: Dominik Pfeifer, Msc.

Universität Innsbruck

AB Energieeffizientes Bauen / Gebäudetechnik und erneuerbare Energie

Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Techniker Str. 13, A-6020 Innsbruck

T: +43 512 507-63661 | F: +43 512 507-36092 | M: dominik.pfeifer@uibk.ac.at

<http://www.uibk.ac.at/bauphysik/>

Anmerkungen:

Den softwaretechnischen Grundstein des EneRAlp Berechnungsmodells legte:

Mag. Peter Kepplinger

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Illwerke Vkw Stiftungsprofessur für Energieeffizienz

FH Vorarlberg

Stand Oktober 2016

Inhaltsverzeichnis

1	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	4
2	EINLEITUNG	5
2.1	MODELLIERUNGSANSATZ	5
2.2	METHODIK UND INHALT DES TECHNISCHEN BERICHTS	6
3	SOFTWARE.....	8
3.1	TECHNISCHE UMSETZUNG	8
3.2	IMPLEMENTIERTER GESAMTPROZESS	8
3.3	SUBPROZESS DER DATENINTEGRATION	11
3.3.1	AGWR II	11
3.3.2	Naturbestand	15
3.3.3	Kaminkehrerdaten.....	15
3.3.4	Laserscan Oberflächen- und Geländemodell.....	16
3.3.5	Implementation Verbrauchsdaten	16
3.3.6	Implementation Zusatzinformation	19
3.3.7	Zentraler Speicherzugriff	20
3.3.8	Nachbesserungsmethode der AGWR- Verortungskordinaten	22
3.3.9	Zwei-Schritt Adresszuordnung.....	23
3.3.10	Erweiterungsmethode „District Grenzen“	26
3.4	SUBPROZESS KORREKTURVERFAHREN	27
3.4.1	Gebäudehöhe und Stockwerksanzahl ableiten.....	27
3.4.2	Gebäudewände ableiten	28
3.4.3	Bebaute Grundfläche.....	30
3.4.4	Gebäudebrennstoff anpassen	31
3.4.5	Heizsystem anpassen	31
3.4.6	Nachvollziehbarkeit der Korrekturmaßnahmen	31
3.5	SUBPROZESS DATENSPEICHERUNG	32
3.6	SUBPROZESS ENERGIEBEDARFSSCHÄTZUNG.....	33
3.6.1	Grundlagen für die Energiebedarfsschätzung	33

3.6.2	<i>Parametereigenschaften und Parametervariation</i>	33
3.6.3	<i>Energiekennzahlen</i>	35
3.6.4	<i>Ergebnisse der Energiebedarfsschätzung</i>	35
4	ENERGIEBEDARFSSCHÄTZUNG	36
4.1	RAHMENBEDINGUNGEN	36
4.1.1	<i>Berechnungsgrundlagen</i>	36
4.1.2	<i>Klimamodell</i>	36
4.1.3	<i>Nutzungsprofile</i>	36
4.1.4	<i>Einteilung der Nutzungsklassen zu den Nutzungsprofilen im Berechnungsmodell</i>	37
4.1.5	<i>Anwendungsbereich der Energiebedarfsschätzung</i>	38
4.1.6	<i>Gebäudekategorien und Gebäudesektoren</i>	38
4.1.7	<i>Flächenbezug des Berechnungsmodells</i>	40
4.1.8	<i>Brennstoff / Wärmebereitstellung Raumheizung und Warmwasserbereitstellung</i>	41
4.2	BERECHNUNG DER VERSCHIEDENEN ENERGIEKENNZAHLEN FÜR DIE BEDARFSSCHÄTZUNG	43
4.2.1	<i>Heizwärmebedarf (HWB) und Kühlbedarf (KB)</i>	43
4.2.2	<i>Warmwasser Wärmebedarf ÖNORM H5056 Kap. 4.5 (wwwb)</i>	49
4.2.3	<i>Verluste der Warmwasserbereitung (HTEB TW)</i>	49
4.2.4	<i>Verluste der Raumheizung (HTEB RH)</i>	54
4.2.5	<i>Hilfsenergie (HE) ÖNORM H5056 Kap. 12</i>	58
4.2.6	<i>Heizenergiebedarf für Trinkwasser ÖNORM H5056 Kapitel 5.2 (HEB TW)</i>	58
4.2.7	<i>Heizenergiebedarf für Raumheizung ÖNORM H5050 (HEB RH)</i>	58
4.2.8	<i>Beleuchtungsenergiebedarf, Haushalts- und Betriebsstrombedarf (SB)</i>	58
4.2.9	<i>Endenergiebedarf (EEB)</i>	58
4.2.10	<i>Primärenergiebedarf und Kohlendioxidemission (PEB, CO₂)</i>	59
5	VALIDIERUNG VOM BERECHNUNGSMODELL	61
6	ANHANG	63
6.1	WARMWASSERAUFBEREITUNGSKONFIGURATIONEN NACH ENERGieträGER	63
6.2	RAUMWÄRMEBEREITSTELLUNGSKONFIGURATIONEN NACH ENERGieträGER	70
6.3	VALIDIERUNGSERGEBNISSE NACH KONFIGURATIONSZUSAMMENSTELLUNGEN	76

6.3.1	Validierungsergebnisse entsprechend den Anlagenkonfigurationen aus dem Excel Tool.....	76
6.3.2	Validierungsergebnisse aus dem entwickelten Berechnungsprogramm.....	78
6.4	ANHANG BASIS POSTGIS DATENBANKTABELLEN.....	81
6.4.1	Tabelle Gebäude.....	81
6.4.2	Tabelle Nutzungseinheiten	81
6.4.3	Tabelle Energieausweis	82
6.4.4	Tabelle Energiekennzahlen nach Tabula	82
6.4.5	Tabelle Verbrauch öffentlicher Gebäude.....	83
6.4.6	Tabelle Verbrauch Gas	83
6.4.7	Tabelle Verbraucher Gas	83
6.4.8	Tabelle Verbrauch Strom.....	83
6.4.9	Tabelle Verbraucher Strom.....	83
6.4.10	Tabelle Förderdatenbank Biomasse (Untersuchungsregion Feldkirch).....	84
6.4.11	Tabelle Förderdatenbank Solar (Untersuchungsregion Feldkirch).....	84
6.4.12	Tabelle Förderdatenbank (Untersuchungsregion Feldkirch).....	84
6.5	ANHANG TABULA KENNZAHLEN.....	85
7	TABELLENVERZEICHNIS	90
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	92
9	LISTE DER NORMEN, RICHTLINIEN UND LEITFÄDEN	93

1 Abkürzungsverzeichnis¹

Tabelle 1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
C#	C-Sharp
AGWR II	Adress-,Gebäude- und Wohnungsregister
ZMR	Zentrales Melderegister
gdb	Geodatabase
Geo	Geografisch
ÖNORM	Österreichische Norm
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
EFH	Einfamilienhaus
MFH-K	Mehrfamilienhaus „Klein“
MFH-M	Mehrfamilienhaus „Mittel“
MFH-G	Mehrfamilienhaus „Groß“
MN	Mischnutzung
WN	Weitere Nutzung
GW	Gewerbe
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
IND	Industrie
ÖG	öffentliche Gebäude
HWB	Heizwärmebedarf
KB	Kühlbedarf
wwwb	Warmwasserwärmebedarf
HTEB TW	Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser
HTEB RH	Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung
HEB TW	Heizenergiebedarf Warmwasser
HEB RH	Heizenergiebedarf Raumheizung
HE	Hilfsenergie
HHSB	Haushalts- Betriebsstrombedarf
EEB	Endenergiebedarf
PEB	Primärenergiebedarf
CO ₂	Kohlendioxid
f_{Klima}	Klimabereinigungsfaktor

¹ Die Formelzeichen, Namen und Einheiten im Kapitel 4 Energiebedarfsschätzung können jeweils aus der verwiesenen Norm entnommen werden.

2 Einleitung

Auf regionaler und kommunaler Ebene gibt es Bestrebungen, energiestrategische Ziele in die Praxis umzusetzen. Zwei Beispiele dafür sind das Land Vorarlberg mit seinem Programm „Energieautonomie 2050“ und das Land Tirol mit der „Tirol 2050 energieautonom“. Das Forschungszentrum alpS GmbH beschäftigt sich mit den Themen Klimaschutz sowie Klimawandelanpassung im Alpenraum. Ein Projekt des Unternehmens ist das „EnergieRaum-Alpen“ (EneRAlp) welches in Kooperation mit Partnern aus der Wissenschaft, Wirtschaft und der öffentlichen Hand umgesetzt wird. Ziel dieses Projektes ist es, Energiesysteme auf kommunaler und regionaler Ebene zu analysieren und zu optimieren. Dies wird durch die Entwicklung, Standardisierung und Umsetzung von räumlichen Energieplanungskonzepten (Energienmasterplan) in Pilot-Gemeinden, Städten und Regionen erreicht.

Ein wichtiger Teil des Energieplanungskonzeptes ist die räumliche Energiebilanzierung. Die vorliegende Softwaredokumentation beschreibt die softwaretechnische Umsetzung (Softwareapplikation) der räumlichen Energiebilanzierung.

Aufbauend auf das „EneRAlp“ Projekt erfolgte im Rahmen der „SINFONIA“ (Smart INitiative of cities Fully cOmmitted to iNvest In Advanced large-scaled energy solutions) die Überarbeitung und Weiterentwicklung der Softwareapplikation für die räumliche Energiebilanzierung. Dabei ist der Ansatz speziell an die Datengrundlagen von Innsbruck bzw. Tirol angepasst worden. Die zwischenzeitlichen Normänderungen (Jahr 2014) in Bezug auf den Berechnungskern wurden ebenfalls nachgearbeitet. Anschließend an das SINFONIA Projekt wurde seitens der Stadt Innsbruck die Überarbeitung des Energieentwicklungsplans 2009 (IST-Zustandsanalyse) für das gesamte Stadtgebiet in Auftrag gegeben.

2.1 Modellierungsansatz

Zur Erstellung der räumlichen Energiebilanz wird auf einen GIS (Geoinformationssystem) basierenden Bottom-Up-Ansatz aufgebaut. Für die Ausgangsbasis werden alle energierelevanten Datengrundlagen (Geoinformations- und Sachdaten) verschiedener Partner (Land, Stadt, Wohnbauträger, Versorgungsunternehmen, ...) gesammelt, entsprechend dem Datenschutz (DSG 2000) mit dem EneRAlp Berechnungsmodell zusammengeführt und miteinander verknüpft. Aufbauend auf diese Datenbasis wird der Energiebedarf in Anlehnung an den österreichischen Energieausweis (ÖNORM EN ISO 13790 / ÖNORM 8110-6) für den Gebäudebereich berechnet. Aufgrund der Komplexität der Informationsvielfalt wurde ein standardisiertes Verfahren entwickelt, um qualitative und quantitative Ergebnisse zur Energiesituation für das Energieplanungskonzept zu erhalten. Die Darstellungsform kann dabei auf verschiedenen Betrachtungsebenen (Stadtgebiet, Rasterebene, Siedlungsebene, Gebäudeebene) durchgeführt werden.

2.2 Methodik und Inhalt des technischen Berichts

In einem ersten Schritt werden die definierten Grundlagedaten systematisch zusammengeführt und in Beziehung gesetzt. Anhand intelligenter Korrekturmaßnahmen werden die Daten bereinigt und angereichert. Aufbauend darauf wird eine Energiebedarfsschätzung in Anlehnung an die Berechnungsgrundlagen des österreichischen Energieausweises durchgeführt. Abschließend werden die zusammengeführten und die neu generierten Daten in eine PostGIS Datenbank abgelegt und stehen für eine Visualisierung oder einer weiteren Verarbeitung zur Verfügung. In der folgenden Abbildung 1 wird die Modellanwendung schematisch dargestellt.

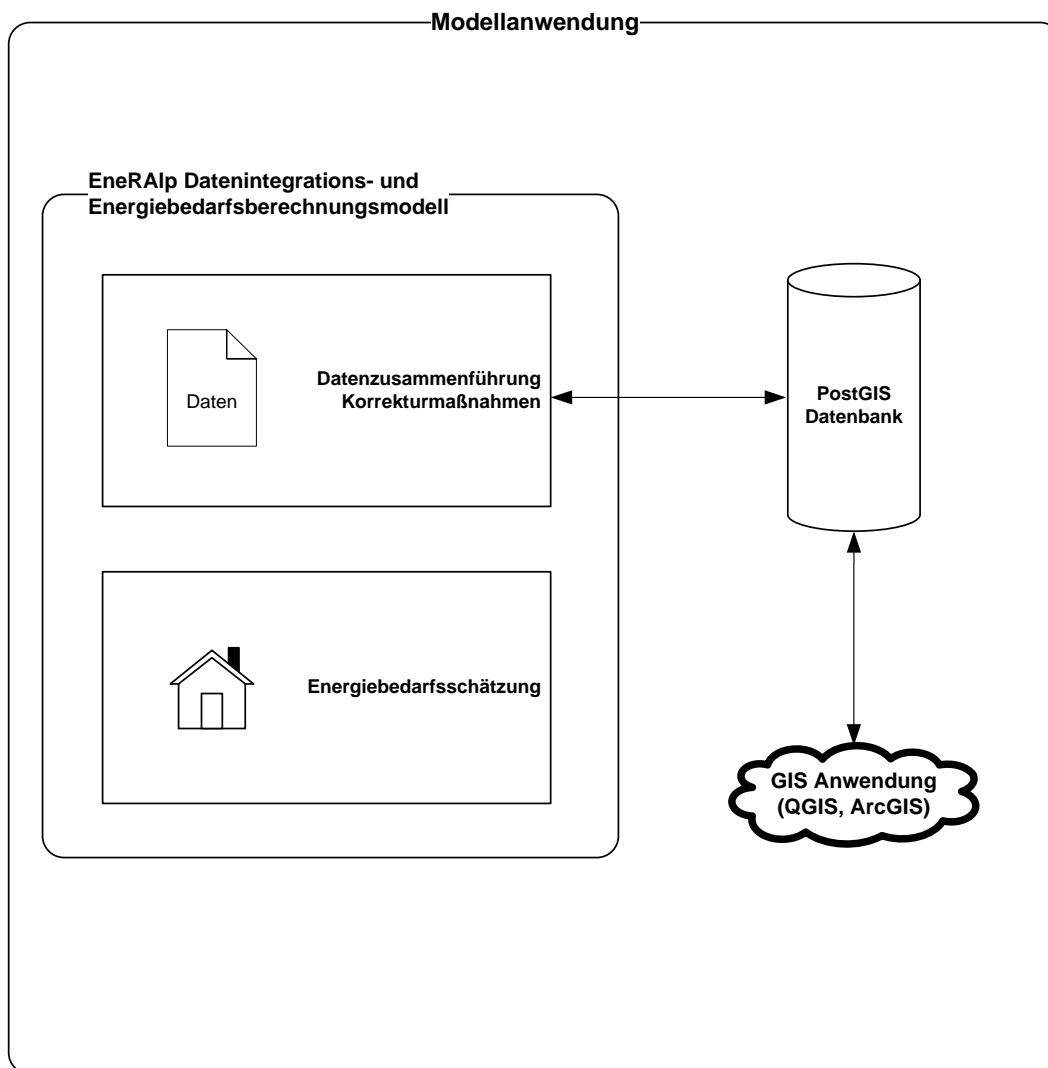


Abbildung 1 Modellanwendung²

Der Inhalt der vorliegenden Softwaredokumentation beschränkt sich auf die Kernprozesse des Datenintegrations- und Energiebedarfsberechnungsmodells. Auf die Weiterverarbeitung der abgelegten Daten in der Datenbank (PostGIS) wird in diesem Kontext nicht eingegangen. Hier ist auf

² eigene Darstellung

die Dissertation „Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich“³ zu verweisen.

Der Bericht beginnt mit dem Kapitel der softwaretechnischen Umsetzung, in dem die ausgewählten Datengrundlagen und die einzelnen umgesetzten Subprozesse beschrieben sind. Im Kapitel 4 wird die Umsetzung der Berechnungsgrundlagen der entwickelten Energiebedarfsschätzung behandelt. Abschließend wird auf die Validierung der Bedarfsschätzung eingegangen. Die Modellkalibrierungsmethodik (Kalibrierung mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten) und Verifizierung des EneRAIp Berechnungsmodells wird ebenfalls in der Dissertation „Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich“ behandelt.

³ Dominik Pfeifer, Universität Innsbruck 2016

3 Software

Ziel ist es, eine Anwendung zu implementieren, die basierend auf den Informationen mehrerer zur Verfügung stehender Datensätze zum Gebäudebestand im Untersuchungsgebiet eine Energiebedarfsschätzung der Gebäude erlaubt. Die zu integrierenden Datenquellen umfassen das allgemeine Adress-, Gebäude- und Wohnregister der Statistik Austria, standardisiert erfasste Kaminkehrerdaten (Vorarlberg), sowie Daten aus Laserscanbefliegungen und Naturbestandsvermessungen. Des Weiteren stehen in gewissen Untersuchungsregionen sowohl gerasterte Verbrauchsdaten (Strom oder Gas) als auch individuelle Zusatzinformation zur Verfügung.

Der implementierte Prozess soll die zur Verfügung stehenden Daten in Beziehung setzen und darauf basierend eine Energiebedarfsschätzung für jedes Gebäude durchführen. Die gewonnenen Resultate werden dann in standardisierter Form in einer Geo-Datenbank abgelegt.

3.1 Technische Umsetzung

Für die Implementierung wurde C# mit .Net gewählt. Grund dafür sind einerseits die ausgereiften Bibliotheken für Datenanbindung (MS Access via Odbc, bzw. JdbcOdbc, XMLParser, CsvParser,...), andererseits der kurze Entwicklungsaufwand. Ein objektorientierter Ansatz scheint naheliegend, um Raster-, Gebäude- und Nutzungseinheiten- Strukturen in relational-naher Form abzubilden.

Die eindeutige Verschneidung der Daten aus unterschiedlichen Datenquellen benötigt intelligente Bereinigungsstrategien. Hierzu scheint eine Implementierung in einer Programmiersprache ebenso geeignet als eine Umsetzung in einer Excel-Mappe. Diese wird aber bei steigender Komplexität fehleranfällig und ist schwer auf neue Projektregionen ohne großen Mehraufwand übertragbar.

Zuerst soll hier auf den gesamten durch die Software abgebildeten Prozess eingegangen werden, anschließend werden die einzelnen Prozessschritte im Detail beschrieben.

3.2 Implementierter Gesamtprozess

Der gesamte Prozess, den die Software abbildet, ist in Abbildung 2 dargestellt. Zuerst werden alle relevanten Daten eingelesen und verarbeitet, Objekte darauf basierend erstellt und angereichert. Anschließend werden auf Grund der Beziehungen der Daten zueinander (z.B. Laserscan-Gebäudehöhe und Stockwerksanzahl laut AGWR) Korrekturverfahren angewandt. Daraus resultiert die finale Implementierung des Gebäudes, das nun anstatt einer konkreten Implementierung, von nun an via Interface angesprochen wird (die verfügbaren Eigenschaften sind ab diesem Zeitpunkt read-only).

Im Weiteren wird basierend auf einer Datenbankvorlage (Template) eine neue PostGIS Datenbank erzeugt, die sowohl alle relevanten Daten für die Energiebedarfsberechnung, als auch die für

statistische Auswertung nötige Rasterung für Westösterreich enthält⁴. Anschließend werden die erfassten Gebäude-Daten in der Datenbank abgelegt.

In einem weiteren Schritt wird nun der Energiebedarf berechnet und die Ergebnisse ebenfalls in der Datenbank abgelegt.

Die zentrale Datenbankschnittstelle ist in Form einer Singleton Klasse implementiert, die alle Zugriffe (lesen und schreiben) auf die PostGIS Datenbank steuert.

Die einzelnen Schritte des Gesamtprozesses werden im folgenden Kapitel im Detail erläutert.

Objektmodell:

Gebäude und deren Nutzungseinheiten werden programmintern als Objekte der Klassen *Gebaeude* und *Nutzungseinheit* erzeugt. Diese Klassen sind die Schnittstellen zu den weiteren Klassen *IGebaeude* und *INutzungseinheit*, die alle jene Eigenschaften implementieren, die für die späteren Subprozesse des Programms wesentlich sind. In den Subprozessen „Datenintegration“ und „Korrekturverfahren“ werden die konkreten Implementierungen der Klassen *Gebaeude* und *Nutzungseinheiten* adaptiert und verwendet. In den folgenden Subprozessen „Datenspeicherung“ und „Energiebedarfsberechnung“ wird nur mehr auf die durch das Interface zugänglichen Eigenschaften zugegriffen, siehe Abbildung 2.

⁴ http://www.statistik.at/web_de/services/geodaten/index.html

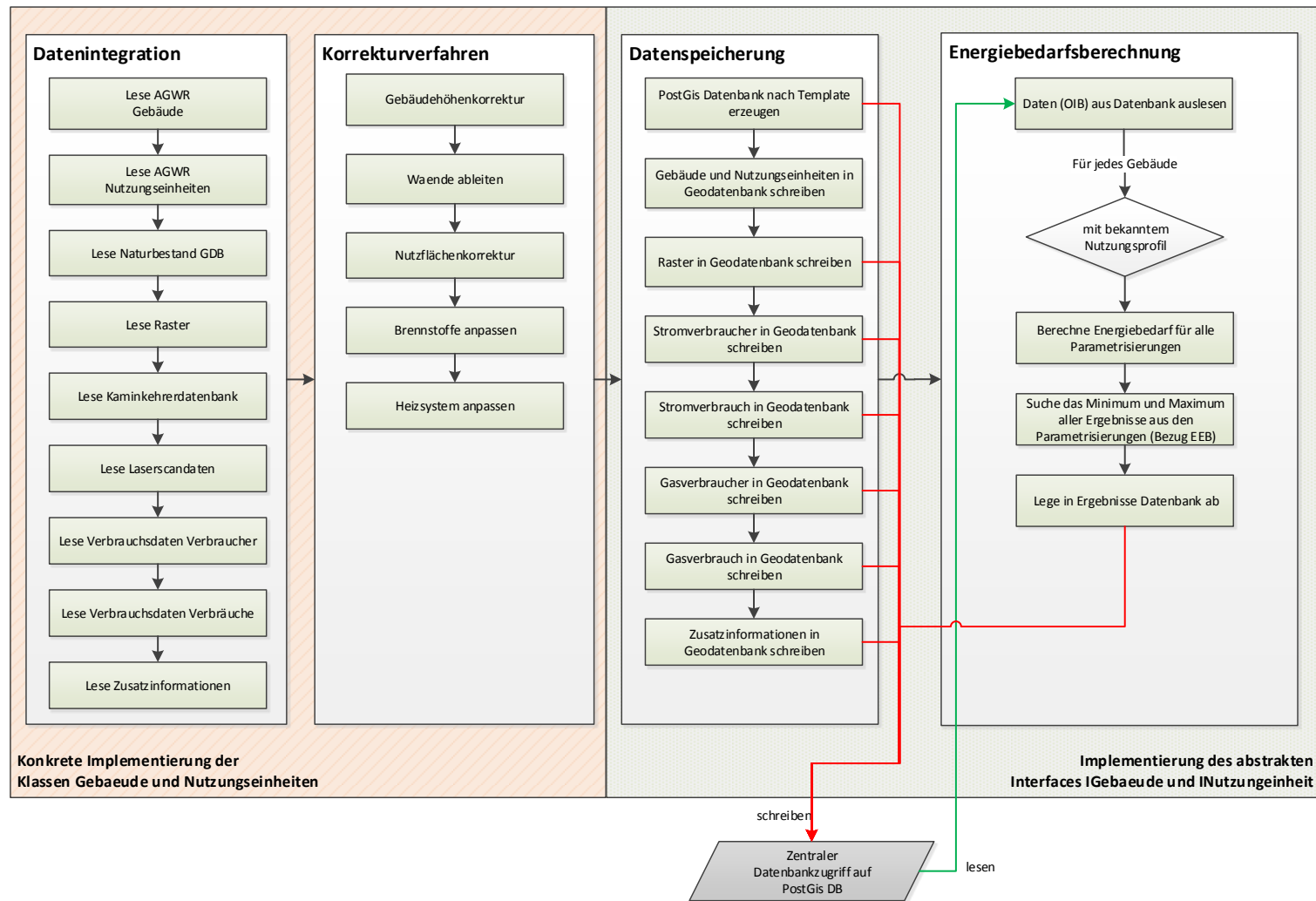


Abbildung 2 Gesamtprozess⁵

⁵ eigene Darstellung

3.3 Subprozess der Datenintegration

In Abbildung 2 wird der Ablauf der Datenintegration dargestellt. Auf die einzelnen Datenquellen wird gesondert eingegangen.

Die im Folgenden für die einzelnen Exporte aufgeführten Felder wurden für erste Berechnungen als relevant für die geplante Geodatenbank eingestuft und sollen in einem ersten Schritt automatisiert eingelesen und in Folge in einer relationalen Datenbank abgelegt werden.

3.3.1 AGWR II

Das Adress-Gebäude und Wohnungsregister der Statistik Austria bietet den Gemeinden als Nutzer vorgefertigte Exporte an, die von der Gemeinde abgerufen werden können⁶. Diese Exporte, systemintern „Verwaltungsberichte“ genannt, werden hier als Datensatz verwendet und von den untersuchten Gemeinden als Excel .xls Datei zur Verfügung gestellt. Die in diesem Abschnitt hinter Datensatzfeldern in Klammern angeführten Zahlen beziehen sich auf die Position als nullbasierter Index (Spaltennummer) innerhalb des Datensatzes.

Aus den Verwaltungsberichten (Gebäuden) werden die Einträge eingelesen. Für jeden Eintrag wird ein Objekt in der Klasse „*Gebaeude*“ erstellt. Weiters werden alle Gebäude im Verwaltungsbericht Bauvorhaben Gebäude inkludiert, die nicht bereits im Verwaltungsbericht Gebäude erfasst wurden und zusätzlich entweder als fertiggestellt markiert sind oder gemeldete Personen aufweisen. Aus den Verwaltungsberichten zu Nutzungseinheiten (xls-File) werden die Einträge eingelesen. Für jeden Eintrag wird ein Objekt in der Klasse „*Nutzungseinheit*“ erstellt. Diese Objekte werden bestehenden Objekten des Typs „*Gebaeude*“ zugeordnet.

3.3.1.1 AGWR II -Verwaltungsbericht Gebäude

Der Bericht soll als zentraler Datensatz genützt werden, da einerseits geographische Verortung, andererseits genaue Adressdaten zur Verfügung stehen. Anhand der GEO-Koordinaten als auch mit dem Adressbezug können weitere Daten wie z.B. der Naturbestand (GEO-Koordinaten) oder auch adressbezogene Daten wie z.B. Kaminkehrerdaten eingebunden werden. Folgende Felder werden aus dem Bericht ausgelesen:

⁶ http://www.statistik.at/web_de/services/adress_gwr_online/

Tabelle 2 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Gebäude"

1. GEO-Verortung:	z. Hausnr. 3 Buchstabe (97)
a. RW (22)	aa. Hausnr. Verbindg. (98)
b. HW (23)	bb. Hausnr. 4 Zahl (99)
2. Objektbezug:	cc. Hausnr. 4 Buchstabe (100)
a. Objektnummer (10)	4. Gebäudeeigenschaften:
3. Adressverortung:	a. Status Gebäude (13)
a. Gkz (0)	b. Status seit (14)
b. Gemeindename(1)	c. Gebäudeeigenschaft (26)
c. Okz (2)	d. Gebäudenutzung (27)
d. Ortschaftsname (3)	e. Bauperiode (28)
e. Plz (4)	f. Eigentümer (30)
f. Skz(6)	g. Gebäudefunktion (76)
g. Straßenname (7)	5. Flächen:
h. Adresscode (8)	a. Überbaute Grundfläche (34)
i. Adresssubcode (9)	b. Nettogrundfläche(35)
j. Gebäudeadresse (11)	c. Bruttogrundfläche (36)
k. KatGemKennz. (17)	d. bebaute Fläche (BEV) (37)
l. KatGem Name (18)	e. oberirdische Geschoße (38)
m. BaugrundKennz. (19)	f. unterirdische Geschoße (39)
n. Gnr1 (20)	6. Beheizung:
o. Gnr2 (21)	a. Wärmebereitstellung RH zentral (67)
p. Adressart (87)	b. Wärmebereitstellung WW zentral (73)
q. Straßennamenzusatz (88)	c. Wärmebereitstellungssystem RH (68)
r. Hausnr. Text (89)	d. Art des Brennstoffs RH (70)
s. Hausnr. 1 Zahl (90)	e. Art der Warmwasseraufbereitung (74)
t. Hausnr. 1 Buchstabe (91)	7. Meldedaten:
u. Hausnr. Verbindg. (92)	a. Hauptwohnsitze (31)
v. Hausnr. 2 Zahl (93)	b. Nebenwohnsitze (32)
w. Hausnr. 2 Buchstabe (94)	
x. Hausnr – Adressverbindung (95)	
y. Hausnr. 3 Zahl (96)	

Die Geo-Verortung aus dem Verwaltungsbericht ist wesentlich, um auf Geo-Daten basierende Datenquellen einzubinden. Objektbezug ist AGWR-intern mit der Objektnummer eindeutig. Die Flächen werden anhand der Korrekturverfahren mit dem Naturbestand abgeglichen. Gebäudeeigenschaften geben Aufschluss auf Nutzung und Bausubstanz.

3.3.1.2 AGWR II - Verwaltungsbericht Nutzungseinheit

Mit dem Verwaltungsbericht „Nutzungseinheiten“ soll auf Nutzungseinheit geschlossen werden. Der Bezug zum Gebäude ist eindeutig durch die Objektnummer gegeben.

