

# **Methoden- und Konzeptentwicklung zur Implementierung nachhaltiger Energiesysteme in Städten am Beispiel von Gleisdorf und Salzburg**

ECC - EnergyCityConcepts

P. J. Nageler, T. Mach,  
R. Heimrath, I. Schardinger,  
F. Langhammer, M. Biberacher,  
O. Mair am Tinkhof, H. Strasser,  
H. Edtmayer, F. Mauthner,  
I. Leusbrock

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**8/2021**

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe  
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# Methoden- und Konzeptentwicklung zur Implementierung nachhaltiger Energiesysteme in Städten am Beispiel von Gleisdorf und Salzburg

ECC - EnergyCityConcepts

Peter J. Nageler, Thomas Mach, Richard Heimrath  
TU Graz - Institut für Wärmetechnik

Ingrid Schardinger, Fabian Langhammer, Markus Biberacher  
Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH  
Research Studio iSPACE

Oskar Mair am Tinkhof, Helmut Strasser  
Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen - SIR

Hermann Edtmayer, Franz Mauthner, Ingo Leusbrock  
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

In Zusammenarbeit mit:  
Silvia Gailer, Johann Klinger  
Salzburg AG

Josef Schrötter, Karl Hierzer  
Stadtwerke Gleisdorf

Graz, Gleisdorf, Salzburg, Jänner 2020

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>10</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Ausgangslage</b> .....	<b>16</b>
1.1. Aktueller Stand in der Energieraumplanung.....	16
1.2. Motivation und Zielsetzungen im Projekt.....	17
<b>2. Analyse- und Bewertungsmethoden</b> .....	<b>21</b>
2.1. Methodenansatz Geoinformation .....	21
2.2. Methodenansatz physikalische Simulation.....	27
2.3. Methodenansatz Energie-Statistik.....	32
2.4. Methodenansatz agentenbasierte Modellierung .....	33
2.5. Energie- und Ökobilanzierung.....	37
2.6. Webservices als Planungstools .....	41
2.6.1. Webservice Salzburg Schallmoos .....	41
2.6.2. Webservice Stadt Gleisdorf .....	43
<b>3. Bestandsanalyse der Untersuchungsgebiete</b> .....	<b>47</b>
3.1. Status quo in Salzburg Schallmoos.....	48
3.1.1. Räumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen .....	48
3.1.2. Energierelevante Strukturdaten .....	49
3.1.3. Strom-, Wärme-, Kälte- Gas- und Fernwärmebedarf .....	50
3.1.4. Bedarfswerte für das Referenzjahr 2014 im Methodenvergleich .....	52
3.1.5. Leistungsverläufe im Referenzjahr 2014 .....	56
3.1.6. Energie- und Ökobilanzierung im Status quo .....	56
3.2. Status quo in Gleisdorf.....	57
3.2.1. Räumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen .....	57
3.2.2. Energierelevante Strukturdaten .....	61
3.2.3. Energie- und Ökobilanzierung Status quo .....	66
<b>4. Entwicklung und Bewertung von Zukunftsszenarien</b> .....	<b>71</b>
4.1. Entwicklungsszenarien für Salzburg Schallmoos .....	71
4.1.1. Energiepolitische Rahmenbedingungen in Salzburg .....	72
4.1.2. Nachverdichtungspotential .....	73
4.1.3. Potentiale erneuerbarer Energiequellen .....	74
4.1.4. Potential aus betrieblicher Abwärme.....	76
4.1.5. Entwicklungsszenarien Schallmoos .....	77

4.2.	Entwicklungsszenarien für Gleisdorf.....	82
4.2.1.	Energiepolitische Rahmenbedingungen Gleisdorf .....	83
4.2.2.	Wärmepumpen- und Solarpotential.....	85
4.2.3.	Fernwärmepotential.....	87
4.2.4.	Entwicklungsszenarien Gleisdorf .....	88
4.2.5.	Ergebnisse des Methodenansatzes EnergyPRO.....	91
4.2.6.	Ergebnisse der agentenbasierten Simulation.....	94
<b>5.</b>	<b>Umsetzungsfahrpläne .....</b>	<b>99</b>
5.1.	Implementierungsstand Energieraumplanung .....	99
5.2.	Wege zur Emissionsreduktion.....	103
5.3.	Umsetzungsfahrpläne für Salzburg Schallmoos.....	103
5.3.1.	Erstellung von Handlungsempfehlungen.....	107
5.4.	Umsetzungsfahrpläne für Gleisdorf.....	108
<b>6.</b>	<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen .....</b>	<b>113</b>
6.1.	Erkenntnisse aus der Projektarbeit.....	113
6.1.1.	Methodeneinsatz.....	115
6.2.	Räumliche Energieplanung: Vieles auf einer Karte.....	118
6.3.	Projektergebnisse als Grundlage für weitere Planungen .....	120
6.4.	Weiterführende Informationen .....	123
<b>7.</b>	<b>Verzeichnisse .....</b>	<b>125</b>
7.1.	Abbildungsverzeichnis .....	125
7.2.	Tabellenverzeichnis.....	128
7.3.	Literaturverzeichnis .....	129



## Kurzfassung

Unsere Energiesysteme entwickeln sich rasant, ebenso wie unsere Städte. Auch der Klimaschutz muss energisch vorangetrieben werden. Um die notwendige Energieversorgung von morgen in unseren Städten und Regionen zu gestalten, müssen alle Akteure im Rahmen der Energieraumplanung Energiesysteme ganzheitlich über alle Sektoren betrachten sowie die technischen und organisatorischen Herausforderungen gemeinsam angehen. Für eine ressourcenschonende und ausfallsichere Energieversorgung ist es wesentlich, dass diese auch in der räumlichen Entwicklung der Ballungsräume einen adäquaten Platz hat. Das hier vorgestellte Forschungsprojekt *EnergyCityConcepts*<sup>1</sup> hat sich in den letzten Jahren mit diesem Themenkomplex beschäftigt und gezeigt, wie neue, angepasste Planungstools und Organisationsstrukturen dabei helfen können. In der Projektarbeit wurden durch die Projektpartner AEE INTEC, Institut für Wärmetechnik der TU Graz, SIR - Salzburg Institut für Raumplanung und Wohnen, Research Studio iSPACE / RSA FG, Stadtwerke Gleisdorf und Salzburg AG wichtige Beiträge zur Einführung und Weiterentwicklung der räumlichen Energieplanung in den Städten Gleisdorf und Salzburg geleistet.

### Warum Energie in der Stadtplanung?

Durch die Unterzeichnung des Pariser Klima-Abkommens sind die Zielsetzungen aus Energiesicht auf internationaler Ebene festgelegt. Nun gilt es zu überlegen, mit welchen Maßnahmen diese Zielsetzungen auf Gemeinde- und Stadtebene bis 2050 umgesetzt werden können. Parallel dazu werden die lokalen Planungsorgane (Stadtbauamt, Raumplaner, Energieversorger, etc.) mit Herausforderungen konfrontiert, welche der Klimawandel und die zunehmende Urbanisierung mit sich bringen. Daher ist ein koordiniertes Vorgehen im Bereich der Stadt- sowie Energieplanung notwendig. Ein wichtiges und innovatives Instrument hierfür ist die Energieraumplanung. Im Projekt *EnergyCityConcepts* wurde Energieraumplanung in der Stadtgemeinde Gleisdorf und im Stadtteil Salzburg-Schallmoos pilothaft umgesetzt. Hierfür war die Kombination von wissenschaftlicher Expertise mit praktischem Wissen aus Gemeinde und Stadt notwendig, um den transdisziplinären Prozess zur Weiterentwicklung der Energieraumplanung voranzutreiben.

### Wissenschaftliche Methoden kombinieren

Zur Bearbeitung von energietechnischen Fragestellungen gibt es eine Vielzahl an Werkzeugen und Methoden mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden und Anwendungsgebieten. Für die Energieraumplanung bringt die Kombination von Geoinformationssystemen, räumlicher Modellierung und ausgewählten Simulationsmethoden vielfache Vorteile.

Mit Hilfe von GI-Systemen<sup>2</sup> wurden im Projekt große raumbezogene Datenmengen zu lokalen Energiebedarfen, Energiepotentialen und Infrastrukturen erfasst und eine detaillierte Geodatenbasis erstellt. Daraus wurden in Kombination mit raumplanerischen Informationen in weiterer Folge Analysekarten abgeleitet, die die relevanten Aussagen zu Energiebedarf und Gebäudestatus grafisch und räumlich aufgelöst darstellen. Für detailliertere Planungen, sowohl für den Status-quo als auch für Zukunftsszenarien, wurden die räumlichen Modelle mit physikalischen Modellen gekoppelt. Auf der Ebene von Gebäuden sowie Arealen wurde eine dynamische Gebäude- und Anlagensimulation zur Kopplung verwendet.

---

<sup>1</sup> Projekt EnergyCityConcepts, [www.ecc.aee-intec.at](http://www.ecc.aee-intec.at)

<sup>2</sup> Geografische Informationssysteme: Informationssysteme zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten

Des Weiteren wurde eine Methodik entwickelt, mit deren Hilfe auf Basis von gemessenen Energieverbräuchen zukünftige Verbräuche über Simulationen abgeschätzt werden können. Um Entwicklungen im Wärmebedarf von Wohngebäuden für unterschiedliche Szenarien zu untersuchen, wurden Modelle aus dem Projekt *TABULA*<sup>3</sup> und den europäischen Normen *EN ISO 13790* zur Berechnung des Heizwärmebedarfes sowie der *ÖNORM EN 15316* zur Berechnung des Heizenergiebedarfes mit der erarbeiteten Geodatenbasis verknüpft. Ein weiterer Ansatz bestand darin, über ein agentenbasiertes Simulationsmodell den Einfluss von soziodemografischen Faktoren (Bildungsstand, Alter, Einkommen, etc.) auf die Entwicklung des Wärmeversorgungssystems zu untersuchen.

### **Ergebnisse sind Grundlage für die weitere Stadtplanung**

Die Ergebnisse aus der räumlichen Modellierung und Simulation liegen nicht nur in reiner Zahlen- bzw. Diagrammform vor, sondern auch anschaulich und intuitiv erfassbar in Form von digitalen Karten. Diese Ergebnisse zeigen für Salzburg Schallmoos und Gleisdorf unter anderem

- den Renovierungsstand der Gebäude
- die Verteilung und Art der Heizungssysteme
- die Art der eingesetzten Energieträger
- den Heizwärmebedarf und den CO<sub>2</sub> Ausstoß im betrachteten Gebiet
- Eignungs- und Vorranggebiete für die Fernwärmeversorgung
- Potenziale für den Ausbau und die Integration von Biomasse, Wärmepumpen, Solarthermie und PV-Anlagen, Abwärmenutzung

Ein weiteres Resultat aus dem Projekt *EnergyCityConcepts* ist der angestoßene Prozess zur Energieraumplanung in den beteiligten Gemeinden. Über die Beteiligung der wichtigsten Stakeholder wie Bürgermeister, Stadtbauamt, Raumplaner und Raumplanungsausschuss, Energieversorger, etc. konnten engagierte Personen für das Thema gewonnen und weiterführende Projekte in unterschiedlichsten Bereichen angestoßen werden. Im *Sachbereichskonzept Energie - SKE* in Gleisdorf wurden beispielsweise Wärmeversorgungszonen und Ausbaumöglichkeiten für das Fernwärmenetz in der Stadt Gleisdorf definiert, die auch als Fernwärmevorranggebiete in die lokale Raumplanung aufgenommen wurden.

In Salzburg-Schallmoos wurden Umsetzungsfahrpläne für den gesamten Stadtteil, für ein Quartier und für einzelne Bauvorhaben erarbeitet. Die aus diesem Prozess gewonnenen Erkenntnisse liefern zusammen mit anderen Projekten in Salzburg einen Input für die Wärmestrategie von Stadt und Land Salzburg und dem beteiligten Energieversorger, der Salzburg AG. In dieser Bearbeitung wurde, wie auch im *SKE*, die im Projekt entwickelte Methodik zur Ausweisung von Fernwärmegebieten über abgestufte Eignungszonen auf Basis von ermittelten Wärmedichtekarten angewandt. Als weiteres Projektergebnis von *EnergyCityConcepts* wurden Webservice-Prototypen für webbasierten Analyse- und Planungstools zur Anzeige und Auswertung von Wärmedichtekarten für beide Städte entwickelt. Das Folgeprojekt *Spatial Energy Planning*<sup>4</sup> beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung dieser erarbeiteten Grundlagen.

---

<sup>3</sup> Das Projekt Tabula entwickelte Standard-Typologien für Wohngebäude in verschiedenen europäischen Ländern; Mehr Informationen hier: <https://episcopo.eu/iee-project/tabula/>

<sup>4</sup> Projekt Spatial Energy Planning (SEP), ein Projekt des Green Energy Lab, Förderprogramm Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>, [www.greenenergylab.at](http://www.greenenergylab.at), <https://www.vorzeigeregion-energie.at/>

### **Wo geht die Reise hin?**

Aus den Ergebnissen der Energieraumplanung lassen sich wichtige Erkenntnisse für die langfristige Stadtplanung ableiten, welche wiederum für Investoren und Energieversorger von Bedeutung sind. Diese können zukünftig die räumliche Eignung einer Energieversorgungsoption treffen. Auf der anderen Seite hat das Projekt auch aufgezeigt, dass für die Bearbeitung des Themas Strukturen und Ressourcen in den Stadtplanungsabteilungen geschaffen werden sollten. Hierdurch könnte das Thema Energieraumplanung mehr und mehr Gehör bei den zuständigen Entscheidungsträgern finden, so dass eine landes- und bundesweite Ausrollung auch politisch unterstützt werden würde.

Die Partner des Projekts *EnergyCityConcepts* sind auch weiterhin in der Weiterentwicklung der Energieraumplanung aktiv. Sowohl im Rahmen laufender Forschungsprojekte als auch in der unmittelbaren Umsetzung in der örtlichen Planung und Integration neuer und Weiterentwicklung vorhandener Tools, Methoden und Arbeitsabläufe. Beide Projektschienen bieten für die Akteure in den Gemeinden, Städten und Ländern eine sehr gute Möglichkeit, das Thema Energieraumplanung aktiv weiterzuführen und die Umsetzung zu forcieren.

## Abstract

Our energy systems are developing rapidly, as our cities do. Also, climate protection must be vigorously promoted. In order to shape the necessary energy supply of tomorrow in our cities and regions, all players in spatial energy planning must take a holistic view of energy systems across all sectors and tackle the technical and organisational challenges together. It is essential for a resource-conserving and fail-safe energy supply that it also has an adequate place in the spatial development of conurbations. The research project *EnergyCityConcepts*<sup>5</sup> has dealt with this complex of issues in recent years and has shown how new, adapted planning tools and organisational structures can help in this respect. The project partners AEE INTEC, Institute of Thermal Engineering of Graz University of Technology, SIR - Salzburg Institute of Spatial Planning and Housing, Research Studio iSPACE / RSA FG, Stadtwerke Gleisdorf and Salzburg AG have made important contributions to the introduction and further development of spatial energy planning in the cities of Gleisdorf and Salzburg.

### Why energy in urban planning?

With the signing of the Paris Climate Agreement, the objectives from an energy perspective have been set at international level. It is now necessary to consider what measures can be taken to implement these objectives at the municipal and city level by 2050. At the same time, local planning bodies (urban planning authorities, spatial planners, energy suppliers, etc.) are confronted with challenges posed by climate change and increasing urbanisation. Therefore, a coordinated approach in the field of urban and energy planning is necessary. An important and innovative instrument for this is spatial energy planning. In the project *EnergyCityConcepts*, spatial energy planning was implemented as a pilot in the municipality of Gleisdorf and in the district of Salzburg Schallmoos. For this, the combination of scientific expertise with practical knowledge from the municipality and the city was necessary to advance the transdisciplinary process for the further development of spatial energy planning.

### Combining scientific methods

There is a wide range of tools and methods with different levels of detail and areas of application for dealing with energy technology issues. For spatial energy planning, the combination of geoinformation systems, spatial modelling and selected simulation methods brings multiple advantages.

With the help of GI-systems<sup>6</sup>, large spatial data sets on local energy requirements, energy potentials and infrastructures were collected in the project and a detailed geodatabase was created. From this, in combination with spatial planning information, analysis maps were subsequently derived, which graphically and spatially resolve the relevant statements on energy demand and building status.

For more detailed planning, both for the status quo and for future scenarios, the spatial models were coupled with physical models. At the level of buildings and areas, a dynamic building and system simulation was used for coupling. In addition, a methodology was developed to estimate future consumption on the basis of measured energy consumption by simulation.

---

<sup>5</sup> Project EnergyCityConcepts, [www.ecc.aee-intec.at](http://www.ecc.aee-intec.at)

<sup>6</sup> Geographic information systems: Information systems for the acquisition, processing, organisation, analysis and presentation of spatial data, [https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system)

In order to investigate developments in the heat demand of residential buildings for different scenarios, models from the TABULA<sup>7</sup> project and the European standards EN ISO 13790 for the calculation of the heating demand and ÖNORM EN 15316 for the calculation of the heating energy demand were linked to the developed geodata base. Another approach was to use an agent-based simulation model to investigate the influence of socio-demographic factors (educational level, age, income, etc.) on the development of the heat supply system.

### **Results are the basis for further urban planning**

The results from spatial modelling and simulation are not only available in pure numerical or diagram form, but also in the form of digital maps that can be clearly and intuitively understood. These results show for Salzburg Schallmoos and Gleisdorf among others

- the state of renovation of the buildings
- the distribution and type of heating systems
- the type of energy sources used
- the heating demand and CO<sub>2</sub> emissions in the area under consideration
- suitability and priority areas for district heating supply
- potentials for the expansion and integration of biomass, heat pumps, solar thermal and PV systems, waste heat utilisation

A further result of the *EnergyCityConcepts* project is the initiated process for spatial energy planning in the participating municipalities. Through the participation of the most important stakeholders such as the mayor, the city building authority, spatial planners and spatial planning committee, energy suppliers, etc., committed people could be won over to the topic and further projects in various areas could be initiated. In the area concept for energy (Sachbereichskonzept Energie - SKE) in Gleisdorf, for example, heat supply zones and expansion possibilities for the district heating network in the city of Gleisdorf were defined, which were also included as district heating priority areas in local spatial planning.

In Salzburg Schallmoos, implementation schedules were drawn up for the entire district, for one neighbourhood and for individual construction projects. The knowledge gained from this process, together with other projects in Salzburg, provides input for the heating strategy of the city and state of Salzburg and the participating energy supplier, Salzburg AG. In this work, as in SKE, the methodology developed in the project was applied to designate district heating areas via graded suitability zones based on determined heat density maps. As a further project result of *EnergyCityConcepts* web service prototypes for web-based analysis and planning tools for the display and evaluation of heat density maps for both cities were developed. The follow-up project *Spatial Energy Planning*<sup>8</sup> deals with the further development of these elaborated basics.

---

<sup>7</sup> The Tabula project developed standard typologies for residential buildings in different European countries; More information here: <https://episcopes.eu/iee-project/tabula/>

<sup>8</sup> Project Spatial Energy Planning (SEP), part of Green Energy Lab, funding programme Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>, [www.greenenergylab.at](http://www.greenenergylab.at), <https://www.vorzeigeregion-energie.at/>

**Where is it going?**

From the results of spatial energy planning, important insights for long-term urban planning can be derived, which in turn are important for investors and energy suppliers. In the future, these can determine the spatial suitability of an energy supply option. On the other hand, the project has also shown that structures and resources should be created in the urban planning departments to deal with this topic. This would enable the topic of spatial energy planning to be heard more and more by the responsible decision-makers, so that a nationwide roll-out would also be politically supported.

The partners of the *EnergyCityConcepts* project are still active in the further development of spatial energy planning. Both in the context of ongoing research projects and in the direct implementation in local planning and integration of new and further development of existing tools, methods and workflows. Both project tracks offer a very good opportunity for the actors in the municipalities, cities and states to actively continue the topic of spatial energy planning and to push the implementation.

# 1. Ausgangslage

Durch das Paris-Abkommen sind die Zielsetzungen aus Energiesicht festgelegt (European Commission, 2015). Nun gilt es zu überlegen, mit welchen Maßnahmen dieses Ziel bis spätestens 2050 erreicht werden kann. Gemeinden und Städte spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Erreichung der Klimaziele und der Dekarbonisierung unseres Energiesystems (Stichwort: Energiewende). Parallel dazu werden die Stadtplanungsabteilungen immer öfter mit den Herausforderungen konfrontiert, welche die zunehmende Urbanisierung mit sich bringt (United Nations, 2018). Gebot der Stunde ist daher, ein koordiniertes Vorgehen mit ausgezeichneten Ergebnissen für alle Beteiligten zu erzielen. Dies kann unter anderem mit Energieraumplanung gelingen. Unter Energieraumplanung bzw. räumlicher Energieplanung versteht man im Wesentlichen jenen integralen Bestandteil der Raumplanung, „der sich mit den räumlichen Dimensionen von Energieverbrauch und Energieversorgung umfassend beschäftigt“ (Thalhammer & Stöglehner, 2015). Auch wenn in den letzten Jahren viel in diesem Bereich passiert ist, gilt es nun, zentrale Erkenntnisse in die breite Umsetzung zu bringen und in entsprechenden Instrumenten zu verankern. In dem hier vorliegenden Projekt EnergyCityConcepts (ECC, 2019) wurde dieses Vorhaben pilothaft in der Stadt Salzburg und Gleisdorf umgesetzt und die Weichen dahingehend gestellt, Standardprozesse zu implementieren. Im folgenden Kapitel ist der Status quo im Bereich der Energieraumplanung in den beiden Städten sowie die Motivation und Zielsetzung des Projektes ausführlicher beschrieben.

## 1.1. Aktueller Stand in der Energieraumplanung

### Schnittstelle Energieraumplanung

Im Unterschied zur Raumplanung ist für die Energieplanung in Österreich keine verbindliche öffentliche Planung vorhanden. Raum- und Energieplanung stehen damit nicht unmittelbar miteinander in Verbindung, was aus technologischer sowie aus organisatorischer Sicht zu einer Schnittstellenproblematik und zu suboptimalen Entscheidungen mit langfristigen Auswirkungen führt. Gründe hierfür liegen in der Komplexität der technischen und organisatorischen Zusammenhänge, dem unterschiedlichen und teilweise unvollständigen Informationsstand der involvierten Partner sowie dem Fehlen von gelebten und erprobten Vorgehensweisen in der Energieraumplanung.

Forschungsbedarf besteht hierdurch bei der Konkretisierung von Zeitpunkten bzw. thematischen Anknüpfungspunkten, an denen energieplanerische Aspekte sinnvollerweise in den Stadtentwicklungsprozess eingebracht werden und auf welcher Basis konkrete Entscheidungen getroffen werden können. Andererseits gilt es Tools und Methoden zur technischen Modellierung und Simulation von urbanen Energiesystemen auch unter Berücksichtigung räumlicher Aspekte (weiter) zu entwickeln.

### Geoinformationssysteme als wichtiges Werkzeug in der Energieraumplanung

In methodischer Hinsicht bergen Geoinformationssysteme (GIS)<sup>9</sup> großes Potential, die einzelnen Fachbereiche über eine gemeinsame Plattform zusammenzuführen und neues Wissen zu generieren.

---

<sup>9</sup> Geoinformationssysteme, Geographische Informationssysteme (GIS) oder Räumliche Informationssysteme (RIS) sind Informationssysteme zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten. Geoinformationssysteme umfassen die dazu benötigte Hardware, Software, Daten und Anwendungen (Kappas, 2012)

Bei der ganzheitlichen Betrachtung von Energiesystemen ist die Verschneidung von räumlichen Analysemethoden mit Methoden der Stadtplanung sowie der klassischen Energieplanung sehr zielführend, unter anderem bei Datenspeicherung und -verwaltung, Analyse und Optimierung, bei Ergebnisdarstellung und Kommunikation. Konkret ermöglichen GI-Systeme den Lückenschluss zwischen Analysen auf Komponenten- (z. B.: Gebäude, Energieumwandlungsanlage, Wärmenetz) und Systemebene (Gebäudeverbund, Nah- und Fernwärmesystem, verteilte Einspeiser, etc.), indem der räumlichen Dimension besondere Aufmerksamkeit beigemessen wird. Ergebnisdarstellungen mit Raumbezug bzw. in Form von Karten sind in weiterer Folge für Stadtplanungsprozesse mit sehr unterschiedlichen Akteuren hilfreich, um komplexe Zusammenhänge anschaulich zu kommunizieren.

Eine wichtige Grundlage zur Energieraumplanung leistet GIS beispielsweise bei der flächendeckenden Abschätzung und Darstellung von Wärmeverbräuchen und Potenzialen erneuerbarer Energieträger. In Abbildung 1 ist als Beispiel die Ermittlung von Dachflächen für die Berechnung von Solarpotentialen dargestellt. Methodisch werden hierfür Daten aus unterschiedlichen Quellen (Erdbeobachtung, Statistik, Kataster, etc.) über eine räumliche Verortung in einem GIS zusammengeführt. Als konkrete Datenquellen dienen beispielsweise Gebäudeflächen aus der digitalen Katastermappe, Laserscan-Daten aus Befliegungen und Energieausweisdaten aus systematischen Erhebungen. Ergänzt mit Informationen zur Gebäudenutzung kann der aktuelle Wärmebedarf räumlich dargestellt sowie Möglichkeiten für technische Maßnahmen wie Sanierung oder Einsatz Erneuerbarer identifiziert werden.



Abbildung 1: 3D-Model Schallmoos zur Ermittlung von Kubatur und Dachform (Quelle: RSA FG, iSPACE)

## 1.2. Motivation und Zielsetzungen im Projekt

In Österreich wie auch weltweit ist ein deutlicher Trend zur Urbanisierung, also der Ausbreitung und Verdichtung städtischer Infrastrukturen, wahrzunehmen (United Nations, 2018). Neben sozialen und gesellschaftlichen Veränderungen impliziert dieser Entwicklungstrend auch, dass Gemeinden und Städten eine immer wichtigere Rolle bei der Erreichung von Klimazielen und der Dekarbonisierung unseres Energiesystems zukommt. Damit langfristig möglichst optimale Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung entwickelt werden können, ist es notwendig, Raum- und Energieplanung im Sinne einer integralen Energieraumplanung stärker miteinander zu verbinden (Stichwort: Inter- und Transdisziplinarität).



Doch wie kann Energieraumplanung rechtlich und organisatorisch in Städten und Gemeinden funktionieren? Welche Entscheidungsträger sind beizuziehen? Welche Kommunikations- und Entscheidungsfindungsstrukturen sind zielführend? Wann und an welcher Stelle sollen energie-technische Aspekte in städtebaulichen Überlegungen Berücksichtigung finden? Welche (technischen) Synergien lassen sich durch die Verschränkung von Infrastrukturen und lokalen Ressourcen nutzen (z.B.: Nutzung von lokaler Abwärme in einem Wärmenetz)? Welche ganzheitlich gedachten technischen Lösungen führen zu langfristig minimalen Kosten oder Emissionen?

Diesen Fragestellungen widmete sich das Projekt EnergyCityConcepts. Am Beispiel von zwei Modellregionen – der Stadtgemeinde „Gleisdorf“ und dem Salzburger Stadtteil „Schallmoos“ – wurden Herangehensweise erprobt, die den ganzheitlichen Anforderungen einer integralen Energieraumplanung, sowohl auf technischer als auch auf organisatorischer Ebene, genügen sollen.

Zwei Hauptaspekte stehen hierbei im Mittelpunkt:

#### **Energie**

- Verbräuche
- Arten der Energieträger
- Potentiale für: Einsparung, Erneuerbare, Abwärmenutzung
- Verortung – räumlich und zeitlich
- Status quo und Entwicklungsszenarien

#### **Strategien**

- Entwickeln, erproben, umsetzen
- Speziell für: Energieplanung in der Raumplanung
- auch für: Kommunikation, Organisation, Entscheidungsfindung

Aufgrund der in Kapitel 3 beschriebenen unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den beiden Städten, waren auch die Motivation und Zielsetzungen für das vorliegende Projekt unterschiedlich.

In der Stadt **Salzburg** wird für den Stadtteil **Schallmoos** seit der Eröffnung des Hauptbahnhofs eine dynamische Entwicklung erwartet. Erfahrungen aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass relativ viele Projekte aufgrund des Marktdruckes rasch geplant und umgesetzt werden, wenn die Verkaufs- bzw. Genehmigungsverhandlungen erstmal abgeschlossen sind. Daher gilt es, auf der Gebäude-, der Quartiers- und auf der Stadtteilebene Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung parat zu haben. Im Rahmen dieses Projekts wurden daher für den gesamten Stadtteil Schallmoos, für ein in Entwicklung befindliches Quartier in der Schallmooser Hauptstraße und für zwölf Bauvorhaben in Schallmoos und Umgebung Umsetzungsfahrpläne erarbeitet, mit dem Ziel, Hilfestellungen zu erarbeiten, wie die derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen trotz intensiver Neubautätigkeit deutlich gesenkt werden können und dadurch ein wesentlicher Beitrag zur Bewältigung der energie- und klimapolitischen Herausforderungen unserer Zeit geleistet werden kann. Die dazu entwickelten Umsetzungsfahrpläne sprechen dabei unterschiedliche Zielgruppen an (Stadtteilmanager, Projektentwickler, Investoren) und sind lang-, mittel-, oder kurzfristig angelegt.

Als wesentlicher Grundstein wurde dabei, entsprechend der Zielsetzungen des Masterplanes Schallmoos West<sup>10</sup>, eine CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung festgelegt, wobei diese Zielsetzungen im Rahmen dieses Projektes wie folgt präzisiert werden: Die Treibhausgasemissionen aus den Bereichen Graue Energie, Betriebsenergie und Alltagsmobilität unterschreiten spätestens im Jahr 2050 die entsprechend der Nutzungsart festzulegenden Zielwerte gemäß (Mair am Tinkhof O. , et al., 2017). Aus diesem Grund war es erforderlich, neben der Betriebsenergie auch die Graue Energie der Baustoffe und die THG-Emissionen aus der Alltagsmobilität abzuschätzen.

Zur Entwicklung der Umsetzungsfahrpläne in Schallmoos wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Aufbau eines energietechnischen Modells für den Stadtteil Schallmoos mit Stand 2014
2. Festlegung von möglichen Entwicklungsszenarien bis zum Jahr 2025 und 2050
3. Modellierung der Entwicklungsszenarien für die Jahre 2025 und 2050
4. Ableitung eines strategischen Umsetzungsfahrplanes für den gesamten Stadtteil Schallmoos
5. Ableitung eines mittelfristigen Umsetzungsfahrplanes für das Quartier Schallmooser Hauptstraße
6. Ableitung von Umsetzungsfahrplänen für konkrete Bauvorhaben

In **Gleisdorf** wurde eine ähnliche Zielsetzung verfolgt, welche auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen für die Stadtgemeinde im Bereich der Raum- und Energieplanung einging.

Als Zugangsgemeinde im Großraum Graz erfährt Gleisdorf in den letzten Jahren einen intensiven Urbanisierungsprozess. So ist ein Wachstum von rund 20% in den vergangenen zehn Jahren (ohne Berücksichtigung der Gemeindefusionierung) zu verzeichnen. Ein weiterhin starkes Wachstum wird bis über 2030 hinaus erwartet. Im Zuge der steirischen Gemeindezusammenlegung wurde die Stadt Gleisdorf mit vier ländlich strukturierten Umlandgemeinden fusioniert und von rund 6.000 zu aktuell rund 10.800 Einwohner vergrößert. Die daraus resultierenden, langfristigen Investitionsentscheidungen im Bereich kommunaler Infrastrukturen (Energie, Wasser, Abwasser, Straßenbau, öffentlicher Verkehr, Radwege, etc.) sollen nachhaltig, sinnvoll und möglichst nicht konkurrierend vorgenommen werden. Des Weiteren wird die Erhöhung der Lebensqualität durch integriertes, nachhaltiges Handeln in allen Verantwortungsbereichen der Stadt angestrebt. So sollen die im Stadtentwicklungskonzept 1.00 (Reissner & Dokter, 2018) festgeschriebenen Klimaschutzziele für die Stadtgemeinde Gleisdorf unterstützt werden. Ein Kernpunkt darin ist, die Gesamtenergieversorgung bis 2050 zu 100% aus erneuerbaren Energien zu erreichen. Weitere Punkte im Energiebereich sind die Senkung des Gesamtenergieverbrauches, ein weiterer Ausbau der E-Mobilität sowie Neubauten als Plus-Energie-Gebäude und die Sanierung von Altbauten. Die Herausforderungen an Klimaschutzmaßnahmen und Energieplanung im Zusammenspiel mit den Instrumenten der Flächenwidmung und Raumplanung, die sich daraus ergeben, werden unter anderem über das hier beschriebene Projekt EnergyCityConcepts adressiert.

---

<sup>10</sup> Arbeitspapier der Stadt Salzburg aus dem Stakeholder-Prozess zu Schallmoos West; <https://www.stadt-salzburg.at/index.php?id=39284>

Analog zu den Entwicklungen in Salzburg-Schallmoos wurde für die Stadt Gleisdorf folgendermaßen vorgegangen:

1. Status quo
  - a. Datenerhebung aus allen verfügbaren Datenquellen
  - b. Datenaufbereitung und Fehlerkorrektur
  - c. Erstellen einer Geodatenbank
  - d. Aufbau und Berechnung eines energietechnischen Modells
  - e. Auswertung und Analyse der Ergebnisse
2. Entwicklungsszenarien für 2035 und 2050
  - a. Erarbeiten von möglichen Sanierungsszenarien in Wohngebäuden
  - b. Modellierung und Simulation der Szenarien
  - c. Auswertung und Analyse der Ergebnisse
3. Ableitung von möglichen Umsetzungen
  - a. Eignungs- und Vorranggebiete sowie konkrete Erweiterungsmöglichkeiten für die Fernwärmeversorgung
  - b. Potenziale für den Ausbau und die Integration von Biomasse, Wärmepumpen, Solarthermie, PV-Anlagen oder Abwärmenutzung

## 2. Analyse- und Bewertungsmethoden

Für die strategische Energieraumplanung ist eine räumliche Analyse des Status quo sowie eine weiterführende Szenarienberechnung der Energiesysteme notwendig. Dies ermöglicht unter anderem, den Energiebedarf, das Sanierungspotenzial von Gebäuden oder die Machbarkeit von potenziellen Fernwärmeversorgungsgebieten zu identifizieren und zu quantifizieren. Dazu wurden im vorliegenden Projekt mehrere unterschiedliche methodische Ansätze erarbeitet.

Zur Bewertung des Status quo und der Entwicklungsszenarien kamen unterschiedliche Methoden zum Einsatz. Einzelne Ergebnisse, wie beispielsweise die Wärmebedarfsdichten, wurden mit unterschiedlichen Methoden berechnet, wodurch die Möglichkeit bestand, vergleichende Analysen anzustellen. Die Methoden gliedern sich einerseits in Vorgangsweisen, die im Wesentlichen auf der Verwendung und Weiterentwicklung von Geoinformationssystemen beruhen; diese Ansätze werden nachfolgend als **Methode Geoinformation** bezeichnet. Andererseits kommen Vorgangsweisen zum Einsatz, die auf eine physikalisch-energietechnische Modellbildung und Simulation aufbauen – diese Ansätze werden nachfolgend als **Methode physikalische Simulation** bezeichnet. Ergänzend dazu wurden einzelne Fragestellungen durch **Energie-Statistik Ansätze** und **agentenbasierte Modellierung** bearbeitet, sowie eine übergeordnete **Energie- und Ökobilanzierung** erstellt. Die detaillierte Beschreibung des jeweiligen Methodeneinsatzes je Untersuchungsgebiet erfolgt in Kapitel 3.

Ein Quartier, eine Gemeinde oder eine Stadt mit ihren Bewohnern, Gebäuden und der Infrastruktur ist ein lebendiger Organismus. Daher liegt es in der Natur der Energieraumplanung, dass sich Untersuchungskriterien wie Gebiet, Datenstand, etc. laufend verändern. Daraus folgend verändern / erweitern sich im Zuge eines mehrjährigen Projektes wie diesem auch laufend die erzielten Ergebnisse. Zu Beginn des Projektes wurden Daten zum Status quo erhoben sowie nach den beschriebenen Methoden verarbeitet und ausgewertet, siehe (Ribas, 2016). Im weiteren Projektverlauf konnten durch erweiterte Erkenntnisse aufbauend auf diese Grundlage neue Datenquellen gefunden oder bestehende Daten verbessert bearbeitet werden, siehe (Stanzel, 2019). Durch die schrittweise Erweiterung der Methoden während der Projektarbeit ergaben sich folglich auch schrittweise Veränderungen in den Projektergebnissen. Rein aus Zeitgründen ist es nicht möglich, alle Arbeitsschritte immer mit den allerneuesten Datensätzen zu wiederholen, um in den einzelnen Zwischenergebnissen über drei Jahre konsistent zu sein. Daher werden in diesem Bericht auch Ergebnisse mit früheren Datenständen gezeigt, obwohl eventuell Abweichungen zu den aktuellen Ergebnissen auftreten können.

### 2.1. Methodenansatz Geoinformation

Dieser Ansatz basiert in wesentlichen Teilen auf der Verwendung von Geoinformationssystemen (GIS) (Kappas, 2012). Der räumliche Bezug ist wesentlicher Schlüssel in der Interpretation und intelligenten Verarbeitung von Daten und ermöglicht die Integration heterogener Datengrundlagen. Ein weiterer Vorteil der GIS-gestützten Methoden ist die Abdeckung von großräumigen Untersuchungsgebieten, die weit über Stadtteilgrenzen hinausgehen. Flächendeckende Analysen ganzer Bundesländer auf Gebäudeebene sind möglich. Durch die Verschneidung von unterschiedlichen Datengrundlagen wie Gebäudekartierung, Digitaler Katastermappe (DKM), Open Streetmap Daten, Energieausweisdatenbank (Zeus), Heizungsdatenbank, und z.T. AGWR Daten (Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister der Statistik Austria) konnten im gegenständlichen Projekt für jedes Gebäude Raumwärme, Warmwasser und Kältebedarf in Abhängigkeit der angenommenen Nutzung modelliert werden.

Fragmentarische Datengrundlagen wurden hierbei über die Anwendung räumlicher Analysemethoden kompensiert. Neben der Ausweisung des Bedarfs stützt sich auch die Analyse zu nutzbaren Potenzialen wie Solarthermie, Photovoltaik oder Erdwärme auf Methoden der Geoinformatik. Die Zusammenführung der Ergebnisse über den Raumbezug resultiert in der Ausweisung von Ergebnissen, die als Basis für die vorliegende Status quo Analyse und die Erarbeitung von Entwicklungsszenarien genutzt wurde.