Tabelle 3 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht „Nutzungseinheiten“

1. Objektbezug:	3. Nutzungsart:
a. Objektnummer (10)	a. Nutzungsart (24)
b. Laufnummer (13)	b. Gesamte Nutzfläche (25)
2. Adressverortung:	c. Anzahl der Räume (26)
a. Nutzungseinheitsadresse (12)	d. Anzahl der Geschoße (27)
b. Nutzungseinheiten Status (14)	4. Energieversorgung
c. Art der Nutzungseinheitsadresse (18)	a. Energiekennzahl (38)
d. Türnummer (19)	b. Wärmebereitstellung (39)
e. Topnummer (20)	c. Art des Brennstoffs (40)
f. Lage (21)	d. Warmwasseraufbereitung (43)
g. Stock (22)	5. Meldedaten
	a. Hauptwohnsitze (16)
	b. Nebenwohnsitze (17)

Die Adressverortung aus dem Verwaltungsbericht „Gebäude“ erlaubt die Adressierungen nicht nur auf der Gebäudeebene, sondern die Adressierung kann der Nutzungseinheit zugewiesen werden. Aus den Energieversorgungsfeldern können in einzelnen Fällen weitere Informationen über die Energieträgerverteilungen herangezogen werden.

3.3.1.3 AGWR II – Verwaltungsberichte Bauvorhaben

Die beiden Verwaltungsberichte, welche die Bauvorhaben enthalten, sind „Verwaltungsbericht Bauvorhaben Gebäude“ und „Verwaltungsbericht Bauvorhaben Nutzungseinheiten“. Im den „Verwaltungsberichten Bauvorhaben“ werden alle neu gebauten Gebäude bzw. Nutzungseinheiten geführt. Die fertiggestellten Bauvorhaben der Gebäude bzw. Nutzungseinheiten werden, um den Bestand abzubilden, mit aufgenommen. Die ausgewählten Felder sind ident mit jenen Feldern vom „Verwaltungsbericht Gebäude“ (Kapitel 3.3.1.1), hingegen wird ein zusätzliches Feld „Baumaßnahme“ geführt, das erlaubt, nach der Ausprägung „Fertigstellung“ zu filtern.

Tabelle 4 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Bauvorhaben Gebäude"

1. GEO-Verortung:	p. Hausnr. 3 Zahl (119)
a. RW (43)	q. Hausnr. 3 Buchstabe (120)
b. HW (44)	r. Hausnr. Verbindg. (121)
2. Objektbezug:	s. Hausnr. 4 Zahl (122)
a. Objektnummer (10)	t. Hausnr. 4 Buchstabe (123)
3. Adressverortung:	4. Gebäudeeigenschaften:
a. Gkz (0)	a. Status Gebäude (33)
b. Gemeindename(1)	b. Status seit (34)
a. Okz (2)	c. Gebäudeeigenschaft (47)
b. Ortschaftsname (3)	d. Gebäudenutzung (48)
c. Plz (4)	e. Bauperiode (49)
d. Skz(6)	f. Eigentümer (52)
c. Straßenname (7)	g. Gebäudefunktion (99)
d. Adresscode (8)	5. Flächen:
e. Adresssubcode (9)	a. Überbaute Grundfläche (57)
f. Gebäudeadresse (11)	b. Nettogrundfläche(58)
e. KatGemKennz. (37)	c. Bruttogrundfläche (59)
f. KatGemName (38)	d. bebaute Fläche (BEV) (60)
g. BaugrundKennz. (39)	e. oberirdische Geschoße (61)
h. Gnr1 (40)	f. unterirdische Geschoß (62)
i. Gnr2 (41)	6. Beheizung:
g. Adressart (110)	a. Wärmebereitstellung RH zentral (90)
h. Straßennamenzusatz (111)	b. Wärmebereitstellung WW zentral (96)
i. Hausnr. Text (112)	c. Wärmebereitstellungssystem RH (91)
j. Hausnr. 1 Zahl (113)	d. Art des Brennstoffs RH (93)
k. Hausnr. 1 Buchstabe (114)	e. Art der Warmwasseraufbereitung (76)
l. Hausnr. Verbindg. (115)	c.
m. Hausnr. 2 Zahl (116)	7. Meldedaten:
n. Hausnr. 2 Buchstabe (117)	c. Hauptwohnsitze (54)
o. Hausnr. – Adressverbindung (118)	d. Nebenwohnsitze (55)

Ziel ist die im System erfassten AGWR-Gebäudedaten aus dem Verwaltungsbericht „Gebäude“ und „Nutzungseinheiten“ mit den Daten aus dem Verwaltungsbericht „Bauvorhaben“ zu ergänzen. Ebenso müssen demnach die Nutzungseinheiten angepasst werden. Hier dienen dieselben Spalten als Datengrundlage:

Tabelle 5 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Bauvorhaben Nutzungseinheiten"

1. Objektbezug:	3. Nutzungsart:
a. Objektnummer (10)	a. Nutzungsart (43)
b. Laufnummer (11)	b. Gesamte Nutzfläche (44)
2. Adressverortung:	c. Anzahl der Räume (45)
a. Nutzungseinheitsadresse (12)	d. Anzahl der Geschoße (46)
b. Nutzungseinheiten Status (33)	4. Energieversorgung
c. Art der Nutzungseinheitsadresse (37)	a. Energiekennzahl (57)
d. Türnummer (38)	b. Wärmebereitstellung (58)
e. Topnummer (39)	c. Art des Brennstoffs (59)
f. Lage (40)	d. Warmwasseraufbereitung (62)
g. Stock (41)	6. Meldedaten
	a. Hauptwohnsitze (35)
	b. Nebenwohnsitze (36)

3.3.2 Naturbestand

Grundsätzlich soll der Naturbestand dazu dienen, Wandorientierungen und -länge für das Gebäude zu bestimmen. Um Fehler bezüglich der Nutzfläche nach dem AGWR zu verbessern, werden die vermessenen Flächen⁷ nach dem Naturbestand verwendet. Deshalb werden die im Naturbestand erfassten Gebäude auf die im AGWR enthaltenen abgestimmt und dem im AGWR erfassten Gebäude ein Naturbestandsobjekt zugeordnet. Dazu bieten sich die folgenden zwei Vorgehensweisen an. Entweder man verwendet die im AGWR erfasste Verortung (RW, HW), oder die Zuweisung erfolgt über die Adresse, die im Naturbestand ebenfalls erfasst ist.

Probleme können im ersten Fall durch die fehlerbehafteten Daten im AGWR entstehen, z.B. durch nicht einheitliche Zuordnungsvorschriften (Die Koordinaten sollten standardisiert auf den Gebäudeeingang zeigen, das ist erfahrungsgemäß aber nicht durchwegs so).

Tabelle 6 Verwendete Felder aus der Naturbestandsdatenbank

1. Adressverortung:	2. Shape:
a. Adresse	a. SHAPE_Area
b. Gemeindename	b. SHAPE

Mittels der ArcGis FileGeoDatabase API werden aus dem Datenbankexport im .gdb Format die in 3.3.2 beschriebenen Felder ausgelesen. Anhand der Adresse werden diese bisher erfassten Gebäude (Instanzen der „Gebaeude“ Klasse) zugewiesen. Um die möglicherweise abweichenden Adressen zuzuweisen, wird das vorgeschlagene 2-Schritt-Verfahren verwendet.

3.3.3 Kaminkehrerdaten

Die Kaminkehrerdatenbank⁸ stellt eine Datenquelle dar, um sowohl den verwendeten Brennstoff, sowie die installierten Brenner zu erfassen. Es ist davon auszugehen, dass dieser Datensatz einen aktuelleren Stand als der AGWR darstellt, da dieser jährlich von den Kaminkehrern gepflegt werden muss.

Mittels Adressbezugsdaten sollen diese Daten miteinbezogen werden. Problematisch kann hier die eindeutige Zuweisung werden, da die Adressen nicht dem Standard des ZMR (und damit des AGWR) entsprechen.

⁷ Im Fall vom Vorarlberger Naturbestand

⁸ Der als Kaminkehrerdatenbank bezeichnete Datensatz ist eine im Land Vorarlberg von den Kaminkehrern zu führende Datenbank, die Informationen zu den installierten Kesseln und Brennern erfassen soll. In Tirol gibt es keine zentral geführte Datenbank und wird daher in das EneRALp Berechnungsmodell nicht eingebunden.

Tabelle 7 Verwendete Felder aus der Kaminkehrerdatenbank

1. Adressbezug:	2. Anlagendaten:
a. Straße	a. Brennstoff
b. Hausnummer	b. Leistung
c. Gemeindename	

Aus dem xls-file werden die Einträge ausgelesen. Um die unsauberen Adressen zuzuweisen, wird das 2-Schritt-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.8) verwendet. Für zuordenbare Adressen werden die erfassten Gebäude angereichert.

3.3.4 Laserscan Oberflächen- und Geländemodell

Für die Untersuchungsräume stehen dem Projekt sowohl ein Oberflächenmodell als auch ein Geländemodell, berechnet aus Laserscanbefliegungen, zur Verfügung. Diese Datengrundlage soll zur Bestimmung der Seehöhe des untersuchten Gebäudes und dessen Gebäudehöhe dienen.

Die Daten stehen in Form von Rasterdaten im .img-Format zur Verfügung. Durch Vergleich von Höhen und Geländemodell im definierten Bereich (Naturbestand) kann die Gebäudehöhe ermittelt (siehe Kapitel 3.4.1) werden. Die Seehöhe dieses Bereichs kann aus dem Geländemodell abgeleitet werden. Es besteht die Möglichkeit, dass im Datensatz des Geländemodells sogenannte „Löcher“ vorkommen können. Die genannten Löcher sind meistens Datenfehler und wirken sich als negative Seehöhen aus. Für diese Fälle wird die Seehöhe des Gebäudes auf null gesetzt.

3.3.5 Implementation Verbrauchsdaten

Zu den standardisierten Datensätzen gibt es die Möglichkeit, Verbrauchsdaten gerastert mit den Gebäuden zu verknüpfen. Anhand der definierten Datenstruktur (Kapitel 3.3.5.2) und mit Hilfe der Zwei-Schritt Adresszuordnung (Kapitel 3.3.8) werden die aggregierten Verbrauchsdaten (Strom oder Gas) mit den Gebäudeobjekten in Bezug gebracht. Anhand der Zuordnung können Abschätzungen der Genauigkeit vom Berechnungsmodell getroffen werden.

3.3.5.1 Datenschutzbestimmung Verbrauchsdaten Vorarlberg

Verbrauchsdaten werden nur dann an dem Raster angegeben, wenn in einer Rasterzelle die Verbräuche von 8 oder mehr Adressen bzw. Hausanschlüssen zusammengefasst werden. Zu Rasterzellen mit weniger als 8 Abnehmeradressen bzw. Hausanschlüssen werden keinerlei Verbrauchsinformationen angegeben.

3.3.5.2 Datenstruktur der gerasterten Verbrauchsdaten

Im folgenden Abschnitt wird auf die Spezifikation der Datenstruktur der zu übergebenden gerasterten Verbrauchsdaten im Rahmen des alpS Projekts EneRAIp beschrieben.

Rasterung:

Die Verbrauchsdaten werden aus Datenschutzgründen gerastert der Datenintegration übergeben. Als Grundlage der Rasterung der Verbrauchsdaten dient der Raster der Statistik Austria. Diese Rasterung, „ETRS-LAEA - 100M – Westteil“, ist über die Webseite der Statistik Austria⁹ frei zugänglich:

„Für Österreich bietet die STATISTIK AUSTRIA den europaweiten Raster auf Basis der flächentreuen Lambert Azimutal-Projektion (ETRS-LAEA-Raster) gemäß der EU-Richtlinie INSPIRE an. Dieser Raster beruht, wie in den Datenspezifikationen der EU-Richtlinie INSPIRE zu den Gittersystemen angegeben, auf der flächentreuen Lambert Azimutal-Projektion (Lambert Azimutal Equal Area Projection). Der ETRS-LAEA-Raster wird ausgehend von dem Punkt 10°E 52°N parallel zum Längengrad 10°E und parallel zum Breitengrad 52°N aufgezogen.“

Der Raster liegt im ESRI Shapefile-Format vor. Die Sachdaten enthalten das Attribut „I0001000“ vom Typ varchar(16) als Primärschlüssel, das als gemeinsamer eindeutiger Schlüssel zur Übergabe verwendet werden könnte.

3.3.5.3 Inhalt und Struktur der zu übergebenden Daten

Der Datensatz der Verbrauchsdaten umfasst folgenden Inhalt:

- Rasterbezug (über I0001000 Schlüssel des Statistik Austria Westrasters)
- Liste der im Rasterfeld aktiven Zähleradressen für jedes übermittelte Jahr
- Verbrauchsdaten (Strom und Gas) in kWh pro Jahr der letzten drei Jahre

Datenstruktur:

Die Datenstruktur der Verbrauchsdaten wird aus einer Kombination zweier .csv-Dateien gebildet, um Verbräuche und zugehörige Verbraucher zu erfassen. In der folgenden Abbildung 3 wird die relationale Struktur abgebildet.

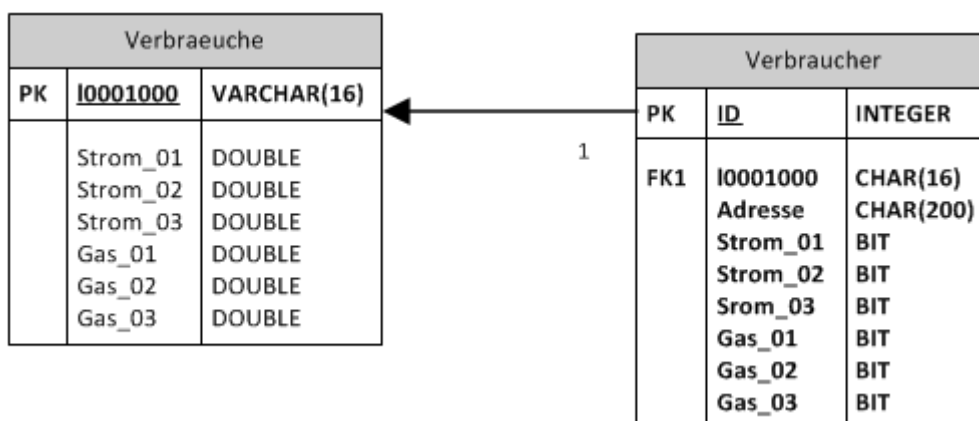


Abbildung 3 Datenstruktur rasterbezogene Verbrauchsdaten

⁹ http://www.statistik.at/web_de/services/geodaten/index.html

3.3.5.4 Beschreibung der Tabellen für die Verbrauchsdaten

Ad Tabelle Verbräuche:

Aus Datenschutzgründen (Mindestanzahl an Verbrauchern pro Rasterfeld) kann es dazu kommen, dass kein oder nur für ein oder zwei der drei betrachteten Jahre ein Verbrauch angegeben werden kann, sowie nur für Strom oder Gas. Daher sollte der Default Wert für die Verbräuche (Verbraeuche.Strom_01, Verbraeuche.Strom_02,...) für ein gegebenes Rasterfeld, um diesen Fall widerzuspiegeln, deutlich von einem Nullverbrauch unterschieden werden (z.B. Default=-1).

Ad Tabelle Verbraucher:

Die Tabelle der Verbraucher listet alle Adressen in einem Rasterfeld, die als Standorte in die Summierung der Verbräuche pro Rasterfeld eingeflossen sind. Die BOOLEAN (BIT) Felder erlauben diese Zuordnung für alle Jahre und Energieträger getrennt aufzuschlüsseln, da der Verbrauch eines einzelnen Verbrauchers nur in einem Teil der Verbrauchssummen erfasst sein kann. Diese Felder (Verbraucher.Strom_01, ...) stellen also dar, ob der Verbrauch des Verbrauchers in die Summierung eingeflossen ist (=1) oder nicht (=0). Die Verbraucher dürfen nur angegeben werden, sofern der Gesamtverbrauch im Rasterfeld nach Datenschutzbestimmungen übergeben werden darf.

3.3.6 Implementation Zusatzinformation

Aufgrund der Vielzahl an zusätzlichen Datenquellen, die in den unterschiedlichen Vorarlberger Untersuchungsregionen zur Verfügung stehen, wurde eine universale Einbindung für solche Fälle durchgeführt. Die Daten werden im Excel .xls Format eingelesen, und anhand der Zwei-Schritt Adresszuordnung (siehe Kapitel 3.3.8) mit den Gebäudeobjektnummern verknüpft und in eigenen Tabellen in der Datenbank abgespeichert. Diese Sonderanwendung wird für folgende Zusatzinformationen (siehe Tabelle 8) in den Untersuchungsregionen angewendet:

Tabelle 8 Zusatzinformationen

Datensatz	Quelle
Verbrauch öffentlicher Gebäude	EBO ¹⁰ , Energiebericht Landesgebäude Vorarlberg
Förderdatenbank (Bio, Solar, WP)	Land Vorarlberg
Energieausweisdatenbank	Land Vorarlberg / Energieinstitut Vorarlberg / NHT ¹¹ / IIG ¹²
Photovoltaikanlagen	Stadtwerke Feldkirch
Wärmepumpenanlagen	Stadtwerke Feldkirch
Gewerbedaten ÖNACE	KSV Kreditschutzverband
Gewerbe / Industriedaten EMIKAT ¹³	Land Tirol

Eine detaillierte Auflistung der verwendeten und gespeicherten Attribute können aus der Tabelle Dokumentation aus dem Anhang 6.4 entnommen werden. Diese Zusatzinformationen werden nicht von dem Energiebedarfsberechnungsmodell herangezogen, sie dienen lediglich für eine weitere Verarbeitung in der Datenbank.

¹⁰ EBO.....Energiebuchhaltungsprogramm des Energieinstituts Vorarlberg

¹¹ Neue Heimat Tirol

¹² Innsbrucker Immobiliengesellschaft

¹³ Emissionskataster Tirol

3.3.7 Zentraler Speicherzugriff

Die erzeugten Gebäude werden in referenzierter Form (Dictionary <int, Gebäude>, die AGWR-Gebäudeobjektnummer entspricht dem Schlüssel) verwaltet und in den einzelnen Schritten referenziert übergeben. In der folgenden Abbildung 4 und Abbildung 5 werden die obligaten und die optionalen Schritte der Datenintegration dargestellt.

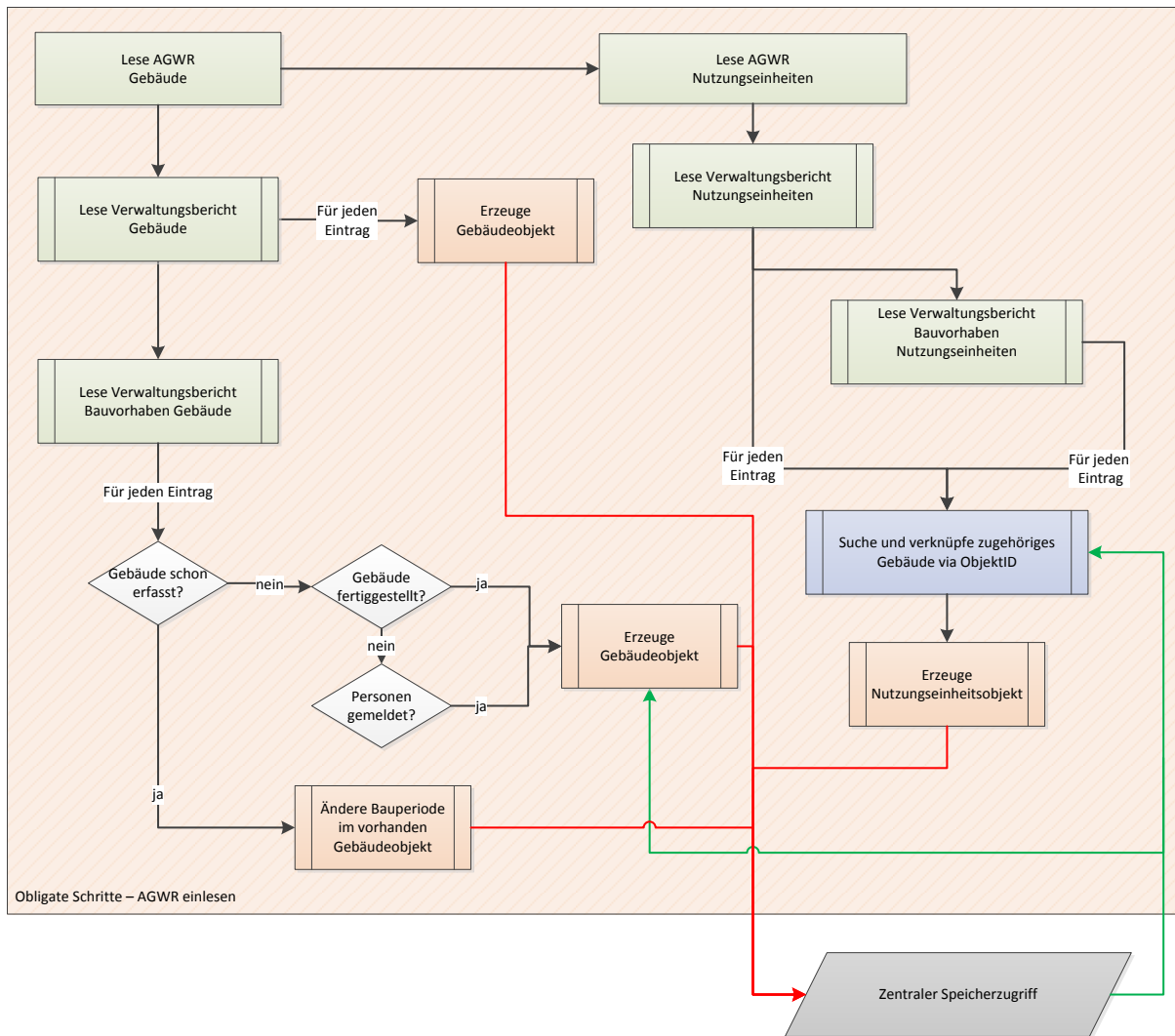


Abbildung 4 Obligate Schritte Datenintegration¹⁴

¹⁴ eigene Darstellung

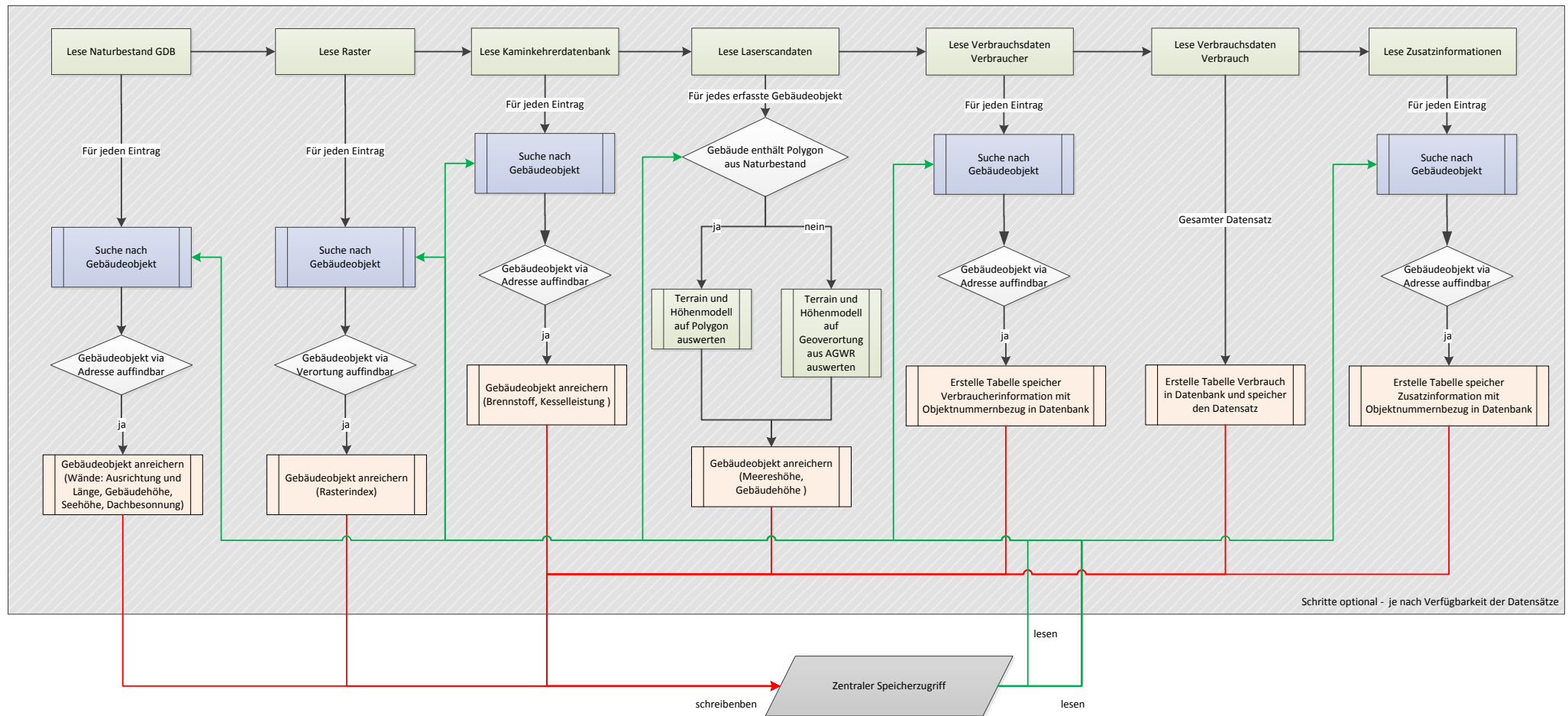


Abbildung 5 Optionale Schritte der Datenintegration¹⁵

¹⁵ eigene Darstellung

3.3.8 Nachbesserungsmethode der AGWR- Verortungskordinaten

In Tirol werden alle Adressen hoheitlich von den Gemeinden als eigener Datensatz verwaltet und dem Land Tirol zur Verfügung gestellt¹⁶. Dieser Datensatz beinhaltet die Adressinformation und die Punktkoordinaten der Gebäude und wird als GIS Layer bis auf Innsbruck für den gesamten Raum Tirol¹⁷ zur Verfügung gestellt.

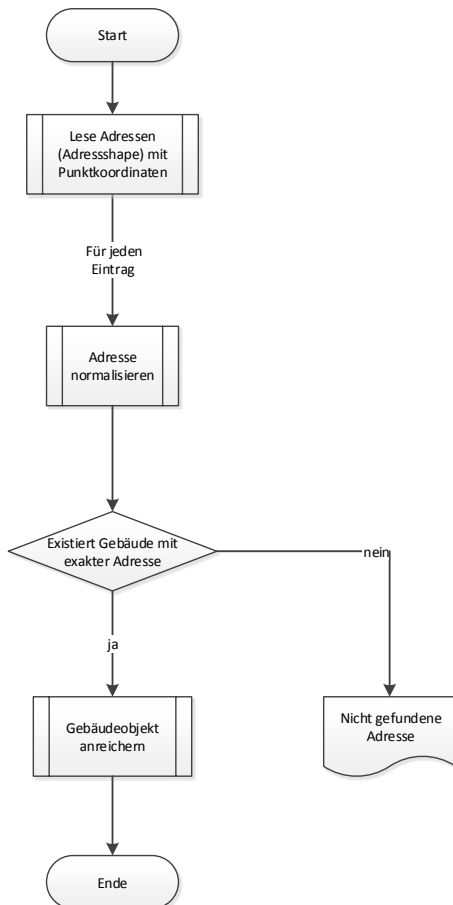


Abbildung 6 Nachbesserungsmethode

Die Punktkoordinaten des genannten Datensatzes werden meistens im Schwerpunkt vom Polygon (Gebäudegrundriss) verortet. Im Vergleich dazu werden die Adressenpunkte im AGWR (Statistik Austria) über dem Hauseingang platziert. Vergleicht man die Datensätze (Adressdatensatz Tirol, AGWR) wird ersichtlich, dass der Adressdatensatz vom Land Tirol (bzw. der Kommunen) eine tendenziell homogenere Koordinatenzuteilung aufweist. Infolgedessen wurde eine Nachbesserungsmethode der AGWR Verortungskordinaten entwickelt. Dabei wird der Adresspunktdatensatz als Shape (.shp) eingelesen und mit der AGWR Adressen (1 Schritt der „Zwei- Schritt Adresszuordnung“ Kapitel 3.3.9) verknüpft. Kann die AGWR Adresse mit der Adresse vom Adresspunktdatensatz nach der Adressnormalisierung direkt verknüpft werden („direkt match“), wird die Adresspunktverortung vom AGWR durch die Adresspunktverortung vom Adressdatensatz Land Tirol ersetzt. Bei der Nachbesserungsmethode ist zu beachten, dass die Information, wo sich der Hauseingang befindet, verloren geht. Der Ablauf der Nachbesserungsmethode kann aus der Abbildung 6 entnommen werden.

¹⁶ <https://www.tirol.gv.at/data/datenkatalog/geographie-und-planung/adressen-tirol/> 19.03.2015

¹⁷ In Vorarlberg werden die Adressinformationen vom Naturbestand direkt mit dem AGWR abgeglichen.

3.3.9 Zwei-Schritt Adresszuordnung

Der AGWR dient durch seine saubere Adressdatenlage (durch das synchrone ZMR) als Referenzadressdatensatz. Werden andere Daten via Adresse zugeordnet, wird dieses 2-Schritt-Verfahren angewendet, so zum Beispiel im Falle der Kaminkehrerdatenbank.

Zuerst werden die beteiligten Adressen normalisiert: hier wird alles auf Kleinbuchstaben umgelegt, Umlaute und „ß“ ersetzt, Sonderzeichen und Leerzeichen entfernt, typische Zeichenketten wie Gasse, Straße, Platz auf Standards ersetzt. Anschließend wird in einem ersten Durchlauf nach einem „Treffer“ im Bestand gesucht. Alle so zuordenbaren Adressen werden auf diese Art abgearbeitet.

Fallbeschreibung doppelte Adressen bei mehreren Objektnummern:

Bei mehrfach gleich genannten Adressen wird die erste mit geeigneter Nutzung (z.B. Wohnnutzung) beim Adressuplook verwendet. Falls eine eindeutige Adresse im Datensatz besteht, wird dies als Einzeladresse „true“ ausgewiesen.

Alle Gebäudepolygone des Naturbestandes, die nach dem ersten Schritt der Adresszuordnung zugeteilt wurden, werden in der Datenbank gesondert in der Tabelle „gebaeude“ und Spalte „direkteradressmatch“ als „TRUE“ ausgewiesen.

Die nicht in diesem ersten Schritt zuordenbaren Adressen werden in einem zweiten Schritt nochmals mit dem Gebäudeadressbestand verglichen. Hierzu wird für jedes Paar, bestehende AGWR Gebäudeadresse und nicht zuordenbare Adresse, der Levensthein-Abstand berechnet. Dieser dient als Maß der Ähnlichkeit der beiden Zeichenketten. Liegt der minimale Levensthein-Abstand unter einem festgesetzten Grenzwert (0,2), wird eben das Gebäude, für das der minimale Levensthein-Abstand gefunden wurde, für die Zuordnung verwendet.

Im Falle des Naturbestands werden anstelle des nächsten Nachbarn nach der Levensthein-Distanz zwei unterschiedliche Verfahren für die Region Vorarlberg und Tirol angewendet. Grund dafür sind die unterschiedlichen Datengrundlagen in den Untersuchungsregionen. In Vorarlberg wird die Adresszuordnung im zweiten Schritt anhand der euklidischen Distanz zwischen Naturbestandspolygonmittelpunkt und AGWR-Verortung durchgeführt.

Hingegen wird in Tirol die Adresszuordnung anhand der AGWR Verortung im Polygon umgesetzt. Befindet sich die AGWR Verortung im Polygon des Naturbestandes wird die Adresse zugeteilt. Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass die Punkte, die in einem Polygon liegen, richtig zugeteilt wurden. Punkte, die außerhalb vom Polygon liegen und im 1. Schritt nicht zugeteilt wurden, werden bei der Zuordnung nicht berücksichtigt. Es besteht allerdings auch der Fall, dass mehrere Adressen pro Polygon zugeteilt werden. Dafür wurde eine weitere Sondermethode für die Untersuchungsregionen Tirol im Kapitel 3.3.9.1 entwickelt. In den folgenden Abbildungen werden die unterschiedlichen „Zwei- Schritt Adresszuordnungen“ dargestellt.

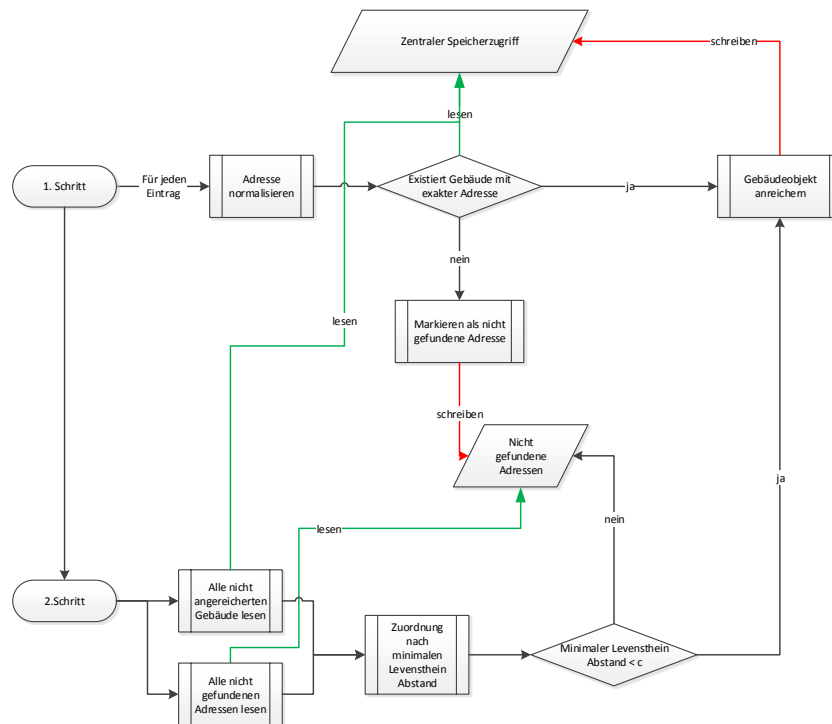


Abbildung 7 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung im Fall Kaminkehrerdatenbank & Zusatzinformationen¹⁸

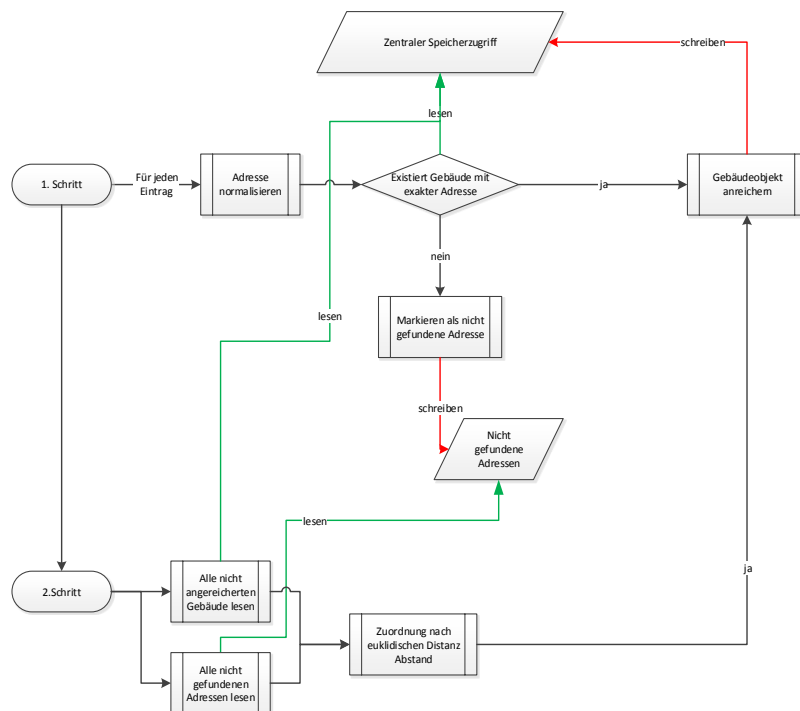


Abbildung 8 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung Naturbestand Vorarlberg¹⁹

¹⁸ eigene Darstellung

¹⁹ „ „

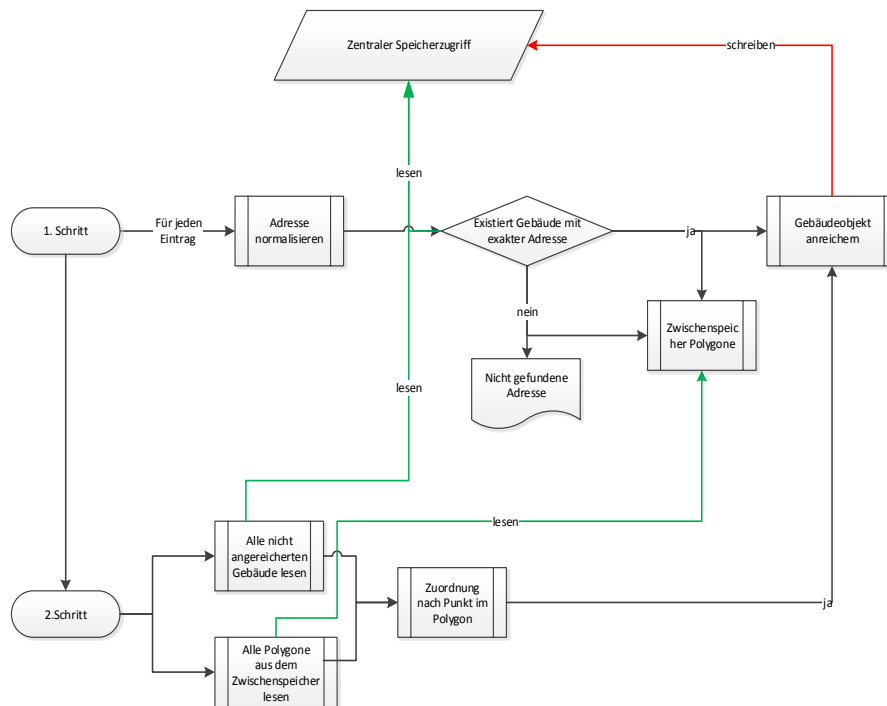


Abbildung 9 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung Naturbestand Tirol

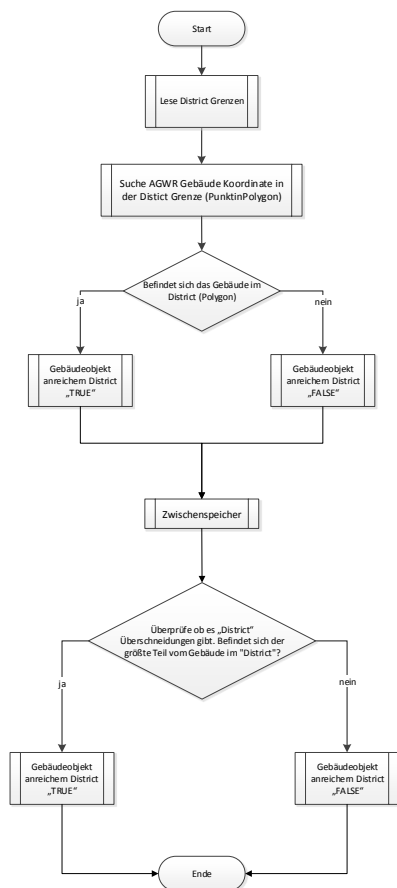
3.3.9.1 Sondermethode zur Bestimmung des Gebäudeanteils vom Gebäudeumriss (Polygon) / (Untersuchungsregion Tirol)

Besteht der Fall, dass das Polygon (Gebäudegrundriss) zwei oder mehrere Adresspunkte beinhaltet, so wird jeweils der Flächenanteil der Adresse berechnet. Dafür werden sämtliche Nutzflächen der Nutzungseinheiten aller Adresspunkte in dem jeweiligen Polygon aufsummiert. Die Gesamtsumme der Nutzflächen je Adresspunkt wird anschließend mit der Gesamtsumme der Nutzfläche vom Polygon in Beziehung gesetzt. Der berechnete Anteil der Adresse am Polygon wird bei der Transmissionsleitwertberechnung im Kapitel 4.2.1.2 berücksichtigt.

3.3.10 Erweiterungsmethode „District Grenzen“

Mithilfe der „District“ Methode kann ein vordefinierter Stadtteil oder Gemeindegebiet eingelesen und als Bilanzierungsgrenze definiert werden. Damit besteht die Flexibilität, einzelne Siedlungen, Zählsprengel oder frei definierbare Teile in der Pilotregion zu untersuchen.

Das Teilgebiet („District“) ist in einer GIS Software (z.B.: QGIS, ArcGIS) zu definieren und als ESRI Shapefile abzuspeichern. In der Erweiterungsmethode wird das File eingelesen und weiterverarbeitet.



Befindet sich die Punktkoordinate des Gebäudes innerhalb des Teilgebiets („District“), so wird das Gebäudeobjekt mit „True“ angereichert. Tritt der Sonderfall auf, dass es mehrere Adresspunkte pro Polygon (Gebäudeumriss) gibt und davon ein oder mehrere Adresspunkte vom Polygon sich außerhalb vom „District“ befinden, so wird die Summe der Adressen, die sich im und außerhalb vom „District“ befinden, gebildet. Befinden sich mehr oder gleich viele Adressen im „District“ als außerhalb vom „District“, so werden die restlichen Adressenpunkte bzw. Gebäudeteile mit in den „District“ einbezogen. Im Gegensatz dazu, wenn mehr Adressen vom Polygon sich außerhalb vom „District“ befinden, wird das Gebäude im „District“ nicht berücksichtigt. Die Information, ob sich ein Gebäude im „District“ befindet, wird zu einem späteren Zeitpunkt in der Datenbanktabelle „gebaeude.gebaeude“ und Spalte „district“ für jedes Gebäude abgelegt. Der Prozess wird im Ablaufschema dargestellt.

Abbildung 10 „District“ Methode

3.4 Subprozess Korrekturverfahren

Um den Mehrwert der Datenlage durch zum AGWR zusätzlich eingeleseene Datensätze zu nützen, werden einige Korrektur- und Abgleichs-Methoden implementiert, die hier kurz vorgestellt werden.

3.4.1 Gebäudehöhe und Stockwerksanzahl ableiten

Falls aus den Laserscandaten die Gebäudehöhe verfügbar ist, d.h. der gerundete durchschnittliche Abstand des Gelände- und Oberflächenmodells im betrachteten Bereich (Gebäudepolygon oder Referenzpunkt), wird dieser mit der Anzahl der im AGWR angegebenen oberirdischen Geschoße verglichen.

Im Falle einer Abweichung (Laserscan Gebäudehöhe > AGWR Gebäudehöhe) wird die Geschoßanzahl und Gebäudehöhe des Gebäudes korrigiert. Die automatische Erweiterung der Stockwerksanzahl wird erst ab einer Abweichung von zwei Stockwerken aktiviert und auf eine Erweiterung um ein Stockwerk limitiert. Das bedeutet, weicht zum Beispiel die Laserscan-Gebäudehöhe um zwei oder mehr Stockwerke von der AGWR-Gebäudehöhe ab, so wird die Stockwerksanzahl um einen Stock erweitert. Bei der Erweiterung der Stockwerksanzahl wird die Annahme getroffen, dass nur ein Stockwerk auf das bestehende Gebäude aufgebaut wurde. Im Fall, dass die Laserscan-Gebäudehöhe kleiner als die AGWR-Gebäudehöhe ist, werden keine Anpassungen durchgeführt (z.B. Gebäude noch nicht im Laserscan enthalten, oder mehrere Adressen mit unterschiedlicher Geschoßanzahl in einem Polygon). Für die Abschätzung der Gebäudehöhe wird von einer Stockwerkshöhe in Abhängigkeit der Bauperiode in der Tabelle 9 ausgegangen.

Tabelle 9 Geschoßhöhe nach Epoche²⁰

Zeitraum	Epoche	Geschoßhöhe [m]
bis 1919	Gründerzeit	3,5
1919 -1934	Zwischenkriegszeit	2,75
1945 -1955	Wiederaufbauzeit	3,0
1956 -1960	Systembauweise	3,0
1960 -1970	Montagebauweise	3,0
ab 1976	Bauordnung 1976	3,0

Ab der Bauordnung 1976 wird mit folgender Zusammensetzung der Geschoßhöhe ausgegangen:

- Raumhöhe 2,6 m
- Zwischendeckenhöhe 0,4 m

Für die Berechnung der Lüftungsleitwerte (siehe Kapitel 4.2.1.3) wird eine fixe Raumhöhe von 2,6 m nach ÖNORM 8110-6 verwendet.

²⁰ Quelle: Gebäudetypologie Wien MA39 31. März 2012

```

private static void HoeheAbleiten(IDictionary<int, Gebaeude> gebaeudeDic,
                                int gebaeudeIndex, double geschoszhoehe)
...
if (gebaeude.Polygon != null)
{
    double geschaeetzteHoehe = gebaeude.OberirdischeGeschosze * geschoszhoehe;

    double scan_gebHoehe = Math.Round(gebaeude.LaserScanGebaeudeHoeheInMeter, 0);

    //wenn scan offensichtlich falsch, z.b. gebäude noch nicht erbaut oder mehrere
    Adressen pro Polygon (Tirol)
    if (scan_gebHoehe < geschaeetzteHoehe || gebaeude.Polygon.AnzahlAdressen >1)
    {

        //Gebäudehöhenproblem Höhe = 0 --> GebäudehöheinMeter implementiert
        gebaeude.LaserScanGebaeudeHoeheInMeter = geschaeetzteHoehe;
        gebaeude.GebaeudeHoeheInMeter = geschaeetzteHoehe;
        return;
    }
    else
    {
        double error = scan_gebHoehe - geschaeetzteHoehe;
        int anzahl = (int)Math.Floor(error / geschoszhoehe);

        //Annahme: Fehler durch Dachbodenhöhe ist weniger als eine Stockwerkshöhe,
        //es wird maximal 1 Stockwerk aufgrund der laserscandaten hinzugefügt werden.
        if (anzahl > 1)
        {if (gebaeude.Polygon != null)
            gebaeude.OberirdischeGeschosze += 1;
            gebaeude.OberirdischeGeschoszeAnpassung = true;
        }
        gebaeude.GebaeudeHoeheInMeter = gebaeude.OberirdischeGeschosze * geschoszhoehe;
    }
}
...

```

Auszug Pseudocode 1 Gebäudehöhen- und Stockwerkskorrektur²¹

Befinden sich mehrere Adresspunkte in einem Polygon (Untersuchungsregion Tirol, siehe Kapitel 3.3.9) wird auf eine Anpassung der Geschoßhöhe verzichtet. Eine automatische Anpassung der Stockwerksanzahl kann in dem genannten Fall nur direkt am Objekt durchgeführt werden, da bei mehreren Adressen auch unterschiedliche Stockwerksanzahlen vorkommen können.

3.4.2 Gebäudewände ableiten

Falls ein Grundriss in Form eines Polygons, sowie die Gebäudehöhe vorhanden sind, können alle Wände des Gebäudes samt Ausrichtung bestimmt werden.

Im Weiteren soll, um die Transmissionsverluste vernünftig abschätzen zu können, auch festgestellt werden, ob einzelne Wandteile oder gesamte Wände an die Außenwände anderer Gebäude grenzen. Befinden sich mehrere Adressen im Polygon (Untersuchungsregionen Tirol) werden die angrenzenden

²¹ Auszug aus dem Programmcode des EneRAIp Berechnungsmodells

Anteile der Wände für die Adresspunkte nicht berechnet, da eine Zuteilung der Anteile auf die jeweiligen Adresspunkte nicht möglich ist.

Dies geschieht in einem Mehr-Schritt-Verfahren: Für jede Wand eines Gebäudes werden folgende Schritte durchgeführt

1. Aus allen bekannten Gebäudepolygonen werden jene Wände ausgewählt, die sich in einem Radius von 50 m befinden und deren Ausrichtung sich nur geringfügig (Maximaler Fehler Azimut mit 1 Grad definiert) von der untersuchten Wand unterscheidet.
2. Für diese Wände wird dann der angrenzende Anteil durch Zerlegung in Richtungs- und Normalenvektor (Maximaler Fehler Normalenvektor Abstand mit 0,5 Meter definiert) der untersuchten Wand errechnet, wie in Pseudocode 2 angeführt.

```
public static double BerechneAngrenzendeFlaeche(Wand wand, Wand nachbarWand,
                                                double fehler_azimuth, double fehler_dist)
{
    Punkt anfangsPunkt = wand.Punkt_1;
    Punkt endPunkt = wand.Punkt_2;
    double x = (endPunkt.X - anfangsPunkt.X) / wand.Laenge;
    double y = (endPunkt.Y - anfangsPunkt.Y) / wand.Laenge;
    double denom = (x * x) + (y * y);
    double length = wand.Laenge;

    Punkt point1 = nachbarWand.Punkt_1;
    double a_1 = point1.X - anfangsPunkt.X;
    double b_1 = point1.Y - anfangsPunkt.Y;
    double lambda_1 = ((a_1 * x) + (b_1 * y)) / (denom);
    double dist_1 = Math.Abs(((b_1 * x) - (a_1 * y)) / (denom));

    Punkt point2 = nachbarWand.Punkt_2;
    double a_2 = point2.X - anfangsPunkt.X;
    double b_2 = point2.Y - anfangsPunkt.Y;
    double lambda_2 = ((a_2 * x) + (b_2 * y)) / (denom);
    double dist_2 = Math.Abs(((b_2 * x) - (a_2 * y)) / (denom));

    if (dist_1 <= fehler_dist && dist_2 <= fehler_dist)
    {
        //tausche lambda_1 und lambda_2,
        //falls die Orientierung der Wände unterschiedlich
        if (lambda_2 < lambda_1)
        {
            double lambda = lambda_1;
            lambda_1 = lambda_2;
            lambda_2 = lambda;
        }
        if (lambda_1 <= length && lambda_2 > 0)
        {
            return (Math.Min(lambda_2, length) - Math.Max(lambda_1, 0)) *
                (Math.Min(wand.Hoehe, nachbarWand.Hoehe));
        }
    }
    return 0;
}
```

Pseudocode 2 Angrenzenden Wandanteil berechnen²²

Anhand der berechneten Orientierung der Wand wird der Azimut und die Himmelsrichtung zugeteilt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10 Wandausrichtung

Orientierung lt. Einheitskreis	Azimut	Himmelsrichtung
0	-90	OST
45	-135	NORD/OST
90	-180	NORD
135	135	NORD/WEST
180	90	WEST
225	45	SÜD/WEST
270	0	SÜD
315	-45	SÜD/OST
360	-90	OST

Die einzelnen abgeleiteten Wände stehen der Energiebedarfsschätzung im Subprozess 3.6 zur Verfügung.

3.4.3 Bebaute Grundfläche

Wenn ein Polygon vorhanden ist und eine Fläche von 5 m² überschreitet, wird die bebaute Fläche aus der Polygonfläche berechnet, ist das nicht der Fall, wird die überbaute Fläche aus dem AGWR verwendet.

Ist die angegebene gesamte Nutzfläche aus dem AGWR Verwaltungsbericht „Nutzungseinheiten“ (Kapitel 3.3.1.2) kleiner als 50% der möglichen geschätzten Nutzfläche (Stockwerksanzahl * Bebaute Fläche * 0,6²³), wird diese auf 70% der möglichen geschätzten Nutzfläche angepasst. Dabei wird die Nutzfläche jeder vorhandenen Nutzungseinheit proportional zur bisherigen Größe korrigiert.

Befinden sich mehrere Adresspunkte in einem Polygon (siehe Kapitel 3.3.9) wird auf eine Anpassung der Grund- und Nutzfläche verzichtet.

²² Auszug aus dem Programmcode des Berechnungsmodells

²³ ÖNORM 8110-6 Kapitel 4 Anmerkungen: Abschätzung der Bezugsfläche nach Passivhausplanung, es wird der konservative Ansatz gewählt.

3.4.4 Gebäudebrennstoff anpassen

Fehlt die Brennstoffinformation in der AGWR-Nutzungseinheit und im AGWR-Gebäude ist sie vorhanden, so wird die Brennstoffinformation vom Gebäude auf die Nutzungseinheiten übernommen.

3.4.5 Heizsystem anpassen

Ist durch die Kaminkehrerdatenbank bekannt, dass es nur einen Kessel im Gebäude gibt und die Datenlage des AGWR auch auf maximal einen Brennstoff schließen lässt, so wird im Weiteren der Brennstoff der Kaminkehrerdatenbank und die angegebene Kesselleistung verwendet.

3.4.6 Nachvollziehbarkeit der Korrekturmaßnahmen

Um die Nachvollziehbarkeit der Korrekturmaßnahmen zu gewährleisten, wird jede durchgeführte Korrektur in der Datenbank (Schema gebaeude / Tabelle gebaeude) vermerkt.

Spalte Korrekturmaßnahme	Beschreibung
„oberirdischesgeschoszeanpassung“	Anzahl der Geschoße die angepasst wurden
„district“	Gebäude befindet sich innerhalb vom District (Kapitel 3.3.10)
„heizsystemkorrigiert“	Brennstoff nach Kaminkehrdatenbank angepasst (Kapitel 3.4.5)
„nutzflaechekorrigiert“	Nutzfläche wurde angepasst (Kapitel 3.4.2)
„kuenstlichespolygon“	Im Fall, wenn kein Polygon (Gebäudegrundriss) vorhanden ist
„brennstoffangepasst“	AGWR Nutzungseinheiten nach den Brennstoffinformationen vom AGWR Gebäude angepasst (Kapitel 3.4.4)
„punktkoordinatenupdate“	Trifft zu, wenn die AGWR Koordinaten durch einen externen Datensatz verbessert werden (Kapitel 3.3.8)
„direkteradressmatch“	Wird im Fall der Polygonzuteilung, wenn die Adresse nach dem 1. Schritt zugeordnet werden konnte, auf „true“ gesetzt.

3.5 Subprozess Datenspeicherung

Beim Ausführen der Software wird eine PostGIS Datenbank erzeugt, die auf einem Template beruht. Diese dient sowohl als Lookup für allfällige Normen, Rasterungen und Energiekennzahldefinitionen als auch als Ablage für die erfassten und errechneten Daten.

Die Datenbankstruktur gliedert sich wie folgt:

Tabelle 11 Datenbankstruktur

Schema	Tabelle	Beschreibung
Gebaeude	Gebaeude	Gebäudedaten
	Nutzungseinheiten	
Indices	Tabula	Energiekennzahlen
OIB	GlobalStrahlung	Norm und Richtlinien
	NormAussenTemperatur	
	ReferenzKlima	
	TemperaturGlobalStrahlung	
	TranspositionsFaktoren	
	Nutzerprofile	
Raster	Westraster	Rasterung der Statistik Austria
UWerte	OIB	U-Werte Systeme
	Tabula	

Zusätzlich implementiert die Datenbank vordefinierte Ansichtsvorlagen im Schema „public“, um die Auswertung der Daten zu erleichtern. Verbrauchsdaten und Zusatzinformation werden jeweils in eigenen Tabellen im Schema „gebäude“ abgelegt.

Im Anhang 6.4 werden alle Tabellen (inkl. Attribute), die in einer Standard Datenbank gespeichert werden, angeführt und beschrieben.

3.6 Subprozess Energiebedarfsschätzung

Die Energiebedarfsschätzung greift auf das Interface IGebäude und INutzungseinheit zu, das bedeutet, dass alle Korrekturmaßnahmen zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen sind. Die Energiebedarfsschätzung wird auf den korrigierten bzw. adaptierten Gebäudeobjekten aufgebaut. In den folgenden Kapitel 3.6.1 bis 3.6.4 wird auf den Subprozess der Energiebedarfsschätzung eingegangen. Die Methode der Energiebedarfsschätzung wird aufgrund ihrer Komplexität gesondert behandelt.

3.6.1 Grundlagen für die Energiebedarfsschätzung

Grundsätzlich soll der Energiebedarf jedes Gebäudes im Untersuchungsraum anhand der in Kapitel 4 auf dem Energieausweis basierenden Methoden geschätzt werden. Die Datenlage ist im Allgemeinen zu ungenau, um eine Energieausweisberechnung, wie in der Norm vorgeschlagen, durchzuführen. Um diese Unsicherheit der Daten widerzuspiegeln, werden viele Energieausweisberechnungen für jedes Gebäude durchgeführt und daraus der Energiebedarf abgeschätzt. Im Berechnungsmodell wird überall dort, wo Unsicherheiten über die vorhandene Technik gegeben sind, immer der maximale und minimale mögliche Wert errechnet und somit die mögliche Spanne des Ergebnisses abgebildet. Die Implementierung des Subprozesses muss somit für ein Gebäude den Energiebedarf für viele verschiedene Parametrisierungen errechnen und anschließend minimalen und maximalen Wert der errechneten Ergebnisse zurückliefern.

3.6.2 Parametereigenschaften und Parametervariation

Es gibt eine Reihe an Parameter im Berechnungsprogramm die aufgrund fehlender Informationen aus den Grundlagendaten angenommen werden. Die Parametrisierung für eine Energiebedarfsschätzung umfasst folgende Größen, die nach Bedarf beliebig variiert werden können.

- **Fensteranteil:** Um die Unsicherheit über die bauliche Ausführung und daraus resultierende Fehler der Transmissionsverluste abzubilden, wird der Fensteranteil jeder Himmelsrichtung der Wände variiert. Für die Auswertungen wurden der Wert zwischen 0,1 und 0,5 definiert bzw. variiert (vollverglaste Gebäude werden im Modell nicht berücksichtigt).
- **Abschlagfaktor berührende Wand:** Berührende Wände können nur teilweise als Wärmebrücken gewertet werden. Dieser Faktor stellt dies dar und wurde zwischen Werten von 0 (keine Transmissionsverluste) und 0,2 variiert.
- **Wärmespeicherkapazität:** Diese Eigenschaft wird durch die Bauweise bestimmt und ist im Allgemeinen durch den Datenbestand nicht abzulesen. Der Wert variiert laut ÖNORM zwischen 10 und 60.
- **Verschattung:** Die Verschattung kann nicht abgeschätzt werden und variiert laut ÖNORM je nach Gebäudetyp zwischen 0,7 und 0,85 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3.1.2.2 Vereinfachte Berechnung).

- U-Werte der Gebäudehülle:** Grundsätzlich ist durch die momentan verfügbaren Daten die Dachform (Flach- oder Satteldach) sowie die Dachneigung und Dachfläche nicht ableitbar. Um dieser Unsicherheit gerecht zu werden, werden für jedes Gebäude zwei mögliche Hüllenmodelle errechnet. Zum einem für eine oberste Geschoßdecke zum unbeheizten Dachboden, zum anderen eine Dachfläche. Die Fläche wird immer als flache (keine Neigung), der Gebäudegrundfläche entsprechender, Fläche auf Höhe der Gebäudegesamthöhe angenommen. Die Gebäudehülle wird somit als Kubus modelliert, siehe Abbildung 11.

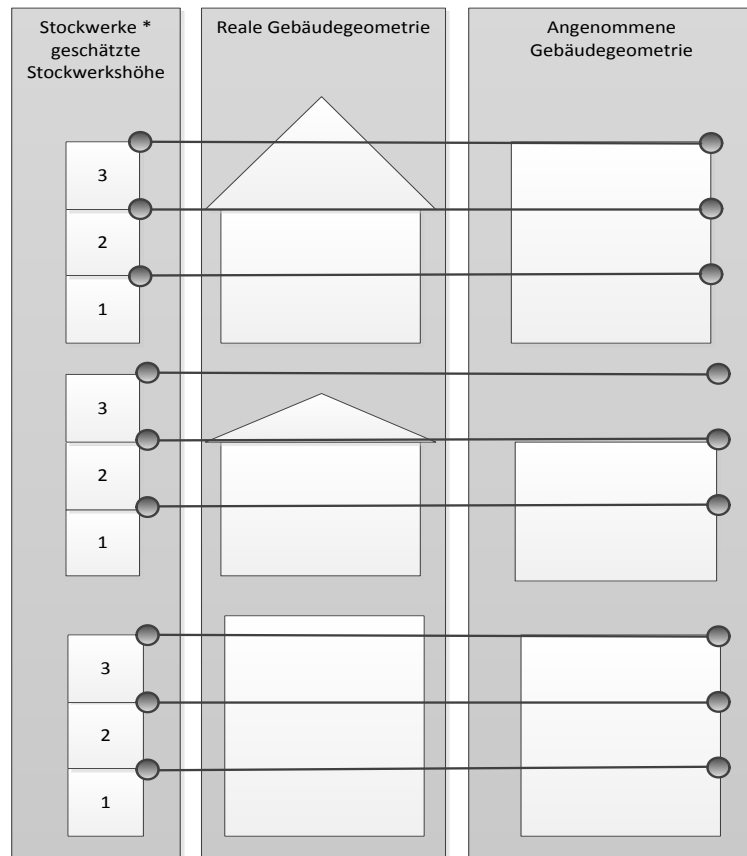


Abbildung 11: Gebäudehüllenmodell²⁴

Im Korrekturverfahren, wie zuvor beschrieben (siehe Kapitel 3.4.1), wird die Gebäudehöhe als die Höhe definiert, die alle Stockwerke, nicht jedoch niedrige Dachgeschoße enthält. Hier wird die Annahme getroffen, dass bewohnte Dachgeschoße zumindest im Maximum eine normale Raumhöhe besitzen. Die Gebäudehülle wird dann als Kubus mit dieser Höhe modelliert. Um nun die in der obigen Abbildung aus Fall 1 und Fall 3 (Schräg- und Flachdach) gleiche resultierende Form, jedoch unterschiedliche reale Gebäudehülle in die Energiebedarfsrechnung miteinzubeziehen, werden immer beide möglichen realen Fälle, obere Geschoßdecke zu unbeheiztem Dachboden oder Dachfläche, berechnet.