*Tabelle 1: Verwendete (Geo-)Datengrundlagen für die Analyse von Salzburg Schallmoos*

<b>Bezeichnung der (Geo-)Daten</b>	<b>Quelle</b>	<b>Aktualität</b>
Heatmap des Wärmeverbrauchs (aus Abwärmestudie)	Salzburg AG	2015
Räumlich expliziter Wärmeverbrauch (aus Abwärmestudie)	Salzburg AG	2015
FW-Leitungen	Salzburg AG	2016
Gasleitungen	Salzburg AG	2016
Heizungsdatenbank der Rauchfangkehrer	Land Salzburg	2016
Heizgradtage (HGT) in monatlicher Auflösung	Land Salzburg	2013-2016
Energieausweisdaten aus ZEUS	Land Salzburg	2016
Adressdaten	Land Salzburg	2016
DKM Gebäude	Land Salzburg/BEV	2016
LISA Landbedeckungskartierung	Land Salzburg	2006-2014
Open Street Map: Gebäude	Open Source	2015
Geothermiepotenziale	Land Salzburg	2017
Flächenwidmungsplan	Land Salzburg	2013
Laserscan Daten	Land Salzburg	2006-2014
Gebäudekartierung	Stadt Salzburg	2014
Optres Datenbank und Energiekennzahlen	Salzburg AG	2009
Herold Firmenverzeichnis	Herold	2014
Ausgewählte Nichtwohngebäude: Schulstandorte, Kinderbetreuung, Universitäten, Sportstätten, Amtsgebäude, Gemeindeämter, Seniorenpflegeheime, bettenführende Krankenanstalten, selbstständige Ambulatorien, Burgen und Schlösser, Einzelhandel etc.	Land Salzburg	2016
Gebäudestatistik: Bauperiode, Gebäudeart	Statistik Austria	2011
Lebensmitteleinzelhandel	Land Salzburg	2015
Betriebsstandorte relevanter Branchen für Abwärmepotenziale	Wirtschaftskammer Salzburg	2016
Potenzielle Abwärmequellen (Abwärmestudie)	Land Salzburg, Salzburg AG	2015
Hauptwohnsitze (100 x 100 m Raster)	Statistik Austria	2014
Energieverbrauch: Strom, FW, Gas (100 x 100 m Raster)	Salzburg AG	2014
Globalstrahlung	Land Salzburg	2012

Für die Status quo Analyse beider Untersuchungsgebiete wurden bestehende GIS-basierte Ansätze weiterentwickelt. Als Grundlagen dienten bestehende Daten aus verschiedenen Quellen sowie bestehende Studien und Ansätze. Die Studie „Abwärmepotenziale – Im Zentralraum Hallein – Salzburg“ (Berger, S., M., T., & B., 2016) bildete die Basis für die Charakterisierung der Gebäude im Untersuchungsgebiet Salzburg-Schallmoos. Die Gebäudedaten dieser Studie basierten unter anderem auf der Digitalen Katastermappe (DKM) der Open Street Map (OSM), Adressdaten, Zeus Energieausweisdaten, Fernwärmeleitungen, Flächenwidmung und Altstadtsschutzzonen. Die räumlich konkreten Bedarfsabschätzungen von Raumwärme und Warmwasser der Abwärmepotenzialstudie wurden im gegenständlichen Projekt aktualisiert und erweitert.

Aus der Gebäudekartierung der Stadt Salzburg konnten zusätzliche Informationen über die Gebäude (Stockwerkszahl, Nutzung, Nutzungsanteile, nutzbarer Dachanteil etc.) integriert werden. Zusätzlich wurden die räumlich spezifischen Informationen zu den Energieträgern bzw. bestehenden Heizungs-systemen aus dem Projekt „Heatswap“ (Rehbogen, et al., 2017) herangezogen. Zur räumlich konkreten Charakterisierung des Gebäudebestands von Schallmoos wurden die in Tabelle 1 gelisteten Geodaten integriert.

Basierend auf GIS-Methoden wurde neben der Gebäudecharakterisierung auch der Energiebedarf modelliert. Die Bedarfswerte wurden anhand der Heatmap-Methode aus der Geoinformatik geglättet und so in Dichtewerte umgewandelt. Diese Methode ermöglicht einen einfach fassbaren, räumlich konkreten Überblick. Anschließend wurden die so ermittelten Bedarfsergebnisse den Ergebnissen eines weiteren Ansatzes sowie den Verbrauchswerten gegenübergestellt.

Die **Raumwärme**bedarfsabschätzung basiert auf den Ansätzen der Studie „Abwärmepotenzial“ (Berger, S., M., T., & B., 2016). Die Abschätzung der Raumwärme und des Warmwassers wurde aktualisiert, vertieft und erweitert. Die gebäudespezifischen Informationen wurden mit Geo-informationsverarbeitungsmethoden und in Abhängigkeit der Bruttogrundfläche (BGF) auf den Gebäudebestand der Gebäudekartierung übertragen.

#### Berechnung BGF:

$$BGF = (E + D/100) * GF$$

BGF = Bruttogrundfläche [m<sup>2</sup>]

E = Anzahl der Etagen

D = nutzbarer Dachanteil

GF = Grundfläche [m<sup>2</sup>]

Die Abschätzung der Raumwärme für Salzburg Schallmoos erfolgte durch die Multiplikation der BGF mit gebäudealters- und gebäudenutzungsspezifische Energiekennzahlen (EKZ). Diese Kennzahlen basieren auf der Optres Studie (Reiter, 2010) und sind über die tatsächliche Wärmeabnahmedaten der Jahre 1999-2008 kalibriert, d.h. sie inkludieren ein gemittelttes Nutzerverhalten sowie Sanierungsstand je Altersklasse. Durch die integrierten EKZ aus Optres konnte z.T. eine Gebäudealtersinformation berücksichtigt werden. Zudem erfolgte eine Aktualisierung der Inputdaten z.B. durch neue Energieausweisdaten (Zeus), welche zusätzlich in den Berechnungen berücksichtigt wurden. Die EKZ des Bezugszeitraums 1999-2008 wurden auf das Referenzjahr 2014 umgelegt. Der berechnete Korrekturfaktor für die Stadt Salzburg beträgt 1,24.

Die Modellierung des Energiebedarfs für **Warmwasser** der Wohngebäude wurde personenspezifisch neu durchgeführt. Informationen zu den gemeldeten Hauptwohnsitzen (HWS) sind auf ein 100 m x 100 m Raster aggregiert von der Statistik Austria verfügbar. Zur Disaggregation der Rasterdaten auf Gebäudeebene wurden alle Gebäude, welche teilweise oder gänzlich laut Gebäudekartierung für die Wohnnutzung deklariert sind, für jede Rasterzelle identifiziert. Die Disaggregation der HWS auf die Wohngebäude einer Rasterzelle erfolgte über die BGF. Die Abschätzung der Energie für die Bereitstellung von Warmwasser wurde mittels Durchschnittswerte nach Fink und Müller (Fink & Müller, 2008) durchgeführt.

### Energiemenge für die Aufbereitung von Warmwasser:

$$Q = \frac{V * cp * \Delta T}{3600}$$

Q = Energiemenge für Warmwasser [kWh/Tag]

V = Warmwasserbedarf [Liter/Tag]

cp = spezifischer Wärmekapazität von Wasser 4,2 [kJ/(Liter °K)]

ΔT = Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser und Kaltwasser [°K]

Der Warmwasserbedarf steht in direkter Abhängigkeit mit der Temperatur des erwärmten Wassers (z.B.: 30 Liter/60 °C oder 43 Liter/45 °C). Die Kaltwassertemperatur für Österreich kann mit 12 °C angesetzt werden. Im Projektgebiet wurde ein durchschnittlicher Brauchwasserbedarf pro Tag und Person von 40 Liter bei 60 °C (Fink & Müller, 2008) angesetzt. Daraus resultiert nach der genannten Formel ein Bedarf von ca. 2 kWh pro Tag und Person. Die Berechnung des Warmwasserbedarfs pro Wohngebäude erfolgte durch die Multiplikation der HWS pro Wohngebäude mit 2 kWh/Tag mal 365 Tage.

Der Energiebedarf für **Kälte** wurde über BGF und spezifische EKZ abgeschätzt, d.h. jedem Gebäudetyp wurde eine spezifische EKZ zugeordnet, siehe Tabelle 2.

*Tabelle 2: Zuordnung der EKZ für den Kältebedarf nach Gebäudetypen*

Gebäudetypen	EKZ [kWh/m <sup>2</sup> /a]
Wohngebäude	1 * <sup>1</sup>
Wohnheime; Hotels, Gasthöfe, Pensionen; Öffentliche Verwaltungsgebäude; Handwerks- und Gewerbebetriebe; Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, Infrastruktureinrichtungen; Gebäude für Bildung und Jugendbetreuung; Gebäude des Gesundheitswesens; Gebäude für Kulturzwecke; Gebäude für Freizeitwecke; Gebäude für religiöse Zwecke;	40 * <sup>1</sup>
Gebäude mit Büros, Praxen und Kanzleien	13,5 * <sup>1</sup>
Gebäude für Groß- und Einzelhandel	45,8 * <sup>2</sup>
Landwirtschaftliche Gebäude; Industrie- und Lagergebäude; Unbekannt; Vordächer, Flugdächer, Carports; In Bau befindliche Gebäude; Leerstehende Gebäude; Sonstige Gebäude; Kleingebäude (Gartenhaus, Schuppen, Glashaus); Garagen	0

Quelle: \*<sup>1</sup> (Streicher, et al., 2010) \*<sup>2</sup> (Peritsch, 2006)

### Kältebedarf:

$$Kältebedarf = EKZ * BGF$$

Kältebedarf [kWh/a]

BGF = Bruttogrundfläche [m<sup>2</sup>]

EKZ = Energiekennzahl [kWh/m<sup>2</sup>]

Die **zeitliche** Verteilung von Raumwärme-, Warmwasser- und Kühlnachfrage erfolgte über die Heizgradtage (Gradtagzahl) bzw. die Kühlgradtage. Kühlgradtage berechneten sich analog zu den Heizgradtagen. Es wurde von einem Kühlbedarf ausgegangen, wenn eine bestimmte Außentemperatur (18,3°C) (Prettenthaler et al. 2007) überschritten wird. Der Warmwasserbedarf ist im Jahresverlauf fast konstant. Deswegen wurde der Energiebedarf für die Aufbereitung des Warmwassers nicht nach Monaten unterschieden.

Eine Aufschlüsselung des Referenzjahrs 2014 nach Monaten für die Faktoren des Energiebedarfs für die Wärme und Kühlung zeigt Tabelle 3. Der Bedarf an Energie hängt von der Verteilung der HGT bzw. der KGT ab. Als Messstation für die ausgewertete Temperatur (ZAMG, 2017) wurde Salzburg Freisaal herangezogen.

*Tabelle 3: Faktoren zur Identifikation des monatlichen Energiebedarfs*

Monat	Kühlung	Wärme
Jänner	0	0.175
Februar	0	0.142
März	0	0.124
April	0	0.079
Mai	0	0.056
Juni	0	0.004
Juli	1	0
August	0	0.015
September	0	0.037
Oktober	0	0.073
November	0	0.120
Dezember	0	0.174

Der **Strom**bedarf wurde differenziert nach Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude abgeschätzt. Zur räumlich konkreten Annäherung des Strombedarfs für Wohngebäude wurden folgende drei Parameter berücksichtigt:

Die Anzahl der verwendeten Elektrogeräte, die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen und die genutzte Wohnfläche. Die Personenanzahl pro Gebäude wurde bereits bei der Abschätzung des Wärmebedarfs für Warmwasser ermittelt. Für den Elektrogerätestandard wurde der Durchschnittswert für Haushalte mit gutem Lebensstandard genutzt. Der flächenabhängige Energiebedarf wurde über die berechnete BGF abgeschätzt. Die verwendeten Durchschnittswerte sowie die Berechnung wurden vom deutschen Bundesministerium für Wirtschaft in der Welt (WeltN24 GmbH, 2017) veröffentlicht.

$$\text{Strombedarf Wohngebäude} = EKZ * BGF + P_n * 200kWh + EG * 200kWh$$

Strombedarf Wohngebäude [kWh]

BGF = Bruttogrundfläche [m<sup>2</sup>]

EKZ = Energiekennzahl [kWh/m<sup>2</sup>/a]

P<sub>n</sub> = Personenanzahl

EG = Anzahl der Elektrogeräte

Die Abschätzung des Strombedarfs von Nicht-Wohngebäuden erfolgte über die Nutzung spezifischer EKZ und den Nutzungsarten laut Gebäudekartierung, siehe Tabelle 4.

$$\text{Strombedarf Nichtwohngebäude} = EKZ * BGF$$

Strombedarf Nichtwohngebäude [kWh]

BGF = Bruttogrundfläche [m<sup>2</sup>]

EKZ = Energiekennzahl je Gebäudetyp [kWh/m<sup>2</sup>/a]



Tabelle 4: Zuordnung der EKZ für die Stromnutzung von Nichtwohngebäuden

Gebäudetypen laut Gebäudekartierung	EKZ [kWh/m <sup>2</sup> /a]
Wohnheime; Hotels, Gasthöfe, Pensionen	114 * <sup>1</sup>
Gebäude für Groß- und Einzelhandel	132 * <sup>2</sup>
Gebäude des Gesundheitswesens; Gebäude für Bildung und Jugendbetreuung; Landwirtschaftliche Gebäude; Industrie- und Lagergebäude; Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, Infrastruktureinrichtungen; Handwerks- und Gewerbebetriebe; Öffentliche Verwaltungsgebäude; Gebäude mit Büros, Praxen und Kanzleien;	54 * <sup>2</sup>
Gebäude für Kulturzwecke; Gebäude für Freizeitwecke; Gebäude für religiöse Zwecke;	125 * <sup>3</sup>
Unbekannt; Vordächer, Flugdächer, Carports; In Bau befindliche Gebäude; Leerstehende Gebäude; Sonstige Gebäude; Kleingebäude (Gartenhaus, Schuppen, Glashauss); Garagen	0

Quelle: \*<sup>1</sup> (Gieselbrecht, 2005) \*<sup>2</sup> (Bayer, Sturm, & Hinterseer, 2011) \*<sup>3</sup> (BBSR, 2009)

Zur Identifikation von **Heizungssystemen bzw. Energieträgern** auf Adressebene erfolgte eine umfassende Integration heterogener Geodatengrundlagen. Diese Zusammenführung breiter Informationsgrundlagen von bestehenden Heizungssystemen bzw. Energieträgern ermöglicht in Verknüpfung mit den weiteren Gebäudecharakteristika umfassende Analysen. Folgende Informationsquellen wurden eingebunden:

- Fernwärmeanschlussleitungen
- Energieausweisdaten aus der Zeus-Datenbank
- Heizungsdatenbank der Rauchfangkehrer
- Gasleitungen
- Adressen und Gebäude

Die Datenintegration gestaltete sich durch die Heterogenität sehr aufwändig. Die Unterschiede beziehen sich unter anderem auf Datenformat, Aktualität und Qualität. Als Basisdatensatz für Schallmoos dienten die Adressen aus dem SAGIS, für Gleisdorf aus dem AGWR sowie einer Datenbank der Stadtwerke Gleisdorf. Die Zuweisung „Fernwärmeanschluss oder Gasanschluss ja/nein“ erfolgte durch eine räumliche Verschneidung der Leitungsendpunkte mit den Gebäudegrundflächen. Von den aufbereiteten Energieausweisdaten des ZEUS wurden die Parameter Energieträger, Heizungstyp, Baujahr und EA-Typ ausgewählt und über die Adresscodierung den Adressdaten angefügt. Die Heizungsdatenbank der Rauchfangkehrer wurde ebenfalls manuell bearbeitet. Insbesondere systematische Fehler bei der Adressschreibung wurden korrigiert, um eine Verknüpfung über den Adresscode zu ermöglichen. Zudem erfolgte eine Reduktion auf eine Datenzeile pro Adresse mittels Pivot-Tabelle und eine Ermittlung unterschiedlicher Heizungen pro Adresse.

Die angenäherten Wärmenachfragemengen wurden differenziert nach Energieträger bzw. Heizungstechnologien ausgewertet. Sind für ein Gebäude verschiedene Energieträger bzw. Heizungstechnologien gelistet, wurde die abgeschätzte Wärmenachfrage über alle Energieträger bzw. Heizungstechnologien zu gleichen Teilen aufgeteilt.

## 2.2. Methodenansatz physikalische Simulation

Aufbauend auf die verfügbare Datengrundlage aus dem Methodenansatz Geoinformation können über physikalische Modelle wichtige Kenngrößen zur Analyse der betrachteten Untersuchungsgebiete errechnet werden. Für die Methode der physikalischen Simulation von Energiesystemen stehen unterschiedliche Ansätze zur Verfügung. Unter anderem ist zu diesem Zweck die urbane Gebäudeenergie-modellierung (Urban Building Energy Modelling - UBEEM) ein weit verbreitetes physikalisches Modell, das in der Literatur intensiv diskutiert wird (KAVGIC, 2010), (REINHART, 2016), (LI, 2017), (FRAYSSINET, 2018). Des Weiteren wurde in diesem Projekt eine energetische und ökonomische Modellierung unter Verwendung des Softwarepakets EnergyPRO vorgenommen (EMD International A/S, 2016).

### Ansatz IDA ICE

Die Basis dieses Ansatzes wurde im Austrian Research Studio EnergySimCity (ESC, 2018) erarbeitet und im vorliegenden Projekt auf das Untersuchungsgebiet Salzburg-Schallmoos angewendet und weiterentwickelt. Im ersten Schritt der Methode wird ein Datenbankmanagementsystem erstellt, das aus einer projektbezogenen Datenbank (DB) und einer wiederverwendbaren Typologie-DB besteht. Danach wird ein fünfstufiger Arbeitsablauf durchgeführt, um die projektbezogene Datenbank zu füllen und die dynamischen Simulationsergebnisse zu visualisieren. Der Datenfluss und seine Richtung in jedem Prozessschritt sind in Abbildung 2 mit Pfeilen dargestellt.

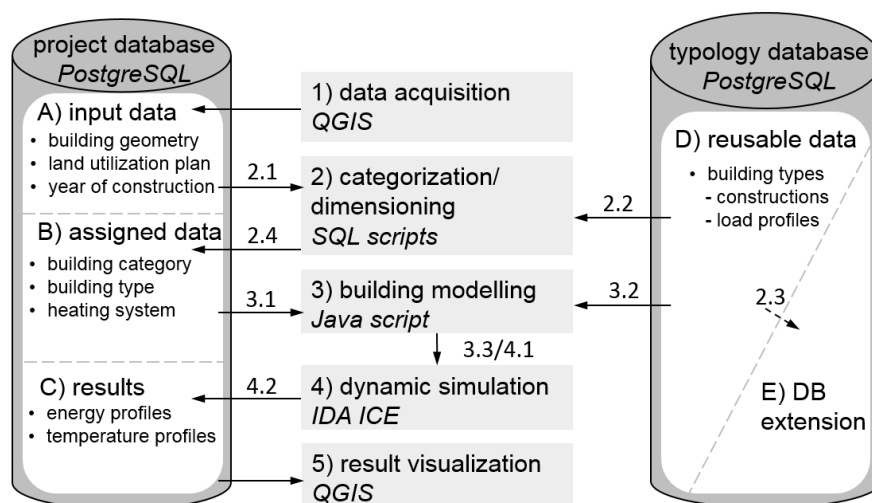


Abbildung 2: Ablaufschema Methode Ansatz IDA ICE Simulation (Nageler, et al., 2017)

Das DB-System ermöglicht es dem Benutzer, mehrere Datenquellen zu verwalten und die gleichen Daten für mehrere Simulationswerkzeuge zugänglich zu machen. Es speichert alle notwendigen Inputdaten sowie die entsprechenden Simulationsergebnisse. Die Methodik enthält zwei objekt-relationale PostgreSQL Datenbanken. Getrennt zur DB existiert ein Dateisystem, in dem das automatisiert generierte thermische Stadtmodell in Form von Textdateien gespeichert ist. Alle Annahmen werden in diesen Textdateien zusammengefasst und die Ergebnisse sind reproduzierbar. Die Methode verwendet ein Modellierungswerkzeug zur automatisierten thermischen Modellierung des Gebäudebestandes (Nageler, Mach, Heimrath, Schranzhofer, & Hochenauer, 2017). Das Tool wurde in der Programmiersprache Java geschrieben und wird verwendet, um ein automatisiertes Gebäudemodell für IDA ICE<sup>11</sup> zu generieren.

<sup>11</sup> Simulationsprogramm für Gebäude und Energieversorgung, mehr Infos unter <https://www.equa.se/en/ida-ice>

Die benötigten Daten für jedes Gebäude werden der Typologie- und der Projektdatenbank entnommen und über die Schnittstelle (PostgreSQL, 2016) importiert. Das Resultat des Modellierungsprozesses ist das thermische Stadtmodell in Form einer Textdatei. In dieser Methodik wird ein Gebäude entweder als eine thermische Zone oder in einer genaueren Auflösung durch vertikal geschichtete thermische Zonen dargestellt. Die Zongeometrie besteht aus dem Grundriss, der Gebäudehöhe aus Laserscan-Daten und den Fensterflächen in der Fassade. Die Gebäudehülle besteht aus der Geometrie und deren Wandkonstruktionen. Interne Massen werden zusätzlich in die thermische Zone eingefügt, um den thermischen Speichereffekt der Zwischendecke zu berücksichtigen. Das Personenmodell von IDA ICE (EQUA Simulation AB, 2017) wird anstelle der Belegungsprofile verwendet. Die Belegung dient auch dazu, den Luftaustausch der thermischen Zone, der auf 30 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde gesetzt ist, einzustellen. Das Modellierungswerkzeug zur automatisierten thermischen Modellierung des Gebäudebestandes erzeugt und parametrisiert auch die Heizungsanlage. Abbildung 3 zeigt die grafische Darstellung aller implementierten Heizungstypen.

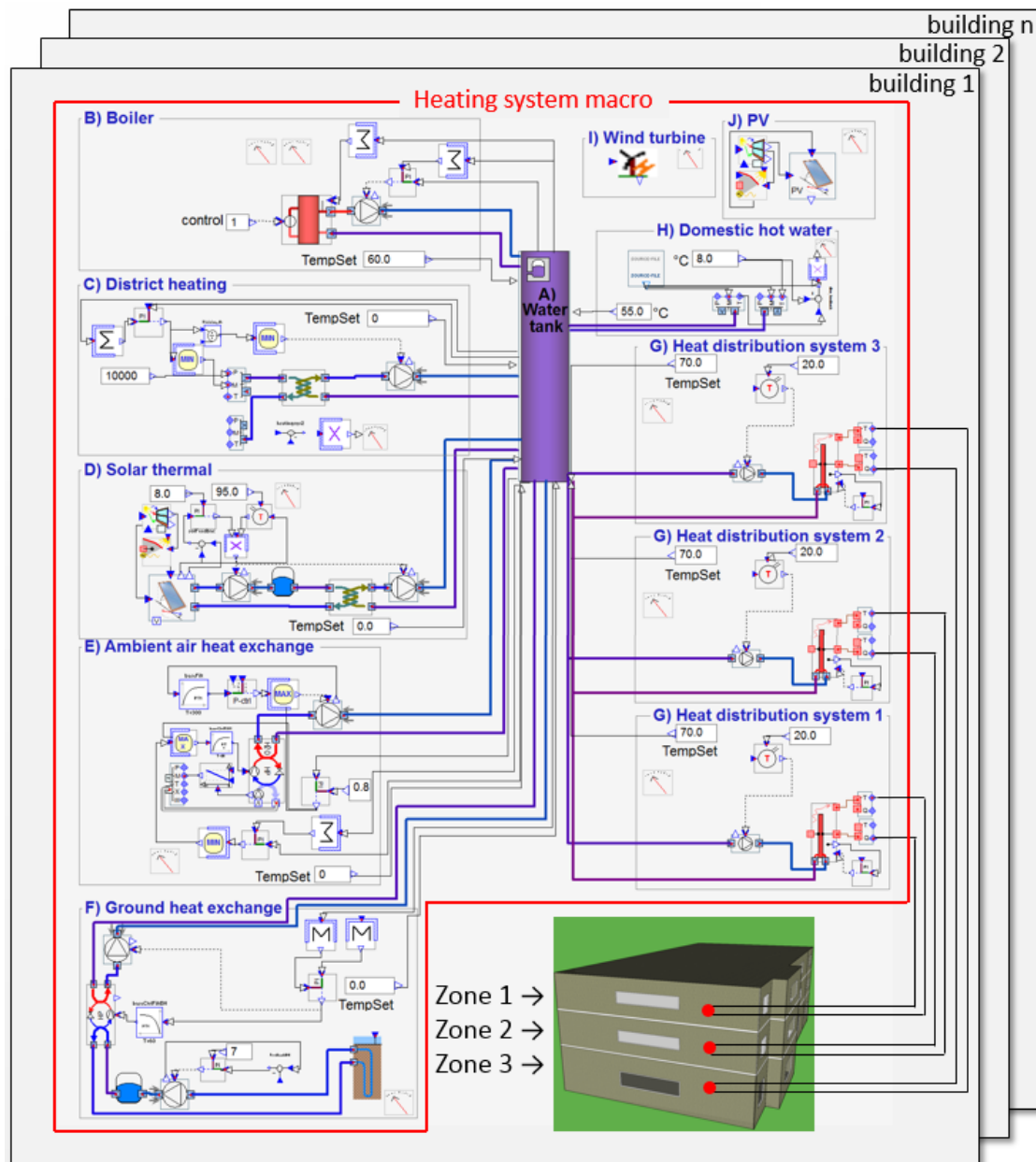


Abbildung 3: Vordefinierte skalierbare Heizungstypen (EQUA Simulation AB, 2015)

Die Verbindung zwischen zwei Komponenten wird durch Linien dargestellt. Jedes Gebäude ist mit einer Heizungsanlage ausgestattet, die aus einer oder einer Kombination von Heizungstypen besteht. Als Grundlage für die Heizungstypen wurden die Heizungstypen aus der IDA Early Stage Building Optimization (ESBO) Heizungsanlage (EQUA Simulation AB, 2015) verwendet.

Jedes Heizungssystem wurde in ein Makroobjekt gepackt, das mit dem entsprechenden Gebäude verbunden ist. Ein geschichteter Pufferspeicher verbindet das Heizsystem mit dem Wärmeabgabesystem. Das Warmwasser wird entweder durch eine zentrale Heizungsanlage oder durch eine dezentrale, elektrische Einheit erwärmt. Das Fernwärmenetz ist über einen Wärmetauscher mit dem Tank im Heizungssystem verbunden.

### Ansatz EnergyPRO

Dieser Ansatz besteht aus der physikalischen Modellierung und Simulation von Energiesystemen im Status Quo oder in definierten Zukunftsszenarien (Ribas, 2016). Dabei wird mit einem Input/Output-Ansatz zur Modellierung von Energiesystemen gearbeitet und deren Betrieb anhand technischer, finanzieller und externer Parameter optimiert. Der Ansatz arbeitet mit der Priorität, alle gesetzten Anforderungen während des untersuchten Zeitraums zu erfüllen. Daher wird der optimale Produktionsplan der Heizungsanlagen unter Berücksichtigung eines Optimierungskriteriums zur Minimierung der Kosten für die Erzeugung der benötigten Wärme berechnet. Um die optimale Betriebsstrategie zu identifizieren, wird die Produktion in den günstigsten Perioden für das ganze Jahr ermittelt (Fragaki & Andersen, 2011).

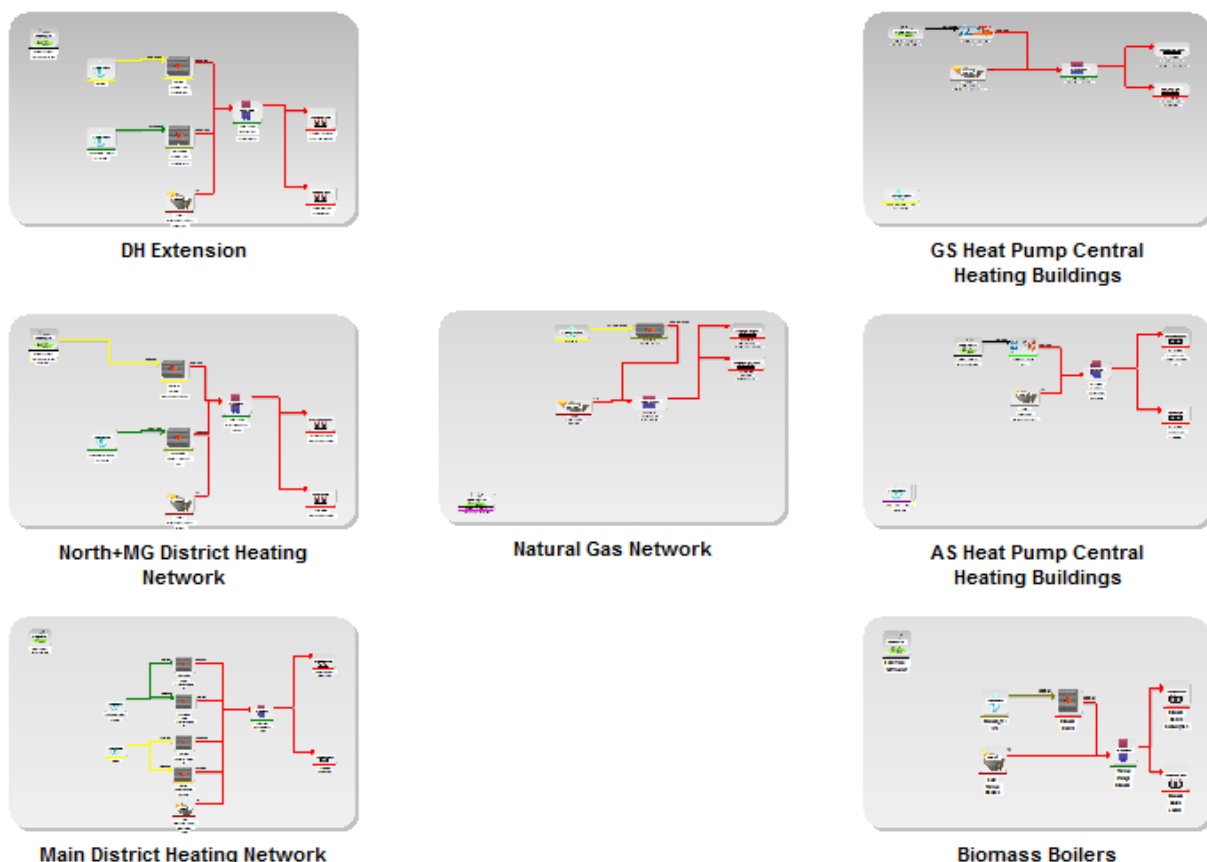


Abbildung 4: Gesamtmodell mit Modellblöcken des im Projekt simulierten Wärmesektors in EnergyPRO (Ribas, 2016)

Für die Simulation mit diesem Ansatz wird das Softwarepaket EnergyPRO verwendet. Es wird im Allgemeinen zur kombinierten technisch-wirtschaftlichen Planung, Analyse und Optimierung einer Vielzahl von wärmebezogenen Fragestellungen wie z.B. Wärme-, KWK-, Prozess- und Kühlprojekten (EMD International A/S, 2016) eingesetzt. Es ist möglich, sowohl bestehende als auch neu geplante Energieprojekte zu simulieren und eine integrierte, technische und finanzielle Analyse zu erhalten. Abbildung 4 zeigt den Aufbau des Gesamtmodells zur Simulation des Wärmesektors im vorliegenden Projekt. Dabei werden Modellblöcke für die Abbildung von Untereinheiten wie z.B. einzelne Abschnitte des Fernwärmenetzes oder unterschiedliche Erzeugungseinheiten verwendet.

Die Software berechnet den Ausgleich zwischen Nachfrage- und Angebotsseite der Energiesysteme. Es können Systeme unabhängig von erneuerbaren oder fossilen Energiequellen modelliert werden, die mit einem beliebigen Mix von Umwandlungseinheiten arbeiten. Des Weiteren kann mit Hilfe der Software der optimale Produktionsplan für jede im System modellierte Umrechnungseinheit ermittelt werden. Von der Endverbraucherseite bis zur Primärenergieversorgung erfordert EnergyPRO die Definition von: aggregiertem Jahresbedarf und dessen zeitlicher Verteilung, Speicherelementen, ggf. Kapazitäten und Wirkungsgrade von Energieumwandlungseinheiten und Brennstoffen innerhalb des Systems. Darüber hinaus hängen einige der genannten Elemente von externen Variablen wie Umgebungstemperatur oder Globalstrahlung ab. Abbildung 5 zeigt den Block für den vorgeschlagenen Ausbaubereich des Fernwärmenetzes im Projekt.

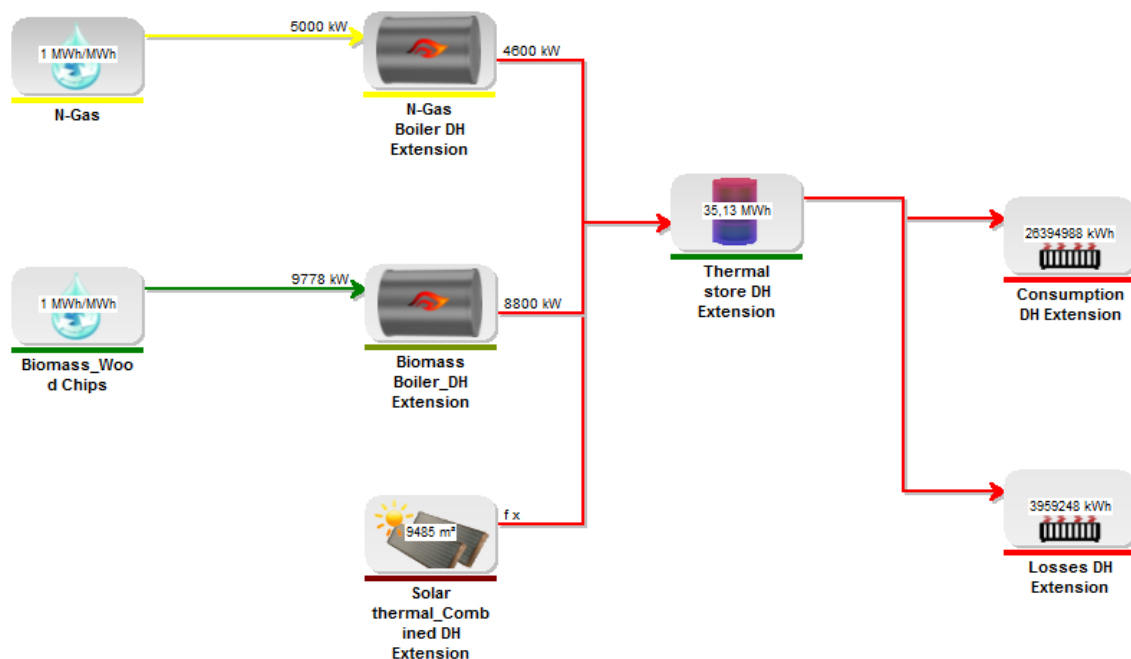


Abbildung 5: Modellblock eines Fernwärme-Ausbauprojektes, aufgebaut in energyPRO (Ribas, 2016)

Im vorliegenden Projekt wurden Ergebnisse von Primärenergieverbrauch, Endwärmeerzeugung durch unterschiedliche Energiequellen, solarthermische Durchdringung, Anteil der erneuerbaren Energien am System und CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen berechnet. Als Resultat stand die Bewertung der Leistungsbilanzen der vorgeschlagenen Wärmesektoren nach Nachhaltigkeitskriterien zur Verfügung. Die Methodik zur physikalischen Modellierung und Simulation von Energiesystemen im Status Quo oder in definierten Zukunftsszenarien umfasst vier Schritte. Abbildung 6 gibt einen Überblick über die einzelnen, im Projekt angewandten Schritte, in denen Materialien, Methoden und Endergebnisse definiert werden.



Abbildung 6: Methodik zur Berechnung von Entwicklungsszenarien im Methodenansatz physikalische Simulation (Ribas, 2016)

### Schritt 1

Der Dateninput für diesen Schritt basiert auf der resultierenden GIS-Datenbank aus dem Methodenansatz Geoinformation, siehe Kapitel 2.1. sowie den Klimadaten der Stadt Gleisdorf für das Referenzjahr 2015. Nach der Aufbereitung der Datenbank mit Korrektur-, Aktualisierungs-, Ergänzungs- und Gegenkontrollaufgaben und einer weiteren Voranalyse können nicht nur erste Rückschlüsse auf den Stadt- und Energie-Status Quo von Gleisdorf gezogen, sondern auch mögliche Ansätze für zukünftige Entwicklungen erarbeitet werden. Der Schritt verwendet statistische Methoden zum Ausfüllen fehlender Informationen sowie GIS-Raumanalyse und Geo-Verarbeitungswerkzeuge zur Berechnung physikalischer Parameter des Gebäudebestandes.

### Schritt 2

Dieser Schritt besteht darin, das Energieeinsparpotenzial zu berechnen, das bis 2050 zu erwarten wäre, wenn ein Energieübergangsprozess stattfindet. In diesem Schritt wird als Grundlage ein Wärmebedarfsprofil für die untersuchten Gebäudetypen ermittelt, wie aufgrund von möglichen Klimaänderung zu erwarten wäre. Die bei der Berechnung verwendeten Daten stammen aus der in Schritt 1 überarbeiteten und abgeschlossenen GIS-Datenbank und den Energieverbräuchen für typische Wohngebäude aus dem Projekt TABULA (LOGA, 2016). Die Methodik verwendet ingenieurwissenschaftliche Methoden, die auf Wärmeübertragungsgleichungen in der Gebäudeebene basieren. Diese sind in der Norm EN ISO 13790 (ISO, 2008) festgelegt, die die Energieeffizienz von Gebäuden mit der Berechnung ihres Energieverbrauchs für Raumheizung und -kühlung bewertet. Darüber hinaus wird die Heizgrad-Methode auch zur Klimaanpassung der Energieverbrauchsergebnisse für die kommenden Jahre eingesetzt (European Environment Agency, 2012-2015).

### Schritt 3

Der Schritt erstellt Szenarien, um verschiedene zukünftige Energieumwandlungspfade darzustellen. Die Methodik besteht darin, vier Gruppen von Unsicherheiten bezüglich des zukünftigen Energiesystems zu beschreiben:

- Die Sanierungsrate, die die Entwicklung des neuen Energiebedarfs kennzeichnen wird
- Die neue Verteilung der Wärmeversorgungsinfrastruktur innerhalb der Stadt
- Der neue Brennstoffmix des Systems einschließlich der Ergänzungen an solarthermischen Kollektoren
- Die neue Solarthermie-Penetration in der Stadt

In diesem Schritt werden aus den Ergebnissen von Schritt 2 neue Wärmebedarfe für das Jahr 2050 abgeleitet. Im Rahmen der Neugestaltung der Wärmeversorgungsinfrastruktur werden wiederum GIS-Raumanalysertools eingesetzt, um den möglichen zukünftigen Ausbau der Energieversorgungsnetze zu berechnen.

### Schritt 4

Dieser Schritt besteht aus der Modellierung und Simulation des in jedem Szenario definierten Energiesystems mit Hilfe der oben beschriebenen Modellierungssoftware energyPRO. Die Software berechnet den Ausgleich der Nachfrage- und Angebotsseite der Szenarien. Ergebnisse sind: Primärenergieverbrauch und Wärmeerzeugung je Energiequelle, solarthermische Durchdringung, Anteil der erneuerbaren Energien und CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen. Insbesondere berechnet die Software den optimalen Produktionsplan für jede im System modellierte Umrechnungseinheit. Schließlich wird die Leistungsbilanz der vorgeschlagenen Wärmesektoren nach Nachhaltigkeitskriterien bewertet.

## **2.3. Methodenansatz Energie-Statistik**

Die Bewertung der energietechnischen Situation von Stadtquartieren ist oftmals durch einen Mangel an detaillierten Eingabedaten geprägt. Eine Möglichkeit damit umzugehen, liegt in der Anwendung statistischer Methoden. Im Projekt EnergyCityConcepts war das auf derartige statistische Methoden spezialisierte „European Institute for Energy Research“ (Karlsruhe) beteiligt, um den statistischen Bewertungsansatz mit den im Projekt dominierenden physikalischen Ansätzen zu vergleichen. Der Vergleich wurde anhand der Anwendungsfälle eines Mehrfamilienhauses, eines Bürogebäudes und einer Einfamilienhaus-Siedlung durchgeführt. Im Methodenvergleich wurden für diese Anwendungsfälle auf Basis der „Sigmoidfunktion<sup>12</sup>“ der tägliche Heizwärmebedarf ermittelt und mit Tagesprofilen überlagert, um Stundenprofile zu generieren. Diese Ergebnisse wurden mit den Ergebnissen aus physikalischen Simulationen und Messungen verglichen. Der Methodenvergleich konnte im Fachjournal „Energy & Buildings“ im Jahr 2018 unter dem Namen „Comparison of dynamic urban building energy models (UBEM): Sigmoid energy signature and physical modelling approach“ veröffentlicht werden. Für die gewählten Anwendungsfälle war eine sehr gute Übereinstimmung der physikalischen Simulation mit den gemessenen Werten festzustellen. Die Anwendung der physikalischen- und der statistischen Simulationmethode ergab beim Bürogebäude eine Korrelation der Simulationsergebnisse und der Messwerte von über 92 %, siehe Abbildung 7. Bei der statistischen Methode lag der CV(RMSE) zwischen 12 % und 26 % in allen drei Anwendungsfällen, für die tägliche Betrachtungsweise.