²⁴ eigene Darstellung

- **Rückgewinnbare Heizungstechnikverluste:**

Anhand eines definierten Parameters „rückgewinnbarer Heizungstechnikverluste“ wird sowohl der Anteil der rückgewinnbaren Verteilverluste der Raumheizung und Warmwasserversorgung als auch die rückgewinnbaren Speicherverluste der Warmwasserversorgung festgelegt. Der Wert wurde für die Berechnung mit 0,7 festgelegt, das bedeutet, dass 70 Prozent der erwähnten Verteil- und Speicherverluste im Gebäude genutzt werden.

Je mehr Parameter variiert werden und je kleiner die Schrittbreite²⁵ gewählt wird, desto mehr Berechnungsdurchläufe pro Gebäude werden im Programm durchgeführt. Ebenfalls können mehrere Berechnungsdurchläufe für das Untersuchungsgebiet in der Datenbank gespeichert werden.

3.6.3 Energiekennzahlen

Zusätzlich zu der Energiebedarfsschätzung wurde als weiterer Teilprozess eine klassische Energiekennzahlenberechnung in das Modell implementiert. Mithilfe des Baualters und der vordefinierten Gebäudekategorien (Kapitel 4.1.6) werden Energiekennzahlen von TABULA²⁶ bei den Gebäuden angewendet. Die Ergebnisse der Referenzmethode werden in einer eigenen Tabelle im Schema „gebäude“ abgespeichert (siehe auch Anhang 6.4). Die verwendeten Basisenergiekennzahlen nach Tabula können aus dem Anhang 6.5 entnommen werden

3.6.4 Ergebnisse der Energiebedarfsschätzung

Nach der Berechnung der minimalen und maximalen Energiekennzahlen werden die Ergebnisse der Energiebedarfsschätzung automatisiert in benutzerdefinierten Tabellen im Schema „gebäude“ abgelegt. Eine detaillierte Auflistung der abgespeicherten Eigenschaften der Datenbanktabelle kann aus dem Anhang 6.4 entnommen werden.

²⁵ Die Schrittbreite gibt an, in welchem Abstand zwischen dem Minimum und dem Maximum des Parameters, weitere Parameter generiert werden sollen. Schrittweite 2 nimmt jeweils nur das Minimum und Maximum der Parametervariation als Basis für die Berechnung an.

²⁶ <http://webtool.building-typology.eu/webtool/advanced.html> Stand: März 2014

4 Energiebedarfsschätzung

Ziel des entwickelten Energiebedarfsschätzungsmodells ist es, den Energiebedarf für die Gebäude in den Modellregionen zu schätzen. Dabei werden die Berechnungsgrundlagen des österreichischen Energieausweises für Wohngebäude verwendet. Für die Nicht-Wohngebäude (Bürogebäude, Beherbergungen und Verkaufsstätten) wird ebenfalls bis auf den Raumluftechnikenergiebedarf (ÖNORM H5057) und Kühltechnikenergiebedarf (ÖNORM H5058) auf die Berechnungsalgorithmen der Norm zurückgegriffen. Der Raumluftechnikenergiebedarf und Kühltechnikenergiebedarf wird aufgrund der fehlenden Grundlageninformationen im Berechnungsmodell nicht berücksichtigt. Zudem wird im Kapitel der Energiebedarfsschätzung gesondert auf alle Annahmen und Anpassungen der Energieausweisberechnungsmethode in Bezug auf die im Projekt zur Verfügung stehenden Grundlagendaten eingegangen. Das umgesetzte Berechnungsmodell wird auf Basis der Iteration (Näherung) konzipiert, das bedeutet, es wird für jedes Gebäude der energetisch beste und schlechteste Fall (Gebäudehülle und Haustechnik) berechnet. Infolgedessen liefert das Berechnungsprogramm jeweils ein minimales und maximales Energiebedarfsergebnis für die jeweiligen Gebäude im Untersuchungsgebiet. In den folgenden Kapitel 4.1 bis 4.2 wird auf die Details der Energiebedarfsschätzung eingegangen.

4.1 Rahmenbedingungen

In den folgenden Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.7 werden die Rahmenbedingungen auf die das Energiebedarfsschätzungsmodell aufsetzt beschrieben. Dabei wird sowohl auf die verwendeten Basisdaten (z.B. Klimamodell) aus der Norm eingegangen, als auch auf die Einbindung der Normen.

4.1.1 Berechnungsgrundlagen

Die Berechnungsgrundlagenbasis stellt die ÖNORM 8110-6, ÖNORM 8110-5, ÖNORM H5056, ÖNORM H5050 der OIB Energieleitfaden und die OIB Richtlinie 6 für Wohn- und Nichtwohngebäude dar.

4.1.2 Klimamodell

Für das Berechnungsmodell wird im Hintergrund das Klimamodell der ÖNORM 8110-5 verwendet. Die Energiebedarfsschätzung kann jeweils mit dem Referenzklima oder mit dem Standortklima durchgeführt werden.

4.1.3 Nutzungsprofile

Die vordefinierten Nutzungsprofile werden aus der ÖNORM 8110-5 für das Berechnungsmodell übernommen. Auf die Zuteilung bzw. Verwendung der Nutzungsprofile wird im nächsten Kapitel eingegangen.

4.1.4 Einteilung der Nutzungsklassen zu den Nutzungsprofilen im Berechnungsmodell

Bei der Einteilung der Nutzungsklassen werden die Nutzungsarten des AGWR in Klassen eingeteilt. Die Einteilung der Nutzungsklassen dient der Zuteilung der Nutzungsprofile und kann aus der Tabelle 12 entnommen werden.

Tabelle 12 Nutzungsklassen

Nutzungsklasse	AGWR Nutzungsart
EFH, MFH	Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte
Beherbergung	Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung
Büro	Büroflächen
Verkauf	Groß- und Einzelhandelsflächen
sonstige	Verkehr und Nachrichtenwesen, Industrie und Lagerei, Kultur, Freizeit, Bildungs- und Gesundheitswesen, Landwirtschaftliche Nutzung, Privatgarage, Kirche, sonstige Sakralbauten, Pseudobaulichkeit (Zelte, Wohnwägen,...), sonstiges Bauwerk, Dachbodenfläche, Kellerfläche, Verkehrsflächen, Wohnfläche für Gemeinschaften

Die verwendbaren Nutzungsprofile aus der ÖNORM 8110-5 (Tabelle 13) werden den Nutzungsklassen im Programm (siehe Tabelle 14) zugeteilt.

Tabelle 13 Nutzungsprofile

Auflistung der definierten Nutzungsprofile laut ÖNORM 8110-5		
Einfamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser	Bürogebäude
Kindergärten und Pflichtschulen	Höhere Schulen und Hochschulen	Krankenhäuser
Pflegeheime	Pensionen	Hotels
Gaststätten	Veranstaltungsstätten	Sportstätten
Verkaufsstätten	Hallenbäder	

Tabelle 14 Zuteilung Nutzungsprofile zu den Nutzungsklassen

Nr.	Nutzungsklasse	Nutzungsprofil 8110-5
1	EFH, MFH	Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser
2	Büro	Bürogebäude
3	Verkauf	Verkaufsstätten
4	Beherbergung	Hotels
0	Sonstige	kein

Die Nutzungsklasse „sonstige“ wird keinem Profil zugeordnet und daher im Berechnungsprogramm nicht berücksichtigt. Die Nutzungsart „Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung“ aus dem AGWR (Nutzungsklasse Beherbergung) umfasst Hotels, Pensionen und Gaststätten, eine Unterteilung der einzelnen Kategorien ist auf Basis des AGWR nicht möglich. Daher wurde für die Berechnung dieser Nutzungsklasse das Nutzungsprofil „Hotel“ ($\eta_{L,LF}=1,2$ [1/h], $q_{i,h,n}=7,5$ [W/m²], $wwwb=35$ [Wh/m²•d], $BeIEB$ 65,1 [kwh/m²•a]) im Berechnungsprogramm definiert. Anhand der durchgeführten Zuteilung der Nutzungsprofile, ergibt sich, wie im nächsten Kapitel 4.1.5 beschrieben, der Anwendungsbereich der Energiebedarfsschätzung.

4.1.5 Anwendungsbereich der Energiebedarfsschätzung

Der Anwendungsbereich des Berechnungsmodells ist grundsätzlich auf die im Kapitel 4.1.4 definierten Nutzungsklassen beschränkt. Zudem kann im Berechnungsprogramm der Anwendungsbereich über eine Anwendungsbereichsfunktion weiter eingeschränkt werden.

Zum Beispiel:

Anwendungsbereich der Energiebedarfsschätzung → Anwendungsfunktion: Es muss mindestens eine bekannte Nutzungsklasse (1-4) im Gebäude vorhanden sein, damit das Gebäude im Berechnungsmodell berechnet wird.

Damit sind Teilberechnungen von Gebäuden im Programm nicht auszuschließen.

4.1.6 Gebäudekategorien und Gebäudesektoren

Für eine übersichtliche Einteilung der Gebäude werden diese einer Klassifizierung unterzogen. Diese Kategorisierung wird anhand der Informationen aus dem AGWR Verwaltungsbericht „Nutzungseinheiten“ durchgeführt. Die Gebäudekategorien und Gebäudesektoren werden systematisch wie in der Tabelle 15 definiert, eingeteilt.

Tabelle 15 Gebäudekategorien und Gebäudesektoren

Gebäudekategorie	Gebäudesektoren	AGWR Nutzungsart
Einfamilienhaus (EFH)	<i>„Haushalt“</i>	1 Wohneinheit freistehend (Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte)
Reihenhaus (RH)		1 Wohneinheit (Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte)
Mehrfamilienhaus „Klein“ (MFH-K)		2-4 Wohneinheiten (Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte)
Mehrfamilienhaus „Mittel“ (MFH-M)		5-10 Wohneinheiten (Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte)
Mehrfamilienhaus „Groß“ (MFH-G)		> 10 Wohneinheiten (Wohnung, Wohnung / Arbeitsstätte)
Gewerbe (GW) wenn ausschließlich eine der genannten Nutzungsarten vorhanden ist	<i>„Gewerbe“</i>	Bürofläche, Groß- und Einzelhandelsflächen, Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung
Industrie (IND)	<i>„Industrie“</i>	Industrie und Lagerei
Mischnutzung (MN) wenn mindestens zwei unterschiedliche Nutzungsarten vorhanden sind	<i>„Mischnutzung“</i>	Wohnung, Bürofläche, Groß- und Einzelhandelsflächen, Hotel und andere Einheiten für kurzfristige Beherbergung, Verkehr- und Nachrichtenwesen, Industrie und Lagerei, Kultur-, Freizeit-, Bildungs- und Gesundheitswesen
weitere Nutzungen (WN)	<i>„sonstiges“</i>	Kultur-, Freizeit-, Bildungs- und Gesundheitswesen, Landwirtschaftliche Nutzung, Verkehr- und Nachrichtenwesen, Kirche, sonstige Sakralbauten, Wohnflächen für Gemeinschaften
sonstiges	<i>„sonstiges“</i>	Privatgarage, Pseudobaulichkeit (Zelte, Wohnwägen, ...), sonstiges Bauwerk, Dachbodenfläche, Kellerfläche, Verkehrsflächen / wenn nur eine Nutzeinheit vorhanden ist.

Wie im Kapitel 3.3.9 beschrieben, besteht die Möglichkeit, dass in der Untersuchungsregion Tirol mehrere Adressenpunkte pro Polygon vorhanden sein können. In diesen Fällen wird die oben angeführte Gebäudekategorisierung immer in Bezug auf alle im Polygon befindlichen Adressen durchgeführt.

Das Berechnungsmodell wird in den Sektoren Haushalt, Mischnutzung, Gewerbe und zum Teil der im öffentliche Gebäudesektor angewendet. Die restlichen Sektoren werden derzeit nicht erfasst. Im

Vergleich zu der definierten Gebäudekategorisierung werden die Gebäudegrößen im Bericht Wohnen 2013 von der Statistik Austria ²⁷ folgendermaßen eingeteilt:

- 1 Wohnung
- 2 Wohnungen
- 3 bis 9 Wohnungen
- 10 bis 19 Wohnungen
- 20 und mehr Wohnungen

Eine Kategorisierung (z.B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus,...) wird von der Statistik Austria nicht durchgeführt. Die Gebäudegrößen der Austria Statistik werden ebenfalls in der Datenbanktabelle gebaeude.gebaeude und Spalte „gebaeudekategoriestataut“ abgelegt.

4.1.7 Flächenbezug des Berechnungsmodells

Folgende Flächenbezüge werden im Berechnungsmodell herangezogen:

- Gesamtnutzungsfläche: Die Summe aller Nutzflächen aller Nutzeinheiten (AGWR)
- Konditionierte Fläche: Die Summe aller Flächen in Nutzklassen außer sonstige (d.h. die Summe aller berechneter Nutzflächen)
- Bebaute Fläche: Die als bebaute Fläche, wie in 3.4.3 beschrieben, abgeleitete Fläche.

Aufgrund des Zugriffs auf das Interface IGebaeude und INutzungseinheiten, kann eine Korrektur der Flächen nach dem Korrekturverfahren laut Kapitel 3.4 nicht ausgeschlossen werden.

²⁷ www.statistik.at/web_de/Redirect/index.htm?dDocName=065130 Wohnen 2013

4.1.8 Brennstoff / Wärmebereitstellung Raumheizung und Warmwasserbereitstellung

Bei der Einreichung einer genehmigungspflichtigen Bautätigkeit (Neubau, bzw. Umbau) ist der Kommune das Heizsystem für Raumheizung und Warmwasserbereitstellung bekannt zu geben. Die Kommune pflegt das jeweilige Heizsystem auf Nutzungsebene in den AGWR der Statistik Austria ein. Im Fall des Gebäudebestandes werden die Informationen zum Energieträger (wenn vorhanden) aus dem AGWR-Verwaltungsbericht „Gebäude“ bezogen. Der Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) wurde im Anschluss an die Großzählung 2011 (GWZ²⁸ 2001) erst befüllt und wurde als Basis des AGWR II, der am 29.März eingeführt wurde, herangezogen. Die Betrachtung der Energieträger im Berechnungsmodell wird auf Gebäudeebene durchgeführt. Sind die Energieträger auf der Nutzungsebene bekannt, dann wird jedem Energieträger die jeweilige Nutzfläche der Nutzungseinheit zugeteilt. Damit können unterschiedliche Energieträger zur Wärmebereitstellung auf der Gebäudeebene berechnet werden. Ist im Gebäude nur ein Heizsystem vorhanden und es gibt eine Kaminkehrerdatenbank (Untersuchungsregion Vorarlberg), so wird der Energieträger aus dem AGWR durch den Energieträger der Kaminkehrerdatenbank ersetzt.

In den folgenden Tabelle 16 und Tabelle 17 werden die abgeleiteten Energieträger dargestellt.

Tabelle 16 Energieträger Raumwärme

Brennstoffindex	Energieträger	Zuteilung Berechnungsmodell
0	unbekannt	unbekannt
1	Öl	Öl
3	Gas	Gas
5	Fernwärme	Fernwärme
6	Kohle	Biomasse
7	Scheitholz	Biomasse
8	Hackschnitzel	Biomasse
9	Pellets	Biomasse
10	Biomasse	Biomasse
11	Strom	Strom
12	Wärmepumpe	Wärmepumpe
13	andere	unbekannt

²⁸ Gebäude- und Wohnungszählung

Tabelle 17 Energieträger Warmwasser

Brennstoffindex	Energieträger	Zuteilung Berechnungsmodell
0	unbekannt	unbekannt
1	Öl	Öl
2	kein Warmwasser (nur beim Flächenbezug)	-
3	Gas	Gas
5	Fernwärme	Fernwärme
6	Kohle	Biomasse
7	Scheitholz	Biomasse
8	Hackschnitzel	Biomasse
9	Pellets	Biomasse
10	Biomasse	Biomasse
11	Strom	Strom
12	Wärmepumpe	Wärmepumpe
14	Solartherme	Solartherme

Bei der kombinierten Aufbereitung des Warmwassers mit der Raumwärmeerzeugung wird der jeweilige Hauptbrennstoff für die Warmwasserbereitstellung verwendet.

4.2 Berechnung der verschiedenen Energiekennzahlen für die Bedarfsschätzung

In den folgenden Kapiteln wird auf die einzelnen Berechnungsschritte für die verschiedenen Energiekennzahlen der Gebäudehülle und der Heiztechnik eingegangen. Die berechneten Kennzahlen beziehen sich, sofern alle Nutzungseinheiten (Nutzungsprofile) bekannt sind, auf das Gebäudeobjekt. Anhand der Spalte „berechnetenutzfläche“ in der Ergebnistabelle der Energiebedarfsschätzung kann der energetische berechnete Flächenanteil vom Gebäude nachvollzogen werden. Mit dieser Option können Teilberechnungen eigens ausgewiesen werden.

4.2.1 Heizwärmebedarf (HWB) und Kühlbedarf (KB)

Für die Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs sind mehrere Berechnungsschritte notwendig. Alle Annahmen, verwendete Gleichungen und Kennzahlen (Defaultwerte) werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4.2.1.1 U-Werte

Für den Altbestand werden die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) vom österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) aus dem Leitfaden energietechnisches Verhalten von Gebäuden²⁹ verwendet. Zu den Defaultwerten des Altbestandes gibt es auf Basis von landesgesetzlichen Bestimmungen für einzelne Bundesländer eigene U-Wert Tabellen. Die Untersuchungsregionen befinden sich in Vorarlberg und Tirol, daher werden die länderspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten der genannten Regionen im Berechnungsmodell angewendet. In den Untersuchungsregionen von Tirol werden die länderspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten für Niederenergiehäuser (Jahr 1998/99) und Wohnbauförderung (ab Jahr 2003) nicht ins Berechnungsprogramm mit aufgenommen. Für Vorarlberg wurden zusätzlich ab dem Jahr 1996 die bautechnischen Verordnungen des Landes Vorarlberg miteinbezogen. Für die neu errichteten Gebäude seit dem Jahr 2007 wird der Mindestbaustandard der OIB Richtlinie 6³⁰ herangezogen. Da keine genaue Übereinstimmung zwischen der AGWR Bauperiode und den U-Wert Epochen vorliegt, wird die Zuteilung durch den geringsten Jahresabstand durchgeführt. Die verwendeten U-Werte und die Zuteilung der Bauepochen können aus der folgenden Abbildung 12 entnommen werden.

²⁹ OIB Leitfaden Stand 2015 <http://www.oib.or.at/>

³⁰ OIB Richtlinie 6 Stand 2015 <http://www.oib.or.at/>

Quelle:		Leitfanden OIB Oktober 2015												BTV 1996	BTV 2002	BTV 2003	OIB RL6 2007	OIB RL6 2011
Region	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T/V	T	T	V	V	V	V	T/V	T/V
Zeitraum:	vor 1900	vor 1900 EFH	vor 1900 MFH	ab 1900 EFH	ab 1900 MFH	ab 1945 EFH	ab 1945 MFH	ab 1960 EFH	ab 1960 MFH	System bauweise	1981-1998	1998- 2006	1983- 1997	1996 - 2001	2002	2003 - 2006	2007 - 2010	2011 - 2013
Bauteil	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]	[W/m² K]
KD	1,25	1,25	1,25	1,20	1,20	1,95	1,10	1,35	1,35	1,10	0,50	0,40	0,70	0,50	0,50	0,50	0,40	0,30
OD	0,75	0,75	0,75	1,20	1,20	1,35	1,35	0,55	0,55	1,05	0,30	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
AW	1,55	1,55	1,55	2,00	1,50	1,75	1,30	1,20	1,20	1,15	0,50	0,35	0,50	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DF	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	1,30	1,30	0,55	0,55	0,45	0,30	0,20	0,50	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
FE	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	2,50	2,50	1,70	2,50	1,80	1,80	1,80	1,40	1,40
g	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
AGWR Bauperioden	2020	vor 1919	vor 1919	1919- 1944	1919- 1944	1945- 1960	1945- 1960	1961- 1970	1961- 1970	1971- 1980	1981-1990 1991-2000	2001- 2006	1981-1990 1991-2000	2001- 2006	2001- 2006	2001- 2006	2007- 2010	2010- 2013
AW.....Außenwand, OD....Oberste Geschoßdecke, DF....Dachfläche, FE....Fenster, KD....Kellerdecke, g....Gesamtenergiedurchlassgrad																		

V.....Vorarlberg / T.....Tirol/EFH....Einfamilienhaus / MFH....Mehrfamilienhaus / BTV....Bautechnische Verordnung Vorarlberg / OIB.... Österreichisches Institut für Bautechnik
 RL....Richtlinie / AGWR.....Adress-, Gebäude und Wohnungsregister

Abbildung 12 Verwendeten U-Werte für die Energiebedarfsschätzung

Unabhängig von den oben genannten Richtwerten der Wärmedurchgangskoeffizienten besteht die Möglichkeit, andere Wärmedurchgangskoeffizienten im Programm anzuwenden. Des Weiteren kann das Berechnungsmodell auch mit den U-Werten der restlichen Bundesländer von Österreich erweitert werden.

4.2.1.2 Berechnung Transmissionsleitwerte ÖNORM 8110-6 Kap. 5.3 (LT)

Für die Berechnung der Transmissionsleitwerte wird ein vereinfachter Kubus aus den Datenquellen (AGWR, Geländemodell, Höhenmodell und Naturbestand), wie in Kapitel 3.4.1 und 3.4.2 beschrieben, abgeleitet. Dazu wurden folgende Randbedingungen im Berechnungsmodell festgelegt. Die Auswahl des Wärmedurchgangskoeffizienten wird anhand der Bauperiode und zum Teil der Gebäudekategorie (Einfamilienhaus / Mehrfamilienhaus) getroffen. Entsprechend dieser Auswahl und der Bauteilinformation wird der jeweilige Wärmedurchgangskoeffizient im Berechnungsprogramm angewendet. Bei der Bodenplatte des Kubus wird davon ausgegangen, dass der erdanliegende Fußboden $\leq 1,5$ m unter dem Erdreich ist. Infolgedessen wird bei der Leitwertberechnung der Wärmedurchgangskoeffizient (Kapitel 4.2.1.1) der „Kellerdecke“ (KD) und der Temperaturkorrekturfaktor von 0,7 (Kühl- und Heizfall) angewendet. Hinsichtlich der Korrekturmaßnahmen der Gebäudehöhe in 3.4.1 wird für die Leitwertberechnung vom Dach, sowohl der Wärmedurchgangskoeffizient „Oberste Geschossdecke“ (OD) mit dem Temperaturkorrekturfaktor von 0,9 (Kühl- und Heizfall) als auch der Wärmedurchgangskoeffizient „Dachfläche“ (DF) ohne Temperaturkorrekturfaktor herangezogen. Das bedeutet, unabhängig von der Dachausführung (beheizt / nicht beheizt) werden zwei Leitwerte (MIN/MAX) für das Dach berechnet. Die Berechnung dient der Näherung an die Dachbodeneigenschaften und wird bei den Folgeberechnungen miteinbezogen. Für die Außenwände des Kubus werden unter Beachtung des Fensteranteils, die Wärmedurchgangskoeffizienten der „Außenwand“ (AW) herangezogen. Der Leitwert der Fenster wird mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten vom „Fenster“ (FE) berechnet. Bei all jenen Wandflächen, die an andere Wandflächen grenzen (Methodik siehe 3.4.2), werden die Leitwerte gesondert berechnet. Zudem wird kein Fensteranteil bei den angrenzenden Wandflächen berücksichtigt und es wird ein Abschlagfaktor für berührende Wände, wie in Kapitel 3.6.2 beschrieben, in der Berechnung mit einbezogen. Die Leitwerte für die Wärmebrücken der jeweiligen Gebäude werden nach der ÖNORM Gleichung 12a (Heizfall) und 12b (Kühlfall) nach ÖNORM 8110-6 Kapitel 5.3 berechnet. Die Summe aller berechneten Leitwerte des Gebäudes ergibt am Ende den Transmissionsleitwert. Die Kennwerte des mittleren U-Wertes und der charakteristischen Länge werden gesondert in die Ergebnistabelle der Energiebedarfsschätzung abgelegt. Wie im Kapitel 3.3.9.1 „Sondermethode zur Bestimmung des Gebäudeanteils im Polygon“ (Untersuchungsregionen Tirol) beschrieben, besteht die Möglichkeit, dass mehrere Adresspunkte je Polygon (Gebäudegrundriss) vorhanden sein können. Mithilfe der Sondermethode (Kapitel 3.3.9.1) wird der Flächenanteil der jeweiligen Gebäudeadresse im Polygon berechnet und als Abwertungsfaktor bei der Transmissionsleitwertberechnung berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Berechnung der Transmission Leitwerte, die auf dem Gebäudegrundriss beruhen, anteilmäßig und nicht im vollen Ausmaß in die Bilanzierung einbezogen werden.

4.2.1.3 Berechnung Lüftungsleitwert ÖNORM 8110-6 Kap. 6.2 (LV)

Vereinfacht wird von einer natürlichen Lüftung (Fensterlüftung) im Berechnungsmodell ausgegangen. Die Berechnung erfolgt anhand der ÖNORM Gleichungen 15, 23a (Heizfall) und 23b (Kühlfall) (ÖNORM 8110-6 Kapitel 6.2) für die jeweiligen Nutzungsklassen bzw. den Nutzungsprofilen, siehe Kapitel 4.1.4. Das energetisch wirksame Luftvolumen wird mit der ÖNORM Gleichung 14 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 6.1) und einer Raumhöhe von 2,6 m bestimmt. Für das Nicht-Wohngebäude (Büro, Verkauf, Beherbergung) wird die Luftwechselrate anhand der Gleichung 20 und 21 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 6.3.1.2) ohne Berücksichtigung der Nachtlüftung berechnet. Gibt es mehrere Nutzungsklassen in einem Gebäude, so werden die Lüftungsleitwerte auf der Gebäudeebene summiert. Die Summe der Transmissionsleitwerte und Lüftungsleitwerte ergeben den Leitwert des Gebäudes.

4.2.1.4 Berechnung des monatlichen Gesamtwärmeverlust ÖNORM 8110-6 Kap. 7(Q_i)

Anhand von berechneten Leitwerten (Kapitel. 4.2.1.2 und 4.2.1.3) des Gebäudes wird der monatliche Verlust nach den ÖNORM Gleichungen 29, 30 und 31 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 7) für die jeweilige Nutzungsklasse berechnet. Die mittleren Außentemperaturen werden im Bezug zur Meereshöhe des Gebäudes (im Fall Standortklima) mit den Daten aus dem Klimamodell (Kapitel. 4.1.2) berechnet. Die Raumtemperatur wird standardmäßig für den Heizfall mit 20°C und für den Kühlfall mit 26°C angenommen (Parametervariation im Heizfall möglich).

4.2.1.5 Innere Wärmegegewinne ÖNORM 8110-6 Kap. 8.2 (Q_i)

Die inneren Wärmegegewinne werden in Abhängigkeit der Nutzungsklassen und dem jeweiligen Nutzungsprofil mittels der Gleichung 39 (Heizfall) und 40 (Kühlfall) ermittelt. Zudem werden im Kühlfall keine Wärmegegewinne durch die Beleuchtung berücksichtigt. Grundsätzlich wird nach NORM kein Kühlbedarf bei den Wohngebäuden berechnet, dennoch wird die Berechnungsmethode im Wohnbereich angewendet. Die inneren Wärmegegewinne für den Kühlfall für das Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus werden nach dem Heizfall angenommen.

4.2.1.6 Berechnung der Solaren Wärmegegewinne im Heizfall ÖNORM 8110-6 Kap. 8.3 (Q_{Sh})

Mithilfe der Ausrichtung der Wandflächen (siehe Kapitel 3.4.2) werden auf Basis des Klimamodells (Kapitel 4.1.2) die jeweiligen mittleren Monatssummen der Strahlungen für die betreffenden Wände berechnet.

Entsprechend dem vereinfachten Ansatz aus der ÖNORM 8110-6 Kapitel. 8.3.1.1 wird der Glasanteil der Fensterfläche mit dem pauschalen Glasanteilkfaktor von 0,7 berechnet. Dasselbe gilt für den Verschattungsfaktor F_s , der nach der vereinfachten Berechnung der ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3.1.2.2 unter Berücksichtigung der Nutzungsklassen für den Heizfall berechnet wird (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18 Verschattungsfaktoren (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3)

Nutzungsklasse	Verschattungsfaktoren $F_{s,H}$
Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus	0,85
Büro	0,75
Verkauf	0,75
Beherbergung	0,75

Die Verschattungsfaktoren können mit der Parametervariation (Kapitel 3.6.2) beliebig in mehreren Berechnungsdurchläufen verändert werden.

Der Solare-Gesamtenergie-Durchlassgrad (gw) der Verglasung wird nach der ÖNORM Gleichung 43 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3) und dem jeweiligen g Wert aus dem Kapitel 4.2.1.1 berechnet. Anschließend werden die solaren Wärmegewinne in Abhängigkeit des gewählten Klimas (Standort oder Referenzklima) mit der ÖNORM Gleichung 44 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3) für das Gebäude ermittelt.