---

<sup>12</sup> Eine Sigmoidfunktion, auch Schwanenhalsfunktion genannt, ist eine mathematische Funktion mit einem S-förmigen Graphen. Mehr Infos unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Sigmoidfunktion>

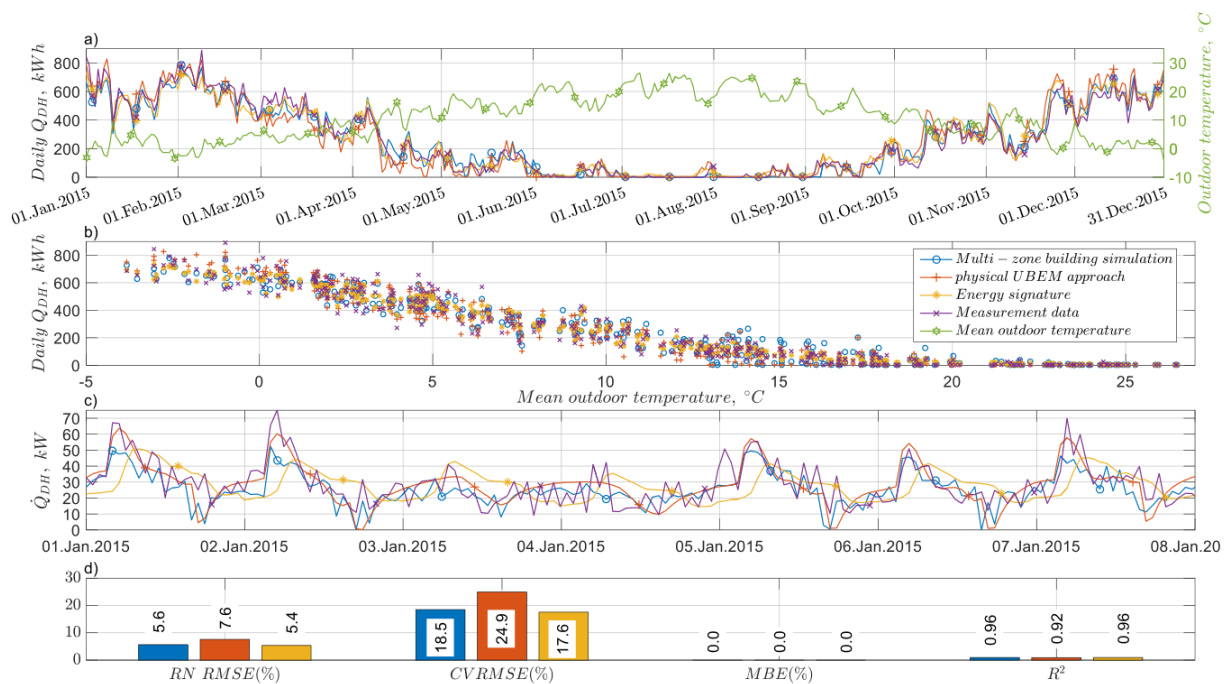


Abbildung 7: Auswertung der Simulationsergebnisse im Bürogebäude: (a) zeitlicher Verlauf des täglichen Energiebedarfs, (b) täglicher Energiebedarf in Abhängigkeit von der Außentemperatur, (c) Heizlastprofil einer Woche und (d) Bewertungskennzahlen.

## 2.4. Methodenansatz agentenbasierte Modellierung

Für die zukünftige Prognose von Wärmeenergieangebot und -nachfrage sind nicht nur technisch-ökonomische Parameter entscheidend, sondern auch soziodemografische Faktoren, die das Verhalten von Hausbesitzern und Investoren bei ihren Entscheidungen über den Einsatz von Gebäudestandards oder die Installation von Heizungsanlagen beeinflussen können. In diesem Zusammenhang wird der agentenbasierten Modellierung das Potenzial zugeschrieben, Einblicke in komplexe Energieumwandlungsdynamiken zu geben, die über die oben genannten technischen Methoden hinausgehen und insbesondere für Entscheidungen in Politik und Planung geeignet sind (Preisler, 2017).

Im Projekt wurde daher das Ziel verfolgt, einen praktischen Ansatz zur Erstellung eines agentenbasierten Modells (Agent based model - ABM) zu finden (Heppenstall, 2012). Diese Simulation soll Übergangspfade der thermischen Energiewende in Abhängigkeit von politischen Entscheidungen und sozialen Faktoren abbilden. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den Wohnungsbau gelegt, der einen erheblichen Anteil sowohl am lokalen Energiebedarf als auch an den lokalen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Städten und Gemeinden ausmacht. Übergeordnetes Ziel der Forschung war es, Potenziale und Anwendungsfelder der agentenbasierten Modellierung in der urbanen Wärmeplanung aufzuzeigen und zu diskutieren.

### Methodik

Die entwickelte Methodik ist in mehrere Schritte unterteilt: Zuerst wird der Status Quo bezüglich energierelevanter Infrastruktur und Energiebedarf des aktuellen Gebäudebestandes erfasst. Anschließend werden Szenarien und deren Randbedingungen für zukünftige Sanierungszustände definiert. Die Entscheidungen der Hausbesitzer über die Qualität der Gebäudesanierung und die Wahl der Heizsysteme werden durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst.



Diese sind unter anderem Gebäudeeigenschaften (z.B. Gebäudealter, Art der Gebäudenutzung, Sanierungszustand, Wärmebedarf), die Verfügbarkeit lokaler (erneuerbarer) Energiequellen sowie soziodemografische Faktoren, wie Einkommen oder Bildungsstand. Im nächsten Schritt wird eine ABM-Simulationsumgebung aufgebaut, in welchem das Untersuchungsgebiet und alle relevanten Einflussfaktoren abgebildet sind. Zuletzt werden unterschiedliche Szenarien simuliert, auf die Auswirkungen der Einflussfaktoren ausgewertet und gegenübergestellt. Diese Methodik wurde im Projekt auf die Stadt Gleisdorf angewandt. Dabei wurde für die Multi-Agent Modellierung und Simulation die Open-Source-Plattform GAMA genutzt (Amouroux, 2009).

ABM's wurden bereits in großem Umfang zur Simulation sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Probleme eingesetzt (Heckbert, 2010) (Gotts, 2003). In jüngerer Zeit wird ABM auch zunehmend im Bereich der Energieumwandlungsforschung, insbesondere für den Stromsektor, eingesetzt (Hansen, 2019). Ausschließlich mit Fokus auf die Heizungsbranche wurde eine interessante Studie veröffentlicht, in der ein ABM zur Simulation der Gebäudeentwicklung für die Stadt Hamburg eingesetzt wurde (Preisler, 2017). Im Gegensatz dazu berücksichtigt das in diesem Projekt entwickelte Verfahren nicht nur die Sanierung des Gebäudebestandes, sondern auch die Modernisierung der thermischen Energieversorgung der zukünftigen Gebäude. Im Folgenden werden die Komponenten des räumlichen ABM näher beschrieben. Für eine detaillierte Beschreibung des entwickelten Simulationsmodells wird auf die Masterarbeit von Lina Stanzel verwiesen (Stanzel, 2019).

### **Räumliche agentenbasierte Modellierung**

ABM's sind Simulationsmodelle, in denen mehrere autonome Agenten innerhalb einer definierten Umgebung agieren. Es kann das Verhalten und die Abhängigkeiten von und zwischen Agenten sowie zwischen Agenten und der Umgebung simuliert werden. Da jeder Agent unabhängig voneinander agieren kann, können auch völlig unterschiedliche Verhaltensweisen abgebildet werden, die von „zielorientiert“ über „adaptiv“ bis „völlig autonom“ reichen (Heppenstall, 2012). So sind diese Simulationen in der Lage zu zeigen, wie ein System auf veränderte Rahmenbedingungen reagiert. Die Treiber für Veränderungen können jeglicher Art sein und die Simulationen können auf unterschiedlichste Themengebiete angewandt werden.

Das agentenbasierte Modell für Gleisdorf besteht aus den Agenten der Gebäude inkl. der Gebäudebesitzer sowie einer Umgebung, in der sich die Gebäude befinden – hier die Verwaltungsgrenze der Stadt Gleisdorf. Die Umgebung enthält weitere Agenten, die die Energieinfrastruktur (Fernwärme- und Erdgasnetz) und Potentialzonen für anwendbare Energieversorgungstechnologien repräsentieren. Sowohl die Agenten der Energieinfrastruktur als auch die der Energiezonen interagieren in der Simulation mit den Gebäudeagenten.

Die Gebäudeagenten sind durch die folgenden Attribute und Methoden gekennzeichnet:

- Attribute
  - Geometrie (2D Gebäudegrundriss - Polygon)
  - Art der Gebäudenutzung
  - Baujahr und / oder Periode
  - Gebäude Bruttogrundfläche (BGF)
  - Gebäudeheizungssystem HAUPT (z.B. Fernwärme)
  - Gebäudeheizungssystem UNTERSTÜTZEND (z.B. Solarthermie)
  - Gebäude-Heizenergiebedarf (HEB)
  - Sanierungsstand (nicht saniert, Standard, Fortgeschritten)

- Sanierungsjahr
- Innerhalb Energiezone (Gebäudefläche überlappt 1...\* Energiezonen)
- Gebäudeeigentübertyp (Zuordnung nach soziodemographischen Merkmalen)
- Methoden
  - Sanieren
  - Bauen

Für die Gebäudeagenten wurde in der ersten Entwicklungsstufe die Methode „Sanieren“ implementiert. Es ist geplant, in der Weiterentwicklung des Modells mit der Methode „Bauen“ auch den Abbruch bestehender Gebäude sowie den Neubau von Gebäuden zu berücksichtigen. Für die Umgebung wurden die folgenden Entitäten mit den entsprechenden Attributen und Methoden definiert:

- Energieinfrastruktur
  - Attribute
    - Netzart / Brennstoff (Fernwärme, Gasheizung)
    - Geometrie (Netzwerk - Linie)
  - Methoden
    - Grow
- Energiezonen
  - Attribute
    - Typ (Erdgas, Fernwärme, Solarthermie / PV, Biomasse, Luftwärmepumpe, Erdwärmepumpe, Elektroheizung, Öl, Kohle)
    - Geometrie (Zonen - Polygon)
  - Methoden
    - Update

Die Energieinfrastruktur und die Energiezonen interagieren mit den Gebäuden. Beide Umgebungs-klassen können sich im Laufe der Zeit ändern, da z.B. die Energieinfrastruktur ihre räumliche Ausdehnung ändern kann (d.h. die Geometrie des Fernwärme- oder Gasnetzes kann vergrößert oder verkleinert werden). Energiezonen sind vordefinierte Polygonschichten mit Potentialzonen für verschiedene thermische Energieversorgungstechnologien für die Stadt Gleisdorf. Mit der Methode „Update“ soll es in Zukunft möglich sein, potenzielle Zonen an zukünftige Bedingungen anzupassen. So steht beispielsweise die räumliche Ausdehnung der Fernwärmepotentialzone in direktem Zusammenhang mit der Wärmebedarfsdichte der Umgebung. Mit abnehmendem Wärmeenergiebedarf muss auch die Fernwärme-Potenzialzone aktualisiert werden. Diese Funktion ist derzeit noch nicht automatisiert implementiert. Als Workaround werden Fernwärme-Potenzialzonen in QGIS vorverarbeitet und mit GAMA geladen. Andere Energiepotentialzonen, wie z.B. für Luftwärmepumpen, werden als räumlich konstant über die Zeit angenommen.

Das ABM basiert auf den Ausgangsannahmen, dass A) ältere Gebäude im Laufe ihres Lebens mindestens einmal umfassend saniert werden und B) bei Sanierung auch die Modernisierung / Erneuerung der installierten Heizungsanlage erfolgt. In Abbildung 8 ist die Ablauflogik des Modells für Gleisdorf dargestellt. Im Rahmen des Simulationsprozesses wird für jedes Jahr jedes Gebäude hinsichtlich seines Alters und Sanierungsstatus analysiert. Wenn das Gebäude ein bestimmtes Alter erreicht, wird es ein Kandidat für eine Sanierung (inkl. Wechsel der Heizungsanlage).

Nach einem stochastischen Prozess wird jedes Jahr nur ein bestimmter Teil der Gebäude saniert (das Modell ist auf typische jährliche Sanierungsraten zwischen 0,8% und 1,5% in dieser Region kalibriert). Wurde jedes Gebäude geprüft und ggf. modernisiert, schreitet die Simulation um einen Zeitschritt (hier ein Jahr) voran und beginnt von neuem mit der Gebäudeuntersuchung. Die Simulation endet mit dem Jahr 2050, respektive dem Zeitpunkt der geplanten Erfüllung des Pariser Klimaabkommens.

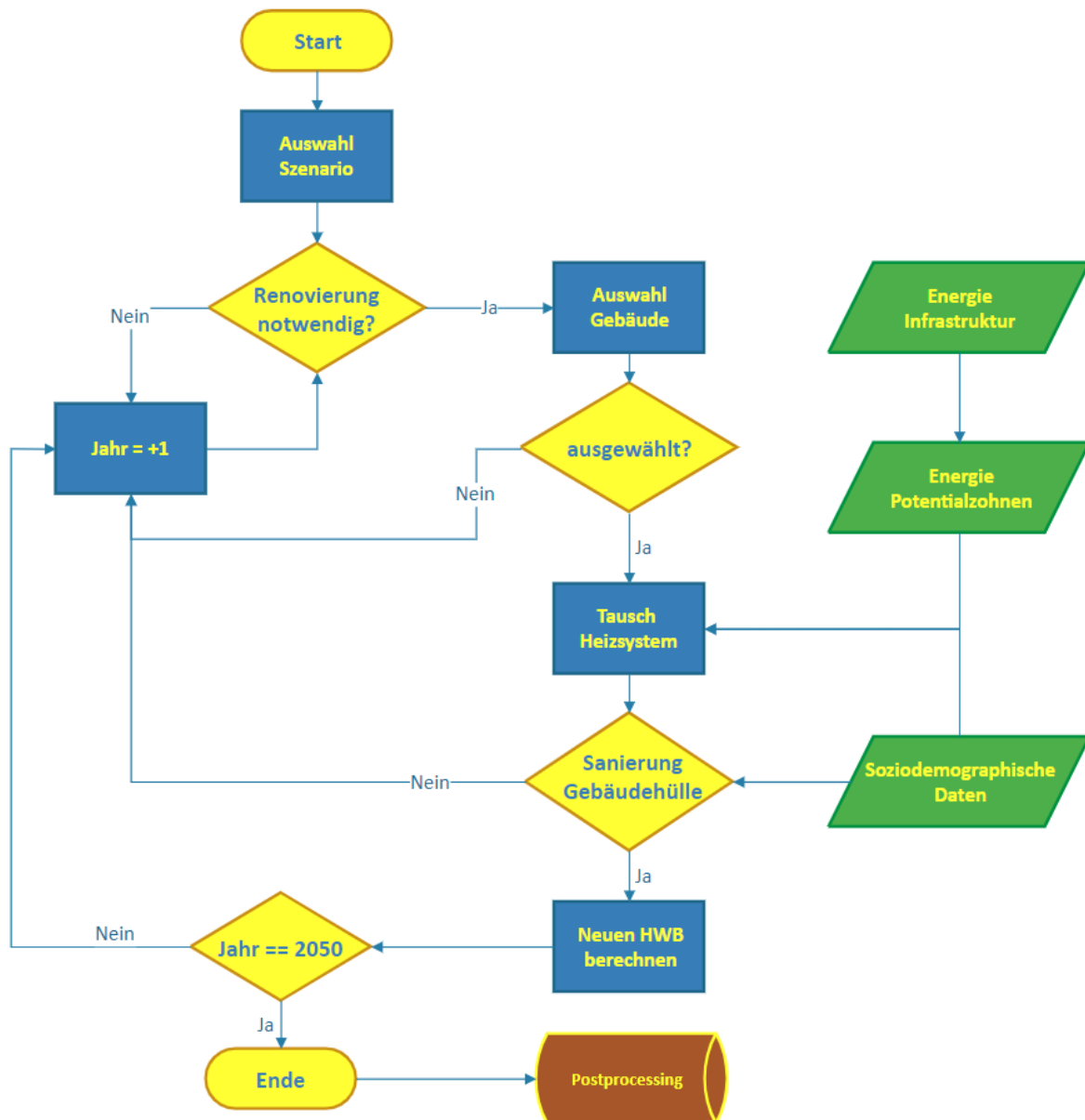


Abbildung 8: Flussdiagramm der Logik für das ABM in EnergyCityConcepts.

Wird ein geeignetes Gebäude nach dem Zufallsprinzip zur Sanierung ausgewählt, wird sowohl die Qualität der Sanierung als auch die Art der installierten Heizungsanlage durch den jeweiligen Gebäudeagent initialisiert. Dieser Initialisierungsprozess bezieht Einflussgrößen zum einen aus lokalen Bedingungen der Umgebung (welche Energiezonen / Infrastruktur ist lokal verfügbar?) und fest programmierten Sanierungsoptionen (Standard A, Standard B). Zum anderen werden die soziodemografischen Präferenzen des zugeordneten Gebäudeeigentübertyps (Alter, Beschäftigung, Bildungsstand) in die Entscheidung mit eingebunden.

Die Definition der Gebäudeeigentübertypen erfolgte auf der Grundlage soziodemografischer Parameter der Statistik Austria. Diese sind Statistiken über das Bildungsniveau, die Arbeitslosenquote (gekoppelt an das Haushaltseinkommen) sowie über die Altersstruktur der in den Häusern lebenden Menschen. Damit wurden den jeweiligen Gebäudeagenten Präferenzen für unterschiedliche Sanierungskonzepte und Wärmeenergieversorgungssysteme zugeordnet. Die Zuordnung von soziodemografischen Auslösern zu den Entscheidungen der Hausbesitzer über Heizenergieanlagen und Gebäudesanierungen basiert im Wesentlichen auf empirischen Daten aus der Literatur (Decker, 2015) (Hecher, 2017).

## 2.5. Energie- und Ökobilanzierung

Der Energiebedarf der Wärmebereitstellung wird anhand ökologischer Kriterien bewertet. Dazu war die Festlegung von Konversionsfaktoren erforderlich. Für das **Bundesland Salzburg** standen folgende Konversionsfaktoren für eine Beurteilung der Treibhausgas-Emissionen zur Verfügung (Stand Mai 2019):

Tabelle 5: Überblick Konversionsfaktoren (OIB (2011 bis 2019); (SBTV, 2016); (Kalt, 2017); (Umweltbundesamt, 2018))

Energieträger	OIB 6, 2011	OIB 6, 2015	SBTV, 2016	Kalt, 2017 (Ø 2010-2014)	Umweltbundesamt 2018	OIB 6, 2019
	f <sub>CO2</sub> [g/kWh]			[f <sub>CO2eq</sub> [g/kWh]		
Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	51	51	10	-	203	59
Fernwärme aus KWK (Defaultwert)	73	28	28	185		75
Erdgas	236	236	236	-	271	247
Heizöl	311	311	311	-	337	310
Biomasse	4	4	4	-	23 <sup>3)</sup> 38 <sup>4)</sup>	17
Strom	417	276	276	115 <sup>1)</sup> 190 <sup>2)</sup>	248	227

<sup>1)</sup> Allgemeinstrom, <sup>2)</sup> Winterstrom, <sup>3)</sup> Stückholz, <sup>4)</sup> Pellets

Grundsätzlich werden die in der Salzburger Bautechnikverordnung gelisteten Konversionsfaktoren seit 2016 für die gesetzlich vorgegebenen Energieausweisberechnungen im Bundesland Salzburg verwendet. Die in (Kalt, 2017) genannten Konversionsfaktoren hingegen werden seit 2017 für die Bewertung von strategischen Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Masterplan Klima + Energie 2020 des Landes Salzburg<sup>13</sup> verwendet. Die Konversionsfaktoren aus den anderen Quellen werden vor allem auf nationaler Ebene für die ökologische Bewertung von Maßnahmen verwendet (u.a. Bewertung der Klimaverträglichkeit; siehe auch (Mair am Tinkhof O. , et al., 2017)). Da für die Darstellung des Status Quo ausschließlich Informationen aus dem Jahr 2014 herangezogen wurden (u.a. Gebäudebestand, bestehende Infrastruktur, Klima vgl. auch Abschnitt 3.2 bis 3.4), war es auch für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erforderlich, Konversionsfaktoren aus dem Jahr 2014 heranzuziehen.

<sup>13</sup> Mehr Information zum Masterplan unter [https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser/\\_Seiten/salzburg2050-masterplan2020.aspx](https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser/_Seiten/salzburg2050-masterplan2020.aspx)

Tabelle 6: Konversionsfaktoren für die Bewertung des Status quo; (OIB, 2015) (Kalt, 2017)

Bezeichnung	Energieträger	$f_{CO_2, \ddot{a}q}$ [ $g_{CO_2, \ddot{a}q}/kWh$ ]
<b>Fernwärme</b>	Mix	185
<b>Gasheizung</b>	Erdgas	236
<b>Ölheizung</b>	Heizöl	311
<b>Biomasse</b>	Biomasse	4
<b>Stromheizung</b>	Strom	190
<b>Wasser-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45
<b>Sole-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45
<b>Luft-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	60
<b>VRF-System</b>	Strom	66
<b>Lüftungsanlage</b>	Strom, Abwärme	Lüftung 115 Wärmepumpe 60
<b>Lager / Betriebsstätte (Strahler)</b>	Heizöl	311
<b>Temporäre Nutzung</b>	Strom	190
<b>PV</b>	Sonne	72

Tabelle 7: Konversionsfaktoren für die Bewertung des Business as usual Szenarios; (OIB, 2015) (Kalt, 2017)

Bezeichnung	Energie- träger	$f_{2014},$		
		$f_{BAU\_2025},$ $f_{BAU\_2050}$ [ $g_{CO_2, \ddot{a}q}/kWh$ ]	$f_{AMB\_2025}$ [ $g_{CO_2, \ddot{a}q}/kWh$ ]	$F_{AMB\_2050}$ [ $g_{CO_2, \ddot{a}q}/kWh$ ]
<b>Fernwärme</b>	Mix	185	135	85
<b>Gasheizung</b>	Erdgas	236	218	172
<b>Ölheizung</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Biomasse</b>	Biomasse	4	4	4
<b>Stromheizung</b>	Strom	190	75	19
<b>Wasser-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Sole-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Luft-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	60	24	6
<b>VRF-System</b>	Strom	66	26	7
<b>Lüftungsanlage</b>	Strom, Abwärme	Lüftung 115 Wärmepumpe 60	Lüftung 46 Wärmepumpe 24	Lüftung 46 Wärmepumpe 24
<b>Lager / Betriebsstätte (Strahler)</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Temporäre Nutzung</b>	Strom	190	75	19
<b>PV</b>	Sonne	72	29	7

Aus diesem Grund wurden für Erdgas, Heizöl und Biomasse die Konversionsfaktoren der OIB Richtlinie aus dem Jahr 2011 herangezogen; für Fernwärme und Strom hingegen wurden die Konversionsfaktoren aus (Kalt, 2017) verwendet, da diese die in diesem Projekt gestellte Fragestellung (CO<sub>2</sub>-neutrales Schallmoos) zeitlich als auch örtlich genauer abbilden (2014 bzw. Werte für Fernwärme bezogen auf das Verbundnetz Salzburg-Hallein). Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese Konversionsfaktoren ausschließlich projektintern für die Darstellung des Status quo des Stadtteil Schallmoos im Jahr 2014 herangezogen werden dürfen und weitere Nutzungen nur eingeschränkt bzw. nach Rücksprache mit der Salzburg AG und dem Land Salzburg möglich sind.

Tabelle 8: Mögliche Entwicklung der Konversionsfaktoren (Nymoer, 2017)

Brennstoff	Wert für 2016 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]	Wert für 2030 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]	Wert für 2050 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]
<b>Strom</b>	531	211	54
<b>Fernwärme</b>	245	179	112
<b>Nahwärme (gasbasiert)</b>	154	152	140
<b>Erdgas-Mix</b>	226	209	165

Tabelle 9: Konversationsfaktoren für Salzburg für die Jahre 2025 & 2050; (OIB, 2015) (Kalt, 2017)

Bezeichnung	Energieträger	f_2014,	f_2025,	F_2050
		f_BAU_2025, f_BAU_2050 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]	f_AMB_2025 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]	F_AMB_2050 [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]
<b>Fernwärme</b>	Mix	185	135	85
<b>Gasheizung</b>	Erdgas	236	218	172
<b>Ölheizung</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Biomasse</b>	Biomasse	4	4	4
<b>Stromheizung</b>	Strom	190	75	19
<b>Wasser-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Sole-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Luft-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	60	24	6
<b>VRF-System</b>	Strom	66	26	7
<b>Lüftungsanlage</b>	Strom, Abwärme	Lüftung 115 Wärmepumpe 60	Lüftung 46 Wärmepumpe 24	Lüftung 46 Wärmepumpe 24
<b>Lager / Betriebsstätte (Strahler)</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Temporäre Nutzung</b>	Strom	190	75	19
<b>PV</b>	Sonne	72	29	7

Für die rechtlich vorgeschriebene Bewertung von Energiekonzepten im Stadtteil Schallmoos im Zuge von Bauverfahren oder Bezug von Förderungen udgl. sind nach wie vor die aktuellen Konversionsfaktoren entsprechend der Salzburger Bautechnik Verordnung heranzuziehen. In einem abschließenden Schritt wurden die entsprechenden Berechnungsgrundlagen für die Trendfortschreibung, sprich Konversationsfaktoren für die Jahre 2025 und 2050 festgelegt. Dazu wurde auf die in der Tabelle 8 beschriebenen Konversionsfaktoren zurückgegriffen und auf Basis der Zahlen aus der vorliegenden Studie weiterentwickelt (vgl. Tabelle 7). Diese Entwicklungen wurden auf die österreichischen Rahmenbedingungen umgelegt und ergaben die Konversationsfaktoren, welche in Tabelle 9 aufgeführt sind.

Die für die **Stadt Gleisdorf** zugrunde gelegten brennstoffspezifischen Primärenergie- und CO<sub>2</sub>eq-Emissionsfaktoren wurden auf Basis der Umrechnungsfaktoren für Salzburg sowie entsprechend der Werte inkl. aller Vorketten aus der OIB Richtlinie 6 2019 (OIB, 2019b, S.11ff) erstellt und sind in nachfolgender Tabelle 10 angeführt. Die Faktoren werden jeweils mit dem Endenergiebedarf (Heizenergiebedarf) multipliziert.

**Kohlendioxidemissionen äquivalent (CO<sub>2</sub>eq)** - Gesamte, dem Endenergiebedarf zuzurechnenden, äquivalenten Kohlendioxidemissionen (Treibhausgase), einschließlich jener für Vorketten.

**Primärenergiebedarf (PEB)** - Der Primärenergiebedarf ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB, ern) und einen nicht erneuerbaren (PEB, n.ern) Anteil auf.

Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren für die Stadt Gleisdorf; Primärenergie und CO<sub>2</sub> gemäß OIB RL6 2019 (OIB, 2019)

hgzBrstArt	hgzBrstKlasse	fPE [-]	fPE, n.ern [-]	fPE, ern [-]	fCO <sub>2</sub> e [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]
Kohle	fossil	1.460	1.46	0.00	375.0
Heizöl	fossil	1.200	1.20	0.00	310.0
Erdgas	fossil	1.100	1.10	0.00	247.0
Flüssiggas	fossil	1.500	0.50	1.00	70.0
Scheitholz	biogen	1.043	0.03	1.01	2.0
Hackschnitzel	biogen	1.158	0.08	1.08	10.0
Holz-Pellets	biogen	1.255	0.23	1.02	39.0
Strom	strom	1.623	1.019	0.604	227.0
unbeheizt	unbeheizt	-	-	-	-
unbekannt	unbekannt	-	-	-	-
fw_biogen*	fw_biogen	1.625	0.38	1.24	78.0
fw_fossil**	fw_fossil	1.488	1.49	0.00	334.0
nw_biogen***	nw_biogen	1.513	0.10	1.42	13.1
nw_fossil****	nw_fossil	1.406	1.41	0.00	315.6

\*Fernwärme\_biogen = Fernwärme + Energieträger Hackschnitzel oder Scheitholz oder Pellets

\*\*Fernwärme\_fossil = Fernwärme + Energieträger Heizöl-EL oder Erdgas oder Flüssiggas

\*\*\*Nahwärme\_biogen = Nahwärme + Energieträger Hackschnitzel oder Scheitholz oder Pellets

\*\*\*\*Nahwärme\_fossil = Nahwärme + Energieträger Heizöl-EL oder Erdgas oder Flüssiggas

Die Konversionsfaktoren für Strom entsprechen (wie in der OIB RL6 empfohlen) dem durchschnittlichen monatlichen österreichischen Liefermix 2014-2018 (Österreich-Mix und Import-Mix) entsprechend der Statistiken des *European Network of Transmission System Operators for Electricity* (entsoe), abzurufen unter <https://www.entsoe.eu>.

Die Ermittlung der Konversionsfaktoren für Fernwärme wurde gemäß der Berechnungsformel in (OIB, 2019) Seite 15 unter Berücksichtigung des tatsächlichen Energieträgermix in den Untersuchungsgebieten durchgeführt. Eckdaten für die Berechnung Fernwärme Gleisdorf: 81% Hackschnitzel, 19% Erdgas, 19% Wärmeverluste Wärmenetz und Speicher, 84% Kesselnutzungsgrad.

Die angenommenen Konversationsfaktoren für die Berechnung der ambitionierten Szenarien für die Jahre 2035 und 2050 sind in Tabelle 11 angegeben. Die Konversionsfaktoren für die Fernwärme in den Szenarien wurden in einem Verhältnis Hackschnitzel zu Erdgas von 85% zu 15% für 2035 und 95% zu 5% für 2050 angenommen.

Tabelle 11: Konversionsfaktoren für Gleisdorf für die ambitionierten Szenarien in den Jahren 2035 und 2050 (OIB, 2019)

Bezeichnung	Energieträger	$f_{\text{CO}_2-2035}$ [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]	$f_{\text{CO}_2-2050}$ [g <sub>CO<sub>2</sub>,äq</sub> /kWh]
Fernwärme	Mix	36	12
Gasheizung	Erdgas	190	172
Ölheizung	Heizöl	311	311
Kohle	Kohle	337	337
Biomasse	Biomasse	4	4
Stromheizung	Strom	41	19
Wasser-Wasser Wärmepumpe	Strom	10	5
Sole-Wasser Wärmepumpe	Strom	10	5
Luft-Wasser Wärmepumpe	Strom	13	6

## 2.6. Webservices als Planungstools

Die Ergebnisse aus der räumlichen Modellierung und Simulation liegen nicht nur in reiner Zahlen- bzw. Diagrammform vor, sondern auch anschaulich und intuitiv erfassbar in Form von digitalen Karten, welche über Onlineplattformen verfügbar gemacht wurden. Diese Webservices zeigen unter anderem

- den Status und die Qualität der Sanierung von Gebäuden
- die Verteilung und Art der Heizungssysteme
- die Art der eingesetzten Energieträger
- den Heizwärmebedarf
- den CO<sub>2</sub> Ausstoß
- Eignungs- und Vorranggebiete für die Fernwärmeversorgung
- Potenziale
  - Abwärmenutzung
  - Wärmepumpen (Luft, Grundwasser, Tiefensonden)
  - Solarthermie und PV-Anlagen

In den letzten zehn Jahren haben sich Webkarten zum wichtigsten Medium für die Kommunikation kartenbasierter Inhalte entwickelt. Die Onlineverfügbarkeit, eine hohe Flexibilität und Interaktivität von Karten sind heute unverzichtbar (Roth, 2015). Die klassische Kartografie ist die Wurzel der Webkartografie, aber die Art und Weise, wie Webkarten konzipiert und gestaltet werden und welche Informationen übermittelt werden, sowie die organisatorischen und technischen Abläufe verändern sich und folgen bestimmten Trends. Dabei spielt das Design und die Benutzerfreundlichkeit einer Webkarte eine große Rolle. (Atzl, 2015) präsentiert dazu eine Zusammenfassung über einige typische Konzepte, Gestaltungsrichtlinien und Evaluierungsmethoden aus unterschiedlichen Domänen (z.B. HCI, UXD), welche zur Entwicklung von modernen Webkarten herangezogen werden können.

### 2.6.1. Webservice Salzburg Schallmoos

Das in (Atzl, 2015) vorgestellte Webkartendesign bildet auch die Grundlage für den Webservice Salzburg Schallmoos. Der Vorteil eines derartigen Kartentemplates bzw. einer derartigen Kartenvorlage ist, dass dieses hinsichtlich des Erscheinungsbildes und der Inhalte einfach konfiguriert und bis zu einem gewissen Grad flexibel angepasst werden kann und trotzdem die kartografischen Gestaltungskonzepte und -standards eingehalten werden.



Die Webkarte für den Prototyp Salzburg Schallmoos wurde mit der ArcGIS API for Javascript Version 3.30 umgesetzt (siehe Abbildung 9). In dieser Webkarte werden folgende Statusanalyseergebnisse von Schallmoos dargestellt:

- Infrastruktur
  - Fernwärmeleitungen
  - Gasleitungen
- Potenziale an erneuerbaren Energiequellen
  - Erstanalyse betrieblicher Abwärme
  - Solar Dachflächen Strahlungssumme
  - Solar Globalstrahlung
  - Geothermie Grundwasser
  - Erwärme/Sonden: Wärmeleitfähigkeit
  - Luft Wärmepumpe
- Indikatorbasierte Abschätzung der Energienachfrage
  - Mittlere Wärmenachfragedichte
  - Mittlere Kältenachfragedichte
  - Mittlere Stromnachfragedichte
- Fokusgebiete
  - Fokus Ölheizungen (Wärmedichten)
  - Fokus Wärmepumpentauglichkeit (Wärmedichten)
- Fernwärmepotenzialgebiete
- Nachverdichtung
  - Nachverdichtungspotenzial Wohnen
  - Nachverdichtungspotenzial Gewerbe
- Untersuchungsquartier
- Ausgewählte Basisdaten
  - Flächenwidmung
  - Hauptwohnsitze
  - Beschäftigte
  - Hauptnutzung von Gebäuden

Diese Inhalte werden in der Webkarte direkt im Legendenmenü als aktivierbare/deaktivierbare Kartenlayer aufgelistet (vgl. Abbildung 9, rechter Bereich). Die unterschiedlichen Kartenlayer, welche in die Webkarte integriert sind und in dieser dargestellt werden, wurden in der Software ArcMap erstellt, verarbeitet, errechnet und visualisiert. Danach wurden die fertigen Inhalte als ArcGIS REST Webservice (Map Service) über ArcGIS Server veröffentlicht. Dieser Webservice kann dann mittels URL (REST-Endpunkt) in die Webkartenvorlage integriert werden. Die Legende in der Webkarte wird entsprechend der vom Nutzer aktivierten Kartenlayer angepasst - d.h. nur sichtbare Karteninhalte werden in der Legende angezeigt. Durch das Klicken auf die einzelnen Layer in der Karte erhält der Nutzer weitere Informationen zu diesem Bereich in einem Popup-Fenster ("Identify"). Des Weiteren beinhaltet die Webkarte auch eine Übersichtskarte, Projektinformationen, eine Adresssuche, Navigationsleiste (Zoom-in/-out, Home) unterschiedliche Hintergrundkarten (Straßenkarte, Satellitenkarte) und ein Informationsfenster. Aus Datenschutzgründen ist das Webservice aktuell nur Projektpartnern zugänglich. An einem öffentlichen Zugang mit Nutzerkategorien (z.B. Gemeinde, Raumplaner, Energieversorger, Forschungseinrichtungen, allgemein zugänglich, etc.) und entsprechenden Beschränkungen wird aktuell gearbeitet.

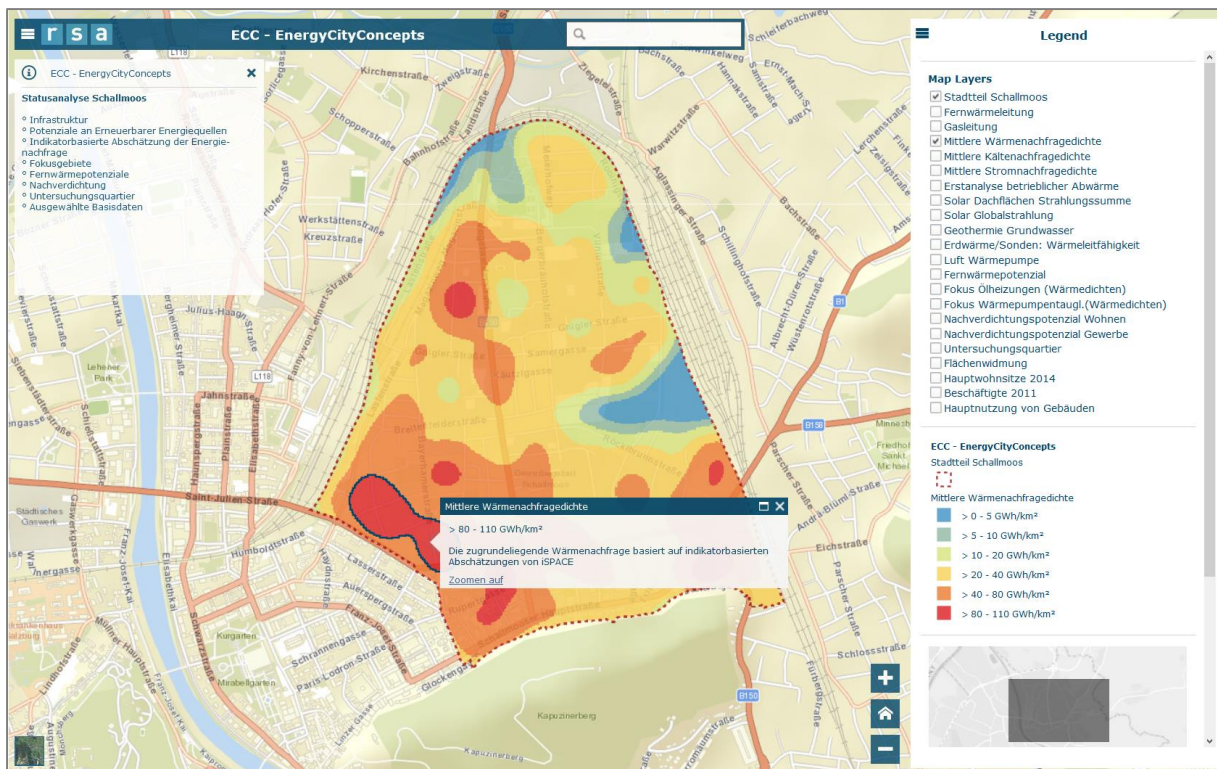


Abbildung 9: Interaktive Webkarte für die Kommunikation unterschiedlicher Analyseergebnisse von Salzburg Schallmoos (Quelle: RSA FG, ISPACE)

## 2.6.2. Webservice Stadt Gleisdorf

Für die Erstellung des Webservice-Prototypen (WebGIS) für die Stadt Gleisdorf, wurde der Prototyp von Salzburg Schallmoos als Vorlage verwendet. Das WebGIS wurde ausschließlich unter Verwendung von Open-Source-Software entwickelt und in ein geografisches Informationssystem, in dem Geodaten angezeigt werden können (siehe Abbildung 10), sowie ein interaktives Daten-Dashboard (siehe Abbildung 13), in dem Daten abgefragt und statistisch analysiert werden können, unterteilt.

Die in diesem WebGIS enthaltenen Daten wurden in einer gegenstandsbezogenen, räumlichen referenzierten Datenbank auf einem PostgreSQL-Server bei AEE INTEC abgelegt. Schließlich wurde dieser Webservice auch über das interne AEE INTEC-Netzwerk den im Projekt arbeitenden Personen zur Verfügung gestellt. Es wird auch angestrebt, in Zukunft diesen Webservice ausgewählten Nutzern außerhalb des internen Netzwerkes zugänglich zu machen.

Abbildung 10 gibt einen Überblick, wie die Daten für die WebGIS Anwendung in Gleisdorf verarbeitet wurden. Es wurden unterschiedliche Methoden aus Kapitel 2 verwendet, um die für Gleisdorf gesammelten Rohdaten (Raw Data) in ein datenbanktaugliches Format (Preprocessed Data) zu verarbeiten und in einer PostgreSQL<sup>14</sup> Datenbank abzulegen.

<sup>14</sup> PostgreSQL 10; <https://www.postgresql.org/about/>

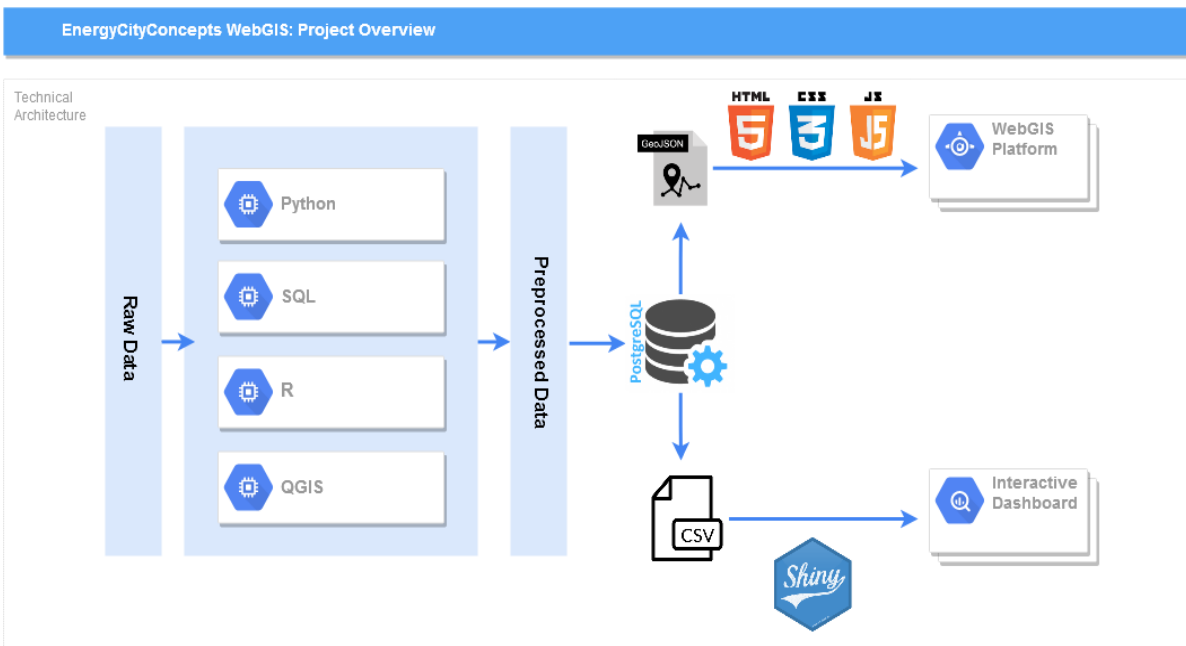


Abbildung 10: Überblick über die Datenverarbeitung für das WebGIS in Gleisdorf

Die Webanwendung für Gleisdorf wurde mit HTML, CSS und JavaScript entwickelt, insbesondere unter Verwendung von Leaflet, einer der führenden Open-Source-Bibliotheken zur Entwicklung interaktiver Webkarten. Darüber hinaus wurde für den Großteil der Benutzeroberfläche neben verschiedenen Open-Source-Plugins die Bootstrap-Frontend-Komponentenbibliothek verwendet (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: WebGIS Open-Source-Bibliotheken und Plugins

Libraries	Plugins
<a href="#">jQuery</a>	<a href="#">easyButton</a>
<a href="#">ThreeJs</a>	<a href="#">geocoder</a>
<a href="#">Leaflet</a>	<a href="#">iconLayers</a>
<a href="#">Bootstrap</a>	<a href="#">sidebar-v2</a>

Abbildung 11 zeigt einen Ausschnitt der entwickelten WebGIS Oberfläche für die Stadtgemeinde Gleisdorf und Abbildung 12 ein Beispiel für die Darstellung einer 3D-Visualisierung.

Nach dem Aufbau der WebGIS-Oberfläche wurde ein interaktives Daten-Dashboard für die Datenbank entwickelt. Dieses Dashboard wurde entwickelt, um den Benutzern eine Möglichkeit zu bieten, die Datenbank der Gebäudeattribute zu visualisieren, abzufragen und zu analysieren. Es wurde mit der statistischen Berechnungssprache  $R^{15}$  unter Verwendung des *Shiny*<sup>16</sup> Web-Frameworks erstellt. Mit diesem, im Webservice integrierten, interaktiven Dashboard (siehe Abbildung 13) ist die vertiefte, statistische Auswertung der verfügbaren Daten möglich.

<sup>15</sup> <https://www.r-project.org/>

<sup>16</sup> <https://shiny.rstudio.com/>

### Merkmale des WebGIS Gleisdorf:

- Laden von 14 verschiedenen Geodatenebenen; z.B. Wärmedichtekarten, CO<sub>2</sub> Emissionen, Energieinfrastruktur, Demografie, etc.
- Wechselmöglichkeit zwischen Satelliten-, stilisierten und offiziellen Basiskarten
- Dynamische Darstellung von Legendenkomponenten und Beschreibungen
- Darstellung von Attributen für Gebäude und solarthermische und photovoltaische Potenziale
- Geokodierungs-Suchfeld mit automatischem Zoom auf die identifizierte Position
- Fünf 3D-Modelle von Gleisdorf mit verschiedenen Geodatenebenen
- Informationsportal zum Projekt *EnergyCityConcepts*
- Integrierte Metadatenbibliothek

### Merkmale des Dashboards für Gleisdorf:

- Kategorische und kontinuierliche Visualisierung der Variablen mit Dichteplots, Balken- und Tortendiagrammen
- Reaktive Darstellung von Wölbung, Asymmetrie und Standardabweichung bei kontinuierlichen Variablen.
- Kerneldichte-Schätzung, qq-Plotting und Normalitätstests für kontinuierliche Variablen
- Verwendung von Box-Plots und Scatter-Plots mit linearem Modell zur Visualisierung von Beziehungen
- Bestimmung der Beziehungen zwischen Variablen durch statistische Tests
- Bedingte Visualisierung basierend auf fünf verschiedenen Datenfiltern
- Möglichkeit, benutzerdefinierte Abfragen in der Datenbank zu erstellen
- Plotten und Downloads von gefilterten Datenbankinhalten

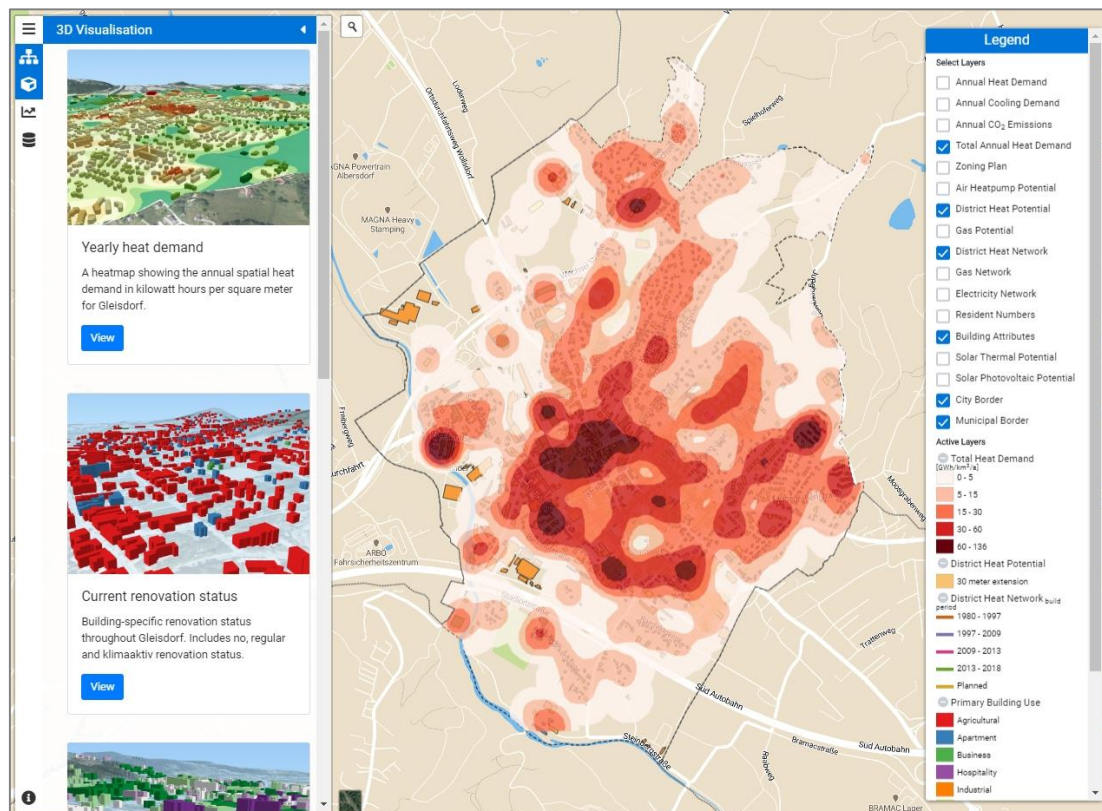


Abbildung 11: WebGIS Oberfläche zur browserbasierten Visualisierung von energierelevanten Daten (Quelle: AEE INTEC)

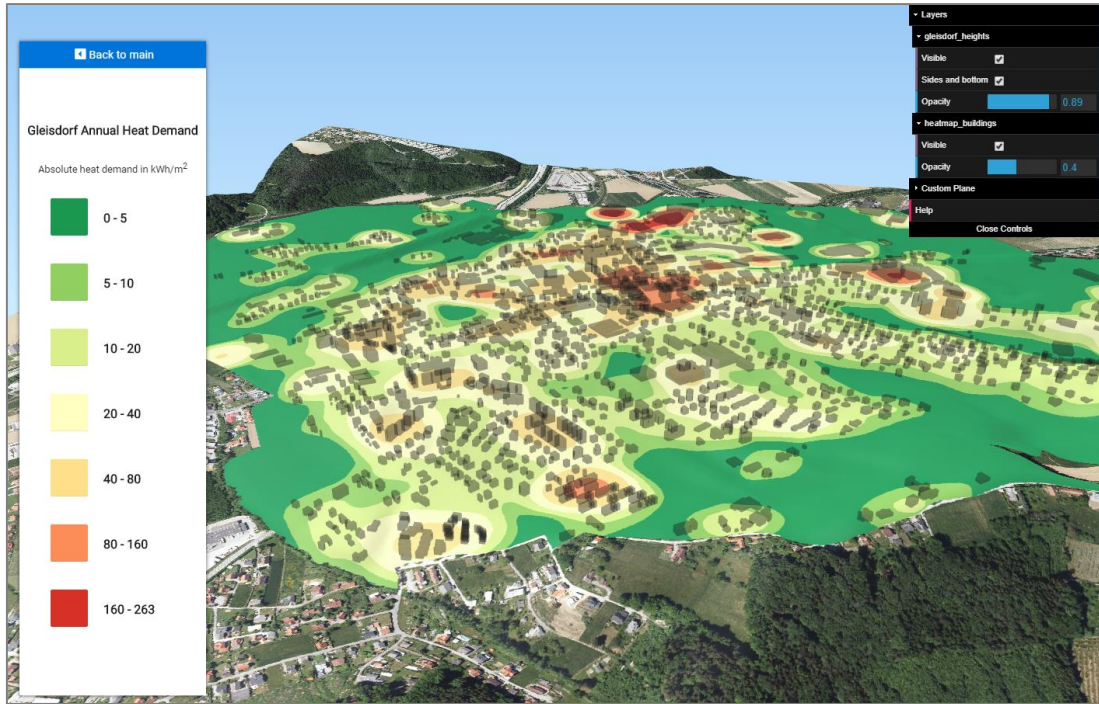


Abbildung 12: Beispiel für ein 3D-Modell von Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC)



Abbildung 13: Interaktives Dashboard zur statistischen Datenauswertung (Quelle: AEE INTEC)

### 3. Bestandsanalyse der Untersuchungsgebiete

Als erstes muss definiert werden, innerhalb welcher Systemgrenzen Aussagen getroffen werden sollen und welche Energiesektoren und Randbedingungen dabei gelten. Im Falle von Salzburg-Schallmoos zum Beispiel stand vor allem die Energieversorgung des Gebäudesektors innerhalb der Stadtteilgrenzen im Fokus. Dann galt es, die verfügbaren Datenquellen ausfindig zu machen. Ziel war es, die relevanten Informationen zur Verortung und Charakterisierung bestehender Gebäude, Energieversorgungsnetze und Umwandlungsanlagen sowie lokal verfügbare Energiepotentiale (solare, biogene, geothermische, Abwärme) in einer gemeinsamen Geodatenbank zu erheben.

Die für aussagekräftige Energieraumplanung benötigten Daten sind ebenso vielfältig wie die möglichen Datenquellen: Energieversorger können Informationen zu Netzen, Erzeugungsanlagen und Verbräuchen beisteuern. Die Kommunen selbst verfügen über Angaben zum Gebäudebestand und sonstiger kommunaler Infrastruktur (z.B. Wasser, Abwasser, kommunale Energienetze) sowie zu geplanten Arealentwicklungen und konkreten Bauvorhaben. Als weitere wichtige Datenquellen dienen Statistiken sowie frei nutzbare Geodaten, beispielsweise aus dem OpenStreetMap Projekt oder aus öffentlichen Geodatenportalen des Bundes und der Länder, siehe Abbildung 14. Der Beschaffungsprozess gestaltet sich oft ressourcenintensiv, da aktuelle Geometrie-, Konstruktions- und Nutzungsdaten oft lückenhaft oder gar nicht erfasst sind, oder aus Gründen des Datenschutzes oder unternehmerischer Geheimhaltung nicht verwendet werden dürfen.

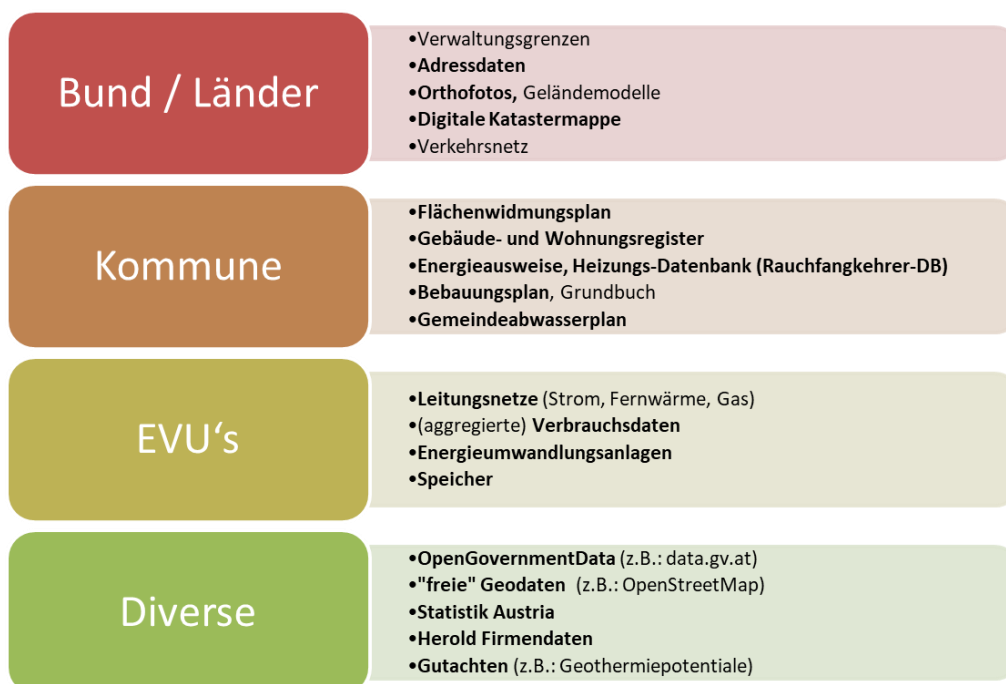


Abbildung 14: Datenquellen für die Energieraumplanung

Infolge der IST-Datenerfassung wurde für die beiden Untersuchungsgebiete eine große Menge an (räumlichen) Daten erhoben, in ein GIS-System eingepflegt und Analysen durchgeführt. Zudem wurde im Forschungsprojekt an einer Methode gearbeitet, die auf der Grundlage öffentlich zugänglicher Daten, statistischer Zusammenhänge und fallspezifischer Daten, Eingabedaten generiert. Schnittstellen zu Geoinformationssystemen und einschlägigen Datenbanken ermöglichen die teilautomatisierte Übernahme von Daten, auf deren Grundlage die Gebäude und die technische Infrastruktur räumlich modelliert und simuliert werden können (Mauthner, et al., 2017).

### 3.1. Status quo in Salzburg Schallmoos

Für das Untersuchungsgebiet Salzburg-Schallmoos wurde auf Grundlage der erhobenen Daten (Stand 2014) eine detaillierte Geodatenbasis der energetisch relevanten Infrastruktur (Gebäude, Netze, lokale Energieumwandlungsanlagen) erstellt. Bis auf Gebäudeebene aufgelöst sind darin u.a. dargestellt: Baujahr, Bruttogrundfläche, Sanierungsstand, Heizenergie-Bedarf, Heizenergie-Quelle, Nutzungsart, Eignung des Daches für Solarenergie (thermisch oder Photovoltaik), Verfügbarkeit von Wärmepumpen-Quellen (Abwärme, Grundwasser, Abwasser und Tiefenbohrungen), Lage in Bezug auf Wärme- und Gasnetz. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse fußen insbesondere auf den Methodenansatz Geoinformation und sind in der Folge auszugsweise dargestellt.

#### 3.1.1. Räumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen

Der Stadtteil Schallmoos befindet sich nordöstlich vom Stadtzentrum der Stadt Salzburg. Schallmoos wird durch den Kapuzinerberg, den Gleisanlagen des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs, sowie der Landesstraße B1 auf natürliche bzw. bauliche Weise begrenzt. Außerdem trennt die Landesstrasse B150 den Stadtteil in eine westliche und eine östliche Hälfte (Abbildung 15).



Abbildung 15: oben - Standort und städtebauliche Einordnung des Stadtteil Schallmoos (SAGIS, 2017), unten - Blick über Schallmoos vom Kapuzinerberg aus gesehen (Muncadunc, 2008)

Schallmoos umfasst eine Gesamtfläche von rund 200 ha. Die Fläche wird zu annähernd gleichen Teilen als Gewerbegebiet (im Zentrum und im Norden) und als erweitertes Wohngebiet (im Südwesten und -osten) genutzt.

In Schallmoos sind rund 1.180 Arbeitsstätten mit 12.870 Beschäftigten (63 % Männer und 37 % Frauen) angesiedelt (Stand 31.10.2015). Mit Porsche Salzburg und der Salzburg AG sind zwei der größten Arbeitgeber Salzburgs dort beheimatet. Neben Dienstleistungsbetrieben befinden sich auch größere Handelsketten und Lagerhallen im Stadtteil. Schallmoos ist mit rund 10.200 Bewohnern (Stand 31.10.2015) und 4.894 Privathaushalten (Stand 31.10.2015) der bevölkerungsreichste Stadtteil.

Im Norden sind vorwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser zu finden, wogegen im Südwesten Wohnraum vor allem durch verdichteten Wohnbau geschaffen wurde. 51 % der Bewohner sind männlich. Der Anteil der Nicht-Österreicher liegt bei 38 %. Durch Division der Bewohner mit der Anzahl der Haushalte ergibt sich eine durchschnittliche Haushaltsgröße von 1,97 Personen. Rund 25 % der Haushalte sind Mehrpersonen-Haushalte mit drei und mehr Personen. Fast die Hälfte der Bewohner geht einer Erwerbstätigkeit nach (49 %) und rund ein Fünftel der Bewohner (19 %) sind in Pension.

### 3.1.2. Energierrelevante Strukturdaten

Der Gebäudebestand wurde in die Nutzungskategorien Wohnnutzung, Büros, Kommunal/Öffentlich, Handel, Gewerbe, Industrie und andere Nutzungen gegliedert. In der Nutzungskategorie *Wohnnutzung* sind Wohngebäude, Wohnheime, Hotels, Gasthöfe und Pensionen enthalten (Abbildung 16). Die Kategorie *Kommunal/Öffentlich* beinhaltet öffentliche Verwaltungsgebäude, Gebäude für Bildung und Jugendbetreuung, Gebäude des Gesundheitswesens, Gebäude für Kulturzwecke, Gebäude für Freizeit-zwecke und Gebäude für religiöse Zwecke. Unter die Kategorie *andere Nutzungen* fallen Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, Infrastruktureinrichtungen, landwirtschaftliche Gebäude, Garagen, Kleingebäude, sonstige Gebäude, leerstehende Gebäude, in Bau befindliche Gebäude und Vordächer, Flugdächer sowie Carports. Bei Mischnutzungen bzw. mehreren Nutzungen pro Gebäude zählt jeweils die Hauptnutzung. Der größte Teil von Schallmoos (2.321 Gebäude) bestand im Referenzjahr 2014 aus Wohngebäuden (40 %), gefolgt von Büros (8 %), Handel (7 %), Gewerbe (5 %) und Industrie (5 %). Zudem fällt ein großer Teil des Gebäudebestandes in die Kategorie *andere Nutzungen* (32 %). Werden nur die 1.491 beheizten Gebäude betrachtet, ist ersichtlich, dass nur ein geringer Teil Gebäude mit *andere Nutzungen* beheizt wird.

Der Gebäudebestand ist in neun Altersklassen eingeteilt. Abbildung 17 zeigt die Altersklassenverteilung der beheizten und der unbeheizten Gebäude. In der Abbildung ist ersichtlich, dass der größte Teil des Gebäudebestandes vor 1971 gebaut wurde (63 % aller Gebäude; 66 % der beheizten Gebäude), wobei der größte Anteil auf die Bauperiode 1961-1970 (21 % aller Gebäude; 22 % der beheizten Gebäude) fällt. Nach 1970 wurden nur 30 bzw. 44 % der Gebäude gebaut. Das mittlere Gebäudebaujahr liegt bei 1956. Das Gebäudealter ist bei 7 % bzw. 0 % des Gebäudebestandes nicht bekannt.





Abbildung 16: Gebäudebestand nach Nutzungskategorien im Jahr 2014

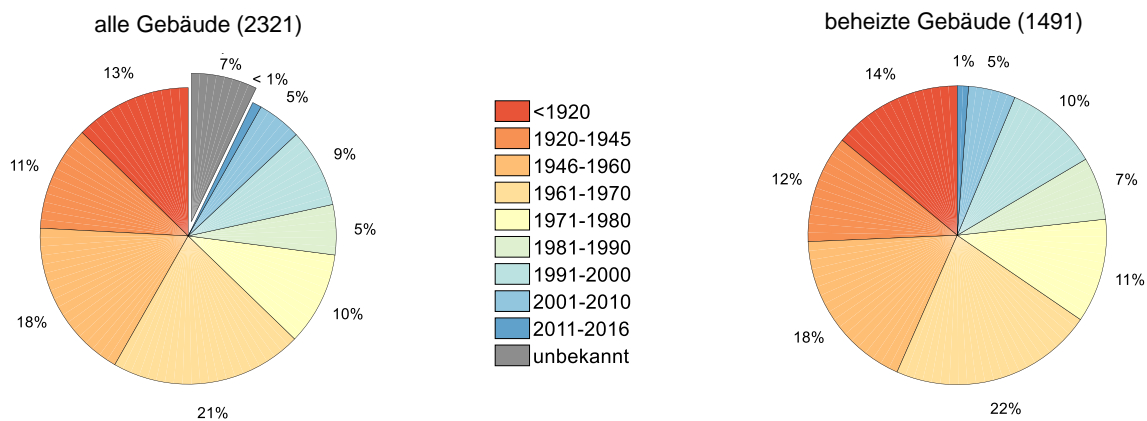


Abbildung 17: Gebäudebestand nach Altersklassen im Jahr 2014

### 3.1.3. Strom-, Wärme-, Kälte- Gas- und Fernwärmebedarf

In einer kartografischen Darstellung der Wärmebedarfsdichten ist für den Betrachter intuitiv ersichtlich, wo viel bzw. wenig thermische Energie benötigt wird. Mögliche Fokusgebiete (z. B. hinsichtlich Sanierungsbedarf) oder Potenziale (z. B. hinsichtlich Fernwärmeausbau) können so identifiziert und anschaulich kommuniziert werden. Indem weitere Informationsschichten hinzugefügt werden – beispielsweise leitungsgebundene Infrastrukturen wie Fernwärme- oder Gasleitungen – können rasch weitere Informationen transportiert und Zusammenhänge erkannt werden (z.B. wo liegen hohe Wärmedichten außerhalb des fernwärmeversorgten Gebietes vor).

Basierend auf den in Kapitel 3.1.2 dargestellten Strukturdaten und der in Kapitel 2.1 beschriebenen Methode Geoinformation wurde je Gebäude der jährliche Wärme-, Kälte- und Strombedarf ermittelt und als Bedarfsdichten visualisiert (Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung 20). Die Karte der Wärmebedarfsdichte (Abbildung 18) zeigt im Südwesten deutlich höhere Dichten als im Norden des Stadtteils. Fast in allen bebauten Gebieten des Stadtteils wird eine Dichte  $> 20 \text{ GWh/km}^2$  ausgewiesen. Die Kältebedarfsdichten sind in Abbildung 19 kartographisch dargestellt. Hotspots des Bedarfs sind deutlich erkennbar. Die Ergebnisse der Strombedarfsabschätzung sind in Abbildung 20 als Dichtewerte ausgewiesen. Die lokalen Unterschiede des Strombedarfs sind deutlich ersichtlich.

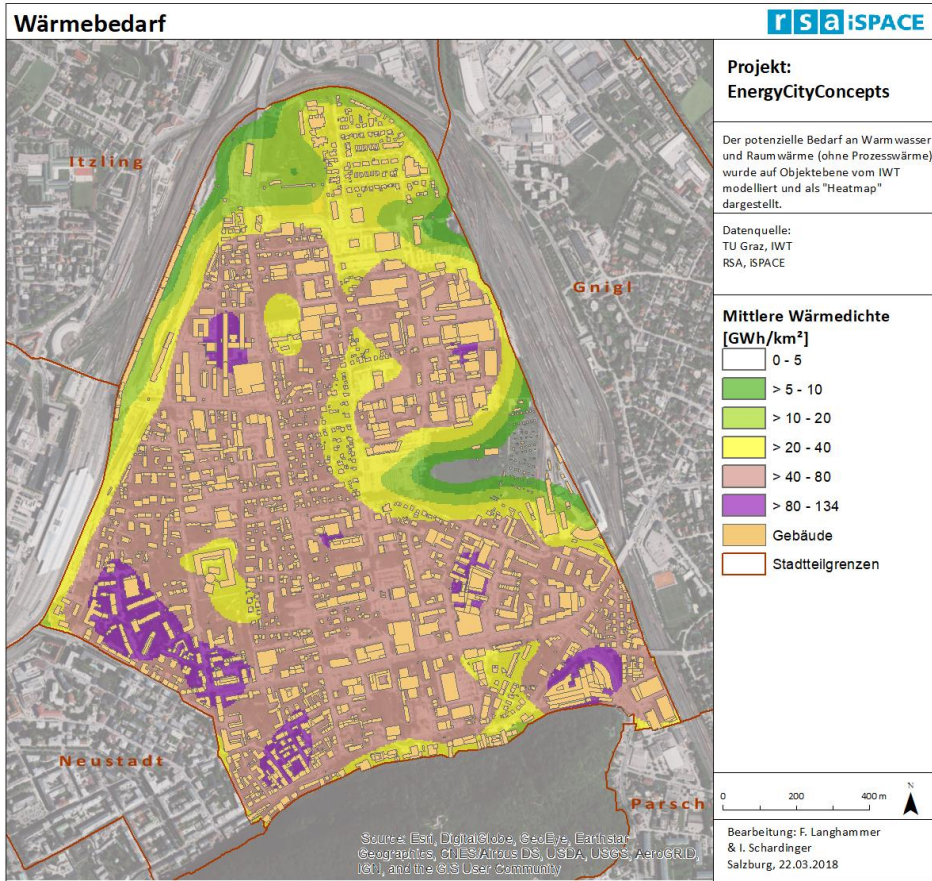


Abbildung 18: Dichtekarte für den Wärmebedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

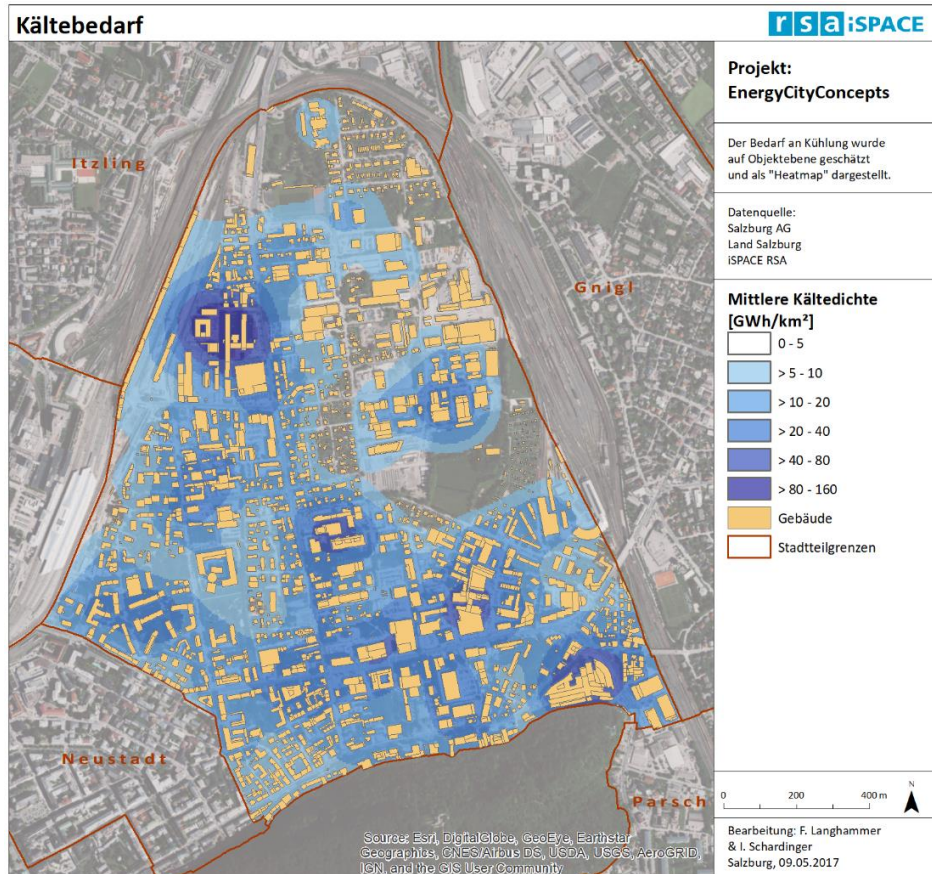


Abbildung 19: Dichtekarte für den Kältebedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

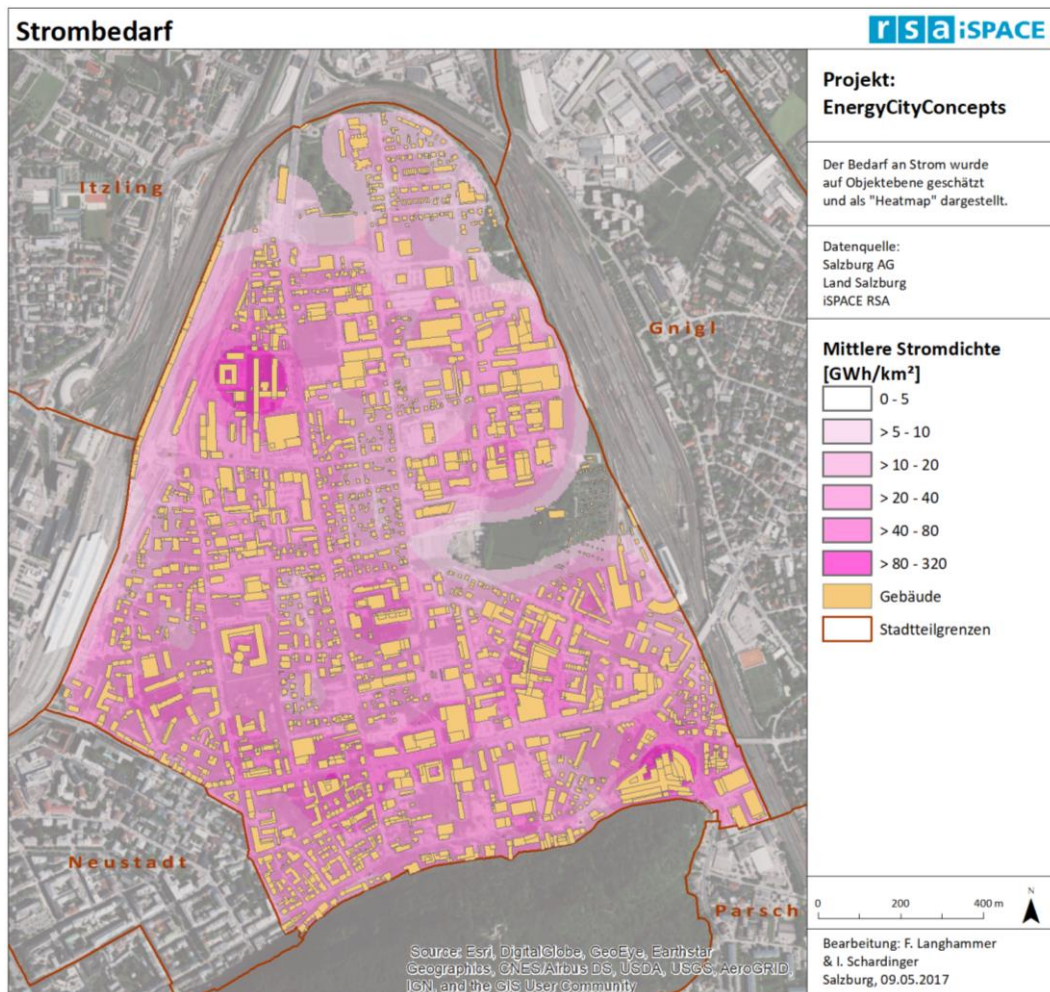


Abbildung 20: Dichtekarte für den Strombedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

### 3.1.4. Bedarfswerte für das Referenzjahr 2014 im Methodenvergleich

Bewertungen der Energieraumplanung sind in der Regel mit größeren Unsicherheiten verbunden. Die zwei wesentlichen Gründe dafür sind einerseits die meist lückenhafte Datengrundlage und andererseits die unterschiedlichen Zugänge der angewandten Berechnungsmethoden. Von dieser Ausgangslage motiviert, wurde eine vergleichende Analyse von zwei unterschiedlichen Methoden mit Messwerten durchgeführt.

Verglichen wurden im ersten Schritt Ergebnisse der Methode Geoinformation (siehe Kapitel 2.1) mit gemessenen Verbrauchswerten des Energieversorger Salzburg AG. Abbildung 21 bis Abbildung 23 zeigen eine gerasterte georeferenzierte Darstellung des Vergleiches für Fernwärme, Gas und elektrischen Strom. Die Beschreibungen in der Legende geben Auskunft über ermittelten Summenwerte des Verbrauchs bzw. der Abschätzung gemäß der Methode Geoinformation.