Wie im Kapitel 3.3.9.1 „Sondermethode zur Bestimmung des Gebäudeanteils im Polygon“ (Untersuchungsregionen Tirol) beschrieben, besteht die Möglichkeit, dass mehrere Adresspunkte je Polygon (Gebäudegrundriss) vorhanden sein können. Mithilfe der Sondermethode (Kapitel 3.3.9.1) wird der Flächenanteil der jeweiligen Gebäudeadresse im Polygon berechnet und als Abwertungsfaktor bei der Berechnung der solaren Gewinne berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Berechnung der solaren Gewinne die auf den Gebäudegrundriss (Ausrichtung der Wände & Fensteranteil) beruhen, anteilmäßig und nicht im vollen Ausmaß in die Bilanzierung einbezogen werden.

4.2.1.7 Berechnung der solaren Wärmegewinne im Kühlfall ÖNORM 8110-6 Kap. 8.3 (QSc)

Im Fall der solaren Wärmegewinne im Kühlfall wurden zwei Fälle für die Berechnung der wirksamen Kollektorflächen definiert. Im ersten Fall (bester Fall) wird davon ausgegangen, dass eine geregelte Sonnenschutzeinrichtung (Außenjalousie) am Gebäude vorhanden ist. Im Gegensatz dazu wird für den zweiten Fall mit keiner Sonnenschutzeinrichtung gerechnet. Entsprechend dem vereinfachten Ansatz aus der ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3.1.1 wird der Glasanteil der Fensterfläche mit dem pauschalen Glasanteilkfaktor von 0,7 berechnet. Der Verschattungsfaktor wird nach der vereinfachten Berechnung (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3.1.2.2) mit 1 angenommen. Der solare Gesamtenergie Durchlassgrad (gw) der Verglasung wird nach der ÖNORM Gleichung 43 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3) und dem jeweiligen g Wert aus dem Kapitel 4.2.1.1 berechnet. Da keine Informationen über opake Gebäudeflächen in den Datensätzen vorliegen, werden diese in der Berechnung mit der Gleichung 47b (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3.3) der solaren Wärmegewinne nicht berücksichtigt.

Wie im Kapitel 3.3.9.1 „Sondermethode zur Bestimmung des Gebäudeanteils im Polygon“ (Untersuchungsregionen Tirol) beschrieben, besteht die Möglichkeit, dass mehrere Adresspunkte je Polygon (Gebäudegrundriss) vorhanden sein können. Mithilfe der Sondermethode (Kapitel 3.3.9.1) wird der Flächenanteil der jeweiligen Gebäudeadresse im Polygon berechnet und als Abwertungsfaktor bei der Berechnung der solaren Gewinne berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Berechnung der solaren Gewinne, die auf dem Gebäudegrundriss (Ausrichtung der Wände & Fensteranteil) beruhen, anteilmäßig und nicht im vollen Ausmaß in die Bilanzierung einbezogen werden.

4.2.1.8 Gebäudezeitkonstante ÖNORM 8110-6 Kap. 9.1.1

In Abhängigkeit der jeweiligen Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes, der Transmissionsverluste und Lüftungsverluste, wird die Gebäudezeitkonstante mit der ÖNORM Gleichung 50 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 9.1.1) bestimmt. Die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes wird anhand dem konditionierten Brutto-Volumen und der Bauweise berechnet (ÖNORM 8110-6 Kapitel 9.1.1 Gleichung 51). Aufgrund der fehlenden Information über die Bauweise der jeweiligen Gebäude wird als Standard das Gebäude mit „leichter Bauweise“ und „schwerer Bauweise“ im Berechnungsprogramm gerechnet. Es besteht die Möglichkeit, die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes mithilfe der Parametervariation (siehe Kapitel 3.6) für verschiedene Bauweisen zu variieren.

4.2.1.9 Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heizfall ÖNORM 8110-6 Kap. 9.4

Der monatliche Ausnutzungsgrad im Heizfall wird mit den ÖNORM Gleichungen 58a, 58b, 59 und 60 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 9.4) bestimmt.

4.2.1.10 Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Kühlfall ÖNORM 8110-6 Kap. 9.5

Der monatliche Ausnutzungsgrad im Kühlfall wird mit den ÖNORM Gleichungen 61a, 61b, 62 und 63 (ÖNORM 8110-6 Kapitel 9.5) bestimmt.

4.2.1.11 Berechnung des jährlichen Heizwärmebedarfs ÖNORM H5050

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs kann sowohl für das Standortklima als auch mit dem Referenzklima durchgeführt werden. In Abhängigkeit des ausgewählten Klimas wird der monatliche Heizwärmebedarf entsprechend dem ÖNORM H5050 Abschnitt 6.2.5 für das Referenzklima bzw. anhand dem ÖNORM H5050 Abschnitt 6.5.1 für das Standortklima berechnet (und zum jährlichen Heizwärmebedarf summiert).

4.2.1.12 Berechnung des jährlichen Kühlbedarfs ÖNORM 8110-6 Kap. 9.3.1/2

Die Berechnung des jährlichen Kühlbedarfs mit dem Referenzklima wird anhand der ÖNORM Gleichungen 55, 56 und 57 durchgeführt. Entgegen der Norm wird für das Standortklima derselbe Ansatz wie beim Referenzklima angewendet. Diese Entscheidung beruht auf der Umsetzung des

Kühlbedarfs in dem Excel-Dokument vom Energieausweis für Nicht-Wohngebäude³¹, in dem derselbe Ansatz verfolgt wird.

4.2.2 Warmwasser Wärmebedarf ÖNORM H5056 Kap. 4.5 (wwwb)

Der monatliche Warmwasser Wärmebedarf wird mit der ÖNORM Gleichung 6 (ÖNORM H5056 Kapitel 4.5) für die jeweiligen Nutzungsklassen bzw. Nutzungsprofile im Gebäude berechnet.

Für die ausschließliche Wohnnutzung (EFH bis MFH-G) wird der Warmwasserbedarf entsprechend der gemeldeten Personen (Haupt- und Nebenwohnsitz) vom AGWR berechnet. Dafür wurde folgender Ansatz verwendet:

In Anlehnung an die VDI 2067 (Blatt 4 Durchschnittlicher täglicher Warmwasserbedarf für verschiedene Verbraucher, 1982) wird von einem mittleren Warmwasserbedarf (Wohnung) von 50 Liter pro Person und Tag ausgegangen. Bei einer Trinkwassertemperatur (T_1) von 10°C und einer Warmwassertemperatur (T_2) von 45°C ergibt sich ein Warmwasserwärmebedarf von 2030 Wh/Person/Tag. Im Fall der Hauptwohnsitzer wird von einer ganzjährigen Anwesenheit der Bewohner ausgegangen, im Gegensatz dazu, wird für die Nebenwohnsitzer eine Anwesenheit von 5 Tage die Woche angenommen. Daraus ergibt sich ein jährlicher Warmwasserwärmebedarf für den Hauptwohnsitzer von 740 kWh/Person/a und 530 kWh/Person/a für den Nebenwohnsitzer.

Im Vergleich zur OPRES Studie Salzburg AG³² wurden 850 kWh/m² /a Hauptwohnsitzer und die Hälfte bei dem Nebenwohnsitzer angenommen.

4.2.3 Verluste der Warmwasserbereitung (HTEB TW)

Aufgrund der fehlenden Information des realen Heiztechniksystems wird bei der Abschätzung des Heiztechnikenergiebedarfs (Warmwasser) der Ansatz verfolgt, dass das Heizsystem für den energetisch optimalen und für den energetisch schlechtesten Fall berechnet wird. Das bedeutet, es wird bei der Berechnung der Abgabe-, Verteil-, Speicher und Bereitstellungsverluste der minimale und maximale Wärmeverlust berechnet. Die verwendeten Kennwerte und die Annahmen für die Berechnung werden in den folgenden Kapiteln von 4.2.3.1 bis 4.2.3.4 beschrieben. Die detaillierte Warmwasserbereitung Heiztechnikkonfiguration für die entsprechenden Energieträger kann aus dem Kapitel 6.1 entnommen werden.

4.2.3.1 Verluste der Wärmeabgabe Warmwasser ÖNORM H5056 Kap.6.2

Für die Berechnung der Verluste der Wärmeabgabe wurden für den spezifischen Wärmeverlust die Werte für Wohngebäude sowie Nicht-Wohngebäude aus der ÖNORM Tabelle 3 verwendet. Dabei wurde als minimaler Wärmeverlust der Thermostatmischer (0,043W/m²) und für den maximalen

³¹ Excel Tool (EA-3G 2015-06-29xb) Christian Pöhn MA 39

³² Developing a Roadmap for the Future Energy Infrastructure in Salzburg, 10th IAEE European Conference, Vienna, Austria – AAEE, 2010

Wärmeverlust die Zweigriffarmatur ($0,083\text{W/m}^2$) definiert. Die spezifischen Wärmeverluste aus der Warmwasserverbrauchserfassung (Tabelle 4) werden nicht berücksichtigt. Die Wärmeabgabeverluste werden anhand der ÖNORM Gleichung 22 (ÖNORM H5056 Kapitel.6.2) für die jeweiligen Nutzungsklassen (Kapitel 4.1.3) vom Gebäude berechnet. Im Falle einer weiteren vorhandenen Nutzungseinheit werden die Ergebnisse in der Gebäudeebene summiert.

4.2.3.2 Verluste der Warmwasserverteilung ÖNORM H5056 Kap.6.3

Bei den Warmwasserverteilungsverlusten wird die Annahme getroffen, dass die Verteilungen nur im konditionierten Raum verlegt wurden. Zur Vereinfachung ist auf eine anteilmäßige Aufteilung der Verteilungsverluste im konditionierten und nicht konditionierten Raum verzichtet worden. Des Weiteren werden keine Zirkulationsverluste in der Berechnung berücksichtigt. Die mittlere Warmwassertemperatur der Verteil- und Steigleitung wird anhand der Gleichung aus der ÖNORM Tabelle 8 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) ohne Zirkulation festgelegt. Die nötige Temperaturdifferenz der Wärmeverteilung wird nach der ÖNORM Gleichung 24 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) berechnet. Für die Leitungslängen der Verteil- und Steigleitung wurden die Defaultwerte der Leitungslängen aus der ÖNORM Tabelle 6 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) ohne Zirkulation verwendet. Bei der Stichleitung werden die Defaultwerte (Tabelle 6 ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) sowohl für Wohnungen, Hotels, Krankenhäuser und Pflegeheime (Maximalwert) als auch für Bürogebäude, Gaststätten, Kindergärten, usw. (Minimalwert) in der Berechnung mitgeführt. Die folgende Tabelle 19 stellt die verwendeten Defaultwerte der Leitungslängen dar.

Tabelle 19 Defaultwerte Leitungslänge (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3)

Art der Leitung	Leitungslänge
Verteilleitung	$7,0+0,013 \cdot \text{BF}$
Steigleitung	$0,05 \cdot \text{BF}$
Stichleitung	$0,2 \cdot \text{BF}$

Als minimaler Wärmeverlust von Rohrleitungen wird $0,24 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ aus der ÖNORM Tabelle 9 verwendet, dies entspricht einer Dämmdicke, die gleich groß ist wie der Rohrdurchmesser. Der Maximalwert ergibt sich aus dem Fixwert von ungedämmten Rohrleitungen, der Einfluss des Rohrdurchmessers wird in Abhängigkeit der Bruttogesamtfläche (BGF) aus der ÖNORM Tabelle 5 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) in der Berechnung bis zu einer BGF von 10.000m^2 berücksichtigt.

Das bedeutet, dass je nach Art der Leitung und Bruttogesamtfläche verschiedene maximale Wärmeverlust Defaultwerte (Tabelle 20) angewendet werden.

Tabelle 20 Maximale Wärmeverluste (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3)

Art der Leitung	Flächenbezug	Maximaler Wärmeverlust
Verteilleitung	BGF < 250m ²	0,842 W/(m•K)
Verteilleitung	BGF ≥ 250m ² BGF < 1000m ²	1,589 W/(m•K)
Verteilleitung	BGF ≥ 1000m ²	2,087 W/(m•K)
Steigleitung	BGF < 250m ²	0,842 W/(m•K)
Steigleitung	BGF ≥ 250m ² BGF < 1000m ²	1,091 W/(m•K)
Steigleitung	BGF ≥ 1000m ²	1,34 W/(m•K)
Stichleitung	BGF < 250m ² BGF ≥ 1000m ²	0,842 W/(m•K)

Bei den äquivalenten Rohrleitungslängen wurde jeweils der Maximale und der Minimale Defaultwert von *fero 1* und *fero 2* aus der ÖNORM Tabelle 10 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) verwendet.

fero 1 → Maximalwert 1,2 / Minimalwert 1,5

fero 2 → Maximalwert 1,1 / Minimalwert 1,25

Die monatlichen Aufheiz- / Abkühlverluste der Stichleitung werden anhand der ÖNORM Gleichung 28 mit dem jeweiligen Nutzungsprofil berechnet. Dabei wird für den maximalen Wärmeverlust 2,42 W/m (Stahl) und für den minimalen Wärmeverlust 1 W/m (Kunststoff) der jeweilige Fixwert aus der ÖNORM Tabelle 7 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) herangezogen. Abschließend werden die Verluste der Wärmeverteilung mit der ÖNORM Gleichung 23 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3) für das jeweilige Nutzungsprofil berechnet. Wird die Warmwasseraufbereitung laut AGWR dezentral durchgeführt, dann wird lediglich die Stichleitung als Wärmeverteilungsverlust gerechnet.

4.2.3.3 Verluste des Warmwasserspeichers ÖNORM H5056 Kap.6.4

Bei den Warmwasserspeicherverlusten wird die Annahme getroffen, dass der Speicher im konditionierten Raum aufgestellt ist. Der Nenninhalt des Wärmespeichers wird entsprechend dem Energieträger (Kapitel 4.1.8) nach der (ÖNORM H5056 Kapitel 6.4) Tabelle 12 bestimmt. Für die Berechnung der Speicherwärmeverluste wird bis auf den strombeheizten Speicher („direkter beheizter Speicher“) jeweils ein „indirekt beheizter Warmwasserspeicher“ nach der (ÖNORM H5056 Kapitel 6.4) Tabelle 11 herangezogen.

Die mittlere Betriebstemperatur für den Warmwasserspeicher wird bei den Einfamilienhäusern mit 55°C³³ definiert. Bei den Mehrfamilienhäusern und Nicht-Wohngebäuden (Büro, Verkauf,

³³ auch bei Solarspeicher und Wärmepumpenspeicher

Beherbergung) wird hingegen mit einer mittleren Betriebstemperatur von 60°C ausgegangen. Wird der Speicher mit Strom beheizt, werden unabhängig der Gebäudekategorie die Speicherverluste mit einer mittleren Betriebstemperatur von 65°C berechnet (ÖNORM H5056 Kapitel 6.4 / Tabelle 15). Das Baualter vom Speicher wird im idealen Fall (MIN) mit „nach 1994“ und im schlechtesten Fall (MAX) mit „bis 1977“ angenommen. Die Anschlussverluste q_{at} werden entsprechend der (ÖNORM H5056 Kapitel 6.4) Tabelle 13 verwendet. Dabei werden für den idealen Fall die gedämmten und im schlechtesten Fall die ungedämmten Anschlussteile herangezogen. Die monatlichen Wärmeverluste durch Speicherung werden abschließend anhand der ÖNORM Gleichung 29 (ÖNORM H5056 Kapitel 8.4) berechnet.

4.2.3.4 Verluste der Wärmebereitstellung für Warmwasser ÖNORM H5056 Kap.6.5

Die Bereitstellungsverluste werden immer im getrennten Betrieb von der Raumwärmebereitstellung betrachtet. Bei bekanntem Energieträger der Warmwasserbereitstellung werden die Bereitstellungsverluste des Kessels für den Fall „ohne Modulierungsmöglichkeit“ mit den ÖNORM Gleichungen 33, 34 und 35 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) berechnet. Die Nennleistung zur Warmwasserbereitung wird mit der ÖNORM Gleichung 37a (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) bestimmt. Die zusätzlichen Verluste infolge der Einschalthäufigkeit werden nicht berücksichtigt. Der Wirkungsgrad ($\eta_{100\%}$) und die Bereitschaftsverluste ($q_{bb,Pb}$) werden anhand der (ÖNORM H5056 Kapitel 15) Tabellen 60 und Tabelle 62 berechnet. Dabei werden folgende Faktoren (siehe Tabelle 21) herangezogen.

$\eta_{100\%} = \frac{A + B * \log(P_{KN})}{100}$	<i>Gl.2</i>
$q_{bb, Pb} = \frac{E - F * \log(P_{KN})}{100}$	<i>Gl.3</i>

Tabelle 21 Wirkungsgrad $\eta_{100\%}$ und Bereitschaftsverluste $q_{bb,Pb}$ Faktoren

Fall	Brennstoff	Kesseltyp	Baujahr	Faktor A	Faktor B	Faktor E	Faktor F
MIN	Gas, Öl	Brennwert	nach 1994	91	1	1,75	0,55
MAX	Gas, Öl	Standard	vor 1978	79	2	3,1	0,8
MIN	Biomasse	automatisch	nach 1994	71,3	6,7	3,2	0,8
MAX	Biomasse	händisch	vor 1978	60	7,7	5,7	1

Die Anpassung des Kesselwirkungsgrades an die Betriebsbedingungen wird mit Hilfe der Korrekturwerte aus der Tabelle 64 (ÖNORM H5056 Kapitel 15) für den entsprechend Energieträger und dem Leistungsbereich durchgeführt. Auch die Bereitschaftsverluste werden anhand der Gleichung

39a (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) für die Betriebsbedingungen berechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Heizkessel im konditionierten Raum (20°C) steht und es werden für die Berechnung die mittleren Betriebstemperaturen vom Warmwasserspeicher (Kapitel 4.2.3.3) bezogen. Die Betriebszeit wird nach der ÖNORM Gleichung 36 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) berechnet und die daraus resultierende Betriebsbereitschaftszeit wird nach der ÖNORM Gleichung 38 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) errechnet. Die Fernwärmebereitstellungsverluste werden nach der ÖNORM Gleichung 47a (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) mit der Annahme „Betrieb im Sekundärkreis“ durchgeführt. Für den Strom werden die Bereitstellungsverluste nach der ÖNORM Gleichung 45 (ÖNORM H5056 Kapitel 6.5) berechnet.

Wird die Bereitstellung vom Warmwasser mit einer Solarthermieranlage durchgeführt, so wird im idealen Fall (MIN) mit einem Deckungsgrad von 70% und im schlechtesten Fall (MAX) von 50% ausgegangen. Der Deckungsgrad bezieht sich auf den Warmwasserwärmebedarf $wwwb$ (Kapitel 4.2.2), für den restlichen Energiebedarf wird davon ausgegangen, dass dieser mit dem Hauptbrennstoff abgedeckt wird.

Im Fall der Wärmepumpe wird ein vereinfachter Berechnungsansatz im Vergleich zu der ÖNORM 5056 angewendet. Dabei wird bei der Berechnung (monovalente Betriebsweise) der Wärmepumpe im idealen Fall (MIN) mit einer fixen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 und im schlechtesten Fall mit einer fixen Jahresarbeitszahl von 2 ausgegangen.

Ist der Energieträger unbekannt, dann werden die Bereitstellungsverluste für den idealen Fall anhand des Referenzsystems der Fernwärme und im schlechtesten Fall der Biomasse berechnet.

Die Summe der Abgabe-, Verteil-, Speicher und Bereitstellungsverluste (4.2.3.1, 4.2.3.2, 4.2.3.3, 4.2.3.4) ergeben die Verluste der Warmwasserbereitung. Im Anhang Kapitel 6.1 werden alle Heiztechnikkonfigurationen nach Energieträger für die Warmwasserbereitstellung angeführt.

4.2.4 Verluste der Raumheizung (HTEB RH)

Die Abschätzung des Heiztechnikenergiebedarfs der Raumheizung wird wie bei der Warmwasseraufbereitung für den energetisch optimalen und für den energetisch schlechtesten Fall durchgeführt. Die solarthermische Raumheizungsbereitstellung wird nicht berücksichtigt. Die verwendeten Kennwerte und die Randbedingungen der Berechnung werden in den folgenden Kapiteln 4.2.4.1 bis 4.2.4.4 beschrieben. Die detaillierte Raumwärmeheiztechnikkonfiguration für die entsprechenden Energieträger kann aus dem Kapitel 6.1 entnommen werden.

4.2.4.1 Verluste der Wärmeabgabe an den Raum ÖNORM H5056 Kap.7.2

Für den spezifischen Wärmeverlust der Regelung und dem Wärmeabgabesystem werden jeweils die minimalen und maximalen Wärmeverlustwerte aus der ÖNORM Tabelle 20 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.2) und 21 für die Berechnung herangezogen:

- Wärmeverlust Regelung → Maximalwert 2,91 W/m² / Minimalwert 0,38 W/m²
- Wärmeverlust Wärmeabgabe → Maximalwert 0,25 W/m² / Minimalwert 0,25 W/m²

Die spezifischen Wärmeverluste aus der ÖNORM Tabelle 22 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.2) werden nicht berücksichtigt. Der gesamte Verlust der Wärmeabgabe an den Raum wird in Abhängigkeit des Nutzungsprofils mit der ÖNORM Gleichung 53 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.2) berechnet. Im Falle mehrerer verschiedener Nutzungsprofile werden die Wärmeabgabeverluste der einzelnen Nutzungseinheit in der Gebäudeebene aggregiert.

4.2.4.2 Wärmeverteilung Raumheizung ÖNORM H5056 Kap.7.3

Wie bei den Warmwasserverteilungsverlusten 4.2.3.2 wird die Annahme getroffen, dass die Verteilleitungen nur im konditionierten Raum verlegt wurden. Die minimale mittlere Heizkreistemperatur wurde mit 31,5°C und die maximale mittlere Heizkreistemperatur mit 80°C festgelegt. Dieser Kennwert wurde aus der Tabelle 3 (ÖNORM H5056 Kapitel 4.3) bei konstanter Betriebsweise mit der ÖNORM Gleichung 5 (ÖNORM H5056 Kapitel 4.4) berechnet. Die Temperaturdifferenz der Wärmeverteilung im konditionierten Raum wird nach der ÖNORM Gleichung 56c (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) berechnet. Für die Leitungslängen der Verteil- und Anbindeleitung wurden die Defaultwerte der Leitungslängen aus der ÖNORM Tabelle 24 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) verwendet. Bei der Anbindeleitung werden die Defaultwerte der „kleinflächige Wärmeabgabe“ in der Berechnung angewendet. Die folgende Tabelle 22 stellt die verwendeten Defaultwerte der Leitungslängen je nach Leitungsart dar.

Tabelle 22 Defaultwerte Leitungslänge (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3)

Art der Leitung	Leitungslänge
Verteilleitung	$7,0 + 0,013 \cdot \text{BF}$
Steigleitung	$0,05 \cdot \text{BF}$
Anbindeleitung	$0,7 \cdot \text{BF}$

Als Minimalwert für den Wärmeverlust von Rohrleitungen wird $0,24 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ aus der ÖNORM Tabelle 25 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) verwendet, dies entspricht einer Dämmdicke, die gleich groß ist, wie der Rohrdurchmesser. Der Maximalwert ergibt sich aus dem Fixwert von ungedämmten Rohrleitungen, der Einfluss des Rohrdurchmessers in Abhängigkeit der Bruttogesamtfläche (BGF) aus der ÖNORM Tabelle 23 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) wird in der Berechnung berücksichtigt. Das bedeutet, dass je nach Art der Leitung und Bruttogesamtfläche verschiedene maximale Wärmeverlustwerte angewendet werden. In der Tabelle 23 werden die flächenabhängigen Wärmeverluste angeführt.

Tabelle 23 Maximale Wärmeverluste (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3)

Art der Leitung	Flächenbezug	Maximaler Wärmeverlust
Verteilleitung	$\text{BGF} < 250 \text{ m}^2$	$0,842 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Verteilleitung	$\text{BGF} \geq 250 \text{ m}^2 \text{ BGF} < 1000 \text{ m}^2$	$1,589 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Verteilleitung	$\text{BGF} \geq 1000 \text{ m}^2$	$2,087 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Steigleitung	$\text{BGF} < 250 \text{ m}^2$	$0,842 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Steigleitung	$\text{BGF} \geq 250 \text{ m}^2 \text{ BGF} < 1000 \text{ m}^2$	$1,091 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Steigleitung	$\text{BGF} \geq 1000 \text{ m}^2$	$1,34 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Anbindeleitung	$\text{BGF} < 250 \text{ m}^2 \text{ BGF} \geq 1000 \text{ m}^2$	$0,842 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Bei den äquivalenten Rohrleitungslängen der Raumheizung wurde jeweils der Maximale und der Minimale Defaultwert von fero Verteill., fero Steigl. und fero Anbindel. aus der ÖNORM Tabelle 26 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) angewendet.

fero Verteill. → Maximalwert 1,2 / Minimalwert 1,5

fero Steigl. → Maximalwert 1,1 / Minimalwert 1,25

fero Anbindel. → Maximalwert 1,04 / Minimalwert 1,18

Abschließend werden die Verluste durch Wärmeverteilung der Raumheizung mit der ÖNORM Gleichung 55 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3) für das jeweilige Nutzungsprofil berechnet. Wird die

Raumheizungsbereitstellung laut AGWR dezentral (Raumheizgeräte oder Etagenheizung) durchgeführt, dann wird lediglich die Anbindeleitung als Wärmeverteilungsverlust gerechnet.

4.2.4.3 Verluste der Wärmespeicherung Raumheizung ÖNORM H 5056 Kap.7.4

Verluste, die sich durch den Wärmespeicher der Raumheizung ergeben, werden im Berechnungsmodell nicht berücksichtigt.

4.2.4.4 Verluste der Wärmebereitstellung Raumheizung ÖNORM H 5056 Kap.7.5

Für die Berechnung der Wärmebereitstellung wird die Annahme getroffen, dass der jeweilige Heizkessel ohne Modulierungsmöglichkeit ausgestattet und im konditionierten Raum aufgestellt ist. Die Berechnung der benötigten monatlichen Heizenergie wird nach der ÖNORM Gleichung 59 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) durchgeführt. Die zusätzlichen Verluste infolge der Einschalthäufigkeit werden nicht berücksichtigt. Die Nennleistung der Raumheizung wird anhand der Transmissionsverluste und der Summe der einzelnen Lüftungsverluste je Nutzungsprofil für das Gebäude nach der ÖNORM Gleichung 61b (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) bestimmt. In diese Berechnung fließt auch die jeweilige Normaußentemperatur³⁴ abhängig vom Standort und der Seehöhe ein. Wurde die Seehöhe aufgrund eines Datenlochs (siehe Kapitel 3.3.4 Laserscan) auf null gesetzt, wird für das Gebäude die mittlere Seehöhe der Gemeinde³⁵ verwendet. Im Fall der zentralen Raumwärmebereitstellung werden die Verluste der Wärmebereitstellung anhand der gesamten Nennleistung des Gebäudes gerechnet. Hingegen wird im dezentralen Fall die berechnete Nennleistung anteilmäßig über die Fläche den Nutzungseinheiten zugeteilt. Ist in der Untersuchungsregion eine Kaminkehrerdatenbank vorhanden und im Datensatz des AGWR wird nur ein Heizsystem ausgewiesen, so wird die Information der Kesselleistung aus der Kaminkehrerdatenbank für die Berechnung herangezogen. Dies hat den Vorteil, dass im Berechnungsmodell die tatsächliche Kesselleistung berücksichtigt wird. Anhand der bestimmten Heizenergie sowie der Nennleistung werden mit den ÖNORM Gleichungen 64a und 65 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) die Kesselaufzeit und die Betriebsbereitschaftsdauer berechnet.

Der Heizkesselwirkungsgrad ($\eta_{100\%}$) und die Bereitschaftsverluste ($q_{bb, Pb}$) werden anhand der (ÖNORM H5056 Kapitel 15) Tabellen 60 und Tabelle 62 berechnet. Dabei werden folgende Faktoren (siehe Tabelle 21) für die Energieträger herangezogen.

$\eta_{100\%} = \frac{A + B * \log(P_{KN})}{100}$	Gl.4
$q_{bb, Pb} = \frac{E - F * \log(P_{KN})}{100}$	Gl.5

³⁴ Normaußentemperatur vom Template Kapitel 3.5 (Quelle: Österreichisches Institut für Bautechnik)

³⁵ Mittlere Seehöhe der Gemeinde wird ebenfalls aus Normaußentemperatur Template entnommen

Tabelle 24 Wirkungsgrad $\eta_{100\%}$ und Bereitschaftsverluste $q_{bb,Pb}$ Faktoren

Fall	Brennstoff	Kesseltyp	Baujahr	Faktor A	Faktor B	Faktor E	Faktor F
MIN	Gas, Öl	Brennwert	nach 1994	91	1	1,75	0,55
MAX	Gas, Öl	Standard	vor 1978	79	2	3,1	0,8
MIN	Biomasse	automatisch	nach 1994	71,3	6,7	3,2	0,8
MAX	Biomasse	händisch	vor 1978	60	7,7	5,7	1

Die Anpassung des Kesselwirkungsgrades an die Betriebsbedingungen wird mithilfe der Korrekturwerte aus der Tabelle 64 (ÖNORM H5056 Kapitel 15) für den entsprechenden Energieträger und den Leistungsbereich durchgeführt. Auch die Bereitschaftsverluste werden anhand der Gleichung 66a (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) für die Betriebsbedingungen berechnet. Im idealen Fall wird eine mittlere Betriebstemperatur von 40°C und im schlechtesten Fall von 80°C verwendet. Abschließend werden mit der ÖNORM Gleichung 62 und Gleichung 63 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) die monatlichen Verluste des definierten Heizkessels anhand der Brennstoffinformation berechnet.

Die Fernwärmebereitstellungsverluste werden nach der ÖNORM Gleichung 77 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) mit der Annahme „Betrieb im Sekundärkreis“ durchgeführt. Für den Strom werden die Bereitstellungsverluste nach der ÖNORM Gleichung 75 (ÖNORM H5056 Kapitel 7.5) berechnet.

Im Fall der Wärmepumpe wird ein vereinfachter Berechnungsansatz im Vergleich zu der ÖNORM 5056 angewendet. Dabei wird bei der Berechnung (monovalente Betriebsweise) der Wärmepumpe im idealen Fall (MIN) mit einer fixen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 und im schlechtesten Fall mit einer fixen Jahresarbeitszahl von 2 ausgegangen.