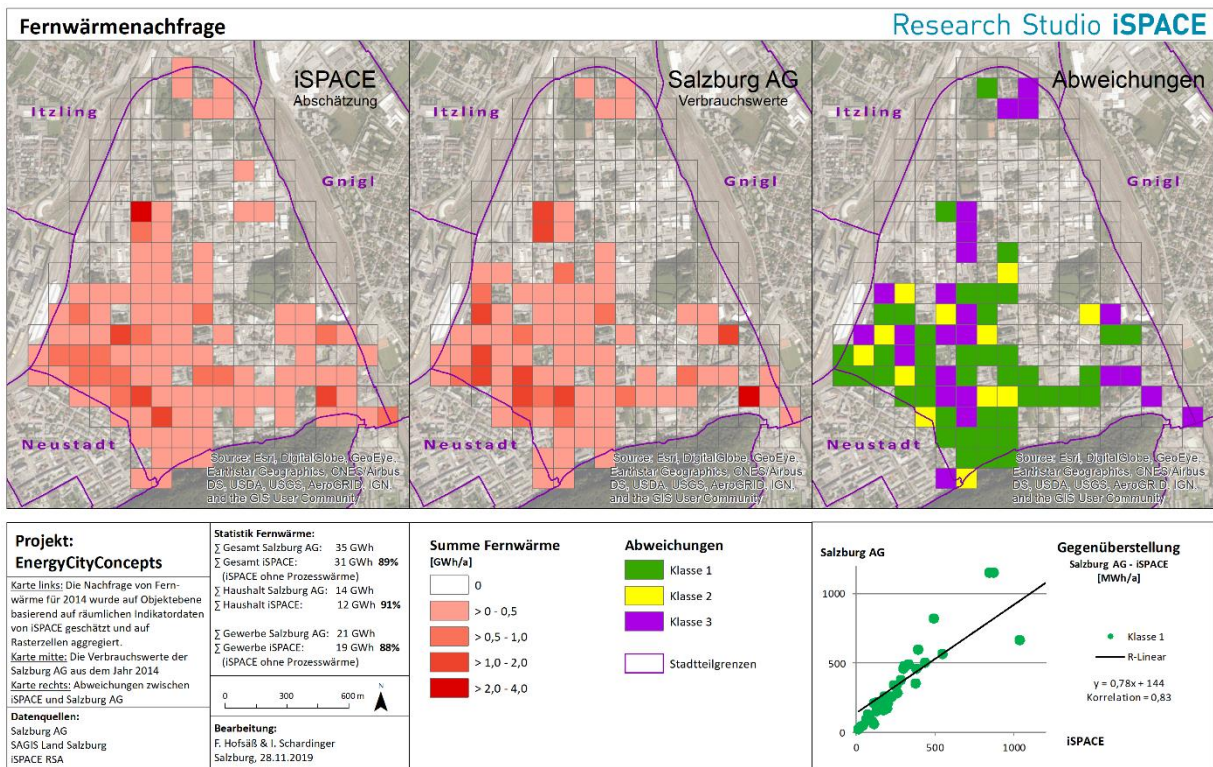


Abbildung 21: Vergleich der Fernwärmenachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

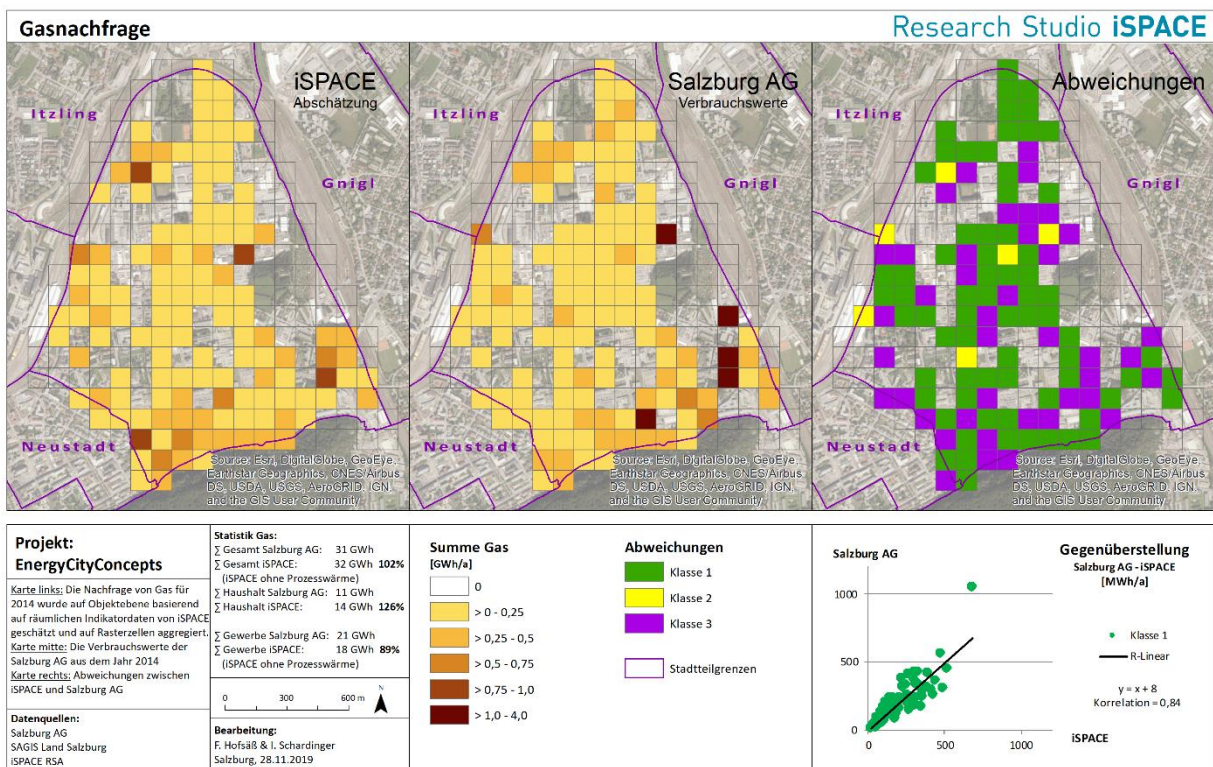


Abbildung 22: Vergleich der Gasnachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

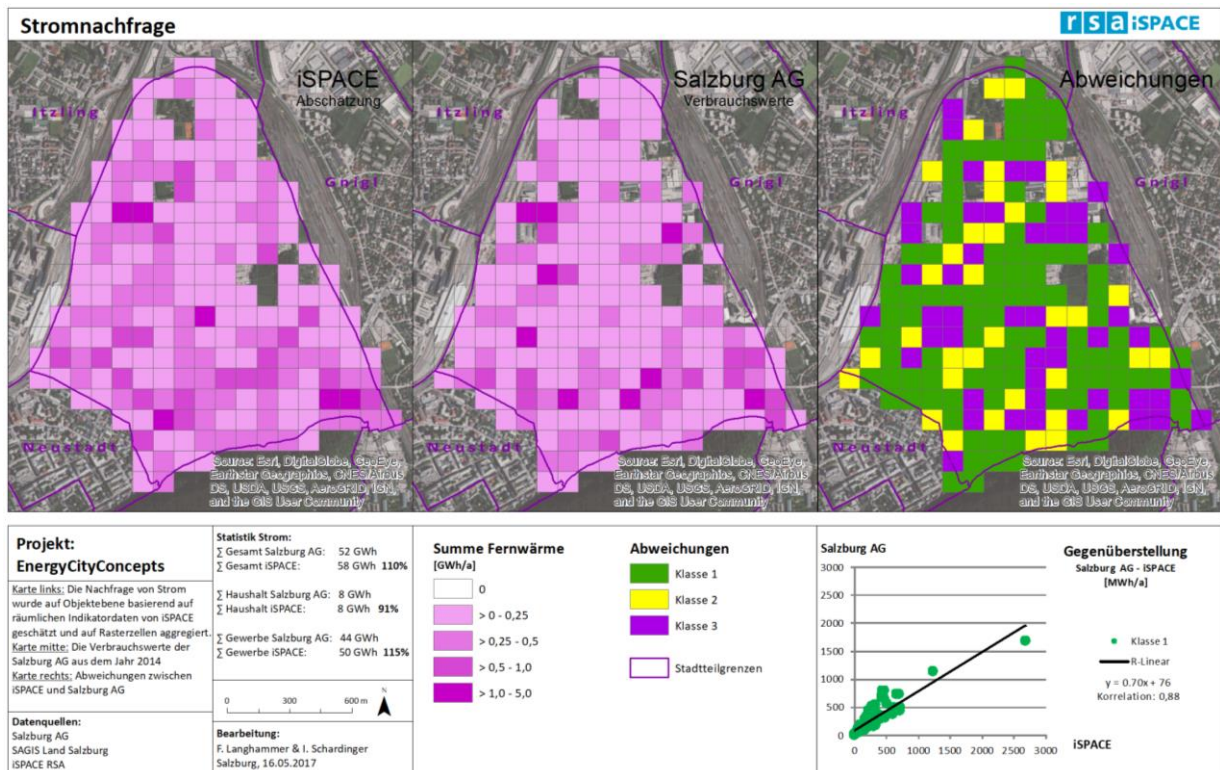
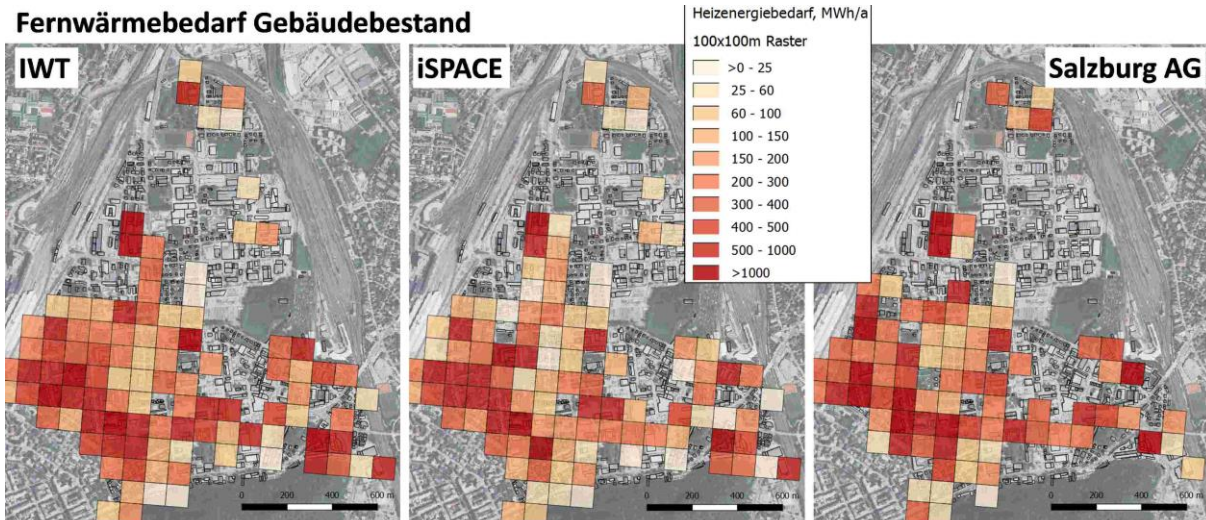


Abbildung 23: Vergleich der Stromnachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

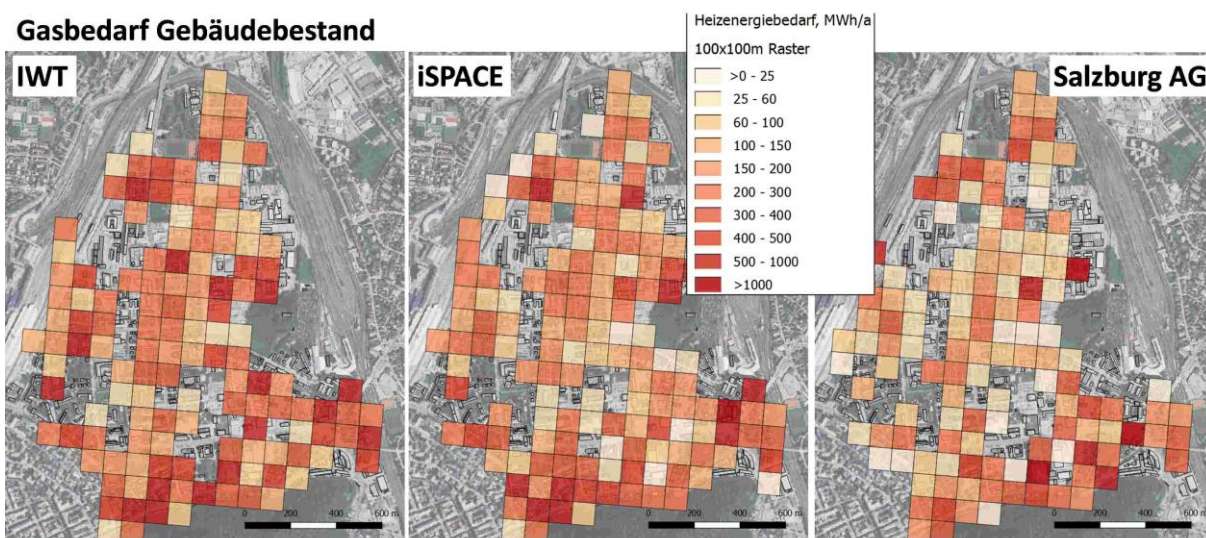
Im zweiten Schritt wurde die Bedarfsermittlung auf Basis einer physikalischen Simulation (siehe Kapitel 2.2) durchgeführt und ebenfalls mit den Verbrauchswerten verglichen. Abbildung 24 zeigt das Ergebnis für den Fernwärmebedarf, für den Gasbedarf und für den Strombedarf vergleichend in einem 100 x 100 Meter Raster, geordnet nach Verbrauchsgruppen. Die Ersteller stehen in diesem Zusammenhang stellvertretend für die durchführende Organisation: IWT: Methode physikalische Simulation, iSPACE: Methode Geoinformation, Salzburg AG: Messwerte.

Die Einschätzung des mit Fernwärme gedeckten **Wärmebedarfs** des Stadtteils Schallmoos im Referenzszenario 2014 liegt bei der auf physikalischen Prinzipien beruhenden Methode „Simulation“ bei 36,3 GWh/a. Die Einschätzung auf Basis der Methode „Geoinformation“ liegt bei 30,8 GWh/a. Demgegenüber steht der gemessene Wert von 34,6 GWh/a des Wärmeversorgers (ohne Prozesswärme). Dieser Vergleich zeigt, dass die Bewertungsmethoden an sich in der Lage sind, den Wärmebedarf einer städtebaulichen Konfiguration gut einzuschätzen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Datenlage im vorliegenden Projekt sehr ausführlich bekannt war und diese gute Übereinstimmung ermöglichte. Im Falle einer schlechteren Ausgangslage in Bezug auf die Beschreibung der Gebäudestruktur und/oder der energietechnischen Versorgungsstruktur sind entsprechend höhere Abweichungen zu erwarten. Gleichlaufend liegen die Bewertung des mit Gas gedeckten Wärmebedarfs ähnlich knapp beieinander. Die Simulation ergab 35,5 GWh/a, die Geoinformation 32,1 GWh/a und die Messung zeigte 31,5 GWh/a an Gasbedarf im Stadtteil Schallmoos im Referenzjahr 2014. Bei der Einschätzung des **Strombedarfes** ist grundsätzlich die Verbrauchsstruktur individueller als beim Raumwärmebedarf und somit deutlich schwerer abzuschätzen. Dies zeigt sich aus dem Vergleich der Abschätzung, dass 41,1 GWh/a der Simulation und 57,8 GWh/a der Geoinformation einem Messwert von 51,8 GWh/a gegenüberstehen. Abbildung 27 zeigt eine entsprechende grafische Darstellung des Vergleichs.

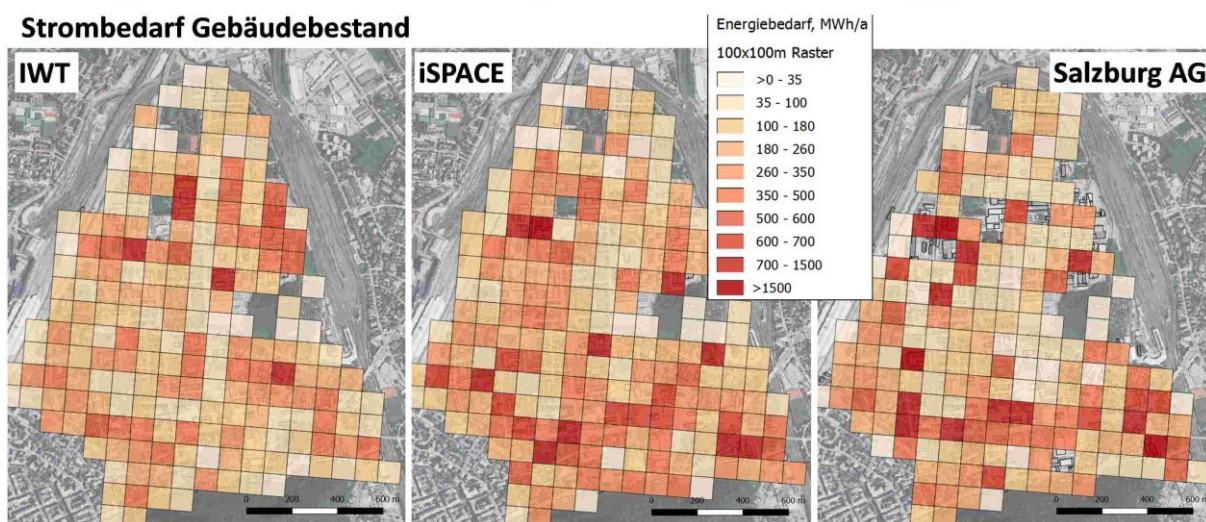
### Fernwärmebedarf Gebäudebestand



### Gasbedarf Gebäudebestand



### Strombedarf Gebäudebestand



Projekt: EnergyCityConcepts  
Quellen: SAGIS Land Salzburg, iSPACE RSA, Salzburg AG  
Bearbeitung: Peter Nageler, TU Graz



Abbildung 24: Vergleich der Methodenergebnisse für Fernwärme-, Gasbedarf und Strombedarf mit Messdaten (Quelle: TU Graz IWT)

### 3.1.5. Leistungsverläufe im Referenzjahr 2014

Die Methode der physikalischen Simulation (Annahme: Nachtabsenkung der Raumtemperatur zwischen 18 und 4 Uhr von 21 auf 17 °C) ermöglicht zudem eine instationäre Betrachtung der einzelnen Energieströme und somit die Darstellung der auftretenden Leistungen. In Abbildung 25 sind entsprechend dazu die Lastverläufe der einzelnen Energieträger, nach Methode Simulation, für den Stadtteil Schallmoos in Stundenschrittweite dargestellt. In Summe tritt für Raumwärme und Warmwasserbereitung eine maximale Last von ca. 60 MW auf.

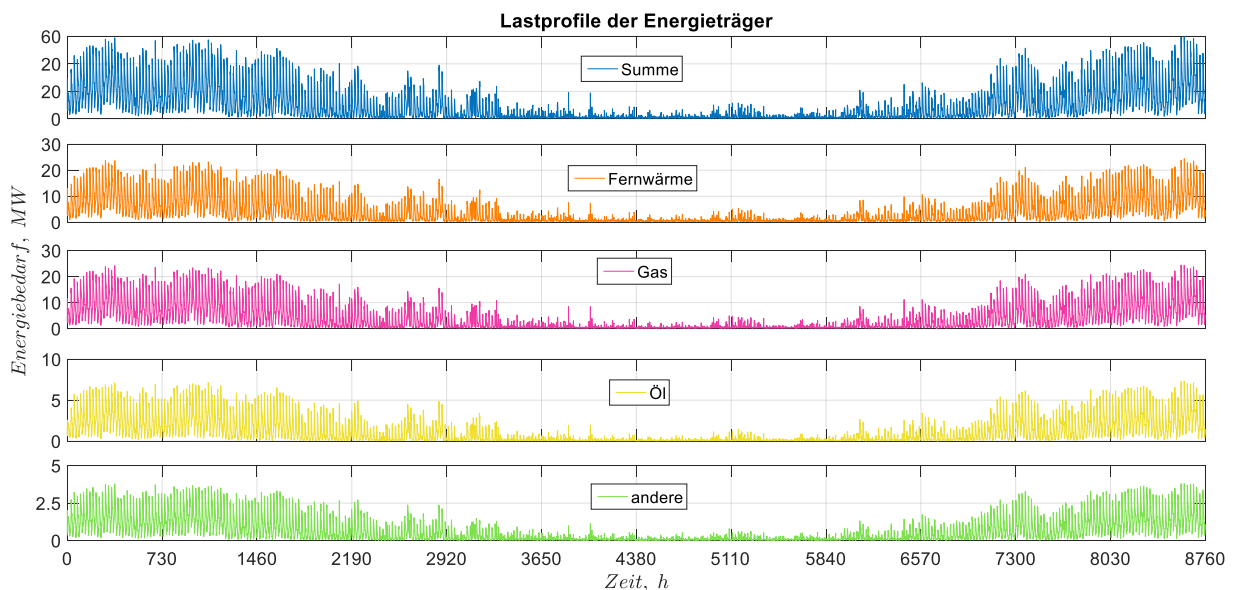


Abbildung 25: Verlauf der Lasten nach Energieträger für den Stadtteil Salzburg Schallmoos (Referenzjahr 2014)

### 3.1.6. Energie- und Ökobilanzierung im Status quo

Neben der Betrachtung der Wärme- und Stromnachfrage ist die Bestimmung der Emissionen aus der Grauen Energie und der Alltagsmobilität von großer Bedeutung. In Summe kann festgehalten werden, dass derzeit (Anm. 2014) in Schallmoos pro Jahr rund 1,6 Tonnen THG-Emissionen pro Person emittiert werden. Der größte Anteil entfällt dabei auf den Wärme- und Stromsektor (68 %), gefolgt von dem Bereich Alltagsmobilität (18 %) und der Grauen Energie (13 %), also jener Energiemenge, welche bei der Herstellung, dem Einbau und Rückbau von Baustoffen eingesetzt wird. Entsprechend dem zu erwartenden Nutzungsmix im Stadtteil Schallmoos (47 % Wohnen und 53 % andere Nutzungen; Annahme Büro) dürften pro Jahr hingegen nur rund 0,4 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Person bzw. 21 kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> emittiert werden, um klimaverträglich zu sein (Werte entnommen aus (Mair am Tinkhof O., et al., 2017); vereinfachte Annahmen im Rahmen dieses Projektes).

Der Projektwert für die Graue Energie liegt im unteren Bereich der empfohlenen Richtwerte. Dies begründet sich dadurch, dass dem Bestand einiges an Emissionen angerechnet werden kann und die zusätzlichen Emissionen für den Ersatz und die Beseitigung von bestehenden Baustoffen bzw. die Graue Energie von Bestandsgebäuden relativ gering ist. Der Projektwert für die Betriebsenergie (Wärme und Strom, excl. Prozesswärme) hingegen übersteigt die Richtwerte bei weitem. Dies begründet sich dadurch, dass die Wärmebereitstellung derzeit (Anm. 2014) mit CO<sub>2</sub>-intensiven Energieträgern erfolgt (zu 78 % mit Fernwärme, Erdgas und Öl). Der Projektwert für die Alltagsmobilität hingegen liegt sehr nahe am unteren Bereich der vorgegebenen Richtwerte. Dies begründet sich dadurch, dass Schallmoos infrastrukturell sehr gut erschlossen ist (siehe auch 3.1.1).

### 3.2. Status quo in Gleisdorf

Für die strategische Planung und Optimierung eines nachhaltigen und wirtschaftlichen Energiesystems auf Ebene von Stadtteilen und Städten ist vorweg eine umfassende Stuserhebung und -analyse mit Raumbezug notwendig. Nur so ist es möglich, erneuerbare Energieversorgungstechnologien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor zu identifizieren, ganzheitlich zu bewerten und infolge entsprechende Umsetzungsmaßnahmen abzuleiten.

Untersuchungsgegenstand für die nachfolgende Statusanalyse ist die Stadt Gleisdorf innerhalb der politischen Grenzen vor der Gemeindestrukturereform in der Steiermark 2015. Im Zuge der Gemeindestrukturereform wurde die Stadt Gleisdorf mit den Umlandgemeinden Labuch, Laßnitzthal, Nitscha und Ungerdorf zusammengeschlossen. Die neue Gemeinde führt seither den Namen Gleisdorf weiter und unterteilt sich in neun Katastralgemeinden.

Als Ergebnis einer umfangreichen Gebäudekartierung und Wärmebedarfsmodellierung liegt für die Stadt Gleisdorf eine adressgenaue Charakterisierung des Gebäudebestandes und der Wärmeversorgungsinfrastruktur inkl. Abschätzung der Nutzenergie-, Endenergie- und Primärenergiebedarfe sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen vor. Nachfolgend sind geografische und demografische Informationen zum Untersuchungsgebiet, die Gebäudebestandserhebung sowie die Ergebnisse der energetischen Statusanalyse qualitativ und in Form von Karten zusammengefasst.

In der Status quo Analyse wurde zu Projektende die Bewertung von Gleisdorf nochmals mit den neuesten Daten durchgeführt (Stand 2019), um den aktuellsten Stand mit den neuesten Methoden abzubilden.

#### 3.2.1. Räumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen

Gleisdorf ist eine Gemeinde im Bezirk Weiz in der Oststeiermark, rund 21 km östlich von Graz. Geografisch liegt das Gemeindegebiet im Raabtal an der Mündung der Flüsse Laßnitz und Rabnitz, eingebettet in der umliegenden Hügel- und Waldlandschaft der Oststeiermark (siehe Abbildung 26).

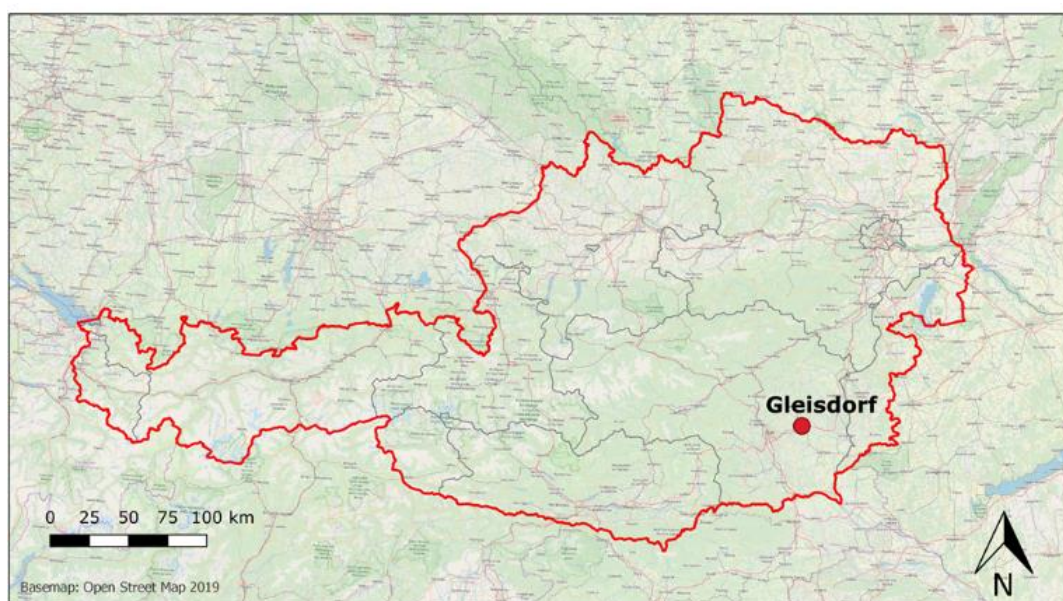


Abbildung 26: Standort von Gleisdorf in Österreich (Quelle: OpenStreetMap)



Die Gemeinde ist ein regionales Zentrum mit entsprechender Infrastruktur und aufgrund seiner Lage ein wichtiger Verkehrsknotenpunkt sowie ein Wohnort mit kontinuierlichem Zustrom. Das durchschnittliche Bevölkerungswachstum seit dem Jahr 2002 beträgt rund 1,1 %, wobei in einzelnen Jahren Werte bis zu 2,5 % erreicht wurden (Statistik Austria, 2019). Gleisdorf liegt verkehrsgünstig direkt an der Autobahn A2. Im Südwesten des Stadtgebietes liegt der Bahnhof, der Gleisdorf über die Ostbahnstrecke direkt mit Graz und Jennersdorf im Burgenland verbindet.

Nachfolgende Abbildung 27 zeigt die Verwaltungsgrenzen der Gemeinde Gleisdorf sowie der neun Katastralgemeinden. Das Untersuchungsgebiet „Stadt Gleisdorf“ bildet den städtischen Kern des Gemeindegebietes und ist von den ländlich geprägten Katastralgemeinden umgeben. Gut erkennbar ist eine entsprechend starke Konzentrierung von Gebäuden in der Stadt Gleisdorf, wo 1.745 der insgesamt 3.428 Gebäude verortet sind (siehe Abbildung 28). Das Gemeindegebiet erstreckt sich über eine Fläche von 38,37 km<sup>2</sup>, die Stadt Gleisdorf nimmt davon 4,76 km<sup>2</sup> ein.

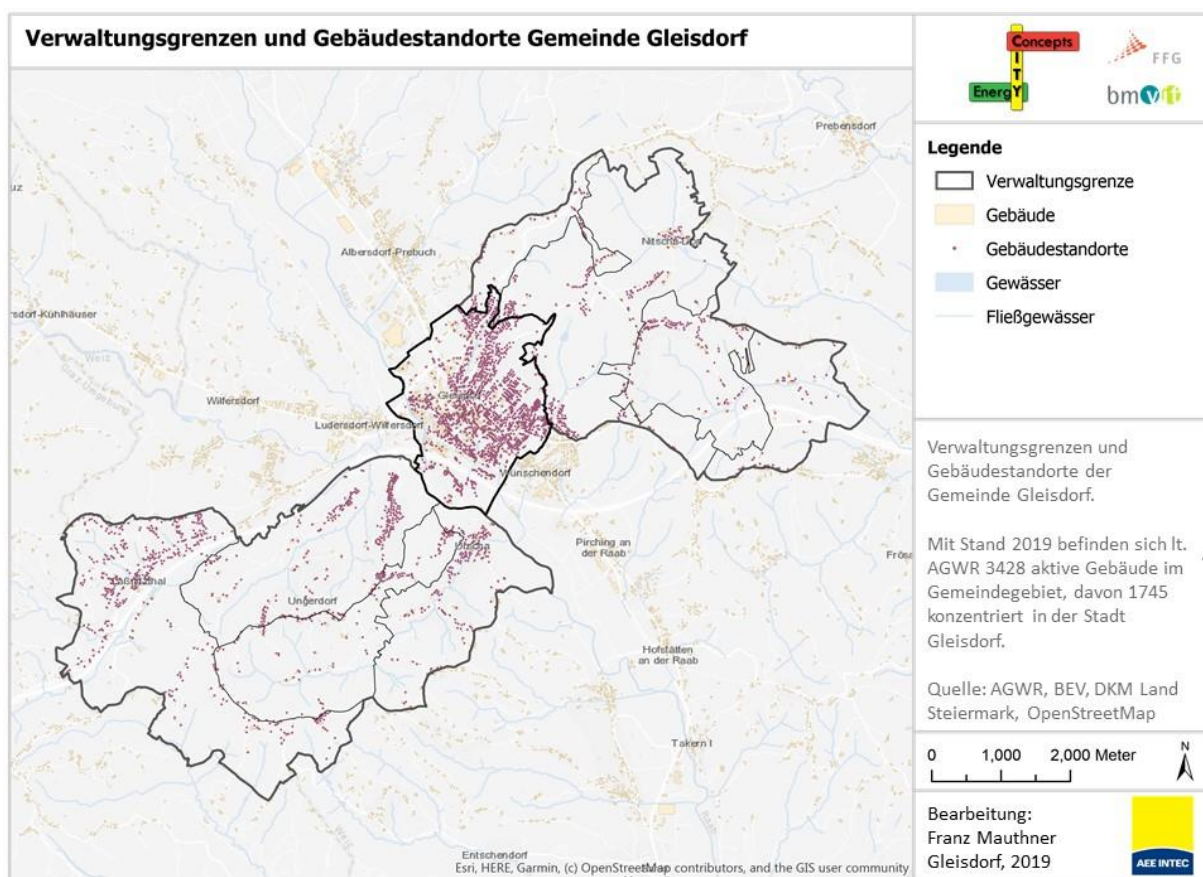


Abbildung 27: Verwaltungsgrenzen und Gebäudestandorte der Gemeinde Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019)  
(Quelle: AEE INTEC)

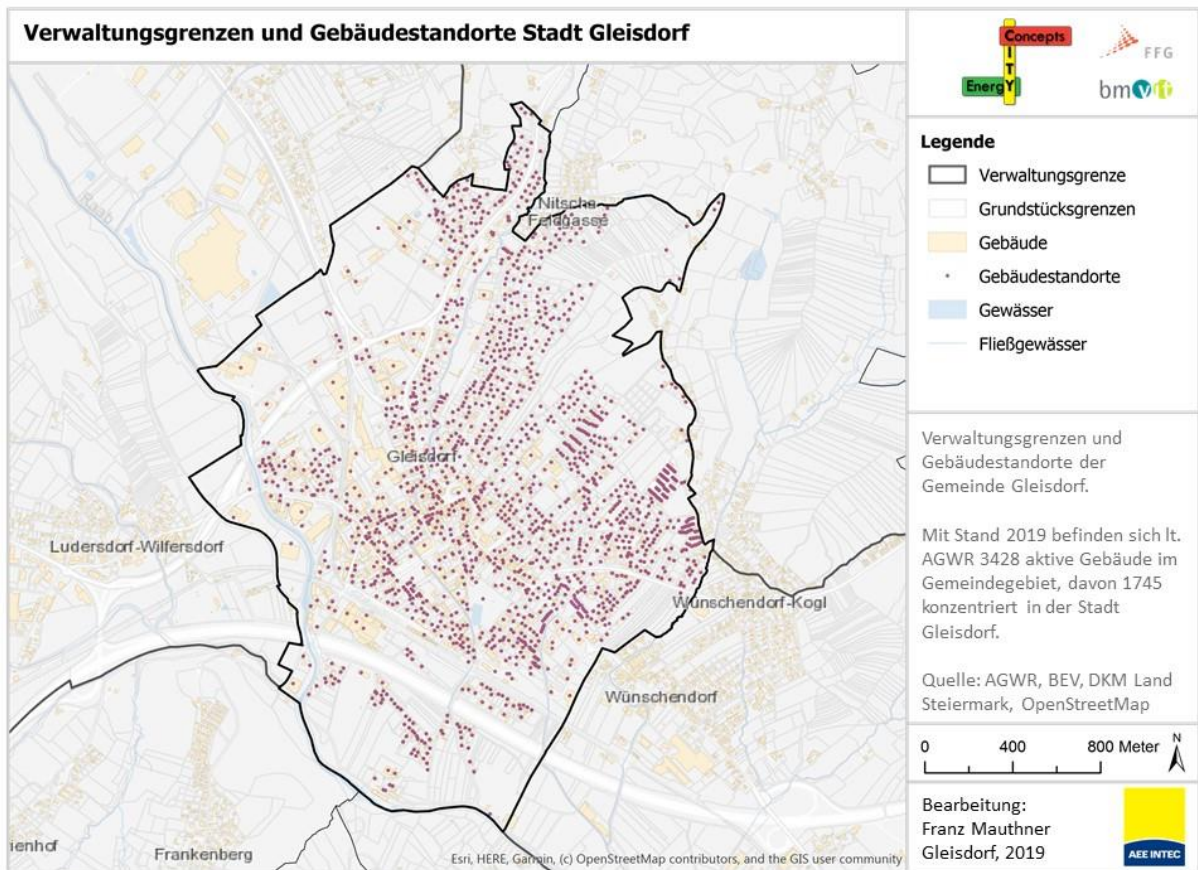


Abbildung 28: Verwaltungsgrenzen und Gebäudestandorte der Stadt Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019)  
(Quelle: AEE INTEC)

## Bevölkerung und Demografie

Mit Jänner 2019 sind in der Stadt Gleisdorf insgesamt 6.430 Einwohner mit Hauptwohnsitz gemeldet (Gemeinde Gleisdorf: 10.777)<sup>17</sup>. In Abbildung 29 sind die Einwohnerzahlen (Hauptwohnsitz) je Gebäudestandort aggregiert auf den regionalstatistischen 100 x 100 Meter LAEA Raster der Stadt Gleisdorf dargestellt.

Zum Zeitpunkt der Datenerfassung standen sozio-demographische Daten zu Demografie und Erwerbsstatus, Bevölkerung und Haushalte als regionalstatistische 250 Meter Rasterdaten (LAEA) mit Stichtag 31.10.2016 von Statistik Austria zur Verfügung (STATISTIK Austria, 2016). Demographische Daten zu Alter und Geschlecht, höchstem Bildungsniveau und Arbeitslosenquote wurden für die Arbeiten im Forschungsprojekt herangezogen. Die Altersstruktur wurde unterteilt in 0 bis 19 Jahre (19,7 %), 20 bis 39 Jahre (25,8 %), 40 bis 64 Jahre (34,8 %) und 65 und älter (19,7 %) unterteilt. Hier haben 25,5 % aller über 14-Jährigen einen Pflichtschulabschluss, 35,6 % einen Berufsabschluss, 13,8 % einen kaufmännischen Abschluss, 14,4 % einen Abiturabschluss und 10,7 % einen Hochschulabschluss als höchstes Bildungsniveau. Die allgemeine Beschäftigungsquote betrug 53 %.

<sup>17</sup> Statistik Austria: Bevölkerung am 1.1.2019 nach Ortschaften (Gebietsstand 1.1.2019) ([Link](#))

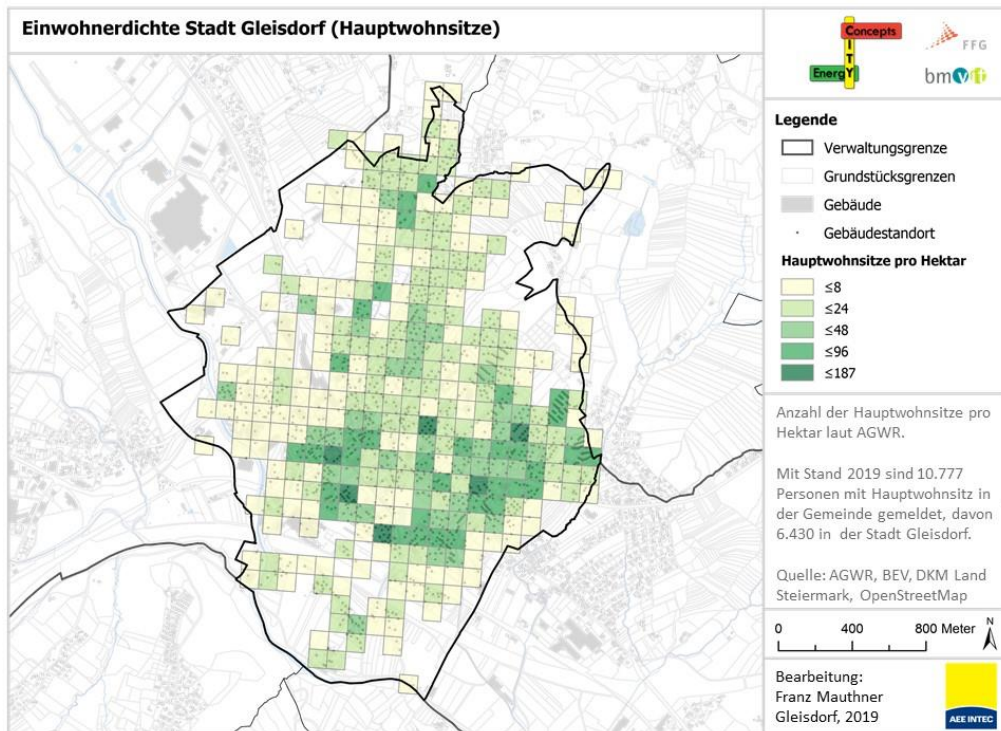


Abbildung 29: Einwohnerdichte (aggregiert auf 100 x 100 Meter Raster) Stadt Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019) (Quelle: AEE INTEC)

## Landnutzung

Nach dem Flächennutzungsplan (Land Steiermark, 2016) bestehen in Gleisdorf rund 38 % der städtischen Umgebung aus Kern- und Wohngebieten. Der Rest der Fläche gliedert sich in Industriegebiete (10,7 %), Gewerbegebiete mit Einkaufszentren (5,8 %), Verkehrsflächen (7,6 %), sonstige Nutzungen (12,5 %) und Freiflächen (25,4 %) (siehe Abbildung 30).

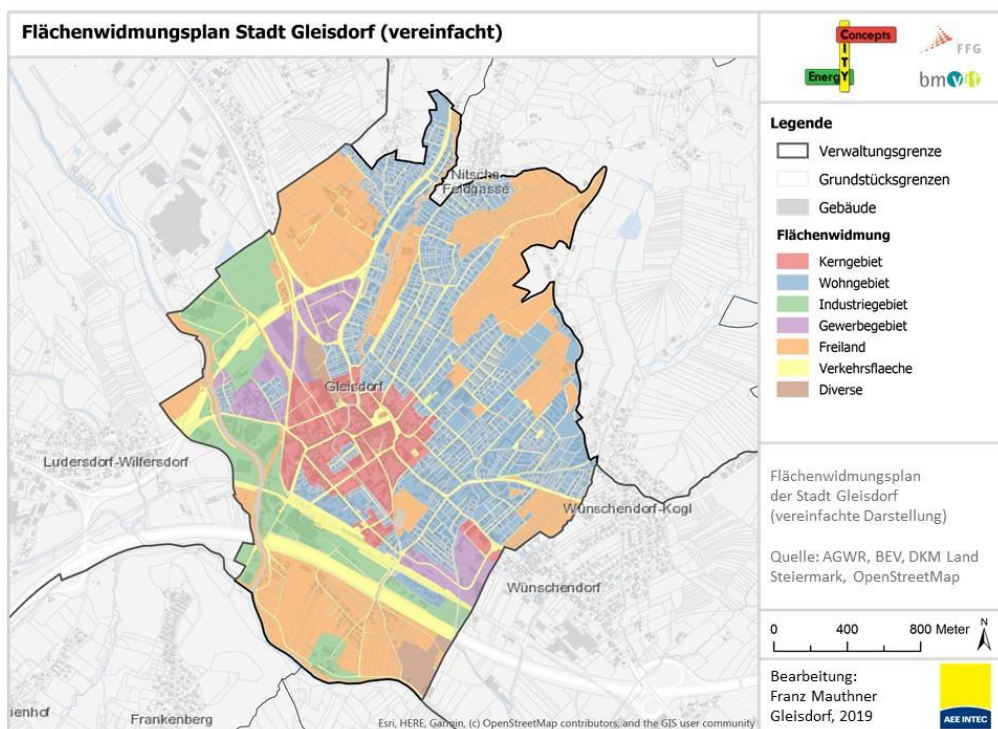


Abbildung 30: Flächenwidmungsplan Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC)

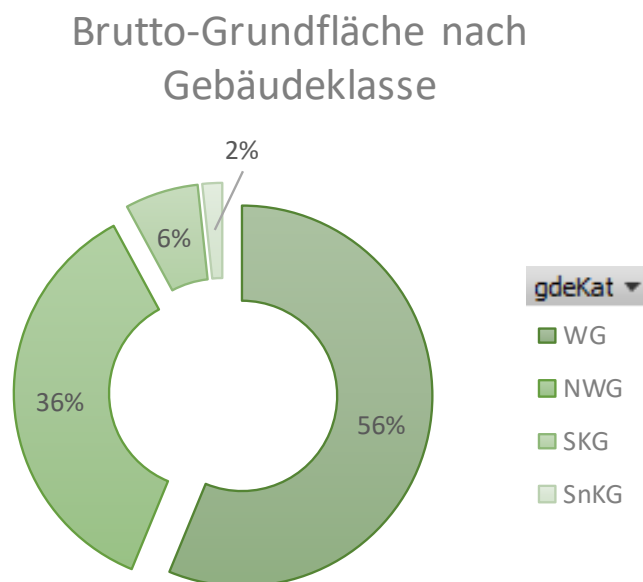
### 3.2.2. Energierrelevante Strukturdaten

#### Erhebung und Analyse Gebäudebestand

Mit Stand 2019 befinden sich lt. AGWR 1.745 aktive Gebäude im Stadtgebiet von Gleisdorf. Die Brutto-Grundfläche (BGF<sup>18</sup>) dieser Gebäude beträgt rund 866.140 m<sup>2</sup>.

Für eine weiterführende Differenzierung und als Basis für die energetische Analyse erfolgt eine Typisierung des Gebäudebestandes nach vier Gebäudekategorien (WG: Wohngebäude, NWG: Nichtwohngebäude, SKG: sonstige konditionierte Gebäude, SnKG: sonstige nicht konditionierte Gebäude), 22 Nutzungen und neun charakteristischen Baualtersklassen. Nachfolgend sind entsprechende Detailauswertungen zur Gebäudebestandserhebung grafisch dargestellt:

Der flächenmäßig größte Anteil bezogen auf die BGF entfällt auf den Wohnsektor (56 %), gefolgt vom Dienstleistungssektor mit 36 %. Sonstige konditionierte Gebäude (Industriegebäude) nehmen rund 6 % der BGF ein und weitere 2 % entfallen auf unbeheizte Klein- und Lagergebäude (siehe Abbildung 31).



*Abbildung 31: BGF Gebäudebestand 2019 nach Gebäudeklassen (Flächen gemäß AGWR 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Verwaltung, Dienstleistungssektor), SKG: sonstige konditionierte Gebäude (Industrie und produzierendes Gewerbe), SnKG: sonstige nicht konditionierte Gebäude (Garage, unbeheizte Lager, etc.) (Quelle: AEE INTEC)*

Analysiert man den Gebäudebestand differenziert nach den unterschiedlichen Nutzungen, ist eine Konzentrierung im Bereich der Wohngebäude zu erkennen sowie für Dienstleistungsgebäude, insbesondere Gebäudeflächen für den Einzel- und Großhandel (siehe Abbildung 32). Eine Analyse der vier Gebäudekategorien nach Baualtersklassen zeigt, dass insbesondere in der Nachkriegszeit ab 1945 und bis 1980 sehr viel gebaut wurde und auch, dass die neu errichteten Gebäudeflächen ab 2000 und insbesondere ab 2010 aufgrund des starken Zuzugs rasant angestiegen sind (siehe Abbildung 33).

<sup>18</sup> Gemäß ÖNORM B-1800 ist die Brutto-Grundfläche die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes. Die Begriffe Bruttogeschossfläche und Bruttogrundfläche (BGF) werden in Österreich häufig synonym verwendet, obwohl nur der letztere Begriff eindeutig in Normen definiert ist. Eine übersichtliche Visualisierung der Begrifflichkeiten gemäß ÖNORM-B-1800 bietet [https://zeus.h1arch.tuwien.ac.at/TISS\\_img/Pribernig/%C3%96N%201800.pdf](https://zeus.h1arch.tuwien.ac.at/TISS_img/Pribernig/%C3%96N%201800.pdf)

Energetisch von Relevanz sind heute insbesondere Gebäude der Bauperiode 1945 bis 1980, die in der Regel durch nahezu fehlende Isolierung und ineffiziente Energiesysteme gekennzeichnet sind.

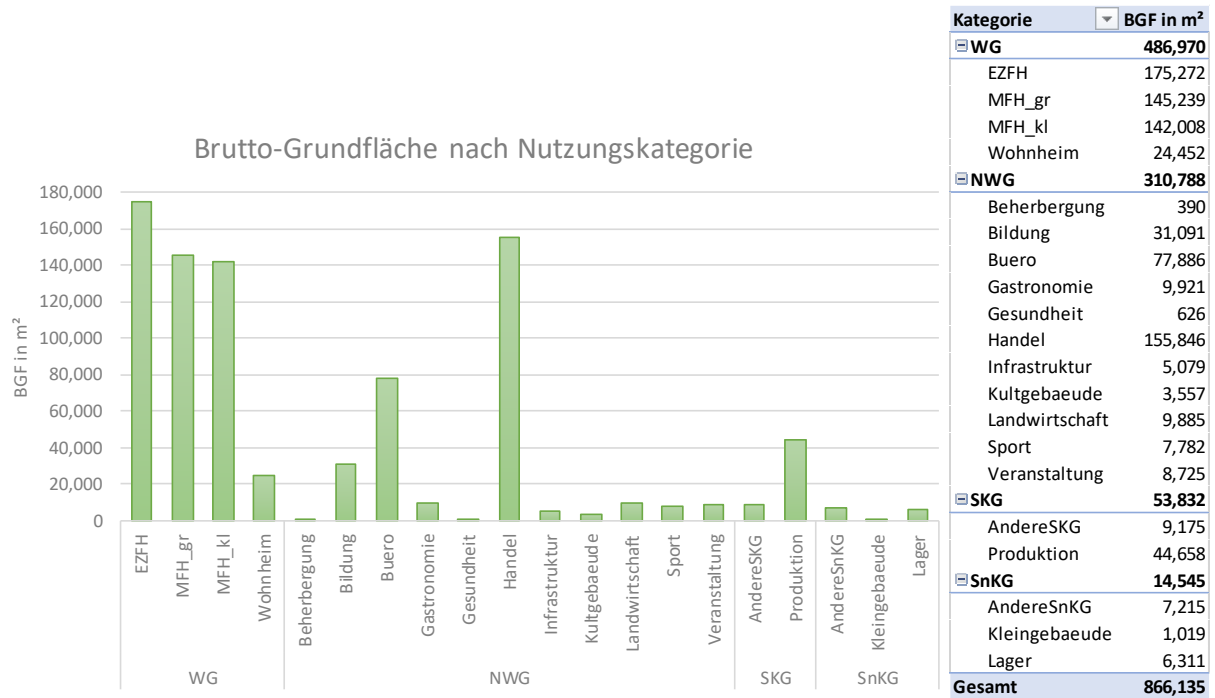


Abbildung 32: BGF Gebäudebestand 2019 nach Nutzungskategorien (Flächen gemäß AGWR 2019); EZFH: Ein- und Zweifamilienwohnhaus, MFH\_kl: kleines Mehrfamilienwohnhaus ( $\leq 900$  m<sup>2</sup> BGF), MFH\_gr: großes Mehrfamilienwohnhaus ( $> 900$  m<sup>2</sup> BGF) (Quelle: AEE INTEC)

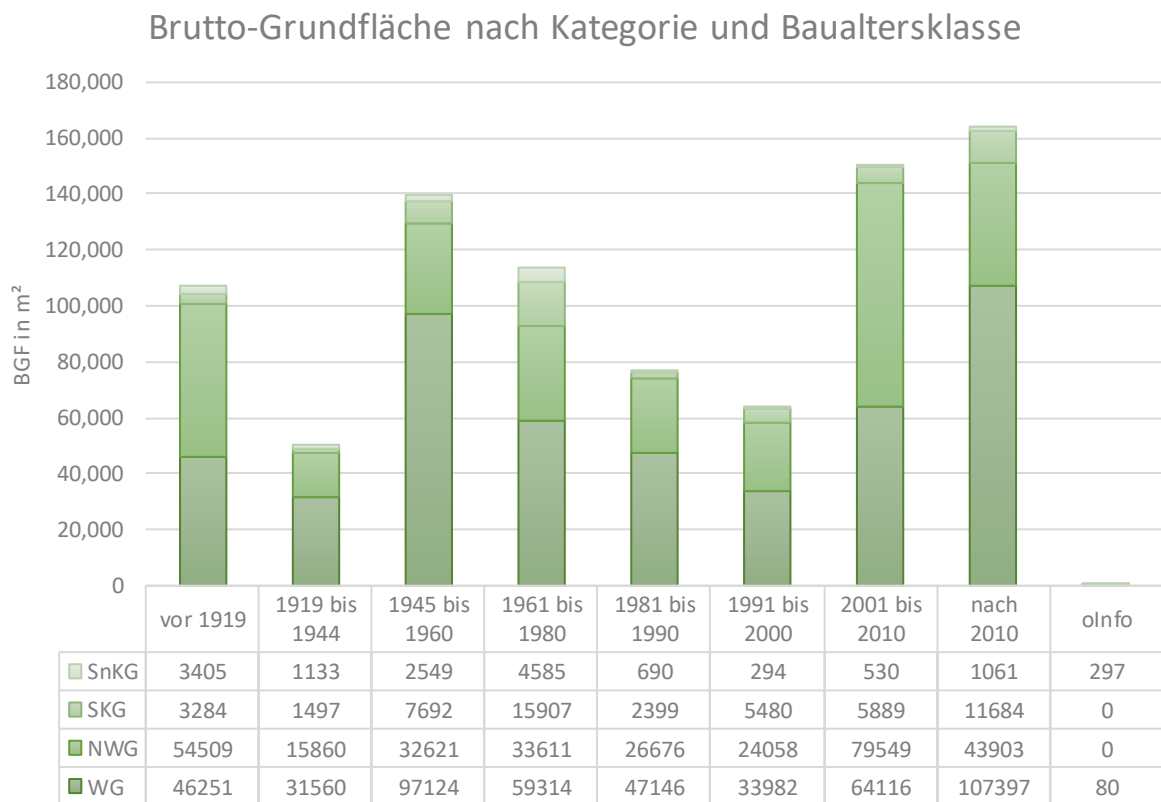


Abbildung 33: BGF Gebäudebestand 2019 nach Nutzungskategorien (Flächen gemäß AGWR 2019); EZFH: Ein- und Zweifamilienwohnhaus, MFH\_kl: kleines Mehrfamilienwohnhaus ( $\leq 900$  m<sup>2</sup> BGF), MFH\_gr: großes Mehrfamilienwohnhaus ( $> 900$  m<sup>2</sup> BGF) (Quelle: AEE INTEC)

## Erhebung und Analyse Wärmeversorgungsinfrastruktur

Die Energieversorgungsinfrastruktur der Gemeinde Gleisdorf ist, wie in anderen vergleichbaren Regionen, historisch gewachsen. Bis 1987 wurde fast ausschließlich Heizöl und Kohle sowie in geringerem Ausmaß Holz und Strom zur Wärmebedarfsdeckung aufgewendet. Ab 1987 erfolgte der Ausbau eines Gasnetzes über das gesamte Stadtgebiet und damit auch der großflächige Umstieg auf diesen Energieträger zur Wärmeversorgung von Gebäuden und zur Deckung des industriellen / gewerblichen Energiebedarfes.

Mit der Gründung des Bereichs „Wärme“ der Stadtwerke Gleisdorf im Jahr 1992 begann eine sukzessive Veränderung und Weiterentwicklung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im städtischen Bereich. Neben der Errichtung und dem Betrieb von überwiegend erdgasbefeuerten Mikrowärmenetzen zur Versorgung größerer Abnehmer (Siedlungs- und Mehrfamilienhäuser) durch die Stadtwerke wird seit 2009 auch der Ausbau eines überwiegend biomassebefeuerten Wärmenetzes im Stadtgebiet forciert und vorangetrieben.

### Heizungserhebung Stadt Gleisdorf

Im Rahmen einer Erhebungskampagne durch die Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH im Jahr 2019 wurden die installierten Heizungssysteme für alle 1.745 aktiven Gebäude der Stadt Gleisdorf erfasst bzw. die Einträge gemäß AGWR kontrolliert und der aktualisierte Datensatz wieder an das AGWR bzw. die Statistik Austria übergeben.

## Wärmebereitstellungssystem nach Brennstoffart

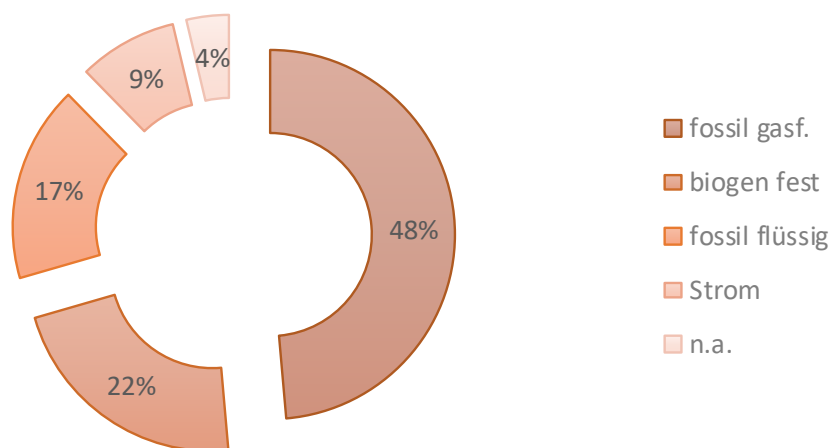


Abbildung 34: Verteilung der Wärmebereitstellungssysteme nach Brennstoffart; Gemeinde Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 34 zeigt die Verteilung der Wärmebereitstellungssysteme nach Brennstoffart. Insgesamt sind in den 1.745 aktiven Gebäuden, gemäß dieser Erhebung, 1.835 Heizungssysteme installiert (89 Gebäude mit bivalenten Heizungssystemen und ein Gebäude mit drei installierten Heizungssystemen). Die Wärmeversorgung basiert zu zwei Drittel (66 %) auf fossilen Energieträgern (Erdgas, Flüssiggas, Heizöl EL).

Bei 22 % aller Gebäude werden biogene Energieträger (Hackschnitzel, Holz-Pellets, Scheitholz) zur Deckung des Heizenergiebedarfes aufgewendet und Strom wird in rund 9 % der Gebäude eingesetzt (davon 43 % Wärmepumpenheizungen und 57 % elektrische Raumheizgeräte). Die verbleibenden 4 % der gemeldeten und aktiven Gebäude in Gleisdorf sind nicht beheizt.

Das dominierende Wärmeversorgungssystem im Gemeindegebiet mit 66 % bzw. 1.214 Anlagen sind Heizungskessel (Standard-, Niedertemperatur- oder Brennwertkessel). 20 % aller Objekt (364) werden über Nah- oder Fernwärmenetze versorgt. Die 145 erhobenen fernwärmeversorgten Objekte werden über das städtische Biomasse-Fernwärmenetz der Stadtwerke Gleisdorf beliefert. Die angeführten Nahwärmenetze zur Versorgung von insgesamt 219 Objekten umfassen kleinere, netzgebundene Versorgungsgebiete, hauptsächlich Erdgas-Mikronetze (186 Objekte) sowie Biomasse-Mikronetze (33 Objekte) zur Versorgung von Siedlungen und Gebäudeverbänden. Wärmepumpen sind in 4 % aller Gebäude zur Wärmeversorgung im Einsatz (68 Anlagen), der Rest entfällt auf Raumheizgeräte und Herde (119 Anlagen, 7 %). 529 Objekte verfügen über eine Einzelfeuerstätte (Kachelofen, Herd, Raumheizgeräte). Bei 117 Objekten ist die Einzelfeuerstätte gleichzeitig das einzige Heizungssystem, bei den restlichen Objekten wirkt die Einzelfeuerstätte als zusätzliches Heizungssystem (Abbildung 35).

### Wärmebereitstellungssystem nach Heizungsart

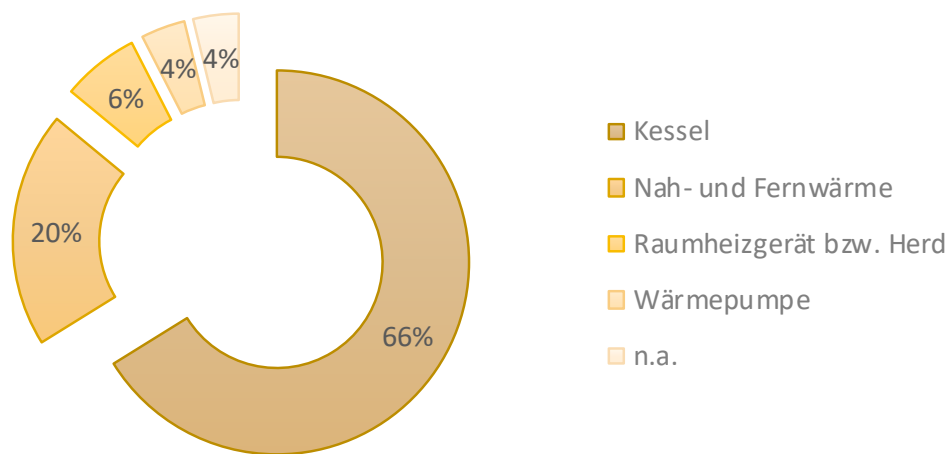


Abbildung 35: Verteilung der Wärmebereitstellungssysteme nach Heizungsart; Gemeinde Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC)

In Abbildung 36 ist die räumliche Konzentrierung von Heizungssystemen bzw. Brennstofftyp auf Ebene von 100 Meter Rasterzellen für die Stadt Gleisdorf dargestellt.

In der Stadt Gleisdorf ist aufgrund der vorhandenen Infrastruktur der Energieträger Erdgas dominant sowie Biomasse-Fernwärme. In den Umland-Katastralgemeinden sind überwiegend Biomassekessel und fossile Kessel installiert. Im Neubau (Gebäude nach 2000) sind verstärkt elektrische Wärmepumpenheizungen im Einsatz.

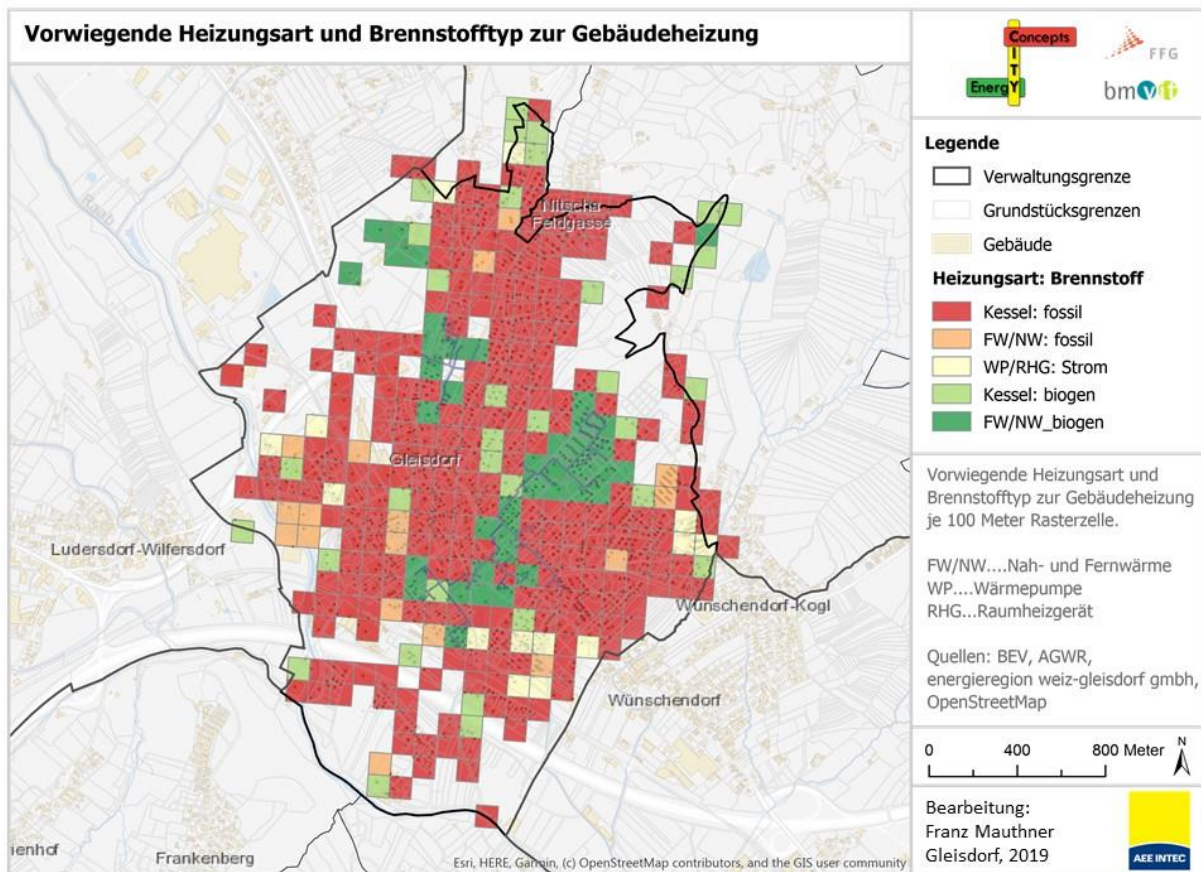


Abbildung 36: Heizungsart und Brennstofftyp zur Gebäudeheizung (höchster Anteil am Heizenergiebedarf je 100 Meter Rasterzelle); Stadt Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC)

### Fernwärme Netzwerk „Solare Biowärme Gleisdorf“

Mit Stand Mai 2018 besteht der Wärmenetzverbund „Solare Biowärme Gleisdorf“ aus vier örtlich voneinander getrennten Heizzentralen (Gartengasse, Forum Kloster, Generationenwohnen, Neue Mittelschule) zur Versorgung von insgesamt 142 Objekten / 209 Kunden mit einer Summen-Anschlussleistung von rund 5,7 MW<sub>th</sub>. Der Netzausbau erstreckt sich insgesamt über eine Trassenlänge von 5,1 km. Der jährliche Fernwärmeausstoß beläuft sich auf rund 8.300 MWh. Abzüglich der Verteilverluste in den Rohrleitungen beträgt der Fernwärmeabsatz (Wärmeverkauf ab Kundenstation) rund 6.500 MWh pro Jahr. Die derzeitige Betriebsstrategie sieht vor, dass Erdgaskessel für die Grund- und Spitzenlastversorgung eingesetzt werden (15-19 % vom Fernwärmeausstoß) und der Rest durch Biomasse Hackgutkessel (77-83 %) und Solarthermie (2-4 %) gedeckt wird. Die Werte variieren je nach Betriebsdauer, den damit verbundenen klimatischen Bedingungen und anderen Parametern.

In nachfolgender Abbildung 37 ist die Fernwärmetrasse gemeinsam mit den Standorten der Heizzentralen zur Bereitstellung der Fernwärme mit Stand September 2017 visualisiert. Das weitestgehend flächendeckend in der Stadt Gleisdorf ausgeführte Erdgasnetz ist aus datenrechtlichen Gründen hier nicht dargestellt. Die Datengrundlage konnte jedoch für die Arbeiten im Forschungsprojekt verwendet werden.



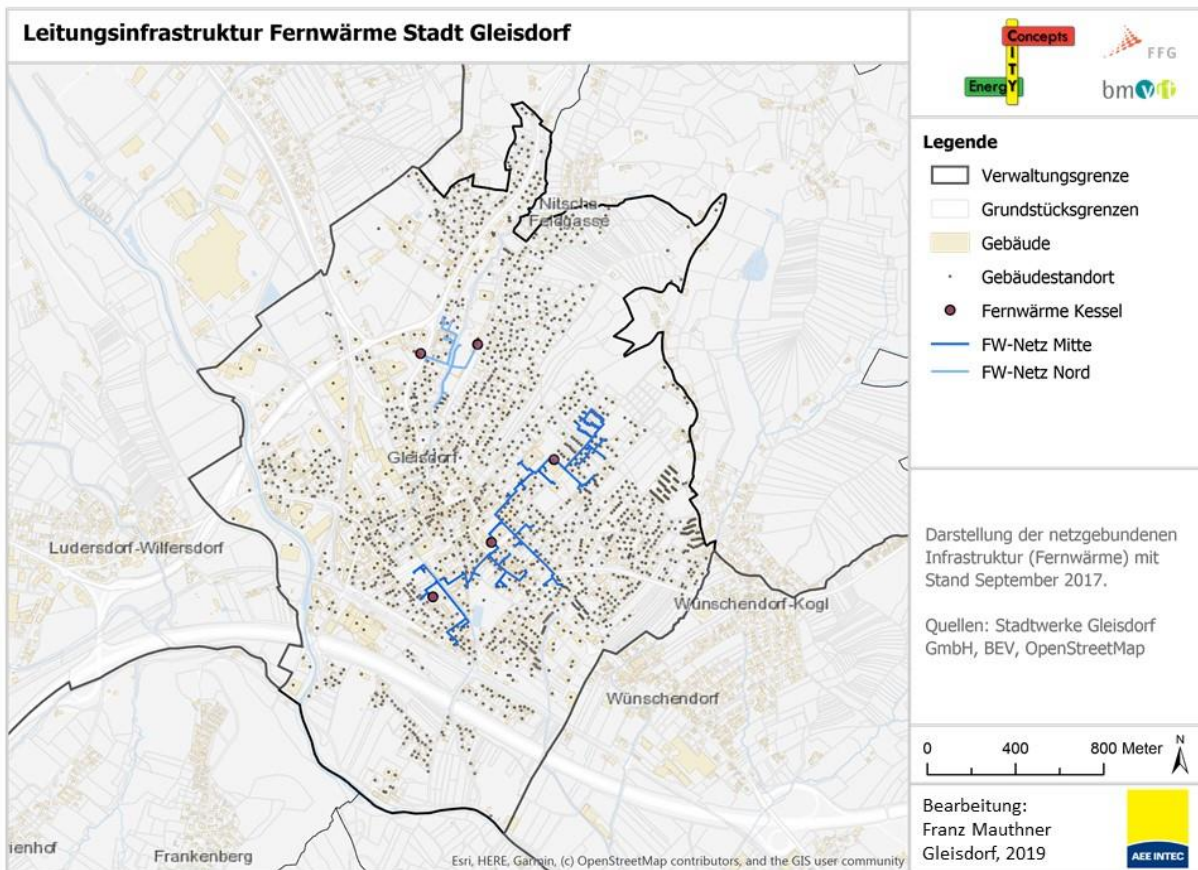


Abbildung 37: Leitungsinfrastruktur Fernwärme Stadt Gleisdorf (Stand September 2017) (Quelle: AEE INTEC)

### 3.2.3. Energie- und Ökobilanzierung Status quo

Nachfolgende Tabelle 13 fasst die Energie- und Ökobilanz der Stadt Gleisdorf aggregiert nach Gebäudekategorie und Baualtersklasse zusammen. Die Energie- und Treibhausgaswerte sind Jahressummen, berechnet für das Standortklima in Gleisdorf im Jahr 2018 und mit Konversionsfaktoren für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Äquivalente gemäß OIB RL 6 (OIB, 2019), siehe dazu Kapitel 2.5.

Tabelle 13: Energie- und Ökobilanz Gemeinde Gleisdorf (Absolutwerte, berechnet für das Standortklima 2018)

Strukturtyp und Bauperiode		BGF m <sup>2</sup>	WB MWh/a	HEB MWh/a	PEB MWh/a	Emissionen t CO <sub>2</sub> -Äquiv.
WG: Wohngebäude	vor 1919	46.250	5.100	7.580	8.870	1.500
	1919 bis 1944	31.560	3.540	5.080	5.800	1.140
	1945 bis 1960	97.120	10.120	14.910	17.250	3.520
	1961 bis 1980	59.310	5.950	8.440	10.930	1.790
	1981 bis 1990	47.150	3.570	4.780	6.570	820
	1991 bis 2000	33.980	2.270	3.040	3.900	630
	2001 bis 2010	64.120	3.750	4.270	5.350	950
	nach 2010	107.400	5.380	5.950	8.360	940
	Info	80	0	0	0	0
NWG: Nichtwohngebäude	vor 1919	54.510	5.720	8.120	9.820	1.820
	1919 bis 1944	15.860	1.400	2.040	2.480	490
	1945 bis 1960	32.620	2.970	4.520	5.630	830
	1961 bis 1980	33.610	3.040	4.460	5.880	900
	1981 bis 1990	26.680	2.090	2.950	3.380	760
	1991 bis 2000	24.060	1.410	1.990	2.230	480
	2001 bis 2010	79.550	4.580	5.460	6.910	1.110
	nach 2010	43.900	1.620	1.390	1.850	310
	Info	0	0	0	0	0
SKG: Sonstige konditionierte Gebäude	vor 1919	3.280	380	550	680	140
	1919 bis 1944	1.500	160	240	340	40
	1945 bis 1960	7.690	770	1.140	1.270	280
	1961 bis 1980	15.910	1.520	1.980	2.690	610
	1981 bis 1990	2.400	220	310	340	80
	1991 bis 2000	5.480	430	550	760	170
	2001 bis 2010	5.890	500	560	650	110
	nach 2010	11.680	460	540	590	130
	Info	0	0	0	0	0
SnKG: Sonstige nicht konditionierte Gebäude	vor 1919	3.410				
	1919 bis 1944	1.130				
	1945 bis 1960	2.550				
	1961 bis 1980	4.590				
	1981 bis 1990	690				
	1991 bis 2000	290				
	2001 bis 2010	530				
	nach 2010	1.060				
	Info	300				
<b>Summe</b>		<b>866.140</b>	<b>66.950</b>	<b>90.850</b>	<b>112.530</b>	<b>19.550</b>

BGF: Brutto-Grundfläche, WB: Wärmebedarf (HWB+WWWB), HEB: Heizenergiebedarf, PEB: Primärenergiebedarf

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Energie- und Ökobilanzierung differenziert nach Gebäudenutzungskategorien und Baualtersklassen aus Tabelle 13 grafisch dargestellt.

### Energiebilanz nach Gebäudenutzungskategorie

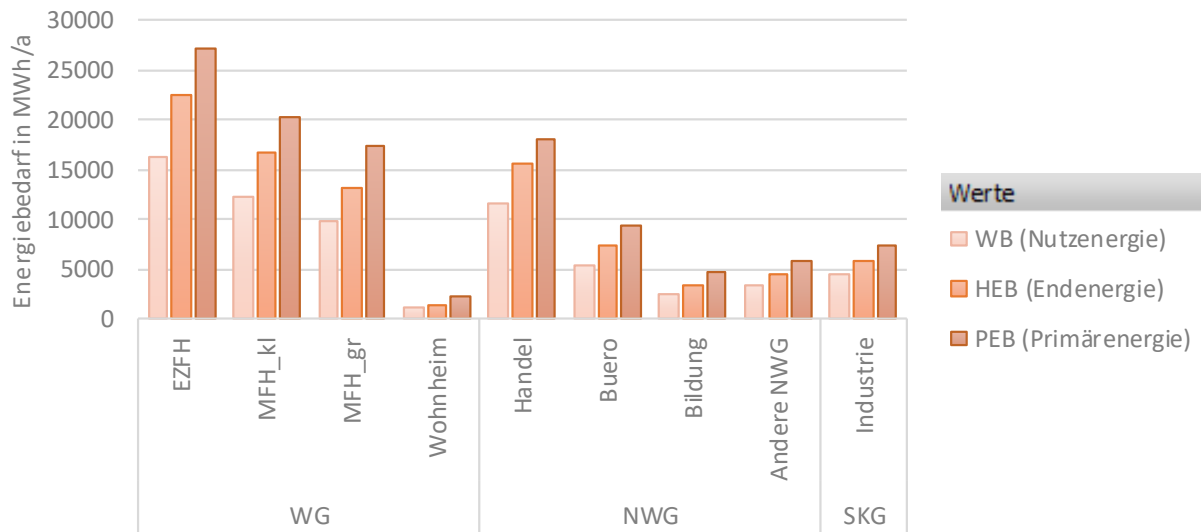


Abbildung 38: Energiebilanz nach Gebäudenutzungskategorie (Stand 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Dienstleistungssektor und öffentliche Gebäude), SKG: Industrie- und Gewerbesektor; WB: Wärmebedarf (Heizwärmebedarf + Brauchwarmwasserwärmebedarf, HEB: Heizenergiebedarf (Endenergie), PEB: Primärenergiebedarf

### Ökobilanz nach Gebäudenutzungskategorie

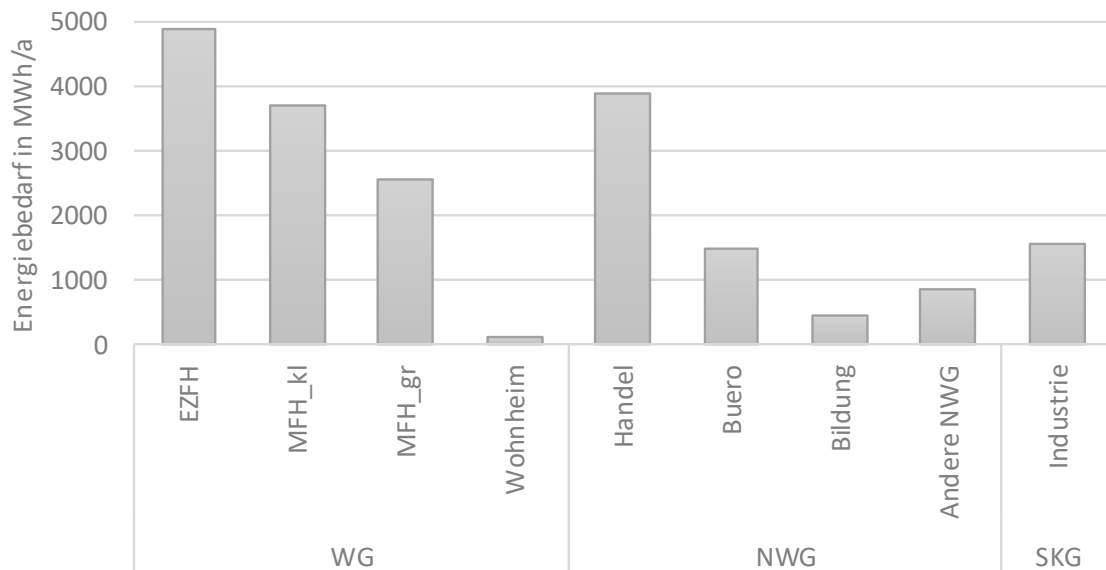


Abbildung 39: Ökobilanz (THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) nach Gebäudenutzungskategorie (Stand Juli 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Dienstleistungssektor und öffentliche Gebäude), SKG: sonstige konditionierte Gebäude (Industrie- und Gewerbesektor)

Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen eine Detailauswertung für den Wohnsektor differenziert nach Baualtersklasse. Man erkennt eine Konzentration hoher Energiebedarfe und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebestand für die Bauperiode 1945 bis 1980. Typischerweise bergen hier Maßnahmen zur Gebäudesanierungen die höchsten Einsparungspotenziale.

## Energiebilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude

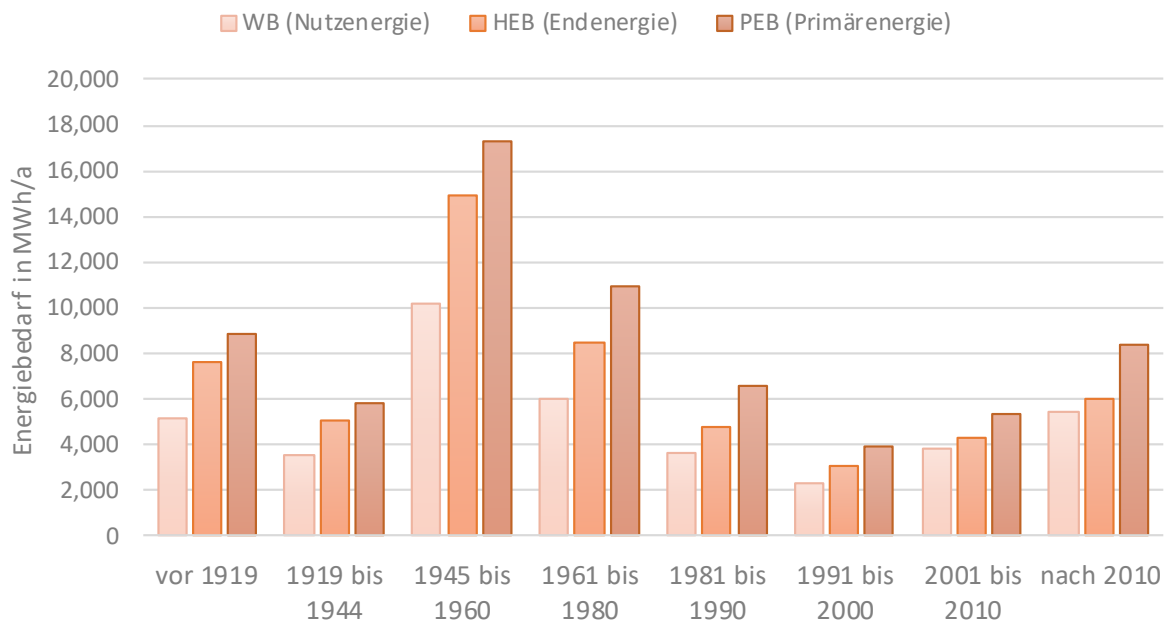


Abbildung 40: Energiebilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude (Stand 2019)

## Ökobilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude

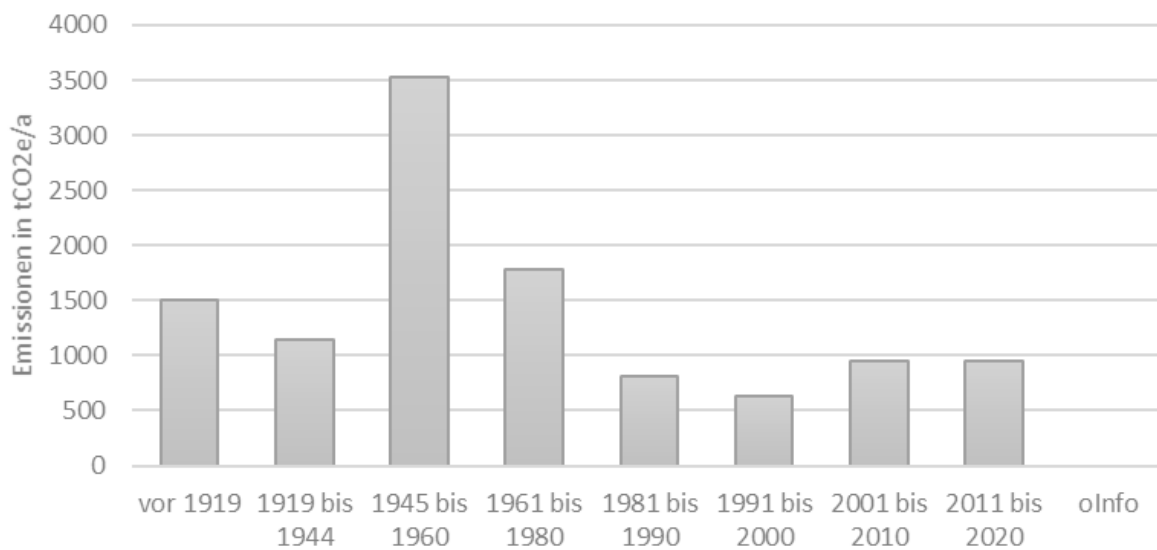


Abbildung 41: Ökobilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude (Stand 2019)

Vorteilhaft bei der gebäudegenauen Ermittlung von Gebäudeinformationen ist, dass Objekte mit bestimmten Eigenschaften eindeutig verortet und damit ggf. Prioritätensetzungen hinsichtlich Maßnahmen zur Energieeinsparung konkretisiert werden können. In Abbildung 42 sind vor diesem Hintergrund alle Gebäude der kritischen Bauperiode 1944-1980 verortet, die zusätzlich über eine Ölheizung verfügen. Umfassende Sanierungen (inkl. Heizungstausch) haben hier sehr großes Potenzial zur Energieeinsparung und Reduktion der Treibhausgasemissionen.