Ist der Energieträger unbekannt, dann werden die Bereitstellungsverluste für den idealen Fall anhand des Referenzsystems der Fernwärme und im schlechtesten Fall der Biomasse berechnet.

Es wird keine Solarthermie für die Bereitstellung der Raumwärme in dem Berechnungsmodell abgebildet. Die Summe der Abgabe-, Verteil- und Bereitstellungsverluste (4.2.4.1, 4.2.4.2, 4.2.4.4) ergibt den Heiztechnikbedarf der Raumheizung. Im Anhang Kapitel 6.2 werden alle Heiztechnikkonfigurationen nach Energieträger für die Raumwärmebereitstellung angeführt.

4.2.5 Hilfsenergie (HE) ÖNORM H5056 Kap. 12

Bei der Hilfsenergieberechnung wird aufgrund der unbekannten realen Situation ein Standardequipment für jeden Energieträger definiert. Die detaillierte Zusammenstellung des Standard Equipments zur Berechnung der Hilfsenergie kann aus dem Anhang 6.1 und 6.2 entnommen werden. Die Berechnung der Hilfsenergie wird entsprechend den Vorgaben aus der ÖNORM H5056 Kapitel 12 durchgeführt. Im Fall der Wärmebereitstellung durch Wärmepumpe oder Solarthermie wird keine Hilfsenergie berücksichtigt.

4.2.6 Heizenergiebedarf für Trinkwasser ÖNORM H5056 Kapitel 5.2 (HEB TW)

Der Heizenergiebedarf für die Warmwasserbereitung wird nach der ÖNORM Gleichung 11 (ÖNORM H5056 Kapitel 5.2) ermittelt.

4.2.7 Heizenergiebedarf für Raumheizung ÖNORM H5050 (HEB RH)

Die Berechnung des Heizenergiebedarfs für Raumheizung wird das Referenzklima entsprechend der ÖNORM H5050 Kapitel 6.4.1 berechnet. Für das Standortklima wird die Bilanzierung gemäß dem ÖNORM H5050 Kapitel 6.5.1 durchgeführt.

4.2.8 Beleuchtungsenergiebedarf, Haushalts- und Betriebsstrombedarf (SB)

Der Haushaltsstrombedarf wird entsprechend ÖNORM H5050 Kapitel 4.2 berechnet. Für Nicht-Wohngebäude wird die Berechnung des Betriebsstrombedarfs nach dem ÖNORM H5050 Kapitel 4.3 durchgeführt. Zusätzlich wird beim Nicht-Wohngebäude, der Beleuchtungsenergiebedarf in Anlehnung an die ÖNORM H5059 durchgeführt.

4.2.9 Endenergiebedarf (EEB)

Der Endenergiebedarf ergibt sich aus der Summe von Heizenergiebedarf für Warmwasser (Kapitel 4.2.6), Heizenergiebedarf für Raumheizung (Kapitel 4.2.7) und dem Strombedarf (Kapitel 4.2.8). Der Kühlbedarf wird in der Endenergiebedarfsberechnung nicht mit einbezogen, das bedeutet, die berechnete Kennzahl bezieht sich auf den Wärme- und Strombedarf.

Wie in der Einleitung erwähnt, wird der Raumluftheizenergiebedarf (ÖNORM H5057) und der Kühltechnikenergiebedarf (ÖNORM H5058) aufgrund der fehlenden Datengrundlagen nicht im Berechnungsmodell berücksichtigt. In Folge dessen werden die genannten Kennzahlen nicht beim Endenergiebedarf berücksichtigt.

4.2.10 Primärenergiebedarf und Kohlendioxidemission (PEB, CO₂)

Als Basis für den Primärenergiebedarfs und der Kohlendioxidemissionsberechnung werden die Konversionsfaktoren der OIB Richtlinie 6 verwendet, siehe Tabelle 25.

Tabelle 25 Konversionsfaktoren³⁶

Energieträger	f _{PE} [-]	f _{CO₂} [g/kWh]
Erdgas	1,17	236
Heizöl	1,23	311
Kohle	1,46	337
Biomasse	1,08	4
Fernwärme (nicht erneuerbar)	1,52	291
Strom (Österreich Mix)	1,91	276
Unbekannt (Mittelwert)	1,4	242,5

Die Teilergebnisse Hilfsenergie (4.2.5), Heizenergiebedarf für Warmwasser (4.2.6), Heizenergiebedarf für Raumheizung (4.2.7) und Strombedarf (4.2.8) werden jeweils mit den energieträgerabhängigen Primärenergiefaktoren und CO₂- Faktoren multipliziert und aufsummiert. Dabei werden folgende Annahmen und Energieträgerzuordnungen festgelegt.

Berechnung der einzelnen Primärenergie- und Kohlendioxidemissionsanteile (f_{PE}) / (f_{CO₂}) ohne Ausweisung der erneuerbaren Energieanteile:

- Bei der Hilfsenergie wird der Konversionsfaktor Strom (Österreich-Mix) verwendet.
- Der Primärenergie- und Kohlendioxidemissionsanteil vom Heizenergiebedarf für Warmwasser wird anhand der Konversionsfaktoren der angegebenen Energieträger berechnet. Beim unbekannten Energieträger (berechnetes Referenzsystem Fernwärme → MIN Ansatz Biomasse → MAX Ansatz) wird der Mittelwert der Konversionsfaktoren verwendet.
- Die Ermittlung des Primärenergie- und Kohlendioxidemissionsanteils Heizenergiebedarf für Raumheizung wird wie folgt definiert:
 - Wenn im Gebäude die Raumheizungsbereitstellung mit einem Energieträger erfolgt, wird der jeweilige Konversionsfaktor des Energieträgers verwendet.
 - Sind zwei oder mehrere Energieträger für die Raumheizungsbereitstellung in der Datenbank angegeben, so wird flächenanteilmäßig entsprechend dem Energieträger der Konversionsfaktor verwendet.

³⁶ auf Basis der OIB Richtlinie 6 Oktober 2015

- Beim unbekannten Energieträger (berechnetes Referenzsystem Fernwärme → MIN Ansatz Biomasse → MAX Ansatz) wird der Mittelwert der Konversionsfaktoren verwendet.

5 Validierung vom Berechnungsmodell

Für die Validierung des Berechnungsmodells wurde in der Software ein eigenes Testmodul implementiert. Anhand von dem Testmodul können die einzelnen Berechnungsschritte mit deren Ergebnissen nachvollzogen und validiert werden. Für die Validierung wurde zusätzlich das Excel-Tool³⁷ der dritten Energieausweisgeneration herangezogen. Dabei wurde die Heiztechnik nach den definierten Rahmenbedingungen (siehe Kapitel 4.2.3 und 4.2.4) für den energetisch günstigsten und schlechtesten Fall nachgebildet und validiert. Zu dem Testmodul wurde unabhängig das Validierungsbasismodell (Tabelle 26) im GIS³⁸ nachgebildet und wie beim Standardanwendungsprozess als Geodatenbank (Naturbestand) eingelesen. Die weiteren nötigen Gebäudeeigenschaften nach dem Validierungsbeispiel wurden in eigens angelegten Testdatensätzen (AGWR / Template) für die Validierung eingetragen. Damit konnten auch die Subprozesse (Datenintegration und Korrekturverfahren) der Software überprüft werden. Das verwendete Basismodell wird in der folgende Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26 Validierungsmodell

Basismodell der Validierung:

Abmessungen 12 m x 8m x 6 m (L x B x H)

Fensterfläche:

- 10% Fensterflächenanteil an der Außenwandfläche (24 m²), davon sind
 - 50% Süd-orientiert (12 m²)
 - je 20% Ost- und West-orientiert (je 4,8 m²) und
 - 10% Nord-orientiert (2,4 m²)

U- Werte:

- Oberste Geschoßdecke: $U_{OD} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu geschlossenem Dachraum,
- Außenwand: $U_{AW} = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- Fenster: $U_{FE} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $g = 0,67$ (für alle Fenster ident),
- unterste Geschoßdecke: $U_{EB} = 0,49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu geschlossener Garage.

Bauweise:

- leicht

³⁷ Excel Tool (EA-3G 2015-06-29xb) Christian Pöhn MA 39

³⁸ Geographic Information Systems (GIS)

Das Basismodell wurde aus der ÖNORM 8110-6 Beiblatt 1 entnommen. Um die detaillierten Berechnungsschritte des Normvalidierungsbeispiels nachzuvollziehen, wurden die Beispiele in dem Excel Tool für jede Heiztechnik Konfiguration (Kapitel 6.1 und 6.2) eingearbeitet. Zu dem klassischen Nutzungsprofil Einfamilienhaus „EFH“ wurden auch die Nutzungsprofile der Nicht-Wohngebäude (Bürogebäude, Hotels und Verkaufsstätten) mit der Heiztechnik Konfiguration GAS MIN & MAX validiert. Bei der Validierung wurde eine zentrale Anordnung der Heiztechnik verwendet. Für die Validierung des Standortklimas wurde Innsbruck als Standort herangezogen. Die detaillierten Validierungsergebnisse können aus dem Anhang 6.3 entnommen werden.

6 Anhang

6.1 Warmwasseraufbereitungskonfigurationen nach Energieträger

Tabelle 27 Konfiguration Gas Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung				
	Anordnung		zentral	
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer	
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung	
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt	
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt	
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation	
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)	
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen	
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, gasbeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)	
	E-Patrone		ohne E-Patrone	
	Anschlussteile		Anschlussteile gedämmt	
	Aufstellungsort		konditioniert	
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Gas	
	Art der Wärmebereitstellung		BW-Kessel, gasbeheizt (1994 -)	
	Anordnung		konditioniert	
	Leistungsregelung		nicht modulierend	
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–	
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–	
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse	
	Baujahr des Gebläses		vor 2004	
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–	

Tabelle 28 Konfiguration Gas Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung				
	Anordnung		zentral	
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen	
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung	
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt	
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt	
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation	
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)	
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen	
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, gasbeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)	
	E-Patrone		ohne E-Patrone	
	Anschlussteile		Anschlussteile ungedämmt	
	Aufstellungsort		konditioniert	
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Gas	
	Art der Wärmebereitstellung		Standardkessel, gasbeheizt (.... - 1977)	
	Anordnung		konditioniert	
	Leistungsregelung		nicht modulierend	
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–	
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–	
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse	
	Baujahr des Gebläses		vor 2004	
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–	

Tabelle 29 Konfiguration Öl Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, ölbeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Öl
	Art der Wärmebereitstellung		BW-Kessel, ölbeheizt (1994 -)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		Heizöl leicht
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		vor 2004
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 30 Konfiguration Öl Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, ölbeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Öl
	Art der Wärmebereitstellung		Standardkessel, ölbeheiztbeheizt (.... - 1977)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		Heizöl leicht
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		vor 2004
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 31 Konfiguration Biomasse Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, festbrennstoffbeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Biomasse
	Art der Wärmebereitstellung		Heizkessel, biomassebeheizt automatisch (1994 -)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		Fördergebläse

Tabelle 32 Konfiguration Biomasse Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, festbrennstoffbeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Biomasse
	Art der Wärmebereitstellung		Heizkessel, festbrennstoffbeheizt, händisch (.... - 1977)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		Fördergebläse

Tabelle 33 Konfiguration Strom Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		direkt elektrisch beheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art der Wärmebereitstellung		Stromdirektheizung
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 34 Konfiguration Strom Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		direkt elektrisch beheizter Warmwasserspeicher (.... - 1988)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art der Wärmebereitstellung		Stromdirektheizung
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 35 Konfiguration Fernwärme Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, fernwärmebeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Fernwärme (unbekannt)
	Art der Wärmebereitstellung		Fernwärme (sekundär)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 36 Konfiguration Fernwärme Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, fernwärmebeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Fernwärme (unbekannt)
	Art der Wärmebereitstellung		Fernwärme (sekundär)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 37 Konfiguration Wärmepumpe Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, wärmepumpenbeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Wärmepumpe
	Art der Wärmebereitstellung		monovalente WP (JAZ 4)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 38 Konfiguration Wärmepumpe Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, wärmepumpenbeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Wärmepumpe
	Art der Wärmebereitstellung		monovalente WP (JAZ 2)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 39 Konfiguration Solarthermie Warmwasser MIN Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Thermostatmischer
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Kunststoff (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, solarbeheizter Warmwasserspeicher (1994 -)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Solarthermie
	Art der Wärmebereitstellung		Solarthermie Deckungsgrad 70%
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 40 Konfiguration Solarthermie Warmwasser MAX Ansatz

Angaben zur Warmwasserbereitung			
	Anordnung		zentral
WW-Abgabesystem	Art der Armaturen		Zweigriffarmaturen
	Art der Abrechnung		individuelle WW-Verbrauchsermittlung
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Zirkulation	mit/ohne Zirkulation		ohne Zirkulation
Stichleitung	Material Rohrleitung		Stahl (Stichl.)
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
WW-Wärme-speichersystem	Art		indirekt, solarbeheizter Warmwasserspeicher (.... - 1977)
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile ungedämmt
	Aufstellungsort		konditioniert
WW-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Solarthermie
	Art der Wärmebereitstellung		Solarthermie Deckungsgrad 50%
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

6.2 Raumwärmebereitstellungskonfigurationen nach Energieträger

Tabelle 41 Konfiguration Gas Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlussteile		Anschlussteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Erdgas
	Art des Heizkessels		BW-Kessel, gasbeheizt (1994 -)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		mit Gebläse
	Baujahr des Gebläses		nach 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 42 Konfiguration Gas Raumwärme MAX Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlussteile		Anschlussteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Erdgas
	Art des Heizkessels		Standardkessel, gasbeheizt (.... - 1977)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		mit Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 43 Konfiguration Öl Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Heizöl
	Art des Heizkessels		BW-Kessel, ölbeheizt (1994 -)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		Heizöl extraleicht
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		nach 2004
	Gebläse für Brenner		mit Gebläse
	Baujahr des Gebläses		nach 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 44 Konfiguration Öl Raumwärme MAX Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Heizöl
	Art des Heizkessels		Standardkessel, ölbeheiztbeheizt (.... - 1977)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		Heizöl extraleicht
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		vor 2004
	Gebläse für Brenner		mit Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 45 Konfiguration Biomasse Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Biomasse
	Art des Heizkessels		Heizkessel, biomassebeheizt automatisch (1994 -)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		Fördergebläse

Tabelle 46 Konfiguration Biomasse Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Biomasse
	Art des Heizkessels		Heizkessel, festbrennstoffbeheizt, händisch (.... - 1977)
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		Fördergebläse

Tabelle 47 Konfiguration Strom Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art des Heizkessels		Stromdirektheizung
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 48 Konfiguration Strom Raumwärme MAX Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art des Heizkessels		Stromdirektheizung
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 49 Konfiguration Fernwärme Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung				
Allgemeines RH	Anordnung		zentral	
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion	
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer	
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung	
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)	
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise	
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt	
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt	
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt	
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen	
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher	
	E-Patrone		ohne E-Patrone	
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt	
	Aufstellungsort		nicht konditioniert	
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Fernwärme (unbekannt)	
	Art des Heizkessels		Fernwärme (sekundär)	
	Anordnung		konditioniert	
	Leistungsregelung		nicht modulierend	
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–	
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–	
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse	
	Baujahr des Gebläses		vor 2004	
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–	

Tabelle 50 Konfiguration Fernwärme Raumwärme MAX Ansatz

Angaben zur Raumheizung				
Allgemeines RH	Anordnung		zentral	
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung	
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer	
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung	
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)	
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise	
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt	
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)	
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt	
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt	
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt	
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen	
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher	
	E-Patrone		ohne E-Patrone	
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt	
	Aufstellungsort		nicht konditioniert	
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Fernwärme (unbekannt)	
	Art des Heizkessels		Fernwärme (sekundär)	
	Anordnung		konditioniert	
	Leistungsregelung		nicht modulierend	
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–	
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–	
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse	
	Baujahr des Gebläses		vor 2004	
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–	

Tabelle 51 Konfiguration Wärmepumpe Raumwärme MIN Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		Einzelraumregelung mit elektronischem Regelgerät mit Optimierungsfunktion
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Flächenheizung (35 °C / 28 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		3/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen gedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art des Heizkessels		Wärmepumpe
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

Tabelle 52 Konfiguration Wärmepumpe Raumwärme MAX Ansatz

Angaben zur Raumheizung			
Allgemeines RH	Anordnung		zentral
RH-Wärmeabgabe	Art der Regelung		keine Temperaturregelung
	Art		Kleinflächige Wärmeabgabe wie Radiatoren, Einzelraumheizer
	Art der Abrechnung		individuelle RH-Verbrauchsermittlung
	Systemtemperatur		Heizkörper (90 °C / 70 °C)
	Heizkreisregelung		konstante Betriebsweise
Verteilleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Verteill.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Steigleitung	Anordnung		konditionierte Lage (Steigl.)
	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Anbindeleitung	Wärmedämmung Rohrleitung		0/3 gedämmt
	Wärmedämmung Armaturen		Armaturen ungedämmt
Leitungslängen	default/individuell		Defaultleitungslängen übernommen
RH-Wärme-speichersystem	Art		kein Speicher
	E-Patrone		ohne E-Patrone
	Anschlusssteile		Anschlusssteile gedämmt
	Aufstellungsort		nicht konditioniert
RH-Wärmebe-reitstellungssystem	Energieträger		Strom (Österreich-Mix. 2015)
	Art des Heizkessels		Wärmepumpe
	Anordnung		konditioniert
	Leistungsregelung		nicht modulierend
	Art des Heizöls (nur bei Öl)		–
	Baujahr der Pumpe (nur bei Öl)		–
	Gebläse für Brenner		ohne Gebläse
	Baujahr des Gebläses		vor 2004
	Brennstoffförderung (nur bei Biomasse)		–

6.3 Validierungsergebnisse nach Konfigurationszusammenstellungen

6.3.1 Validierungsergebnisse entsprechend den Anlagenkonfigurationen aus dem Excel Tool³⁹

Tabelle 53 Validierungsergebnisse Gas MIN Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	9	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]
Jänner	388,53	8,72	2.883,95310995	48,14	3.329,340	Jänner	388,53	8,72	3.025,64	54,17	3.477,05
Februar	350,93	7,87	2.130,13399371	35,49	2.524,425	Februar	350,93	7,87	2.333,85	41,73	2.734,38
März	388,53	8,72	1.648,37432895	27,34	2.072,955	März	388,53	8,72	1.915,95	34,15	2.347,34
April	375,99	8,44	942,41498726	15,46	1.342,308	April	375,99	8,44	1.234,65	21,87	1.640,95
Mai	388,53	8,72	275,34024400	4,22	676,801	Mai	388,53	8,72	747,52	13,07	1.157,83
Juni	375,99	8,44	0,00000000	0,00	384,429	Juni	375,99	8,44	193,13	3,08	590,63
Juli	388,53	8,72	0,00000000	0,00	397,244	Juli	388,53	8,72	0,00	0,00	397,24
August	388,53	8,72	0,00000000	0,00	397,244	August	388,53	8,72	0,00	0,00	397,24
September	375,99	8,44	207,22271208	3,08	594,736	September	375,99	8,44	526,43	9,09	919,95
Oktober	388,53	8,72	1.043,20975549	17,15	1.457,601	Oktober	388,53	8,72	1.217,88	21,55	1.636,68
November	375,99	8,44	1.884,60794885	31,33	2.300,366	November	375,99	8,44	2.091,64	37,33	2.513,40
Dezember	388,53	8,72	2.639,80315122	44,03	3.081,079	Dezember	388,53	8,72	2.899,44	51,89	3.348,58
Summe	4.574,58	102,645926601	13.655,060232	226,24200088	18.558,526	Summe	4.574,58	102,65	16.186,14	287,92	21.151,286
spezifisch	23,83 kWh/m³	0,53 kWh/m³	71,12 kWh/m³	1,18 kWh/m³	96,66 kWh/m³	spezifisch	23,83 kWh/m³	0,53 kWh/m³	84,30 kWh/m³	1,50 kWh/m³	110,16 kWh/m³

Tabelle 54 Validierungsergebnisse Gas MAX Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	9	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]
Jänner	644,37	8,72	7.182,70458755	63,18	7.898,974	Jänner	644,37	8,72	7.155,56	63,18	7.871,83
Februar	582,02	7,87	6.406,71844408	57,06	7.053,672	Februar	582,02	7,87	6.389,04	57,06	7.036,00
März	644,37	8,72	6.991,27260237	63,18	7.707,542	März	644,37	8,72	6.961,32	63,18	7.677,59
April	623,59	8,44	6.706,50818083	61,14	7.399,672	April	623,59	8,44	6.663,62	61,14	7.356,78
Mai	644,37	8,72	1.716,87567448	16,35	2.386,320	Mai	644,37	8,72	6.848,42	63,18	7.564,69
Juni	623,59	8,44	0,00000000	0,00	632,024	Juni	623,59	8,44	230,70	1,13	863,85
Juli	644,37	8,72	0,00000000	0,00	653,092	Juli	644,37	8,72	0,00	0,00	653,09
August	644,37	8,72	0,00000000	0,00	653,092	August	644,37	8,72	0,00	0,00	653,09
September	623,59	8,44	1.252,29741478	11,57	1.895,895	September	623,59	8,44	4.393,07	47,47	5.072,56
Oktober	644,37	8,72	6.931,18161708	63,18	7.647,451	Oktober	644,37	8,72	6.875,99	63,18	7.592,26
November	623,59	8,44	6.785,91003129	61,14	7.479,074	November	623,59	8,44	6.755,45	61,14	7.448,62
Dezember	644,37	8,72	7.123,64407087	63,18	7.839,914	Dezember	644,37	8,72	7.117,28	63,18	7.833,54
Summe	7.586,99	102,645926601	51.097,112623	459,97763557	59.246,722	Summe	7.586,99	102,65	59.390,44	543,83	67.623,899
spezifisch	39,52 kWh/m³	0,53 kWh/m³	266,13 kWh/m³	2,40 kWh/m³	308,58 kWh/m³	spezifisch	39,52 kWh/m³	0,53 kWh/m³	309,33 kWh/m³	2,83 kWh/m³	352,21 kWh/m³

Tabelle 55 Validierungsergebnisse Öl MIN Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	9	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]
Jänner	391,87	9,76	2.910,29902961	74,49	3.386,422	Jänner	391,87	9,76	3.053,31	83,81	3.538,75
Februar	353,95	8,82	2.149,55575167	54,91	2.567,234	Februar	353,95	8,82	2.355,17	64,56	2.782,49
März	391,87	9,76	1.663,33452450	42,30	2.107,266	März	391,87	9,76	1.933,39	52,83	2.387,86
April	379,23	9,44	950,87724406	23,93	1.363,481	April	379,23	9,44	1.245,82	33,84	1.668,33
Mai	391,87	9,76	277,64807975	6,53	685,807	Mai	391,87	9,76	754,20	20,22	1.176,05
Juni	379,23	9,44	0,00000000	0,00	388,678	Juni	379,23	9,44	194,70	4,76	588,14
Juli	391,87	9,76	0,00000000	0,00	401,634	Juli	391,87	9,76	0,00	0,00	401,63
August	391,87	9,76	0,00000000	0,00	401,634	August	391,87	9,76	0,00	0,00	401,63
September	379,23	9,44	208,91025201	4,77	602,360	September	379,23	9,44	531,08	14,07	933,82
Oktober	391,87	9,76	1.052,59342529	26,53	1.480,758	Oktober	391,87	9,76	1.228,89	33,35	1.663,88
November	379,23	9,44	1.901,75241135	48,47	2.338,904	November	379,23	9,44	2.110,70	57,76	2.557,14
Dezember	391,87	9,76	2.663,89925556	68,13	3.133,661	Dezember	391,87	9,76	2.925,95	80,29	3.407,87
Summe	4.614,01	114,909926601	13.778,869974	350,05174316	18.857,839	Summe	4.614,01	114,91	16.333,20	445,49	21.507,605
spezifisch	24,03 kWh/m³	0,60 kWh/m³	71,76 kWh/m³	1,82 kWh/m³	98,22 kWh/m³	spezifisch	24,03 kWh/m³	0,60 kWh/m³	85,07 kWh/m³	2,32 kWh/m³	112,02 kWh/m³

Tabelle 56 Validierungsergebnisse Öl MAX Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	9	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]	Wh/M bzw. [kWh/s]
Jänner	649,40	9,76	7.234,56689672	166,90	8.060,624	Jänner	649,40	9,76	7.203,97	166,90	8.030,02
Februar	586,55	8,82	6.453,56182010	150,75	7.199,678	Februar	586,55	8,82	6.432,76	150,75	7.178,88
März	649,40	9,76	7.043,13491154	166,90	7.869,192	März	649,40	9,76	7.009,72	166,90	7.835,78
April	628,45	9,44	6.756,69751229	161,52	7.556,107	April	628,45	9,44	6.710,46	161,52	7.509,87
Mai	649,40	9,76	1.730,29887220	43,20	2.432,652	Mai	649,40	9,76	6.896,82	166,90	7.722,88
Juni	628,45	9,44	0,00000000	0,00	637,892	Juni	628,45	9,44	231,57	2,98	872,44
Juli	649,40	9,76	0,00000000	0,00	659,155	Juli	649,40	9,76	0,00	0,00	659,15
August	649,40	9,76	0,00000000	0,00	659,155	August	649,40	9,76	0,00	0,00	659,15
September	628,45	9,44	1.261,79737094	30,57	1.930,282	September	628,45	9,44	4.429,44	125,40	5.192,73
Oktober	649,40	9,76	6.983,04392625	166,90	7.809,101	Oktober	649,40	9,76	6.924,39	166,90	7.750,45
November	628,45	9,44	6.836,09936275	161,52	7.635,509	November	628,45	9,44	6.802,30	161,52	7.601,71
Dezember	649,40	9,76	7.175,50638004	166,90	8.001,563	Dezember	649,40	9,76	7.165,68	166,90	7.991,74
Summe	7.646,11	114,909926601	51.474,707053	1.215,16649458	60.450,889	Summe	7.646,11	114,91	59.807,10	1.436,68	69.004,799
spezifisch	39,82 kWh/m³	0,60 kWh/m³	268,10 kWh/m³	6,33 kWh/m³	314,85 kWh/m³	spezifisch	39,82 kWh/m³	0,60 kWh/m³	311,50 kWh/m³	7,48 kWh/m³	359,40 kWh/m³

³⁹ Excel Tool (EA-3G 2015-06-29xb) Christian Pöhn MA 39

Tabelle 57 Validierungsergebnisse Biomasse MIN Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}	H 5050 6.5.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	9	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a
Jänner	470,99	408,45	3.317,73569148	42,07	4.239,251	Jänner	470,99	408,45	3.478,26	47,28	4.404,98
Februar	425,41	407,54	2.454,04449766	31,10	3.318,104	Februar	425,41	407,54	2.685,61	36,49	3.555,06
März	470,99	408,45	1.905,45047221	24,12	2.809,007	März	470,99	408,45	2.209,87	29,99	3.119,31
April	455,80	408,15	1.097,84009193	13,85	1.975,636	April	455,80	408,15	1.430,49	19,38	2.313,82
Mai	470,99	408,45	336,05176324	3,88	1.219,375	Mai	470,99	408,45	874,34	11,80	1.765,58
Juni	455,80	408,15	0,00000000	0,00	863,946	Juni	455,80	408,15	240,02	2,83	1.106,79
Juli	470,99	408,45	0,00000000	0,00	879,441	Juli	470,99	408,45	0,00	0,00	879,44
August	470,99	408,45	0,00000000	0,00	879,441	August	470,99	408,45	0,00	0,00	879,44
September	455,80	408,15	257,50421086	2,85	1.124,300	September	455,80	408,15	620,99	8,26	1.493,20
Oktober	470,99	408,45	1.213,73821924	15,32	2.108,499	Oktober	470,99	408,45	1.411,97	19,12	2.310,54
November	455,80	408,15	2.174,78088585	27,54	3.066,271	November	455,80	408,15	2.410,04	32,73	3.306,71
Dezember	470,99	408,45	3.038,66859896	38,53	3.956,636	Dezember	470,99	408,45	3.334,02	45,31	4.258,77
Summe	5.545,58	4.899,247930	15.795,814431	199,26646422	26.439,907	Summe	5.545,58	4.899,25	18.695,62	253,19	29.393,633
spezifisch	28,88 kWh/m³a	25,52 kWh/m³a	82,27 kWh/m³a	1,04 kWh/m³a	137,71 kWh/m³a	spezifisch	28,88 kWh/m³a	25,52 kWh/m³a	97,37 kWh/m³a	1,32 kWh/m³a	153,09 kWh/m³a

Tabelle 58 Validierungsergebnisse Biomasse MAX Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}	H 5050 6.5.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	9	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a
Jänner	779,38	8,72	8.079,92253621	37,25	8.905,266	Jänner	779,38	8,72	7.992,96	37,25	8.818,31
Februar	703,96	7,87	7.217,10884932	33,64	7.962,580	Februar	703,96	7,87	7.145,41	33,64	7.890,88
März	779,38	8,72	7.888,49055103	37,25	8.713,834	März	779,38	8,72	7.798,72	37,25	8.624,07
April	754,24	8,44	7.574,78361502	36,04	8.373,503	April	754,24	8,44	7.474,01	36,04	8.272,73
Mai	779,38	8,72	2.059,80163607	9,64	2.857,539	Mai	779,38	8,72	7.685,82	37,25	8.511,16
Juni	754,24	8,44	0,00000000	0,00	762,674	Juni	754,24	8,44	378,08	0,67	1.141,42
Juli	779,38	8,72	0,00000000	0,00	788,097	Juli	779,38	8,72	0,00	0,00	788,10
August	779,38	8,72	0,00000000	0,00	788,097	August	779,38	8,72	0,00	0,00	788,10
September	754,24	8,44	1.533,83205717	6,82	2.303,329	September	754,24	8,44	5.052,40	27,98	5.843,06
Oktober	779,38	8,72	7.828,39965675	37,25	8.653,743	Oktober	779,38	8,72	7.713,39	37,25	8.538,73
November	754,24	8,44	7.654,18546548	36,04	8.452,905	November	754,24	8,44	7.565,84	36,04	8.364,56
Dezember	779,38	8,72	8.020,86201953	37,25	8.846,205	Dezember	779,38	8,72	7.954,68	37,25	8.780,02
Summe	9.176,56	102,645926601	57.857,386296	271,18042082	67.407,770	Summe	9.176,56	102,65	66.761,32	320,61	76.361,138
spezifisch	47,79 kWh/m³a	0,53 kWh/m³a	301,34 kWh/m³a	1,41 kWh/m³a	351,08 kWh/m³a	spezifisch	47,79 kWh/m³a	0,53 kWh/m³a	347,72 kWh/m³a	1,67 kWh/m³a	397,71 kWh/m³a