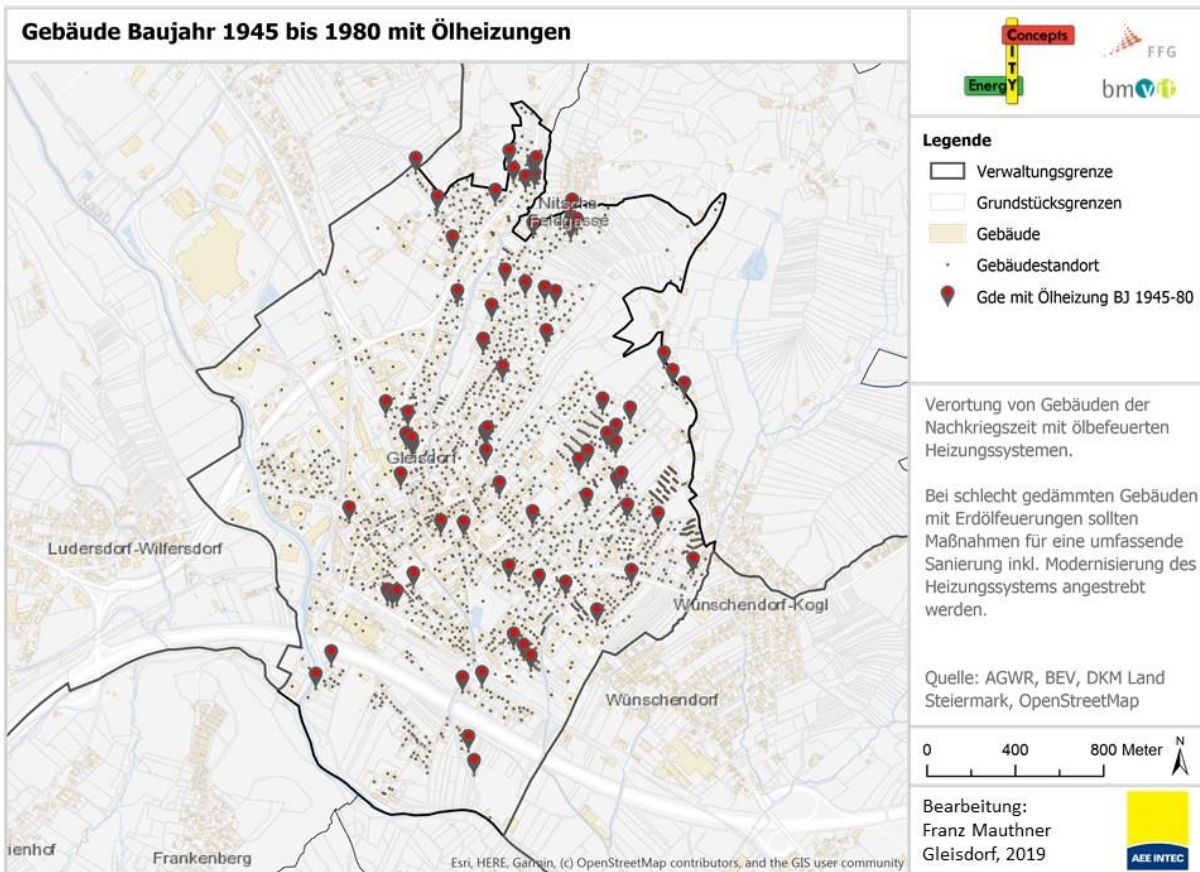


Abbildung 42: Lage der Gebäude der Bauperiode 1945 bis 1980 mit Ölheizung als primäres Heizungssystem (Stand Juli 2019); In der Stadt Gleisdorf gibt es insgesamt 604 Gebäude mit Baujahr zwischen 1945 und 1980 und 301 Gebäude mit Ölheizungen. Die dargestellten Gebäude sind Baujahr 1945-1980 und haben einen Ölkessel installiert (73 Gebäude) (Quelle: AEE INTEC)

## 4. Entwicklung und Bewertung von Zukunftsszenarien

Eine zentrale Anwendung der Energieraumplanung besteht darin, die Auswirkungen potentieller zukünftiger Planungen (Neubau, Sanierungsszenarien, Umwidmungen, Umstellung der Energieversorgung) zu untersuchen. Die dazugehörigen Analysen ermöglichen Entscheidungsträgern, auf der Basis der tragfähigen Bewertungen unterschiedlicher Handlungsoptionen, einen politischen Willen zu entwickeln, zu kommunizieren und entsprechende Richtungsentscheidungen zu treffen. Im Gegenzug können bereits getroffene Richtungsentscheidungen, veröffentlicht in der Form von Konzepten, Richtlinien, Rahmenplänen, Verordnungen und Gesetzen, als Grundlage zur weiterführenden Definition von Szenarien herangezogen werden bzw. auf diesen aufbauen. Die Ergebnisse aus der Bewertung des Status quo dienen als Arbeitsgrundlage und wurden in Absprache mit den Stakeholdern hinsichtlich einer weiteren Szenarientwicklung in den Untersuchungsgebieten auf Basis aktueller Herausforderungen für die Stakeholder konkretisiert. Im Anschluss kamen Simulationstools zum Einsatz, die eine ganzheitliche Analyse von Zukunftsszenarien ermöglichen, um so auch langfristige Schlussfolgerungen zu erstellen und entsprechende Umsetzungsfahrpläne formulieren zu können.

Für die detaillierte Planungen der Zukunftsszenarien wurden für Salzburg Schallmoos sowie für Gleisdorf unterschiedliche Methoden, welche in Kapitel 2 beschrieben sind, eingesetzt und kombiniert. Zum einen wurden die räumlichen Modelle mit physikalischen Modellen gekoppelt. Auf Grundstücksebene wurden Nachverdichtungspotenziale (Spitzer, Reithofer, & Prinz, 2017) herangezogen. Auf der Ebene von Gebäuden sowie Arealen wurde eine dynamische Gebäude- und Anlagensimulation verwendet (Nageler, Mach, Heimrath, Schranzhofer, & Hochenauer, 2017) (Nageler, et al., 2017). Zum anderen wurde eine Methodik entwickelt, mit deren Hilfe auf Basis von gemessenen Energieverbräuchen zukünftige Verbräuche über Simulationen abgeschätzt werden können (Nageler, et al., 2018). Um Entwicklungen im Wärmebedarf von Wohngebäuden für unterschiedliche Szenarien zu untersuchen, wurden Modelle aus dem Projekt *TABULA*<sup>19</sup> (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014) und den europäischen Normen *EN ISO 13790* (ISO, 2008) zur Berechnung des Heizwärmebedarfes sowie der *ÖNORM EN 15316* (Austrian Standards, 2017) zur Berechnung des Heizenergiebedarfes mit der erarbeiteten Geodatenbasis verknüpft (Ribas, 2016). Ein weiterer Ansatz bestand darin, über ein agentenbasiertes Simulationsmodell (Agentenbasierte Modelling - ABM)<sup>20</sup> den Einfluss von soziodemografischen Faktoren (Bildungsstand, Alter, Einkommen, etc.) auf die Entwicklung des Wärmeverversorgungssystems zu untersuchen (Stanzel, 2019) & (Stanzel, Scholz, & Mauthner, 2019) & (Edtmayer, Mauthner, Stanzel, & Leusbrock, 09/2019).

### 4.1. Entwicklungsszenarien für Salzburg Schallmoos

Der Definition der Entwicklungsszenarien für Salzburg Schallmoos liegt unter anderem das grundlegende Bekenntnis des Landes Salzburg zur Treibhausgasreduktion zugrunde, veröffentlicht in der „Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050“<sup>21</sup>. Den darin verfolgten Zielsetzungen entsprechend, wurden die Potentiale erneuerbarer Energiequellen analysiert, um darauf aufbauend Entwicklungsszenarien für die zukünftige energietechnische Entwicklung des Stadtteils Schallmoos zu definieren und in der Folge auch zu bewerten.

---

<sup>19</sup> IEE Project TABULA, Typologieansatz für die Energiebewertung von Gebäuden, <http://episcopes.eu/iee-project/tabula/>

<sup>20</sup> Agentenbasierte Modellierung – ABM, (Heppenstall, 2012)

<sup>21</sup> Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050, <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/salzburg2050>

#### 4.1.1. Energiepolitische Rahmenbedingungen in Salzburg

Im Jahr 2012 wurde von der Salzburger Landesregierung die Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050 beschlossen. Wie diese Ziele erreicht werden können, ist für die bis zum Jahr 2020 festgelegten Ziele im „Masterplan Klima + Energie 2020<sup>22</sup>“ beschrieben. Im Wesentlichen geht es um die Einsparung von Energie und Treibhausgasen als auch um den Ausbau von Erneuerbaren Energien. Der Fokus liegt auf dem Austausch alter Ölkessel und dem Ersatz durch Erzeugungstechnologien auf Basis erneuerbarer Energieträger. Die wesentlichen Zielsetzungen sind in der Abbildung 43 dargestellt.



Diese Zielsetzungen verstehen sich bilanziell pro Jahr. Das Bezugsjahr für die Treibhausgasreduktion ist 2005 und entspricht dem Bezugsjahr der EU-2020-Vorgaben. Erneuerbare Energieträger sind wie in der Energieträgerklassifikation der Energiebilanzen (Statistik Austria) nach den EU-Vorgaben definiert. Die Treibhausgase entsprechen jenen der Zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls.

Abbildung 43: Eckdaten der Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050 (Sperka & Summerer, 2015)

Die Stadt Salzburg ist seit 1990 Mitglied des Klimabündnisses und setzt sich schon seit Jahrzehnten hohe Ziele für den Klimaschutz. Vor allem in den Bereichen Mobilität und Energieversorgung wurden bisher eine Vielzahl an Maßnahmen umgesetzt. Parallel dazu wurde auf Basis einer energetischen Analyse der Stadt Salzburg der Masterplan 2025 entwickelt. Dieser wurde 2012 vom Gemeinderat beschlossen und wird seither im Rahmen der „Smart City Salzburg“ Initiative operativ umgesetzt. Der Masterplan 2025 beinhaltet 27 gemeinsam festgelegte Zielsetzungen und einem Maßnahmenplan zu folgenden Themenbereichen: Energieplanung, Kommunale Gebäude und Infrastruktureinrichtungen, Wohngebäude, Energieaufbringung und -verteilung, Mobilität sowie Mensch und Lebensstil.

Seit dem Jahr 2016 nimmt die Stadt Salzburg weiters am „e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden<sup>23</sup>“ teil und konnte bisher vier von fünf „e“ erreichen. Durch die Teilnahme am Programm wird die Qualität der umgesetzten Maßnahmen bewertet und der Anreiz für die kontinuierliche Verbesserung geschaffen.

Im Rahmen der Ideenwerkstatt „Schallmoos West“ ist ein Masterplan für den westlichen Teil des Stadtteils Schallmoos entstanden. Grundsätzlich wurden in dem gemeinschaftlichen Prozess Ziele und Maßnahmen für die Themenbereiche „Wohnen, Wirtschaft, Freiraum; Energie und Mobilität; Soziales und Kultur“ erarbeitet. Das Ziel im Energiebereich lautet hier, dass ein CO<sub>2</sub> & klima-neutrales (evtl. energieautonom) Stadtteil durch innovative Energiekonzepte anzustreben ist<sup>22</sup>. Zur Erreichung dieser Ziele wurde die Umsetzung folgender Maßnahmen vorgeschlagen:

<sup>22</sup> Mehr Informationen zu den Masterplänen in Salzburg unter <https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser/Seiten/salzburg2050-masterplan2020.aspx> und <https://www.stadt-salzburg.at/index.php?id=39284>

<sup>23</sup> Mehr Information zum e5-Programm unter <https://www.e5-gemeinden.at/>

Entwicklung eines umfassenden Energieleitbildes; Energieoptimierung/-effizienz im laufenden Betrieb und Nutzung erneuerbarer Energieformen im Stadtquartier<sup>22</sup>. Der Masterplan wurde 2013 vom Gemeinderat als erweiterte Planungsgrundlage beschlossen. Die für den Energiebereich festgelegten Maßnahmen wurden teilweise umgesetzt (Solaroffensive, Errichtung des „Salzburger Haus der Zukunft“). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Land und in der Stadt Salzburg sowie für den Stadtteil Schallmoos ein umfassendes Portfolio an energiepolitischen Rahmenbedingungen vorliegt.

#### 4.1.2. Nachverdichtungspotential

Die in Abbildung 44 dargestellten Nachverdichtungspotenziale auf Grundstücksebene basieren auf der Studie „Nachverdichtungsmonitor der Stadt Salzburg“<sup>24</sup>. Als theoretisches Nachverdichtungspotenzial für Wohnen (GFZ-Reserven) gilt die Differenz zwischen der maximal möglichen Bruttogeschoßfläche und der bereits baulich ausgenützten Bruttogeschoßfläche eines Grundstücks. Die maximal mögliche Bruttogeschoßfläche wird dabei über die im Bebauungsplan festgelegte Geschoßflächenzahl (GFZ) berechnet. Analog werden für gewerbliche Nachverdichtungen die Baumassenzahlen (BMZ) ermittelt.

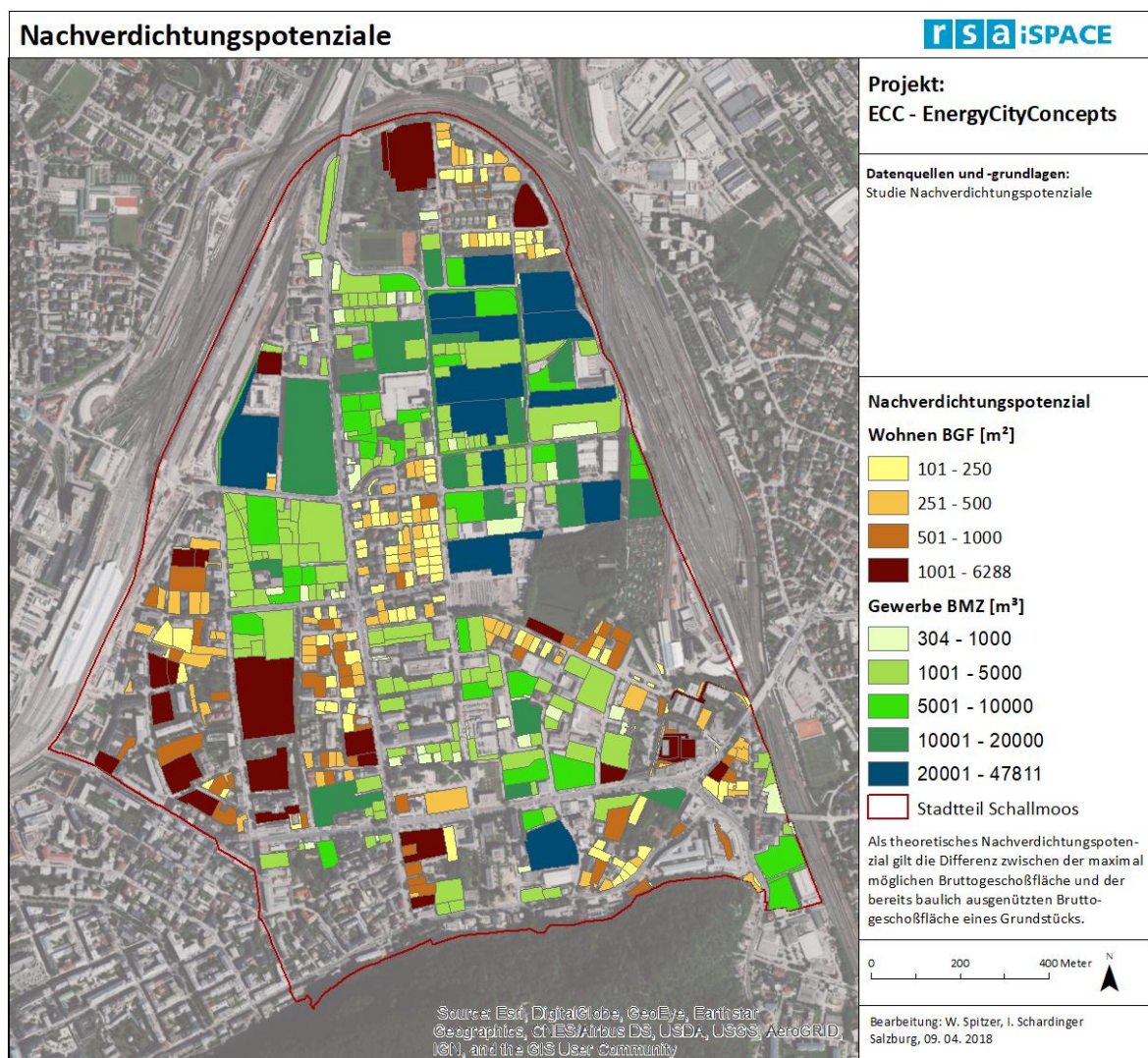


Abbildung 44: Nachverdichtungspotenziale im Stadtteil Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

<sup>24</sup> Spitzer, W und T. Prinz, 2017, Nachverdichtungsmonitor der Stadt Salzburg. Laufendes Projekt im Auftrag des Magistrats Salzburg



### 4.1.3. Potentiale erneuerbarer Energiequellen

Flächendeckend wurden nachhaltige Wärmequellen (Geothermie/Grundwasser, Erdwärme/Sonden, betriebliche Abwärmequellen, Solar, Kläranlagen, Kanal, Fließgewässer) räumlich identifiziert und quantifiziert. Dazu wurde eine umfangreiche Datenrecherche durchgeführt.

Die Geodaten der Geothermiepotenziale (Erdwärme, Grundwasser und Umgebungswärme) wurden vom Land Salzburg bereitgestellt. Diese Daten basieren auf den aktuellen Studienergebnissen des Qualitätsnetzwerkes Wärmepumpe (Salzburger Qualitätsnetzwerk Wärmepumpe, 2017). Zur räumlichen Darstellung der Erdwärmepotenziale wird die Wärmeleitfähigkeit in  $W/(m\ K)$  am Standort gewählt. Die Ergebnisse der Geothermie Studie weisen die Klassen 1,90 – 2,05 und  $> 2,50$  sowie Übergangsbereiche aus (Abbildung 45).

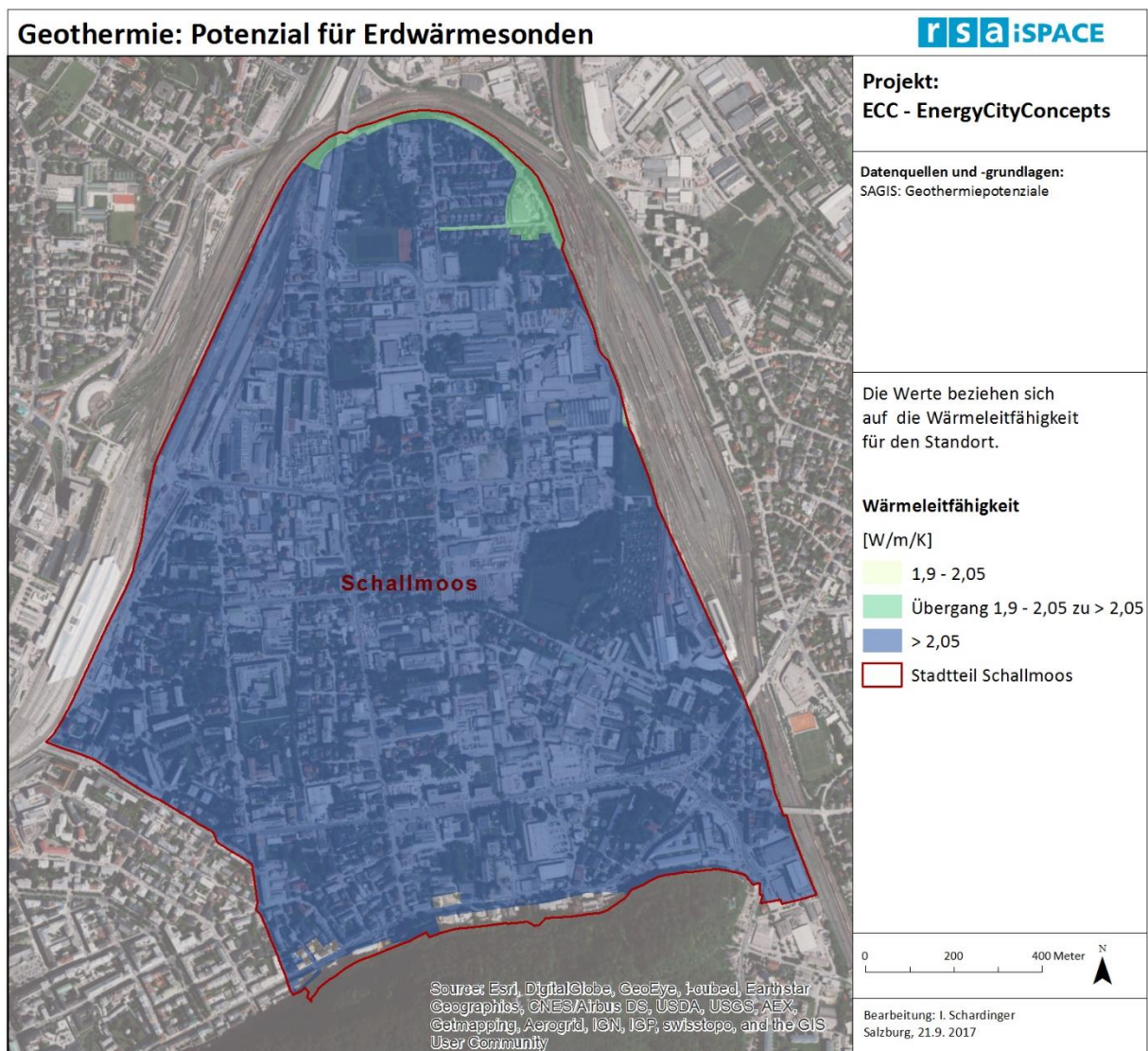


Abbildung 45: Geothermiepotenziale für Erdwärmesonden in Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

Bei Luftwärmepumpen sind die Lärmemissionen zu berücksichtigen. Abbildung 46 zeigt die räumliche Differenzierung der höchstzulässigen Planungspegel an der Grundstücksgrenze bei Tag. Zur Identifikation der Potenziale aus Kläranlagen, Kanal und Fließgewässer wurde die Ergebnisse des Projekts Heatswap (Rehbogen, et al., 2017) herangezogen. Für den Stadtteil Schallmoos konnten keine derartigen Potenziale gefunden werden.

## Potenziale für Luftwärmepumpen

rsa iSPACE

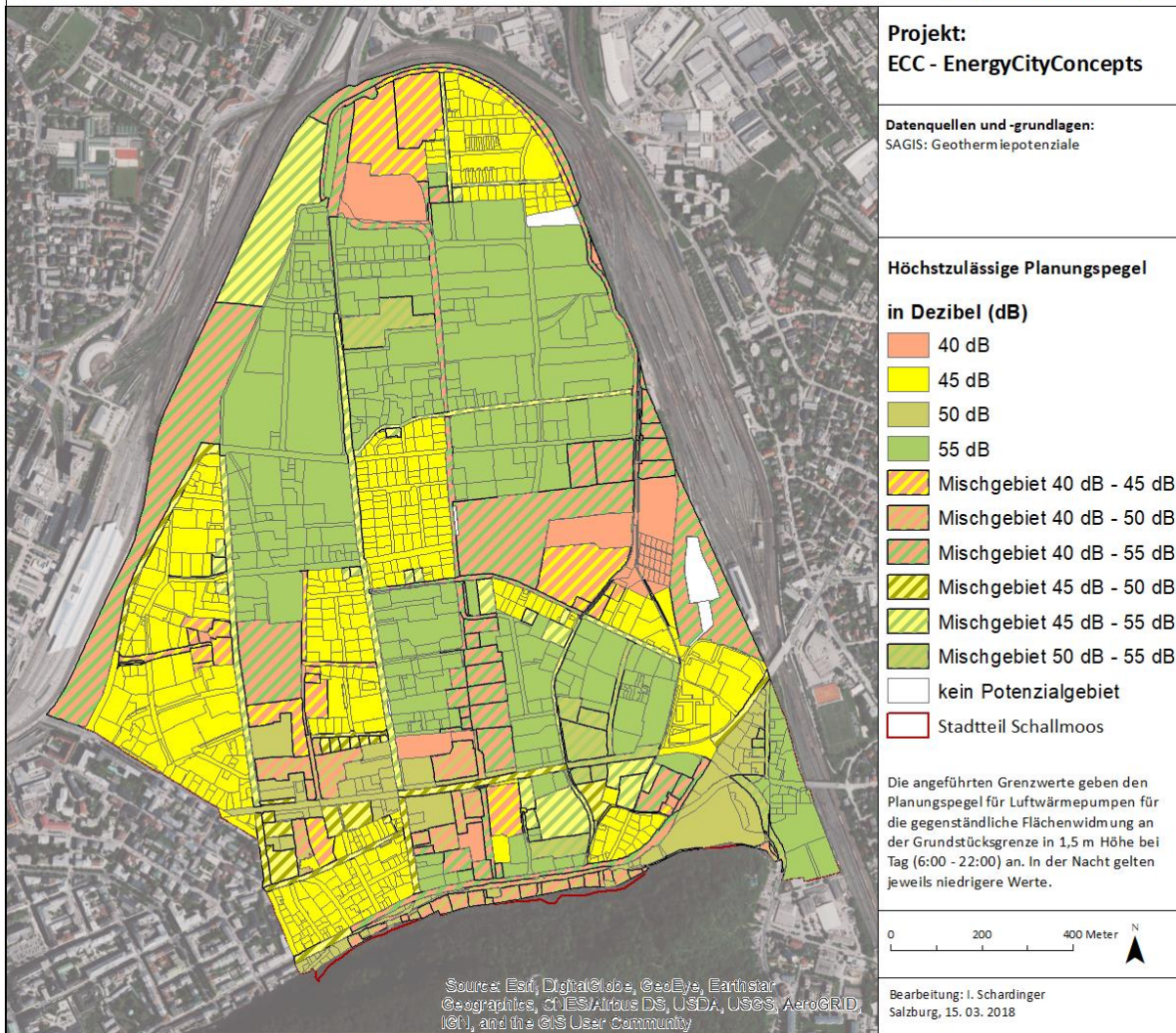


Abbildung 46: Potenziale für Luftwärmepumpen – höchstzulässige Planungslärmpegel (Quelle: rsa iSPACE)

Die potenzielle Wärmequelle Solarenergie wurde anhand von Globalstrahlungsdaten (1 m x 1 m Raster) und Gebäudeflächen analysiert. Zur Ermittlung geeigneter Dachflächen wurden die individuellen Expositionen und die Neigungen der Dachflächen berechnet. Rasterzellen mit Strahlungswerten > 1.000 kWh/m<sup>2</sup> wurden als geeignete Dachflächen betrachtet. Darauf aufbauend wurde das gemittelte Strahlungspotenzial, die Strahlungssumme je geeigneter Dachfläche ermittelt (Abbildung 47).

## Solar: Globalstrahlungspotenzial auf Dachflächen - Summen

rsa iSPACE

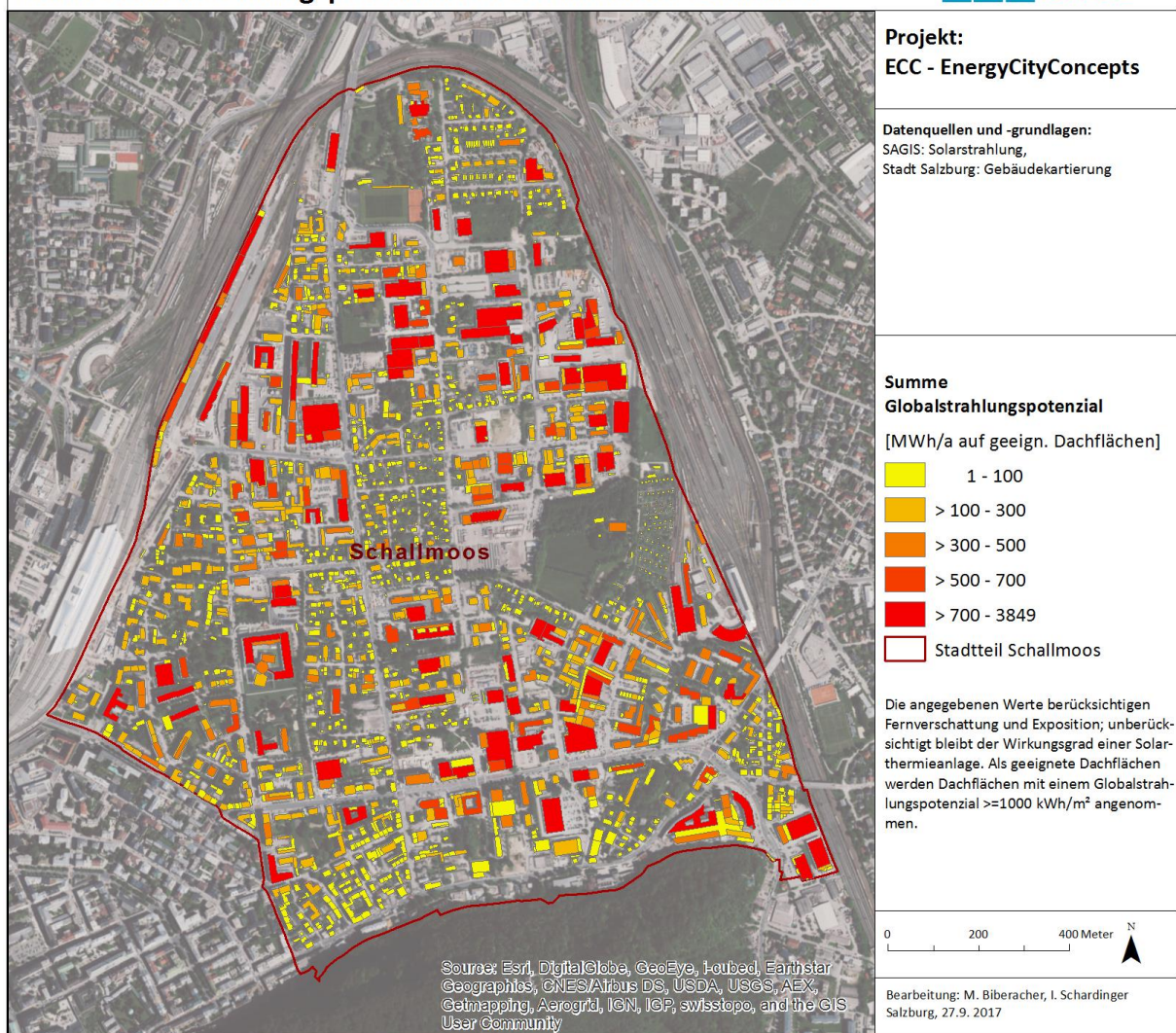


Abbildung 47: Solarpotenzial auf geeigneten Dachflächen (Quelle: rsa iSPACE)

### 4.1.4. Potential aus betrieblicher Abwärme

Die Potenziale der betrieblichen Abwärme stellen eine wichtige Komponente für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung dar. Die Abschätzung der potenziellen Verfügbarkeit zeigte sich als sehr komplexe Fragestellung. Die Spezifikation relevanter Branchen wurde aus dem Projekt Heatswap (Rehbogen, et al., 2017) entnommen. Vom Land Salzburg wurden Standorte des Einzelhandels samt Verkaufsflächen bereitgestellt. Weitere relevante Branchen wurden basierend auf der Wirtschaftskammerklassifikation ausgewählt. Von der Wirtschaftskammer Salzburg wurden die Standortdaten inkl. Branchenzugehörigkeitsinformation der relevanten Branchen bezogen. Ebenso wurden die Ergebnisse der Abwärmepotentiale im Zentralraum Hallein – Salzburg (Berger, S., M., T., & B., 2016) eingebunden. Eine sichtbare Hürde stellte die Bewertung des Standortes dar, da meist keine Daten über Betriebsgrößen (z.B. Flächen, Mitarbeiter) vorlagen bzw. über die Unterscheidung zwischen reiner Verwaltung und Dienstleistung/Produktion am Standort möglich war. Eine Zuweisung der in der Wärmenachfrageabschätzung ermittelten Bruttogrundflächen zu den Betriebsstandorten erwies sich in der visuellen Überprüfung der Geodaten als nicht sinnvoll, da ein Gebäude mehrere unterschiedliche Nutzungen aufweisen kann. Die Gebäudekartierung der Stadt Salzburg zeigte sich als hilfreiche Grundlage zur Eingrenzung der potenziellen Abwärmequellen.

Die Standortdaten der Wirtschaftskammer wurden verknüpft mit der Gebäudekartierung. Alle Standortdaten ohne entsprechende Flächennutzung in der Gebäudekartierung wurden herausgenommen. Durch diesen Arbeitsschritt konnten Kleinstbetriebe und Büronutzungen herausgefiltert und lediglich tatsächliche Produktions- bzw. Dienstleistungsstandorte berücksichtigt werden. Der Lebensmitteleinzelhandel konnte aufgrund detaillierterer Datengrundlagen spezifischer analysiert werden. Standorte ab einer Verkaufsfläche von 500 m<sup>2</sup> werden als potenzielle Abwärmequelle ausgewiesen. Die weiterführende Annäherung der potenziell nutzbaren Abwärmemenge konnte nach wissenschaftlichen Grundsätzen nicht systematisch durchgeführt werden; zu individuell sind einzelne Betriebsstandorte. Die vorliegende Erstanalyse kann als Basis für vertiefende Untersuchungen gesehen werden.

#### 4.1.5. Entwicklungsszenarien Schallmoos

Für Salzburg Schallmoos wurde ein Workflow erarbeitet, der es ermöglicht, unterschiedliche Stadtentwicklungsszenarien im räumlichen Modell zu definieren, die im Anschluss wiederum dynamisch mittels der Methode der physikalischen Simulation für den Stadtteil bewertet wurden. Auf diesem Weg wurde in Salzburg-Schallmoos untersucht, wie sich potentielle Entwicklungen und Maßnahmen im Bereich der Gebäude und der Heizungssysteme, sowie Nutzungsänderungen und Neubauten, auf die Energieversorgung und die CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirken würden. Die Entwicklungsszenarien wurden mittels ExpertInnen-Interviews, unter Einbindung der relevanten Stakeholder (Stadtbauamt, Energieversorger, etc.) gemeinschaftlich erarbeitet und festgelegt. Dazu wurde vorab eine entsprechende Datengrundlage geschaffen, aus welcher mögliche Trendentwicklung erkennbar waren (z.B. Neubau- und Sanierungsraten, Entwicklung des Energiebedarfs, Förderung für entsprechende Infrastruktur). Auf dieser Grundlage wurden die für die Analyse interessantesten Entwicklungsszenarien festgelegt. Eine zentrale Datengrundlage bildete dabei die ZEUS-Energieausweisdatenbank.

In Summe standen für die weiterführende Analyse rund 876 Energieausweise (davon 318 Neubauten) zur Verfügung. Die Erkenntnisse aus diesen Analysen, welche sich im Wesentlichen auf die Stadt Salzburg bezogen, wurden in einem nächsten Schritt anteilmäßig auf den Stadtteil Schallmoos bzw. auf die Ergebnisse aus den Status quo-Simulationen übertragen und für die Jahre 2025 und 2050 fortgeschrieben. Ebenso wurden Informationen aus dem Projekt „Nachverdichtungsmonitor Stadt Salzburg“ ausgewertet und auf den Stadtteil Schallmoos bzw. auf die Ergebnisse aus den Status quo Simulationen übertragen und für die Jahre 2025 bzw. 2050 fortgeschrieben. Auf dieser Grundlage konnten für unterschiedliche Nutzungsarten, Nachverdichtungsflächen und entsprechende Nachverdichtungsbauvolumen identifiziert und den Szenarien hinterlegt werden.

Als Ausgangslage aller Szenarien wurde das **Referenzjahr 2014** ausgewählt, dessen Verbrauchs- bzw. bedarfswerte bereits im Methodentest zu großen Teilen validiert wurden. Im Bereich der Fernwärme konnten 357 Gebäude mit einem Wärmebedarf identifiziert werden, bei 645 Gebäuden wurde Gas als Grundlage der Wärmeversorgung zugeordnet, 234 Gebäuden Öl und den, auf die Gesamtsumme von 1.335 fehlenden Gebäuden wurde die Kategorie „Andere“ zugeordnet (Biomasse, Stromheizung, Wärmepumpe). In Summe ergab dies 91 GWh/a Wärmebedarf mit einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Ausstoß von 24.605 Tonnen pro Jahr.

Im ersten Bearbeitungsschritt wurden vier **GRUNDSZENARIEN** definiert, in denen die Entwicklung des Energiebedarfs, getrennt nach Sanierungsvorhaben und Neubau, und der versorgenden Energieinfrastruktur, ebenfalls getrennt nach Sanierungsvorhaben und Neubau, in unterschiedlichen Ausprägungen miteinander kombiniert wurden.

Diese Szenarien werden in der Folge beschrieben und in Tabelle 14 vergleichend dargestellt.

- **Konservatives Szenario (KON)**

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass sich der Energiebedarf nur geringfügig verändert, da die Annahme getroffen wird, dass die Qualität der thermischen Sanierung und die Errichtungsqualität im Neubau mit dem heutigen Standard vergleichbar sind. Auch im Bereich der Energieinfrastruktur wird die Annahme getroffen, dass keine umfassenden strukturellen Maßnahmen gesetzt werden (z.B. verstärkter Einsatz von erneuerbaren Energieträgern bei der zentralen Energieerzeugung, z.B. Fernwärme, Gas, Strom), wodurch von gleichbleibenden Konversionsfaktoren ausgegangen wird. Dieses Szenario kann daher als eher pessimistisch und als Referenzszenario gesehen werden.

- **Effizienz Szenario (EFF)**

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass im Bereich der Bautechnik strengere Vorgaben hinsichtlich der thermischen Sanierungs- und Errichtungsqualität vorgegeben werden und sich dadurch der Energiebedarf reduzieren wird. Im Bereich der Energieinfrastruktur wird – so wie im konservativen Szenario angenommen – von minimalen Eingriffen ausgegangen, wodurch von gleichbleibenden Konversionsfaktoren ausgegangen wird. Dieses Szenario kann daher als eher optimistisch im Bereich der Energiebedarfsentwicklung gesehen werden.

- **Erneuerbares Szenario (ERN)**

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass der Energiebedarf sich aufgrund gleichbleibender Vorgaben im Bereich der Sanierungs- und Errichtungsqualität nur geringfügig verändert. Demgegenüber steht die Annahme, dass die Energie, welche bereitgestellt wird, von höherer Qualität ist, da zentrale Erzeugungsanlagen vermehrt mit erneuerbaren Energieträgern versorgt werden. Dies schlägt sich in deutlich niedrigeren Konversionsfaktoren für leitungsgebundene bzw. zentrale Energieträger nieder (Fernwärme, Gas, Strom). Dieses Szenario kann daher als eher optimistisch im Bereich der Energieaufbringung gesehen werden.

- **Effizienz & Erneuerbares Szenario (EFF & ERN)**

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass die Maßnahmen aus dem Effizienz- und Erneuerbaren-Szenario gleichzeitig umgesetzt werden und somit von einem optimierten Energiebedarf bei gleichzeitig optimierter Energiebereitstellung ausgegangen werden kann. Dieses Szenario kann als optimistisch und als Best-Case Szenario angesehen werden.

Bei der Szenariendefinition wird grundsätzlich unterschieden zwischen dem Aspekt „Energiebedarf“, dominiert durch die thermische Qualität der Gebäudehüllen, und dem Aspekt „Energieinfrastruktur“, dominiert durch die Art der Energieaufbringung (Abbildung 52). Beide Aspekte sind sowohl in der Sanierung als auch im Neubau von Bedeutung. Bei der Entwicklung des Energiebedarfs bedeutet die Bezeichnung „Standard“, dass der angesetzte Wärmeschutz der Außenhülle genau dem Minimum der gesetzlichen Vorgaben entspricht. „Standard +“ steht für eine, in Bezug auf den Wärmeschutz ambitionierte Ausgestaltung der Gebäudehülle, die über die gesetzlichen Vorgaben klar hinausgeht. „Standard ++“ steht für hochgedämmte Gebäudehüllen, die in den Bereich der passivhaustauglichen Gebäudehüllen fallen. Es wird davon ausgegangen, dass ein derartiger Wärmeschutz nur im Neubau bzw. im Zuge einer Nachverdichtung umgesetzt werden kann.