Tabelle 59 Validierungsergebnisse Strom MIN Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}	H 5050 6.5.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	9	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a
Jänner	335,30	0,00	2.610,94312835	0,00	2.946,248	Jänner	335,30	0,00	2.744,09	0,00	3.079,39
Februar	302,86	0,00	1.892,67103024	0,00	2.195,527	Februar	302,86	0,00	2.088,72	0,00	2.391,57
März	335,30	0,00	1.383,69606298	0,00	1.719,001	März	335,30	0,00	1.651,93	0,00	1.987,24
April	324,49	0,00	634,39843418	0,00	958,887	April	324,49	0,00	957,60	0,00	1.282,09
Mai	335,30	0,00	58,54828041	0,00	393,853	Mai	335,30	0,00	383,24	0,00	718,55
Juni	324,49	0,00	0,00000000	0,00	324,489	Juni	324,49	0,00	30,66	0,00	355,15
Juli	335,30	0,00	0,00000000	0,00	335,305	Juli	335,30	0,00	0,00	0,00	335,30
August	335,30	0,00	0,00000000	0,00	335,305	August	335,30	0,00	0,00	0,00	335,30
September	324,49	0,00	30,94768028	0,00	355,436	September	324,49	0,00	209,37	0,00	533,86
Oktober	335,30	0,00	750,39745377	0,00	1.085,702	Oktober	335,30	0,00	940,52	0,00	1.275,82
November	324,49	0,00	1.652,25516063	0,00	1.976,744	November	324,49	0,00	1.851,08	0,00	2.175,57
Dezember	335,30	0,00	2.381,25855501	0,00	2.716,563	Dezember	335,30	0,00	2.627,35	0,00	2.962,66
Summe	3.947,94	0,0000000	11.395,115786	0,00000000	15.343,060	Summe	3.947,94	0,00	13.484,56	0,00	17.432,507
spezifisch	20,56 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	59,35 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	79,91 kWh/m³a	spezifisch	20,56 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	70,23 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	90,79 kWh/m³a

Tabelle 60 Validierungsergebnisse Strom MAX Ansatz RK & SK

H 5050 6.4.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}	H 5050 6.5.1	Q _{EB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{EB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{EB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	9	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a	Wh/M] bzw. [kWh/a
Jänner	462,40	0,00	2.491,84487344	0,00	2.954,244	Jänner	462,40	0,00	2.625,06	0,00	3.087,46
Februar	417,65	0,00	1.791,71870947	0,00	2.209,370	Februar	417,65	0,00	1.986,42	0,00	2.404,07
März	462,40	0,00	1.286,27410217	0,00	1.748,674	März	462,40	0,00	1.549,67	0,00	2.012,07
April	447,48	0,00	568,99906938	0,00	1.016,483	April	447,48	0,00	877,29	0,00	1.324,77
Mai	462,40	0,00	17,34970421	0,00	479,749	Mai	462,40	0,00	336,08	0,00	798,48
Juni	447,48	0,00	0,00000000	0,00	447,483	Juni	447,48	0,00	0,87	0,00	448,35
Juli	462,40	0,00	0,00000000	0,00	462,400	Juli	462,40	0,00	0,00	0,00	462,40
August	462,40	0,00	0,00000000	0,00	462,400	August	462,40	0,00	0,00	0,00	462,40
September	447,48	0,00	6,50940808	0,00	453,993	September	447,48	0,00	133,11	0,00	580,59
Oktober	462,40	0,00	672,68076629	0,00	1.135,080	Oktober	462,40	0,00	855,41	0,00	1.317,81
November	447,48	0,00	1.545,13306090	0,00	1.992,617	November	447,48	0,00	1.742,95	0,00	2.190,43
Dezember	462,40	0,00	2.262,79902557	0,00	2.725,199	Dezember	462,40	0,00	2.508,13	0,00	2.970,53
Summe	5.444,38	0,0000000	10.643,308720	0,00000000	16.087,691	Summe	5.444,38	0,00	12.614,97	0,00	18.059,354
spezifisch	28,36 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	55,43 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	83,79 kWh/m³a	spezifisch	28,36 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	65,70 kWh/m³a	0,00 kWh/m³a	94,06 kWh/m³a

Tabelle 61 Validierungsergebnisse Fernwärme MIN Ansatz RK &SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	9	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]
Jänner	341,57	8,72	2.687,28380536	41,56	3.079,131	Jänner	341,57	8,72	2.822,02	46,76	3.219,06
Februar	308,52	7,87	1.981,01931136	30,63	2.328,045	Februar	308,52	7,87	2.173,91	36,02	2.526,32
März	341,57	8,72	1.525,93994560	23,60	1.899,828	März	341,57	8,72	1.779,00	29,48	2.158,77
April	330,55	8,44	863,15019381	13,35	1.215,489	April	330,55	8,44	1.139,33	18,88	1.497,20
Mai	341,57	8,72	235,39924651	3,64	589,330	Mai	341,57	8,72	680,77	11,28	1.042,34
Juni	330,55	8,44	0,00000000	0,00	338,991	Juni	330,55	8,44	160,39	2,66	502,04
Juli	341,57	8,72	0,00000000	0,00	350,291	Juli	341,57	8,72	0,00	0,00	350,29
August	341,57	8,72	0,00000000	0,00	350,291	August	341,57	8,72	0,00	0,00	350,29
September	330,55	8,44	172,12907265	2,66	513,782	September	330,55	8,44	473,67	7,85	820,51
Oktober	341,57	8,72	957,13431997	14,80	1.322,226	Oktober	341,57	8,72	1.122,87	18,60	1.491,77
November	330,55	8,44	1.748,73517430	27,04	2.114,769	November	330,55	8,44	1.944,83	32,22	2.316,05
Dezember	341,57	8,72	2.457,80264253	38,01	2.846,101	Dezember	341,57	8,72	2.703,40	44,79	3.098,49
Summe	4.021,74	102,645927	12.628,593712	195,28956532	16.948,272	Summe	4.021,74	102,65	15.000,20	248,53	19.373,126
spezifisch	20,95 kWh/m²a	0,53 kWh/m²a	65,77 kWh/m²a	1,02 kWh/m²a	88,27 kWh/m²a	spezifisch	20,95 kWh/m²a	0,53 kWh/m²a	78,13 kWh/m²a	1,29 kWh/m²a	100,90 kWh/m²a

Tabelle 62 Validierungsergebnisse Fernwärme MAX Ansatz RK &SK

H 5050 6.4.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}	H 5050 6.5.1	Q _{HEB,TW}	Q _{TW,HE}	Q _{HEB,RH}	Q _{RH,HE}	Q _{HEB}
5	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	9	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]	Wh/M] bzw. [kWh/kWhM]
Jänner	512,16	8,72	6.268,36757221	37,25	6.826,489	Jänner	512,16	8,72	6.311,21	37,25	6.869,33
Februar	462,59	7,87	5.579,24794204	33,64	6.083,357	Februar	462,59	7,87	5.624,92	33,64	6.129,03
März	512,16	8,72	6.073,10694732	37,25	6.631,228	März	512,16	8,72	6.113,09	37,25	6.671,21
April	495,64	8,44	5.816,77598275	36,04	6.356,893	April	495,64	8,44	5.841,29	36,04	6.381,40
Mai	512,16	8,72	1.369,16616785	9,64	1.899,681	Mai	512,16	8,72	5.997,93	37,25	6.556,05
Juni	495,64	8,44	0,00000000	0,00	504,072	Juni	495,64	8,44	88,23	0,67	592,97
Juli	512,16	8,72	0,00000000	0,00	520,875	Juli	512,16	8,72	0,00	0,00	520,87
August	512,16	8,72	0,00000000	0,00	520,875	August	512,16	8,72	0,00	0,00	520,87
September	495,64	8,44	968,99552812	6,82	1.479,890	September	495,64	8,44	3.709,53	27,98	4.241,59
Oktober	512,16	8,72	6.011,81414233	37,25	6.569,935	Oktober	512,16	8,72	6.026,05	37,25	6.584,17
November	495,64	8,44	5.897,76587022	36,04	6.437,883	November	495,64	8,44	5.934,96	36,04	6.475,07
Dezember	512,16	8,72	6.208,12584519	37,25	6.766,247	Dezember	512,16	8,72	6.272,16	37,25	6.830,28
Summe	6.030,23	102,645927	44.193,365998	271,18042082	50.597,426	Summe	6.030,23	102,65	51.919,37	320,61	58.372,862
spezifisch	31,41 kWh/m²a	0,53 kWh/m²a	230,17 kWh/m²a	1,41 kWh/m²a	263,53 kWh/m²a	spezifisch	31,41 kWh/m²a	0,53 kWh/m²a	270,41 kWh/m²a	1,67 kWh/m²a	304,03 kWh/m²a

6.3.2 Validierungsergebnisse aus dem entwickelten Berechnungsprogramm

Tabelle 63 Validierungsergebnisse Gas MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q _{heb,tw,min}	Summe von q _{heb,tw,max}	Summe von q _{tw,he,min}	Summe von q _{tw,he,max}	Summe von q _{heb,h,min}	Summe von q _{heb,h,max}	Summe von q _{rh,he,min}	Summe von q _{rh,he,max}
1	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	2883,917409	7182,679181	48,14273768	63,17727684
2	350,9265425	582,0153142	7,874208068	7,874208068	2130,11058	6406,699133	35,49004629	57,06334682
3	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	1648,357789	6991,255858	27,33730652	63,17727684
4	375,9927241	623,5878367	8,436651501	8,436651501	942,410227	6706,495102	15,46346734	61,13930017
5	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	275,3591255	1717,030591	4,21755681	16,35359852
6	375,9927241	623,5878367	8,436651501	8,436651501	0	0	0	0
7	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
8	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
9	375,9927241	623,5878367	8,436651501	8,436651501	207,2273463	1252,327146	3,083816403	11,57305344
10	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	1043,199289	6931,167941	17,14711957	63,17727684
11	375,9927241	623,5878367	8,436651501	8,436651501	1884,584211	6785,892623	31,32861513	61,13930017
12	388,5258149	644,3740979	8,717873218	8,717873218	2639,768489	7123,620929	44,03154509	63,17727684
Gesamtergebnis	4574,578143	7586,985346	102,6459266	102,6459266	13654,93447	51097,1685	226,2422109	459,9777065

Tabelle 64 Validierungsergebnisse Öl MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q _{heb,tw,min}	Summe von q _{heb,tw,max}	Summe von q _{tw,he,min}	Summe von q _{tw,he,max}	Summe von q _{heb,h,min}	Summe von q _{heb,h,max}	Summe von q _{rh,he,min}	Summe von q _{rh,he,max}
1	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	2910,263003	7234,540884	74,48833105	166,9006818
2	353,9512215	586,550542	8,815008068	8,815008068	2149,532124	6453,541961	54,91159091	150,7490029
3	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	1663,317835	7043,117561	42,29735234	166,9006818
4	379,2334516	628,4470093	9,444651501	9,444651501	950,8724426	6756,683847	23,92568288	161,5167888
5	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	277,6671379	1730,455124	6,525569235	43,20266525
6	379,2334516	628,4470093	9,444651501	9,444651501	0	0	0	0
7	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	0	0	0	0
8	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	0	0	0	0
9	379,2334516	628,4470093	9,444651501	9,444651501	208,9149315	1261,827369	4,771401632	30,57350058
10	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	1052,582865	6983,029643	26,53069561	166,9006818
11	379,2334516	628,4470093	9,444651501	9,444651501	1901,728458	6836,081368	48,47826148	161,5167888
12	391,8745667	649,3952429	9,759473218	9,759473218	2663,864276	7175,482631	68,12733271	166,9006818
Gesamtergebnis	4614,006995	7646,10528	114,9099266	114,9099266	13778,74307	51474,76039	350,0508178	1215,161474

Tabelle 65 Validierungsergebnisse Biomasse MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q _{heb,tw,min}	Summe von q _{heb,tw,max}	Summe von q _{tw,he,min}	Summe von q _{tw,he,max}	Summe von q _{heb,h,min}	Summe von q _{heb,h,max}	Summe von q _{rh,he,min}	Summe von q _{rh,he,max}
1	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	3317,694635	8079,886634	42,07495637	37,2464256
2	425,414212	703,9551097	407,5427083	7,874208068	2454,01751	7217,080059	31,10308842	33,6419328
3	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	1905,431317	7888,463311	24,1159121	37,2464256
4	455,8009415	754,2376175	408,1451518	8,436651501	1097,834409	7574,760379	13,8498009	36,044928
5	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	336,0730955	2059,974065	3,883371953	9,641331837
6	455,8009415	754,2376175	408,1451518	8,436651501	0	0	0	0
7	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	0	0	0	0
8	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	0	0	0	0
9	455,8009415	754,2376175	408,1451518	8,436651501	257,5092663	1533,863953	2,849306304	6,822941659
10	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	1213,726006	7828,375394	15,31984259	37,2464256
11	455,8009415	754,2376175	408,1451518	8,436651501	2174,753512	7654,1579	27,54444098	36,044928
12	470,9943062	779,3788714	408,4463735	8,717873218	3038,62873	8020,828382	38,52621522	37,2464256
Gesamtergebnis	5545,578121	9176,55768	4899,24793	102,6459266	15795,66848	57857,39008	199,2669348	271,1817647

Tabelle 66 Validierungsergebnisse Strom MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	335,3048334	462,3995863	0	0	2610,910688	2491,81231	0	0
2	302,8559786	417,6512392	0	0	1892,650408	1791,697812	0	0
3	335,3048334	462,3995863	0	0	1383,682314	1286,259877	0	0
4	324,4885485	447,4834706	0	0	634,396873	568,9965218	0	0
5	335,3048334	462,3995863	0	0	58,55447413	17,35245132	0	0
6	324,4885485	447,4834706	0	0	0	0	0	0
7	335,3048334	462,3995863	0	0	0	0	0	0
8	335,3048334	462,3995863	0	0	0	0	0	0
9	324,4885485	447,4834706	0	0	30,94855521	6,509577858	0	0
10	335,3048334	462,3995863	0	0	750,3887592	672,6717013	0	0
11	324,4885485	447,4834706	0	0	1652,233757	1545,111505	0	0
12	335,3048334	462,3995863	0	0	2381,22688	2262,767274	0	0
Gesamtergebnis	3947,944007	5444,382226	0	0	11394,99271	10643,17903	0	0

Tabelle 67 Validierungsergebnisse Fern MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	2687,250523	6268,354034	41,55633934	37,2464256
2	308,5172617	462,593233	7,874208068	7,874208068	1980,997551	5579,239424	30,63466014	33,6419328
3	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	1525,924673	6073,102245	23,59729507	37,2464256
4	330,554209	495,6356068	8,436651501	8,436651501	863,1459845	5816,77462	13,34791346	36,044928
5	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	235,4172673	1369,302403	3,640553704	9,64131837
6	330,554209	495,6356068	8,436651501	8,436651501	0	0	0	0
7	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
8	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
9	330,554209	495,6356068	8,436651501	8,436651501	172,1336933	969,0228041	2,661920096	6,822941659
10	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	957,1247558	6011,812569	14,80122557	37,2464256
11	330,554209	495,6356068	8,436651501	8,436651501	1748,713128	5897,760091	27,04255354	36,044928
12	341,5726826	512,1567937	8,717873218	8,717873218	2457,770336	6208,114617	38,00759819	37,2464256
Gesamtergebnis	4021,742876	6030,233216	102,6459266	102,6459266	12628,47791	44193,48281	195,2900591	271,1817647

Tabelle 68 Validierungsergebnisse Wärmepumpe MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	1314,279012	6143,756254	41,46167736	37,2464256
2	154,363391	472,3434621	7,874208068	7,874208068	968,6254656	5468,790836	30,55731407	33,6419328
3	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	745,805067	5953,467388	23,52797906	37,2464256
4	165,3893475	506,0822808	8,436651501	8,436651501	421,83865	5702,566121	13,30778157	36,044928
5	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	112,2691721	1187,987922	3,541765599	8,53198066
6	165,3893475	506,0822808	8,436651501	8,436651501	0	0	0	0
7	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
8	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
9	165,3893475	506,0822808	8,436651501	8,436651501	81,92930207	822,6450155	2,58463101	5,908133536
10	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	467,6506265	5893,763495	14,75301608	37,2464256
11	165,3893475	506,0822808	8,436651501	8,436651501	854,69364	5781,435298	26,9630966	36,044928
12	170,9023258	522,9516902	8,717873218	8,717873218	1201,83703	6085,014882	37,91446012	37,2464256
Gesamtergebnis	2012,237062	6157,334417	102,6459266	102,6459266	6168,927965	43039,42721	194,6117215	269,1576053

Tabelle 69 Validierungsergebnisse Solarthermie Warmwasser MIN / MAX Ansatz RK

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max
1	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
2	180,5550777	600,581449	7,874208068	7,874208068
3	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
4	193,451869	643,4801239	8,436651501	8,436651501
5	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
6	193,451869	643,4801239	8,436651501	8,436651501
7	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
8	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
9	193,451869	643,4801239	8,436651501	8,436651501
10	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
11	193,451869	643,4801239	8,436651501	8,436651501
12	199,9002646	664,9294614	8,717873218	8,717873218
Gesamtergebnis	2353,664406	7829,008174	102,6459266	102,6459266

Tabelle 70 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Bürogebäude

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	2742,993685	4908,706817	44,64329996	48,65082931
2	176,4336291	325,1983718	4,568460266	4,568460266	1973,573604	4213,927699	32,04336411	41,69741039
3	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	1487,197415	4414,746692	24,01205104	43,60367864
4	191,7739803	352,4230854	5,025306293	5,025306293	770,7604012	4099,094184	12,25541307	40,42697547
5	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	92,75847295	423,7547615	1,103066837	2,824804891
6	191,7739803	352,4230854	5,025306293	5,025306293	0	0	0	0
7	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	0	0	0	0
8	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	0	0	0	0
9	191,7739803	352,4230854	5,025306293	5,025306293	65,31727302	246,113202	0,665815999	1,058260181
10	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	867,316699	4241,999494	13,82814331	41,8385946
11	191,7739803	352,4230854	5,025306293	5,025306293	1721,106283	4332,454119	27,86847303	42,81138403
12	199,444156	366,0354422	5,253729306	5,253729306	2491,16493	4770,292875	40,50605108	47,23655317
Gesamtergebnis	2339,638642	4297,138809	61,44579058	61,44579058	12212,18876	31651,08984	196,9256784	310,1484907

Tabelle 71 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Verkaufsstätte

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	3253,990203	5411,688907	44,99918083	48,03129821
2	195,5992735	353,1721807	5,482152319	5,482152319	2381,362255	4579,479884	32,85740399	40,55167892
3	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	1805,728466	4665,208202	24,77841647	41,17999692
4	210,936248	380,3968943	5,938998346	5,938998346	943,7324886	4211,657932	12,75712731	37,070087
5	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	133,0340844	746,7634125	1,424102746	5,215978516
6	210,936248	380,3968943	5,938998346	5,938998346	0	0	0	0
7	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	0	0	0	0
8	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	0	0	0	0
9	210,936248	380,3968943	5,938998346	5,938998346	83,28126205	419,3752877	0,743427671	2,264001895
10	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	1042,689091	4361,859541	14,12479011	38,39582172
11	210,936248	380,3968943	5,938998346	5,938998346	2039,694267	4608,968402	28,05904705	40,71665645
12	218,6098005	394,0092511	6,167421359	6,167421359	2942,719358	5207,196547	40,6531885	46,15443956
Gesamtergebnis	2569,626376	4632,824515	72,41009522	72,41009522	14626,23148	34212,19812	200,3966847	299,5799592

Tabelle 72 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Beherbergung / Hotel

Monat	Summe von q_heb_tw_min	Summe von q_heb_tw_max	Summe von q_tw_he_min	Summe von q_tw_he_max	Summe von q_heb_h_min	Summe von q_heb_h_max	Summe von q_rh_he_min	Summe von q_rh_he_max
1	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	2501,237512	4977,142876	37,54992074	46,67625765
2	330,6897299	525,9595738	7,874208068	7,874208068	1800,873397	4285,031355	26,95751997	40,1193442
3	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	1308,002487	4459,05279	19,43294518	41,65455852
4	354,3104249	563,5281148	8,436651501	8,436651501	504,4777012	2779,257134	7,246728759	25,42328789
5	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
6	354,3104249	563,5281148	8,436651501	8,436651501	0	0	0	0
7	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
8	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	0	0	0	0
9	354,3104249	563,5281148	8,436651501	8,436651501	0	0	0	0
10	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	555,348294	2964,074554	8,005340948	27,16416174
11	354,3104249	563,5281148	8,436651501	8,436651501	1497,61177	4378,856178	22,32555672	40,92774425
12	366,1207724	582,3123853	8,717873218	8,717873218	2236,4981	4829,762632	33,53036268	45,24774306
Gesamtergebnis	4310,776837	6856,25873	102,6459266	102,6459266	10404,04926	28673,17752	155,048375	267,2130973

6.4 Anhang Basis PostGIS Datenbanktabellen

6.4.1 Tabelle Gebäude

Gebäude (gebäude.gebäude)					
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit	
PK	<u>objektnummer</u>	<u>Objektnummer Gebäude</u>	<u>AGWR</u>	[]	
	gkz	Gemeindekennzahl	AGWR	[]	
	plz	Postleitzahl	AGWR	[]	
	skz	Strassenkennzahl	AGWR	[]	
	katgemnr	Katastral Gemeindenummer	AGWR	[]	
	adresse	Adresse	AGWR	[]	
	gemeindenname	Gemeindenamen	AGWR	[]	
	strassenname	Strassennamen	AGWR	[]	
	hausnummer	Hausnummer	AGWR	[]	
	hausbuchstabe	Hausbuchstaben	AGWR	[]	
	grundstückskenung	Grundstückskenung	AGWR	[]	
	gnr1	Grundstücksnummer Teil 1	AGWR	[]	
	gnr2	Grundstücksnummer Teil 2	AGWR	[]	
	eigentümer	Rechtlicher Eigentümer	AGWR	[]	
	bauperiode	Baualter oder Bauepoche	AGWR	[]	
	konditioniertenutzflaeche	beheizte Nutzfläche	EMP Modell	[m ²]	
	agwruerberbauteflaeche	Grundfläche	AGWR	[m ²]	
	bruttogesamtflaeche	Bruttogesamtfläche	EMP Modell	[m ²]	
	gebäudehoehe	Gebäudehöhe	EMP Modell	[m]	
	oberirdischesgeschoze	oberirdische Geschoße	EMP Modell	[]	
	unterirdischesgeschoze	unterirdische Geschoße	EMP Modell	[]	
	status	bestehendes Gebäude	EMP Modell	[]	
	hauptwohnsitzer	Hauptwohnsitze	AGWR	[Bewohner]	
	nebenwohnsitzer	Nebenwohnsitze	AGWR	[Bewohner]	
	anteilberuehrenderwaende	Anteil der fremd berührenden Wänden	EMP Modell	[]	
		bezogen auf konditioniert Fläche			
		bei bekannter Nutzung, ansonsten auf die überbaute Fläche	EMP Modell	[m ²]	
		1_Oel, 3_Gas, 5_Fern, 6_Kohle, 7_Scheit, 8_Hackgut, 9_Pellets, 10_Biomasse, 12_Strom, 13_andere, 0_unbekannt	EMP Modell	[m ²]	
		„-“	EMP Modell	[]	
	Key	rasterindex	Rasterindex	Statistik Austria	[]
		direkteradressmatch	Adresse konnte direkt zugeteilt werden	EMP Modell	[]
		oberirdischesgeschozeanpassung	Statusmeldung Geschoß Anpassung	EMP Modell	[]
		heizsystemkorrigiert	Statusmeldung Heizsytem von der Kaminkehrerdatenbank	EMP Modell	[]
nutzflaechekorrigiert		Statusmeldung Nutzflächen Korrektur	EMP Modell	[]	
kuenstlichespolygonerzeugt		Statusmeldung (kein Polygon vorhanden und Nutzungsklasse bekannt)	EMP Modell	[]	
brennstoffangepasst		Statusmeldung Brennstoffanpassung	EMP Modell	[]	
gebäudekategorie		Gebäudekategorie	EMP Modell	[]	
gebäudekstatus		Gebäudestatus	AGWR	[]	
gebäudekstatusaenderung		Gebäudestatusänderung	AGWR	[]	
	punkt	AGWR	[]		
	polygon	Gebäudeumriß	Naturbestand	[]	

6.4.2 Tabelle Nutzungseinheiten

Nutzungseinheit (gebäude.nutzungseinheit)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
<u>PK</u>	<u>objektnummer</u>	<u>Objektnummer Gebäude</u>	<u>AGWR</u>	[]
<u>PK</u>	<u>nutzungsindex</u>	<u>Anzahl der Nutzungseinheiten</u>	<u>EMP Modell</u>	[]
	adresse	Adresse	AGWR	[]
	nutzungstyp	Art Nutzungseinheit	AGWR	[]
	nutzflaeche	Nutzfläche der Nutzungseinheit	EMP Modell	[m ²]
	agwrnutzflaeche	Nutzfläche der Nutzungseinheit lt AGWR	AGWR	[m ²]
		0: sonstige Nutzung 1: Wohnnutzen		
	nutzklasse	2: Büro 3: Verkauf 4: Beherbergung	AGWR	[]
	hauptwohnsitzer	Hauptwohnsitze	AGWR	[Bewohner]
	nebenwohnsitzer	Nebenwohnsitze	AGWR	[Bewohner]

6.4.3 Tabelle Energieausweis

Energieausweis (gebäude.energieausweis_oib_x_x)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
<u>PK</u>	<u>objektnummer</u>	<u>Objektnummer Gebäude</u>	<u>AGWR</u>	<u>l</u>
	hwb_min	Minimaler Heizwärmebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	hwb_max	Maximaler Heizwärmebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	hteb_ww_min	Minimaler Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser	EMP Modell	[kWh/a]
	hteb_ww_max	Maximaler Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser	EMP Modell	[kWh/a]
	hteb_rh_min	Minimaler Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung	EMP Modell	[kWh/a]
	hteb_rh_max	Maximaler Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung	EMP Modell	[kWh/a]
	he_min	Minimaler Hilfsenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	he_max	Maximaler Hilfsenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	wwwb_min	Minimaler Warmwasserbedarf (8110-5)	EMP Modell	[kWh/a]
	wwwb_max	Maximaler Warmwasserbedarf (8110-5)	EMP Modell	[kWh/a]
	heb_min	Minimaler Heizenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	heb_max	Maximaler Heizenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	hhsb_min	Minimaler Haushalts- /Betriebsstrombedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	hhsb_max	Maximaler Haushalts- /Betriebsstrombedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	co2_min	Minimaler Kohlendioxidausstoß	EMP Modell	[g/a]
	co2_max	Maximaler Kohlendioxidausstoß	EMP Modell	[g/a]
	peb_min	Minimaler Primärenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	peb_max	Maximaler Primärenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	eeb_min	Minimaler Endenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	eeb_max	Maximaler Endenergiebedarf	EMP Modell	[kWh/a]
	berechneternutzflaechenanteil	Anteil der Energetisch berechneten Fläche	EMP Modell	l
	lt_min	Minimaler Transmissionsleitwert	EMP Modell	[W/K]
	lt_max	Maximaler Transmissionsleitwert	EMP Modell	[W/K]
	lv_min	Minimaler Lüftungsleitwert	EMP Modell	[W/K]
	lv_max	Maximaler Lüftungsleitwert	EMP Modell	[W/K]
	heb_h_min	Minimaler Heizenergiebedarf Raumheizung	EMP Modell	[kWh/a]
	heb_h_max	Maximaler Heizenergiebedarf Raumheizung	EMP Modell	[kWh/a]
	heb_tw_min	Minimaler Heizenergiebedarf Warmwasser	EMP Modell	[kWh/a]
	heb_tw_max	Maximaler Heizenergiebedarf Warmwasser	EMP Modell	[kWh/a]
	kesselleistung_min	Minimale berechnete Kesselleistung	EMP Modell	[kW]
	kesselleistung_max	Maximale berechnete Kesselleistung	EMP Modell	[kW]

6.4.4 Tabelle Energiekennzahlen nach Tabula

Energiekennzahlen (gebäude.energie_kennzahl)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
<u>PK</u>	<u>objektnummer</u>	<u>Objektnummer Gebäude</u>	<u>AGWR</u>	<u>l</u>
	tabula_hwb_min	Minimaler Heizwärmebedarf nach Tabula Contrypage	Tabula	[kWh/a]
	tabula_hwb_max	Maximaler Heizwärmebedarf nach Tabula Contrypage	Tabula	[kWh/a]
	tabula_hwb_webtool	Heizwärmebedarf nach Tabula Webtool Standardversion	Tabula	[kWh/a]
	wwwb	Warmwasserbedarf nach Tabula Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	heb_www	Heizenergiebedarf Warmwasser nach Tabula Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	hwb	Heizwärmebedarf nach Tabula Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	heb_rh	Heizenergiebedarf Raumheizung nach Tabula Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	pe_www	Primärenergiebedarf Warmwasser Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	co2_www	Kohlendioxidausstoß Warmwasser Webtool Expert	Tabula	[kg/a]
	peb_rh	Primärenergiebedarf Warmwasser Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	co2_rh	Kohlendioxidausstoß Warmwasser Webtool Expert	Tabula	[kg/a]
	verbrauch_www_rh	typische Verbrauchskennwerte Wärme Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	verbrauch_primaer	typische Verbrauchskennwerte Primärenergie Webtool Expert	Tabula	[kWh/a]
	verbrauch_co2	typische Verbrauchskennwerte CO2 Wärme Webtool Expert	Tabula	[kg/a]

6.4.5 Tabelle Verbrauch öffentlicher Gebäude

Verbrauch öffentliche Gebäude (gebäude.verbrauch_oeffentliche)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	nr	Laufnummer	alps	l
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	l
	gemeinde	Gemeindenamen	Bund / Land / Gemeinde	l
	adresse	Adresse	Bund / Land / Gemeinde	l
	beschreibung	Objektbeschreibung	Bund / Land / Gemeinde	l
	energiebezugsflaeche	Energiebezugsfläche	Bund / Land / Gemeinde	[m²]
	eigentuemer	rechtlicher Eigentümer	Bund / Land / Gemeinde	l
	nutzungsart	Art der Nutzung	Bund / Land / Gemeinde	l
	energietraeger	Energieträger	Bund / Land / Gemeinde	l
	waerme	Wärmeverbrauch	Bund / Land / Gemeinde	[kWh/a]
	waerme_co2	Kohlendioxidaustoß Wärmeverbrauch (nach OIB)	alps	[kg/a]
	waerme_primaerenergie	Primärenergieverbrauch Wärme (nach OIB)	alps	[kWh/a]
	stromverbrauch	Stromverbrauch	Bund / Land / Gemeinde	[kWh/a]
	stromverbrauch_co2	Kohlendioxidaustoß Stromverbrauch (nach OIB)	alps	[kg/a]
	stromverbrauch_primaerenergie	Primärenergieverbrauch Strom (nach OIB)	alps	[kWh/a]
	quelle	Quelle der Daten	Bund / Land / Gemeinde	l

6.4.6 Tabelle Verbrauch Gas

Verbrauch Gas (gebäude.verbrauch_gas)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	L000100	Rasterindex	Austria Statistik	l
	verbrauch_01	Gasverbrauch Jahr 01	Gasversorger	[kWh/a]
	verbrauch_02	Gasverbrauch Jahr 02	Gasversorger	[kWh/a]
	verbrauch_03	Gasverbrauch Jahr 03	Gasversorger	[kWh/a]

6.4.7 Tabelle Verbraucher Gas

Verbraucher Gas (gebäude.verbraucher_gas)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	L000100	Rasterindex	Austria Statistik	l
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	l
	jahr	Aktiver Gasverbrauch im Jahr x (0: Jahr 01, 1: Jahr 02, 2: Jahr 03)	Gasversorger	l

6.4.8 Tabelle Verbrauch Strom

Verbrauch Strom (gebäude.verbrauch_strom)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	L000100	Rasterindex	Austria Statistik	l
	verbrauch_01	Stromverbrauch Jahr 01	Stromversorger	[kWh/a]
	verbrauch_02	Stromverbrauch Jahr 02	Stromversorger	[kWh/a]
	verbrauch_03	Stromverbrauch Jahr 03	Stromversorger	[kWh/a]

6.4.9 Tabelle Verbraucher Strom

Verbraucher Strom (gebäude.verbraucher_strom)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	L000100	Rasterindex	Austria Statistik	l
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	l
	jahr	Aktiver Gasverbrauch im Jahr x (0: Jahr 01, 1: Jahr 02, 2: Jahr 03)	Stromversorger	l

6.4.10 Tabelle Förderdatenbank Biomasse (Untersuchungsregion Feldkirch)

Förderdatenbank Biomasse (gebaeude.foerderdatenbankbio)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	aktenzahl	Förderaktenzahl	Land Vorarlberg	[]
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	[]
	adresse	Adresse nach Förderdatenbank	Land Vorarlberg	[]
	bio_foerderung	Förderung vorhanden	Land Vorarlberg	[]
	ansuchen	Datum des Ansuchen	Land Vorarlberg	[]

6.4.11 Tabelle Förderdatenbank Solar (Untersuchungsregion Feldkirch)

Förderdatenbank Solar (gebaeude.foerderdatenbanksolar)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	aktenzahl	Förderaktenzahl	Land Vorarlberg	[]
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	[]
	adresse	Adresse nach Förderdatenbank	Land Vorarlberg	[]
	solarfoerderung	Förderung vorhanden	Land Vorarlberg	[]
	kollektorflaeche	Fläche vom Solarkollektor	Land Vorarlberg	[m²]
	inbetriebnahme	Datum der Inbetriebnahme	Land Vorarlberg	[]

6.4.12 Tabelle Förderdatenbank (Untersuchungsregion Feldkirch)

Förderdatenbank Wärmepumpe (gebaeude.foerderdatenbankwp)				
Schlüssel	Attribut	Beschreibung	Quelle	Einheit
PK Key	aktenzahl	Förderaktenzahl	Land Vorarlberg	[]
	objektnummer	Objektnummer Gebäude	AGWR	[]
	adresse	Adresse nach Förderdatenbank	Land Vorarlberg	[]
	waermepumpenfoerderung	Förderung vorhanden	Land Vorarlberg	[]
	inbetriebnahme	Datum der Inbetriebnahme	Land Vorarlberg	[]

6.5 Anhang Tabula Kennzahlen

Gebäudecode Tabula	Brennstoff	Bauperiode	Bezugsfläche [m²]	wwwb [kWh/m² a]	HEB WWW [kWh/m² a]	HWB [kWh/m² a]	HEB RH [kWh/m²]	Total Primär E. WWW [kWh/m² a]	emission_co2_www [kg/ m² a]	Total Primär E. RH [kWh/m² a]	emission_co2_rh [kg/m² a]
AT.N.SFH.01.Gen.ReE x.001.001	OIL	bis 1919	159,44	10,00	37,52	399,20	550,12	51,31	12,50	764,84	185,67
AT.N.SFH.02.Gen.ReE x.001.001	OIL	1919-1944	141,55	10,00	37,52	349,61	483,89	51,31	12,50	675,43	163,82
AT.N.SFH.04.Gen.ReE x.001.001	OIL	1961-1980	115,00	10,00	37,52	275,24	385,07	51,31	12,50	542,02	131,21
AT.N.SFH.05.Gen.ReE x.001.001	OIL	1981-1990	203,14	10,00	37,52	145,94	212,89	51,31	12,50	309,57	74,39
AT.N.SFH.06.Gen.ReE x.001.001	OIL	1991-2000	200,50	10,00	37,52	102,30	154,91	51,31	12,50	231,31	55,25
AT.N.SFH.07.Gen.ReE x.001.001	OIL	2001-2009	145,56	10,00	37,52	98,38	149,45	51,31	12,50	223,94	53,45
AT.N.SFH.01.Gen.ReE x.001.001	GAS	bis 1919	159,44	10,00	74,50	399,20	550,12	101,99	20,76	748,16	152,38
AT.N.SFH.02.Gen.ReE x.001.001	GAS	1919-1944	141,55	10,00	74,50	349,61	483,89	101,99	20,76	658,09	134,04
AT.N.SFH.04.Gen.ReE x.001.001	GAS	1961-1980	115,00	10,00	74,50	275,24	385,07	101,99	20,76	523,70	106,66
AT.N.SFH.05.Gen.ReE x.001.001	GAS	1981-1990	203,14	10,00	74,50	145,94	212,89	101,99	20,76	289,52	58,97
AT.N.SFH.06.Gen.ReE x.001.001	GAS	1991-2000	200,50	10,00	74,50	102,30	154,91	101,99	20,76	210,68	42,91
AT.N.SFH.01.Gen.ReE x.001.001	BIO	bis 1919	159,44	10,00	57,55	399,20	530,58	69,73	2,43	636,70	21,22
AT.N.SFH.02.Gen.ReE x.001.001	BIO	1919-1944	141,55	10,00	57,55	349,61	464,23	69,73	2,43	557,07	18,57
AT.N.SFH.04.Gen.ReE x.001.001	BIO	1961-1980	115,00	10,00	57,55	275,24	365,88	69,73	2,43	439,05	14,64
AT.N.SFH.05.Gen.ReE x.001.001	BIO	1981-1990	203,14	10,00	57,55	145,94	194,00	69,73	2,43	232,79	7,76
AT.N.SFH.06.Gen.ReE x.001.001	BIO	1991-2000	200,50	10,00	57,55	102,30	136,32	69,73	2,43	163,58	5,45
AT.N.SFH.07.Gen.ReE x.001.001	BIO	2001-2009	145,56	10,00	57,55	98,38	130,55	69,73	2,43	156,66	5,22
AT.N.SFH.03.Gen.ReE x.001.001	OIL	1945-1960	243,46	10,00	57,55	216,33	287,38	69,73	2,43	344,85	11,50
AT.N.SFH.03.Gen.ReE x.001.001	OIL	1945-1960	243,46	10,00	37,52	216,33	306,54	51,31	12,50	436,01	105,29
AT.N.SFH.03.Gen.ReE x.001.001	OIL	1945-1960	243,46	10,00	74,50	216,33	306,54	101,99	20,76	416,90	84,91
AT.N.SFH.07.Gen.ReE x.001.001	GAS	2001-2009	145,56	10,00	74,50	98,38	149,45	101,99	20,76	203,26	41,40

Abbildung 13 Kennzahlen Einfamilienhaus EFH

Gebäudecode Tabula	Brennstoff	Bauperiode	Bezugsfläche [m²]	wwwb [kWh/m² a]	HEB WWW [kWh/m² a]	HWB [kWh/m² a]	HEB RH [kWh/m²]	Total Primär E. WWW [kWh/m² a]	emission co2_www [kg/ m² a]	Total Primär E. RH [kWh/m² a]	emission co2_rh [kg/m² a]
AT.N.MFH.01.Gen.ReE x.001.001	bis 1919	OIL	317,64	15,00	44,02	231,49	326,65	60,09	14,65	447,60	109,03
AT.N.MFH.01.Gen.ReE x.001.001	bis 1919	GAS	317,64	15,00	76,84	231,49	328,54	107,49	21,84	446,82	91,01
AT.N.MFH.01.Gen.ReE x.001.001	bis 1919	BIO	317,64	15,00	64,25	231,49	307,35	77,77	2,69	368,82	12,29
AT.N.MFH.02.Gen.ReE x.001.001	1919-1944	OIL	236,42	15,00	44,02	258,25	362,31	60,09	14,65	495,74	120,80
AT.N.MFH.02.Gen.ReE x.001.001	1919-1944	GAS	236,42	15,00	76,84	258,25	364,20	107,49	21,84	495,31	100,88
AT.N.MFH.02.Gen.ReE x.001.001	1919-1944	BIO	236,42	15,00	64,25	258,25	342,97	77,77	2,69	411,57	13,72
AT.N.MFH.03.Gen.ReE x.001.001	1945-1960	OIL	600,08	15,00	44,02	226,57	320,07	60,09	14,65	438,71	106,86
AT.N.MFH.03.Gen.ReE x.001.001	1945-1960	GAS	600,08	15,00	76,84	226,57	321,97	107,49	21,84	437,87	89,18
AT.N.MFH.03.Gen.ReE x.001.001	1945-1960	BIO	600,08	15,00	64,25	226,57	300,73	77,77	2,69	360,88	12,03
AT.N.MFH.04.Gen.ReE x.001.001	1961-1980	OIL	487,13	15,00	44,02	199,66	284,31	60,09	14,65	390,44	95,06
AT.N.MFH.04.Gen.ReE x.001.001	1961-1980	GAS	487,13	15,00	76,84	199,66	286,19	107,49	21,84	389,22	79,28
AT.N.MFH.04.Gen.ReE x.001.001	1961-1980	BIO	487,13	15,00	64,25	199,66	265,15	77,77	2,69	318,18	10,61
AT.N.MFH.05.Gen.ReE x.001.001	1981-1990	OIL	635,54	15,00	44,02	119,75	177,81	60,09	14,65	246,67	59,91
AT.N.MFH.05.Gen.ReE x.001.001	1981-1990	GAS	635,54	15,00	76,84	119,75	179,71	107,49	21,84	244,40	49,78
AT.N.MFH.05.Gen.ReE x.001.001	1981-1990	BIO	635,54	15,00	64,25	119,75	158,73	77,77	2,69	190,47	6,35
AT.N.MFH.06.Gen.ReE x.001.001	1991-2000	OIL	460,39	15,00	44,02	92,71	141,81	60,09	14,65	198,07	48,03
AT.N.MFH.06.Gen.ReE x.001.001	1991-2000	GAS	460,39	15,00	76,84	92,71	143,70	107,49	21,84	195,44	39,81
AT.N.MFH.06.Gen.ReE x.001.001	1991-2000	BIO	460,39	15,00	64,25	92,71	122,81	77,77	2,69	147,37	4,91
AT.N.MFH.07.Gen.ReE x.001.001	2001-2009	OIL	217,63	15,00	44,02	99,01	150,28	60,09	14,65	209,49	50,82
AT.N.MFH.07.Gen.ReE x.001.001	2001-2009	GAS	217,63	15,00	76,84	99,01	152,15	107,49	21,84	206,92	42,15
AT.N.MFH.07.Gen.ReE x.001.001	2001-2009	BIO	217,63	15,00	64,25	99,01	131,35	77,77	2,69	157,62	5,25

Abbildung 14 Kennzahlen Mehrfamilienhaus MFH

Gebäudecode Tabula	Brennstoff	Bauperiode	Bezugsfläche [m²]	wwwb [kWh/m² a]	HEB WWW [kWh/m² a]	HWB [kWh/m² a]	HEB RH [kWh/m²]	Total Primär E. WWW [kWh/m² a]	emission_co2_www [kg/ m² a]	Total Primär E. RH [kWh/m² a]	emission_co2_rh [kg/m² a]
AT.N.TH.01.Gen.ReEx.001.001	OIL	bis 1919	468,56	10,00	37,52	228,18	322,27	51,31	12,50	441,68	107,58
AT.N.TH.02.Gen.ReEx.001.001	OIL	1919-1944	240,56	10,00	37,52	249,04	350,01	51,31	12,50	479,13	116,74
AT.N.TH.04.Gen.ReEx.001.001	OIL	1961-1980	116,46	10,00	37,52	271,35	379,74	51,31	12,50	519,26	126,55
AT.N.TH.03.Gen.ReEx.001.001	OIL	1945-1960	134,14	10,00	37,52	308,48	429,37	51,31	12,50	586,27	142,93
AT.N.TH.05.Gen.ReEx.001.001	OIL	1981-1990	150,73	10,00	37,52	180,38	258,84	51,31	12,50	356,05	86,65
AT.N.TH.06.Gen.ReEx.001.001	OIL	1991-2000	110,84	10,00	37,52	112,97	168,80	51,31	12,50	234,50	56,94
AT.N.TH.07.Gen.ReEx.001.001	OIL	2001-2009	127,27	10,00	37,52	92,25	141,30	51,31	12,50	197,37	47,86
AT.N.TH.01.Gen.ReEx.001.001	GAS	bis 1919	468,56	10,00	70,34	228,18	324,16	98,65	20,04	440,85	89,79
AT.N.TH.02.Gen.ReEx.001.001	GAS	1919-1944	240,56	10,00	70,34	249,04	351,90	98,65	20,04	478,59	97,48
AT.N.TH.04.Gen.ReEx.001.001	GAS	6,00	116,46	10,00	70,34	271,35	381,63	98,65	20,04	519,02	105,71
AT.N.TH.03.Gen.ReEx.001.001	GAS	1945-1960	134,14	10,00	70,34	308,48	431,22	98,65	20,04	586,46	119,45
AT.N.TH.05.Gen.ReEx.001.001	GAS	1981-1990	150,73	10,00	70,34	180,38	260,67	98,65	20,04	354,52	72,21
AT.N.TH.06.Gen.ReEx.001.001	GAS	1991-2000	110,84	10,00	70,34	112,97	170,69	98,65	20,04	232,14	47,28
AT.N.TH.07.Gen.ReEx.001.001	GAS	2001-2009	127,27	10,00	70,34	92,25	143,16	98,65	20,04	194,70	39,66
AT.N.TH.01.Gen.ReEx.001.001	BIO	bis 1919	468,56	10,00	57,55	228,18	303,00	69,73	2,43	363,60	12,12
AT.N.TH.02.Gen.ReEx.001.001	BIO	1919-1944	240,56	10,00	57,55	249,04	330,64	69,73	2,43	396,77	13,23
AT.N.TH.04.Gen.ReEx.001.001	BIO	1961-1980	116,46	10,00	57,55	271,35	360,33	69,73	2,43	432,40	14,41
AT.N.TH.03.Gen.ReEx.001.001	BIO	1945-1960	134,14	10,00	57,55	308,48	410,13	69,73	2,43	492,15	16,41
AT.N.TH.05.Gen.ReEx.001.001	BIO	1981-1990	150,73	10,00	57,55	180,38	239,98	69,73	2,43	287,98	9,60
AT.N.TH.06.Gen.ReEx.001.001	BIO	1991-2000	110,84	10,00	57,55	112,97	149,75	69,73	2,43	179,70	5,99
AT.N.TH.07.Gen.ReEx.001.001	BIO	2001-2009	127,27	10,00	57,55	92,25	122,42	69,73	2,43	146,90	4,90

Abbildung 15 Kennzahlen Reihenhaushaus RH

Gebäudecode Tabula	Brennstoff	Bauperiode	Bezugsfläche [m²]	wwwb [kWh/m² a]	HEB WWW [kWh/m² a]	HWB [kWh/m² a]	HEB RH [kWh/m²]	mär E. WWW [kWh]	emission_co2_www [kg/ m² a]	Total Primär E. RH [kWh/m² a]	emission_co2_rh [kg/m² a]
AT.N.AB.07.Gen.ReEx.001.001	OIL	2001-2009	815,24	15,00	44,02	85,98	132,99	60,09	14,65	186,15	45,12
AT.N.AB.01.Gen.ReEx.001.001	OIL	ab 1919	798,21	15,00	44,02	186,31	266,47	60,09	14,65	366,35	89,17
AT.N.AB.02.Gen.ReEx.001.001	OIL	1919-1944	1183,32	15,00	44,02	164,18	236,93	60,09	14,65	326,48	79,42
AT.N.AB.03.Gen.ReEx.001.001	OIL	1945-1960	810,47	15,00	44,02	189,58	270,91	60,09	14,65	372,34	90,63
AT.N.AB.05.Gen.ReEx.001.001	OIL	1981-1990	1257,90	15,00	44,02	59,75	97,90	60,09	14,65	138,78	33,54
AT.N.AB.07.Gen.ReEx.001.001	GAS	2001-2009	815,24	15,00	76,84	85,98	134,84	107,49	21,84	183,39	37,35
AT.N.AB.01.Gen.ReEx.001.001	GAS	ab 1919	798,21	15,00	76,84	186,31	268,36	107,49	21,84	364,97	74,34
AT.N.AB.02.Gen.ReEx.001.001	GAS	1919-1944	1183,32	15,00	76,84	164,18	238,84	107,49	21,84	324,82	66,16
AT.N.AB.03.Gen.ReEx.001.001	GAS	1945-1960	810,47	15,00	76,84	189,58	272,78	107,49	21,84	370,98	75,56
AT.N.AB.05.Gen.ReEx.001.001	GAS	1981-1990	1257,90	15,00	76,84	59,75	99,79	107,49	21,84	135,71	27,64
AT.N.AB.06.Gen.ReEx.001.001	GAS	1991-2000	898,50	15,00	76,84	85,76	134,54	107,49	21,84	182,97	37,27
AT.N.AB.01.Gen.ReEx.001.001	BIO	ab 1919	798,21	15,00	64,25	186,31	247,26	77,77	2,69	296,71	9,89
AT.N.AB.05.Gen.ReEx.001.001	BIO	1981-1990	1257,90	15,00	64,25	59,75	78,94	77,77	2,69	94,73	3,16
AT.N.AB.06.Gen.ReEx.001.001	BIO	1991-2000	898,50	15,00	64,25	85,76	113,82	77,77	2,69	136,58	4,55
AT.N.AB.02.Gen.ReEx.001.001	BIO	1919-1944	1183,32	15,00	64,25	164,18	217,68	77,77	2,69	261,21	8,71
AT.N.AB.03.Gen.ReEx.001.001	BIO	1945-1960	810,47	15,00	64,25	189,58	251,79	77,77	2,69	302,15	10,07
AT.N.AB.04.Gen.ReEx.001.001	BIO	1961-1980	1035,02	15,00	64,25	142,97	189,74	77,77	2,69	227,69	7,59
AT.N.AB.04.Gen.ReEx.001.001	OIL	1961-1980	1035,02	15,00	44,02	142,97	208,80	60,09	14,65	288,50	70,14
AT.N.AB.04.Gen.ReEx.001.001	GAS	1961-1980	1035,02	15,00	76,84	142,97	210,68	107,49	21,84	286,53	58,36
AT.N.AB.06.Gen.ReEx.001.001	OIL	1991-2000	898,50	15,00	44,02	85,76	132,67	60,09	14,65	185,72	45,02
AT.N.AB.07.Gen.ReEx.001.001	BIO	2001-2009	815,24	15,00	64,25	85,98	114,18	77,77	2,69	137,02	4,57

Abbildung 16 Kennzahlen Mehrfamilienhaus Groß MFH-G

Verwendete Tabula Referenzheizsystem:

Kategorie	verwendetes Heizsystem nach Brennstoff:
Einfamilienhaus (EFH)	OIL Typ
	AT.<Oil.B_NC_CT.SUH.01>.<Oil.B_NC_CT.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Einfamilienhaus / Öl Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz
	GAS Typ
	AT.<Gas.B_NC_CT.Gen.01>.<Gas.B_NC_CT.SUH.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Einfamilienhaus / Gas Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz
	BIO Typ
Mehrfamilienhaus (MFH-K und MFH-G) Reihenhaus (RH)	AT.<Bio.B_NC.Gen.01>.<Bio_WP.B_WP.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Biomasse Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz
	OIL Typ
	AT.<Oil.B_NC_CT.MUH.02>.<Oil.B_NC_CT.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Oil.B_NC_CT.MUH.02>.<Oil.B_NC_CT.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Oil.B_NC_CT.MUH.02>.<Oil.B_NC_CT.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Mehrfamilienhaus / Öl Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz
	GAS Typ
	AT.<Gas.B_NC_CT.Gen.01>.<Gas.B_NC_CT.MUH.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Gas.B_NC_CT.Gen.01>.<Gas.B_NC_CT.MUH.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Gas.B_NC_CT.Gen.01>.<Gas.B_NC_CT.MUH.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Mehrfamilienhaus / Gas Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz
	BIO Typ
	AT.<Bio.B_NC.Gen.01>.<Bio_WP.B_WP.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Bio.B_NC.Gen.01>.<Bio_WP.B_WP.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	AT.<Bio.B_NC.Gen.01>.<Bio_WP.B_WP.Gen.01>.<-.Gen.01>.<Gen>
	Biomasse Zentralheizung, mittlere Energieeffizienz

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Abkürzungsverzeichnis.....	4
Tabelle 2 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Gebäude"	12
Tabelle 3 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht „Nutzungseinheiten“	13
Tabelle 4 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Bauvorhaben Gebäude".....	14
Tabelle 5 Verwendete Felder aus dem Verwaltungsbericht "Bauvorhaben Nutzungseinheiten"	14
Tabelle 6 Verwendete Felder aus der Naturbestandsdatenbank.....	15
Tabelle 7 Verwendete Felder aus der Kaminkehrerdatenbank.....	16
Tabelle 8 Zusatzinformationen	19
Tabelle 9 Geschoßhöhe nach Epoche	27
Tabelle 10 Wandausrichtung.....	30
Tabelle 11 Datenbankstruktur	32
Tabelle 12 Nutzungsklassen	37
Tabelle 13 Nutzungsprofile.....	37
Tabelle 14 Zuteilung Nutzungsprofile zu den Nutzungsklassen	38
Tabelle 15 Gebäudekategorien und Gebäudesektoren	39
Tabelle 16 Energieträger Raumwärme	41
Tabelle 17 Energieträger Warmwasser.....	42
Tabelle 18 Verschattungsfaktoren (ÖNORM 8110-6 Kapitel 8.3)	47
Tabelle 19 Defaultwerte Leitungslänge (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3)	50
Tabelle 20 Maximale Wärmeverluste (ÖNORM H5056 Kapitel 6.3)	51
Tabelle 21 Wirkungsgrad $\eta_{100\%}$ und Bereitschaftsverluste $q_{bb,Pb}$ Faktoren	52
Tabelle 22 Defaultwerte Leitungslänge (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3)	55
Tabelle 23 Maximale Wärmeverluste (ÖNORM H5056 Kapitel 7.3)	55
Tabelle 24 Wirkungsgrad $\eta_{100\%}$ und Bereitschaftsverluste $q_{bb,Pb}$ Faktoren	57
Tabelle 25 Konversionsfaktoren	59
Tabelle 26 Validierungsmodell	61
Tabelle 27 Konfiguration Gas Warmwasser MIN Ansatz	63
Tabelle 28 Konfiguration Gas Warmwasser MAX Ansatz	63
Tabelle 29 Konfiguration Öl Warmwasser MIN Ansatz	64

Tabelle 30 Konfiguration Öl Warmwasser MAX Ansatz	64
Tabelle 31 Konfiguration Biomasse Warmwasser MIN Ansatz	65
Tabelle 32 Konfiguration Biomasse Warmwasser MAX Ansatz.....	65
Tabelle 33 Konfiguration Strom Warmwasser MIN Ansatz	66
Tabelle 34 Konfiguration Strom Warmwasser MAX Ansatz	66
Tabelle 35 Konfiguration Fernwärme Warmwasser MIN Ansatz	67
Tabelle 36 Konfiguration Fernwärme Warmwasser MAX Ansatz	67
Tabelle 37 Konfiguration Wärmepumpe Warmwasser MIN Ansatz	68
Tabelle 38 Konfiguration Wärmepumpe Warmwasser MAX Ansatz	68
Tabelle 39 Konfiguration Solarthermie Warmwasser MIN Ansatz	69
Tabelle 40 Konfiguration Solarthermie Warmwasser MAX Ansatz	69
Tabelle 41 Konfiguration Gas Raumwärme MIN Ansatz.....	70
Tabelle 42 Konfiguration Gas Raumwärme MAX Ansatz	70
Tabelle 43 Konfiguration Öl Raumwärme MIN Ansatz.....	71
Tabelle 44 Konfiguration Öl Raumwärme MAX Ansatz	71
Tabelle 45 Konfiguration Biomasse Raumwärme MIN Ansatz	72
Tabelle 46 Konfiguration Biomasse Raumwärme MIN Ansatz	72
Tabelle 47 Konfiguration Strom Raumwärme MIN Ansatz.....	73
Tabelle 48 Konfiguration Strom Raumwärme MAX Ansatz	73
Tabelle 49 Konfiguration Fernwärme Raumwärme MIN Ansatz	74
Tabelle 50 Konfiguration Fernwärme Raumwärme MAX Ansatz.....	74
Tabelle 51 Konfiguration Wärmepumpe Raumwärme MIN Ansatz.....	75
Tabelle 52 Konfiguration Wärmepumpe Raumwärme MAX Ansatz	75
Tabelle 53 Validierungsergebnisse Gas MIN Ansatz RK & SK.....	76
Tabelle 54 Validierungsergebnisse Gas MAX Ansatz RK & SK	76
Tabelle 55 Validierungsergebnisse Öl MIN Ansatz RK & SK.....	76
Tabelle 56 Validierungsergebnisse Öl MAX Ansatz RK & SK	76
Tabelle 57 Validierungsergebnisse Biomasse MIN Ansatz RK & SK	77
Tabelle 58 Validierungsergebnisse Biomasse MAX Ansatz RK & SK	77
Tabelle 59 Validierungsergebnisse Strom MIN Ansatz RK & SK.....	77
Tabelle 60 Validierungsergebnisse Strom MAX Ansatz RK &SK	77

Tabelle 61 Validierungsergebnisse Fernwärme MIN Ansatz RK &SK	78
Tabelle 62 Validierungsergebnisse Fernwärme MAX Ansatz RK &SK	78
Tabelle 63 Validierungsergebnisse Gas MIN / MAX Ansatz RK	78
Tabelle 64 Validierungsergebnisse Öl MIN / MAX Ansatz RK	78
Tabelle 65 Validierungsergebnisse Biomasse MIN / MAX Ansatz RK.....	78
Tabelle 66 Validierungsergebnisse Strom MIN / MAX Ansatz RK	79
Tabelle 67 Validierungsergebnisse Fern MIN / MAX Ansatz RK	79
Tabelle 68 Validierungsergebnisse Wärmepumpe MIN / MAX Ansatz RK	79
Tabelle 69 Validierungsergebnisse Solarthermie Warmwasser MIN / MAX Ansatz RK	79
Tabelle 70 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Bürogebäude	79
Tabelle 71 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Verkaufsstätte	79
Tabelle 72 Validierungsergebnisse GAS MIN / MAX Nutzungsprofil Beherbergung / Hotel	80

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Modellanwendung	6
Abbildung 2 Gesamtprozess	10
Abbildung 3 Datenstruktur rasterbezogene Verbrauchsdaten	17
Abbildung 4 Obligate Schritte Datenintegration	20
Abbildung 5 Optionale Schritte der Datenintegration	21
Abbildung 6 Nachbesserungsmethode	22
Abbildung 7 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung im Fall Kaminkehrerdatenbank & Zusatzinformationen	24
Abbildung 8 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung Naturbestand Vorarlberg	24
Abbildung 9 2-Schritt Verfahren Adresszuordnung Naturbestand Tirol	25
Abbildung 10 „District“ Methode	26
Abbildung 11: Gebäudehüllenmodell	34
Abbildung 12 Verwendeten U-Werte für die Energiebedarfsschätzung.....	44
Abbildung 13 Kennzahlen Einfamilienhaus EFH.....	85
Abbildung 14 Kennzahlen Mehrfamilienhaus MFH	86
Abbildung 15 Kennzahlen Reihenhaushaus RH	87
Abbildung 16 Kennzahlen Mehrfamilienhaus Groß MFH-G	88

9 Liste der Normen, Richtlinien und Leitfäden

ÖNORM B8110-6, 2014, Grundlagen und Nachweisverfahren Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

ÖNORM B8110-5, 2011, Klimamodell und Nutzungsprofile

ÖNORM B8110-5 Beiblatt 1, 2009, Normaußentemperaturen

ÖNORM B8110-6 Beiblatt 1, 2015, Einfamilienhaus – Validierungsbeispiele für Heizwärmebedarf

ÖNORM H5056, 2014, Heiztechnik-Energiebedarf

ÖNORM H5058, 2011, Kühltechnik-Energiebedarf

ÖNORM H5057, 2011, Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude

ÖNORM H5050, 2014, Berechnung des Gesamtenergieeffizienz-Faktors

OIB Leitfaden, 2015, Energietechnisches Verhalten von Gebäuden

OIB Richtlinie 6, 2015, Energieeinsparung und Wärmeschutz