Tabelle 14: Verwendete Konversionsfaktoren [g/kWh]

Bezeichnung	Energieträger	f_2014,	f_AMB_2025	F_AMB_2050
		f_BAU_2025, f_BAU_2050 [g <sub>CO2,äq</sub> /kWh]	[g <sub>CO2,äq</sub> /kWh]	[g <sub>CO2,äq</sub> /kWh]
<b>Fernwärme</b>	Mix	185	135	85
<b>Gasheizung</b>	Erdgas	236	218	172
<b>Ölheizung</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Biomasse</b>	Biomasse	4	4	4
<b>Stromheizung</b>	Strom	190	75	19
<b>Wasser-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Sole-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	45	18	5
<b>Luft-Wasser Wärmepumpe</b>	Strom	60	24	6
<b>VRF-System</b>	Strom	66	26	7
<b>Lüftungsanlage</b>	Strom, Abwärme	Lüftung 115 Wärmepumpe 60	Lüftung 46 Wärmepumpe 24	Lüftung 46 Wärmepumpe 24
<b>Lager / Betriebsstätte (Strahler)</b>	Heizöl	311	311	311
<b>Temporäre Nutzung</b>	Strom	190	75	19
<b>PV</b>	Sonne	72	29	7

Im Bereich „Entwicklung der Energieinfrastruktur“ (Tabelle 15, rechts) werden die Einsatzreihenfolge festgelegt und Konversionsfaktoren definiert.

- Einsatzreihenfolge „Konventionell“: Fernwärme, Wärmepumpe, Erdgas, Biomasse (vorbehaltlich, dass das Potential lokal verfügbar ist)
- Einsatzreihenfolge „Fernwärme“: Fernwärme, Wärmepumpe, Erdgas, Biomasse (vorbehaltlich, dass das Potential lokal verfügbar ist mit dem Zusatz, dass auch Gebäude, welche mehr als 35 Meter von Fernwärme entfernt im Fernwärme-Erweiterungsgebiet liegen, angeschlossen werden)
- Einsatzreihenfolge „Erneuerbar“: Wärmepumpe, Fernwärme, Erdgas (vorbehaltlich, dass das Potential lokal verfügbar ist)

Tabelle 15: Übersicht Grundszenarien

Bezeichnung	Entwicklung des Energiebedarfs		Entwicklung der Energieinfrastruktur	
	Annahmen für Sanierungsqualität	Annahmen für Neubauqualität	Annahmen für Energieträgerwechsel im Sanierungsfall	Annahmen für Energieträgerauswahl im Neubau
<b>Konservativ</b>	Standard	Standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizöl &amp; Strom substituieren</li> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren BAU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren BAU</li> </ul>
<b>Effizienz</b>	Standard+	Standard++	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizöl &amp; Strom substituieren</li> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren BAU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren BAU</li> </ul>
<b>Erneuerbar</b>	Standard	Standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizöl &amp; Strom substituieren</li> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren AMB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren AMB</li> </ul>
<b>Effizienz &amp; Erneuerbar</b>	Standard+	Standard++	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizöl &amp; Strom substituieren</li> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren AMB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzreihenfolge konventionell</li> <li>• Konversionsfaktoren AMB</li> </ul>

Als grundsätzliche Bewertungsmaßstäbe für die Entwicklungsszenarien wurden der Wärmebedarf und die CO<sub>2</sub>- Äquivalente Emissionen festgelegt, wobei die entsprechenden Werte für jedes der vier Grundszenarien für jeweils die Jahre 2025 und 2050 berechnet wurden. Als Ergebnis werden Aussagen dahingehend erwartet, welche Maßnahme (bzw. Maßnahmenbündel) den positivsten Effekt auf die möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen haben und somit am meisten zur gesteckten Zielerreichung beitragen. Um die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Szenarios interpretieren zu können, ist die dazugehörige Anforderung an die Energieversorgung, also im Wesentlichen der Wärmebedarf von Bedeutung. Zur Interpretation des jeweiligen Wärmebedarfs sind wiederum die zu versorgenden Gebäude, inklusive des eingesetzten Energieträgers, von Bedeutung.

Ausgehend von Referenzjahr 2014 in dem 1.335 **Gebäude** in Schallmoos gezählt wurden, wird laut der abgeschätzten Entwicklung bis in das Jahr 2025 eine minimale Steigerung auf 1.354 Gebäude stattfinden, wodurch auch die **beheizte Bruttogrundfläche** nur leicht ansteigt. Auch bis in das Jahr 2050 werden diesbezüglich keine großen Zuwächse erwartet, da Schallmoos bereits im Referenzjahr 2014 eine hohe Bebauungsdichte aufweist (Abbildung 48, oben). Da die Bewertungsstruktur vom Jahr 2014 ausgeht, wird in diesem Jahr die Größe der sanierten Bruttogrundfläche mit Null angenommen.



Abbildung 48: Bruttogrundfläche, Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Grundszenarien

Der Zeitraum bis 2025 ist zu kurz um bis dahin, bei Annahme aktueller Sanierungsraten, substantielle Verbesserungen bei der sanierten Bruttogrundfläche zu erreichen; die Annahme geht von ca. 200.000 m<sup>2</sup>BGF saniertter Bruttogrundfläche aus. Bis zum Jahr 2050 jedoch steigt die Größe der sanierten Bruttogrundfläche massiv auf beinahe 800.000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche an.

Ausgehend von 91 GWh/a **Wärmebedarf** im Referenzjahr 2014 würde im Szenario Konservativ im Jahr 2025 (KON 2025) eine Senkung auf 81 GWh/a erfolgen, im Wesentlichen bedingt durch den geringen Zuwachs und der im Vergleich dazu deutlich gesteigerten sanierten Bruttogrundfläche. Das Szenario KON 2050 liegt im Wärmebedarf mit ca. 55 GWh/a schon deutlich niedriger, wesentlich beeinflusst durch die bis dahin massiv gestiegene Größe der sanierten Bruttogrundfläche (HEBØ2014 rund 100 kWh/m<sup>2</sup> vs. 55 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr 2050). Das Szenario Effizienz im Jahr 2025 (EFF 2025) schneidet bezogen auf den Wärmebedarf im Vergleich nur geringfügig besser ab, da durch die damit verbundenen verbesserten Gebäudehüllen, im Vergleich zu den schon hohen Sanierungsstandards, nur mehr geringe Verbesserungen erreichbar sind. Damit ist erklärt, warum auch die Szenarien ERN 2025 und EFF & ERN 2025 beinahe gleich aufliegen, da das Szenario ERN 2025 nicht auf den Bedarf, sondern auf die Zusammensetzung der Versorgung Einfluss nimmt.

Der berechnete CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Ausstoß liegt im Referenzjahr 2014 bei 24.605 tCO<sub>2</sub>e/a. Entsprechend der Reduktion des Wärmebedarfes von 2014 auf 2025 liegt der prognostizierte CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Ausstoß im Szenario KON 2025 bei 22.344 tCO<sub>2</sub>e/a. Eine deutliche Reduktion im CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Ausstoß lässt sich im Szenario ERN 2025 erkennen (16.837 tCO<sub>2</sub>e/a), da in der entsprechenden Szenariendefinition Verbesserungen in der Nachhaltigkeit der Energieaufbringung hinterlegt sind.



In der Annahme, dass die Verbesserungen in der Energieaufbringung bis ins Jahr 2050 intensiv weitergeführt werden, zeigt sich im Szenario ERN 2050 wiederum ein deutlich reduzierter CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Ausstoß von 7.651 tCO<sub>2</sub>equ/a.

Die Veränderungen in der Verbrauchsstruktur beeinflussen auch die Effizienz der leitungsgebundenen Energieversorgung. Die Auswertungen zeigen, dass sich die **Wärmebedarfsdichte** im Stadtteil Schallmoos im Laufe der Zeit aufgrund von Sanierungs- und Neubautätigkeiten verändern wird und sich dadurch auch die Verdichtungs- und Erweiterungsgebiete der Fernwärme verändern. Wie in der Abbildung 49 dargestellt, nimmt der Anteil der Dichteklassen größer 40 GWh/km<sup>2</sup> (Grenzwert, ab welchem Netze unter derzeitigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich betrieben werden können) zwischen 2014 und 2050 ab. Dies hat zur Folge, dass Gebiete, welche derzeit als Fernwärmeerweiterungsgebiete eingestuft werden, im Jahr 2050 möglicherweise nicht mehr als wirtschaftlich gelten.

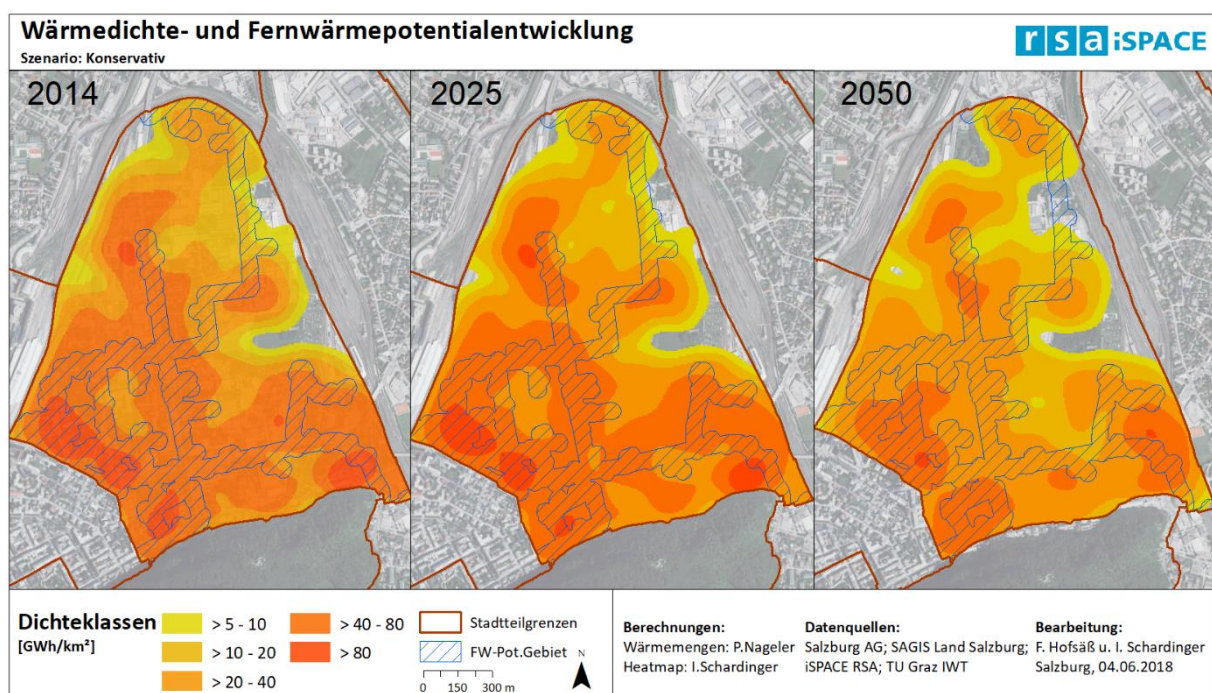


Abbildung 49: Entwicklung Wärmebedarfsdichte im Stadtteil Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

## 4.2. Entwicklungsszenarien für Gleisdorf

Die Entwicklungsszenarien für die Stadt Gleisdorf wurden äquivalent zu jenen von Salzburg Schallmoos erarbeitet. Die Ergebnisse aus der Bewertung vom Status quo aus Kapitel 3.2 bilden die Ausgangsbasis für die Entwicklung von Szenarien. Energiepolitische Randbedingungen in der Steiermark bereiten den erweiterten Rahmen für die Zieldefinition in den Szenarien, siehe Kapitel 4.2.1. Die Feedbacks aus der Zusammenarbeit mit den Stakeholdern im Projekt sowie auch aus anderen Projektaktivitäten wurden als weitere Informationsquelle hinzugezogen und daraus Entwicklungsszenarien für Gleisdorf in unterschiedlichen Ausführungen entworfen. In weiterer Folge wurden diese Szenarien modelliert und in geeigneten Simulationsumgebungen abgebildet. Dabei erfolgte in einem zweistufigen Ansatz zuerst die rein physikalische Betrachtung (siehe Kapitel 2.2) von Entwicklungspfaden bis zum Jahr 2050 (Ribas, 2016). Als Erweiterung wurden in einem zweiten Schritt soziodemografische Einflussfaktoren in die Modellierung mit einbezogen und mit Hilfe des Methodenansatzes „Agentenbasierte Modellierung“, siehe Kapitel 2.4, simuliert (Stanzel, 2019).

#### 4.2.1. Energiepolitische Rahmenbedingungen Gleisdorf

Die Grundlagen zur Erarbeitung und Analyse von Entwicklungsszenarien in der Stadt Gleisdorf stellen sich ähnlich zu denen von Salzburg Schallmoos dar. Für das Land Steiermark existiert ebenfalls eine „Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030“ (Gössinger-Wieser, et al., 2017) sowie ein dazugehöriger Aktionsplan (Gössinger-Wieser, Thyr, Preiß, Umgeher, & Weiland, 2019), welche die Zielsetzungen für die zukünftige energetische Entwicklung des Landes und der Gemeinden beinhaltet. Die Kernaussagen der „Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030“ sind in Abbildung 50 dargestellt. Die Ziele bis zum Jahr 2030 beinhalten konkret:

- Die Senkung der Treibhausgasemissionen um 36 %
- Die Steigerung der Energieeffizienz um 30 %
- Die Anhebung des Anteils Erneuerbarer auf 40 %
- Leistbare Energie und Versorgungssicherheit



Abbildung 50: Kernaussagen der Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030<sup>25</sup>



Abbildung 51: Acht Bereiche der Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030

<sup>25</sup> <https://www.technik.steiermark.at/cms/ziel/142705670/DE/>

Mit dem Aktionsplan zur Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030, welcher alle drei Jahre neu erstellt wird, wurden konkrete Maßnahmen innerhalb von acht übergeordneten Bereichen definiert, siehe Abbildung 51. Die im Projekt *EnergyCityConcepts* durchgeführten Forschungsarbeiten betrachteten schwerpunktmäßig die Bereiche *Energieaufbringung und -verteilung (E)* sowie *Gebäude und Siedlungsstrukturen (G)*.

#### Stadtentwicklungskonzept 1.00 Gleisdorf

Im Jahr 2017/18 erarbeitete die Stadtgemeinde Gleisdorf in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern im Projekt *EnergyCityConcepts* und dem zuständigen Raumplanungsbüro *StadtRaumUmwelt Reissner* das „Stadtentwicklungskonzept 1.00“ (Reissner & Dokter, 2018). Die darin enthaltenen Inhalte zum Sachbereich „Energie und Infrastruktur“ wurden maßgeblich über das Projekt *EnergyCityConcepts* definiert und bilden eine weitere Grundlage für Entwicklungsszenarien.

Ein Auszug daraus (S.91 ff.):

*„Gleisdorf ist Mitglied der Energieregion Weiz-Gleisdorf, die einen öffentlich-privaten Zusammenschluss von zwölf Gemeinden und fünf Organisationen entlang der oststeirischen Achse Weiz-Gleisdorf darstellt. Ziel des Regionalentwicklungsverbands ist die Förderung einer nachhaltigen, regionsgerechten und integrativen Entwicklung der Region. Zur Erreichung dieses Ziels wurde die „Vision 2050 – Die Region blüht!“ entwickelt, die für das Jahr 2050 eine Energieautarkie in der Energieregion Weiz-Gleisdorf, u.a. durch folgende Ziele anstrebt:*

- *Gesamtenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 zu 100 % aus erneuerbarer Energie*
- *Senkung des Gesamtenergieverbrauches*
- *Wirtschaftswachstum durch Innovation und Green Jobs*
- *weiterer Ausbau der E-Mobilität*
- *Umsetzung von Agro-Forstsystemen (Kurzumtrieb, „Energieholzplantagen“)*
- *Neubauten als Plus-Energie-Gebäude und Altbausanierung.*

*In diesem Zusammenhang wurde im Jahr 2011 auch die Energie-Charta der Energieregion Weiz-Gleisdorf verabschiedet. Diese Charta sieht eine Selbstverpflichtung der teilnehmenden Gemeinden zur bevorzugten Umsetzung von energiesparenden Technologien und erneuerbaren Energieträgern im eigenen Wirkungsbereich, zur gezielten Setzung von kommunalen Förderungen und Regelungen für intelligente Energielösungen (Aktivhaus, Mobilität) sowie zur Forcierung von Schwerpunktaktionen zur Abstimmung von Bildungsmaßnahmen, Förderung und Umsetzung vor. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung einer Vorbildregion in Energiefragen. Die Raumplanung der Stadtgemeinde Gleisdorf schließt sich dieser Vision an und bekennt sich zu einer aktiven Energieraumplanung.“*

Die Ziele der Energieraumplanung wurden darin unter anderem wie folgt definiert (S.97 ff.)

- *„Entwicklung energieeffizienter sowie ressourcenschonender Raum- und Siedlungsstrukturen als Beitrag zu einem nachhaltigen Umgang mit Energie und als Grundlage für eine (regional) wirtschaftlich leistungsfähige und ökologisch verantwortbare Energiepolitik.*
- *Schaffen der räumlichen Voraussetzungen für eine sichere, umweltschonende, Energieversorgung sowie für eine sparsame rationelle Energieverwendung unter besonderer Berücksichtigung der Nutzung erneuerbarer Energien.*
- *Förderung baulicher Strukturen, die durch geringen Wärmebedarf gekennzeichnet sind.*
- *Entwicklung räumlicher Strukturen, die Optionen zur Nutzung lokal verfügbarer alternativer/erneuerbarer Energiepotentiale eröffnen.*
- *Schaffung der raumrelevanten Voraussetzungen für den Einsatz leitungsgebundener Wärmeversorgungssysteme.*
- *Gestaltung von Siedlungsstrukturen mit optimalen Rahmenbedingungen für eine energiesparende Mobilität.*
- *Senkung des Energieverbrauchs durch strukturelle Energieeffizienz und die Herstellung von Energieverbrauch vermeidenden Raumstrukturen.*
- *Senkung des Energieverbrauchs durch Neubauten als Plus-Energie-Gebäude und Altbausanierung.*
- *Ermöglichung bzw. Unterstützung der Nutzung erneuerbarer Energieträger und Reduktion der Abhängigkeit von externen Energieträgern (insbesondere auch im industriell-gewerblichen Bereich). Gesamtenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 zu 100 % aus erneuerbarer Energie.“*

#### **4.2.2. Wärmepumpen- und Solarpotential**

Für die Berechnung von Potentialgebieten für Wärmepumpen wurde die Vorgabe gegeben, dass der Heizwärmebedarf einen Wert von  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \text{ a})$  nicht überschreiten darf. Des Weiteren wurde die Eignung für die Stromerzeugung aus Photovoltaik vorausgesetzt, um die Versorgung der Wärmepumpen mit erneuerbarem Strom zu forcieren. Dazu wurde in der Potentialberechnung die Wärmedichtekarte mit der Potentialkarte für Photovoltaik verschnitten (siehe Abbildung 52). Basierend auf der Literatur wird der Einsatz von den unterschiedlichen Wärmepumpen-Technologien in folgender Prioritätenreihung empfohlen: Erdwärmesonde, Grundwasser und Luft (Quaschnig, 2015).

Luftwärmepumpen dürfen nicht in Bereichen eingesetzt werden, in denen eine ruhige Umgebung erforderlich ist (Spa-Bereiche, Friedhof, Erholungsgebiet, etc.). So wurde eine Lärmkarte für die Stadt Gleisdorf erstellt, um die akustische Eignung für Luftwärmepumpen auszuweisen (siehe Abbildung 52).

Grundwasserwärmepumpen sind nur in Gebieten mit ausreichender Grundwasserverfügbarkeit erlaubt und es ist in einem wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren die Eignung des Standortes für eine Grundwasserwärmepumpe zu ermitteln. Dies wird für jeden Standort individuell durchgeführt.

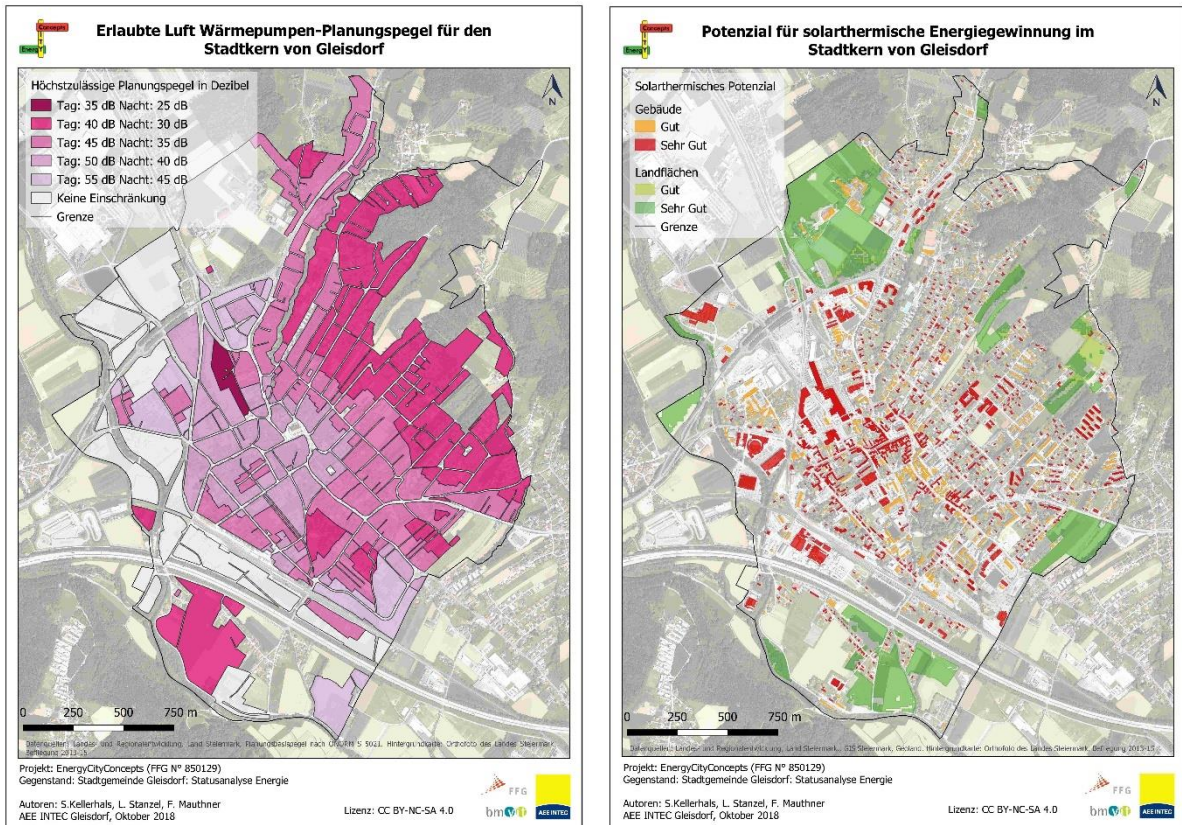


Abbildung 52: Potentialzonen für Luftwärmepumpen oder solarthermische Energiegewinnung in der Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC)

Erdwärmepumpen können in Gebieten mit einer bestimmten Wärmeleitfähigkeit des Bodens eingesetzt werden. Hier wird eine thermische Bodenleitfähigkeit von mehr als  $2,05 \text{ W}/(\text{m K})$  empfohlen. Die Ermittlung des Solarpotentials für Dachflächen erfolgte nach der Vorgabe des Solardachkatasters des Landes Steiermark (Land Steiermark, 2018). Für Freiflächen wurde das Solarpotential mit Hilfe des digitalen Laserscan-Höhenmodells berechnet. Dabei wurden aus dem Modell die Hangneigung sowie die Ausrichtung berechnet und diese miteinander verschnitten, siehe Abbildung 53. Anschließend wurden mit Hilfe von Koeffizienten zur Klassifizierung von Solarpotentialen, welche ebenfalls im Solardachkataster deklariert sind, die Eignung der Flächen sowie deren theoretische Gesamterzeugung ermittelt. Das sich daraus ergebende Potential für die solarthermische Energiegewinnung in kartografischer Darstellung ist in Abbildung 52 zu sehen.

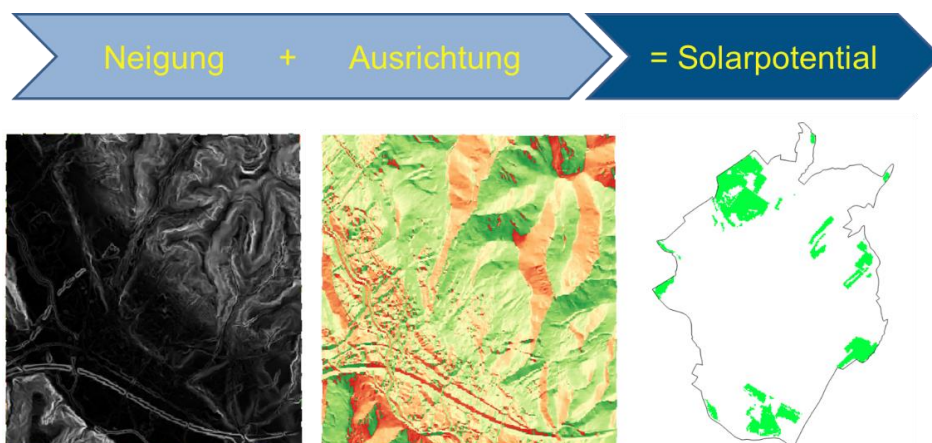


Abbildung 53: Berechnung des Solarpotentials für Freiflächen in der Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC)

### 4.2.3. Fernwärmepotential

Die Potentialzonen für mögliche Fernwärmenetze wurden mit Puffer- und Dichtefunktionen berechnet. Dabei wurde das bestehende Fernwärmenetz mit der errechneten Wärmedichtekarte des Status quo der Stadt verschnitten. Einerseits wird eine Pufferzone von 50 m um das bestehende Fernwärme-Leitungsnetz definiert, in der ein hohes Potential für einen Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz besteht. Andererseits wird eine Dichte des Heizenergiebedarfs von mindestens 35 GWh/km<sup>2</sup> als Bedingung angewendet, um Bereiche für eine wirtschaftlich sinnvolle Erweiterung nach (Möller, Wiechers, Persson, Grundahl, & Connolly, 2018) durch das Fernwärmenetz zu finden. In Abbildung 54 sind die Pufferzone um das bestehende Leitungsnetz sowie die Dichte des Heizenergiebedarfs in Gleisdorf dargestellt. Die Flächen in hellorange bis rot sind über dem Grenzwert von 35 GWh/km<sup>2</sup> und bilden Potentialgebiete.

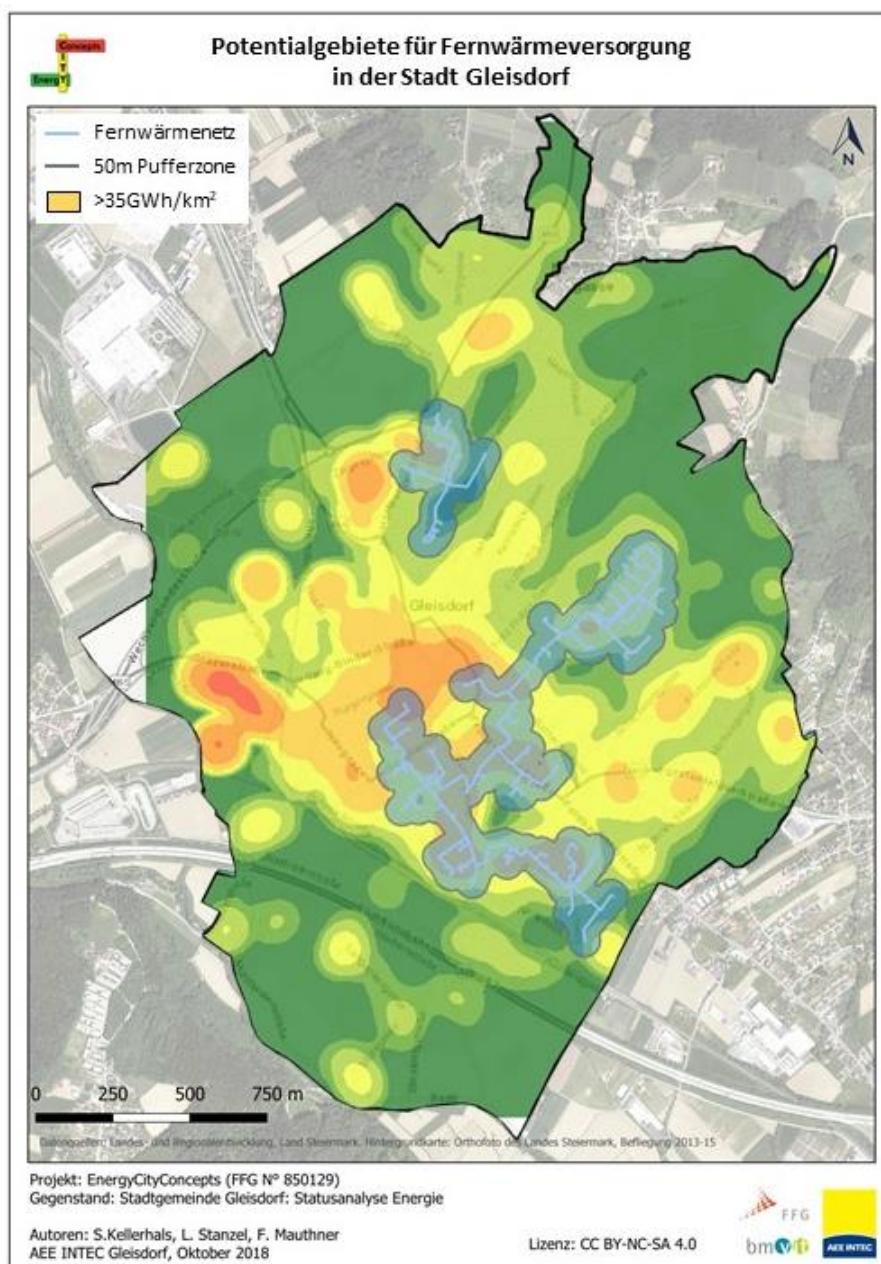


Abbildung 54: Potentialgebiete für den Fernwärmeausbau in der Stadt Gleisdorf, basierend auf Wärmedichten und bestehenden Leitungsinfrastrukturen (Quelle: AEE INTEC unter Verwendung der Daten der Landes- und Regionalentwicklung Steiermark, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15)

#### **4.2.4. Entwicklungsszenarien Gleisdorf**

Für die Stadt Gleisdorf wurden Entwicklungsszenarien innerhalb zweier unterschiedlicher Methodiken erstellt, welche chronologisch und aufeinander aufbauend verwendet wurden. Zuerst wurde der in Kapitel 2.2 beschriebene Ansatz „EnergyPRO“ entwickelt. Diesem Ansatz folgend, wurden Entwicklungsszenarien für die Stadt Gleisdorf erarbeitet. Darauf aufbauend wurden in einem zweiten Schritt Entwicklungsszenarien für den Methodenansatz „agentenbasierte Modellierung“ (siehe Kapitel 2.4) entworfen und eingesetzt.

##### **Methodenansatz EnergyPRO**

Die Ergebnisse aus den Simulationsstudien des Status quo wurden zuerst analysiert und bewertet sowie mit den politischen Rahmenbedingungen verbunden und den Stakeholdern der Stadt Gleisdorf abgesprochen. Daraus wurden Schlussfolgerungen für langfristige Entwicklungen abgeleitet und mögliche Szenarien definiert.

Um mögliche zukünftige Veränderungslinien abzuschätzen, sind Annahmen notwendig, um Szenarien im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems zu schaffen. Es werden drei verschiedene Szenarien definiert:

- Business as Usual (BAU): betrachtet ein Basisszenario, das die Folgen einer Fortsetzung der aktuellen Trends bei der Entwicklung eines zukünftigen Energiesystems untersucht.
- Niedrig (Low): betrachtet ein Szenario, in dem das System eine konservative und langsame Transformation des thermischen Energiesektors durchläuft.
- Ambitioniert (Ambitious/Amb): betrachtet ein Szenario mit ambitionierten Sanierungsmaßnahmen auf allen Ebenen des Wärmeenergiesektors.

Die Szenarien zielen darauf ab, den Wärmesektor von Gleisdorf im Jahr 2050 darzustellen. Zu diesem Zweck müssen Annahmen über Faktoren getroffen werden, die den Transformationsprozess beeinflussen. Zum einen sind das zukünftige Sanierungsraten, die den neuen Wärmebedarf der Gebäude beeinflussen werden. Zum anderen werden Erweiterungsmöglichkeiten für das Fernwärmenetz innerhalb der Stadt betrachtet. Weiters ist der Heizungstausch und der verwendete Brennstoff in Gebäuden mit einer Zentralheizungsanlage sowie die solare Wärmedurchdringung in der Gebäudeebene von Bedeutung.

##### Sanierungsraten:

- BAU- und Low-Szenarien gehen von üblichen Sanierungsmaßnahmen nach OIB 6 Richtlinie (OIB, 2019) Standard aus, während das Ambitionsszenario eine Sanierung im Passivhausstandard nach Klimaaktiv (Klimaaktiv, 2019) verwendet.
- Die jährliche, lineare Sanierungsrate wird in den Szenarien von BAU 1,21% zu Low 1,65% auf Amb 2,16% erhöht. Diese wird auf die gesamte Anzahl der sanierten Gebäude bis 2050 bezogen und linear für den Betrachtungszeitraum 2016 - 2050 (34 Jahre) berechnet.

##### Fernwärme Erweiterungspotential:

- Für das Low und Amb Szenario wird die Fernwärmeversorgung um fünf prioritäre Bereiche, eine Versorgungsleitung und ein Micro-Grid erweitert.
- Der Anteil der solaren Wärmeerzeugung wird in den Szenarien von 5 % auf 10 % und 20 % in BAU, Low und Amb erhöht.

- Der Heizenergiebedarf der Fernwärmeversorgung wird zu 15 % in BAU, 10 % in Low und 8 % in Amb durch Erdgas gedeckt.

#### Entwicklung der Zentralheizungsanlagen:

- Fossile Brennstoffkessel und elektrische Heizsysteme werden je nach Szenario durch Biomassekessel oder Wärmepumpen ersetzt.
- Die Szenarien Low und Amb werden in zwei Varianten aufgeteilt. Die erste betrachtet Biomassekessel als Wärmeerzeugungstechnologie, während die zweite Wärmepumpen verwendet und Biomasse ausschließt.

#### Solarthermische Durchdringung von solarthermischen Dachanlagen auf Gebäuden:

- Es wird davon ausgegangen, dass neue solarthermische Kollektoren, die auf Dächern von Gebäuden installiert werden, laut Szenario 20 % in BAU, 35 % in Low und 50 % in Amb des endgültigen Heizenergiebedarfs ausmachen.

Für weiterführende Informationen zur Szenarientwicklung in diesem Ansatz wird auf (Ribas, 2016) verwiesen.

### **Methodenansatz agentenbasierte Modellierung**

Die Szenarientwicklung in diesem Ansatz wurde auf den zuvor durchgeführten Arbeiten im Ansatz EnergyPRO aufgebaut. Die ursprünglichen Annahmen für Entwicklungspfade der Stadt Gleisdorf wurden weiter überarbeitet und mit soziodemographischen Einflüssen ergänzt. Daraus entstanden drei Basisszenarien (Business as Usual – BAU, Ambitioniert – Amb, Ökonomisch – ECO) und drei soziodemographische Szenarien (Alter – AGE, Ausbildung – EDU, Einkommen – JOB). Im BAU Szenario wird der aktuelle Stand der Dinge beibehalten, im Amb Szenario werden die klimafreundlichsten Vorgehensweisen bevorzugt und im ECO Szenario wird Augenmerk auf die finanziell günstigsten Lösungen gelegt (also alles dem Markt überlassen wird, keine Förderungen und keine Einschränkungen zur Verwendung fossiler Energieträger einzig halten; quasi ein worst-case scenario). Die Reihung der Technologien im ECO – Szenario wurde wie folgt angenommen (von günstig bis teuer): Gas < Öl < Luft-WP < Fernwärme < Biomasse < Erdwärme-WP < Sole-WP. Die Wirtschaftlichkeit ist hier bezogen auf die Investitionskosten. Die soziodemographischen Szenarien sollen das unterschiedliche Verhalten der Menschen widerspiegeln, die ihre Gebäude sanieren müssen. Dabei werden im AGE Szenario die Spezifika der einzelnen Altersgruppen, im EDU Szenario das Verhalten unterschiedlicher Bildungsschichten und im JOB Szenario der Einfluss des Einkommens der Haushalte betrachtet.

#### Basisszenarien

Die drei Basisszenarien unterscheiden sich in der Parametrisierung der Simulationsrandbedingungen. Die Simulation hat eine Zeitschrittweite von einem Jahr. Bei jedem Zeitschritt werden die in den Szenarien festgelegten Parameter für die Berechnungen des untersuchten Gebäudestandes angewandt (näheres siehe Kapitel 2.4). Ein Parameterset definiert die Reihenfolge der Auswahl von Heizungssystemen bei einem vorgenommenen Heizungstausch, siehe Tabelle 16. Ein weiteres Parameterset bestimmt die Qualität der Gebäudehülle und das verwendete Heizungssystem bei Sanierungen, siehe Tabelle 17. Und ein Drittes gibt unterschiedliche lineare Sanierungsraten für den gesamten Gebäudestand bis 2050 vor, siehe Tabelle 18.



Tabelle 16: Reihenfolge der verwendeten Heizungssysteme in den Basisszenarien

Szenarien	Reihenfolge der Heizungssysteme
<b>BAU</b>	FW > Tiefensonden-WP > Grundwasser-WP > Luft-WP > Erdgas > Biomasse > Öl
<b>AMB</b>	FW > Tiefensonden-WP > Grundwasser-WP > Luft-WP > Biomasse
<b>ECO</b>	Erdgas > Öl > Luft-WP > FW > Biomasse > Tiefensonden-WP > Grundwasser-WP

FW = Fernwärme, WP = Wärmepumpe

Tabelle 17: Annahmen bei Sanierungen in den Basisszenarien

Szenarien	ohne Sanierung	OIB Standard*	Klimaaktiv Standard**	Tausch Heizungssystem
<b>BAU</b>	0%	75%	25%	konservativ
<b>AMB</b>	0%	0%	100%	ökologisch
<b>ECO</b>	50%	50%	0%	günstig

\* (OIB, 2019), \*\* (Klimaaktiv, 2019)

Tabelle 18: Sanierungsraten in den Basisszenarien

Szenarien	lineare Sanierungsraten pro Jahr bis 2050
<b>BAU</b>	1,7%
<b>AMB</b>	2,2%
<b>ECO</b>	1,2%

### Soziodemographische Szenarien

Für die Definition der Parameter für die soziodemographischen Szenarien wurden Daten aus der Literatur als Basis verwendet. In (Decker, 2015) werden die Zusammenhänge von Heizungssystemen, Haushaltsgröße, Altersstruktur, Bildung und monatliches Einkommen in deutschen Haushalten beschrieben. Weiters wurden in (Hecher, 2017) die Auslöser für Entscheidungen, warum in eine neue Heizungsanlage investiert werden soll, untersucht. In der Bearbeitung der Szenarien wurden folgende Hypothesen abgeleitet:

- Mit einer größeren Haushaltsgröße steigt die Wahrscheinlichkeit für die Installation von erneuerbaren Heizsystemen.
- Personen mit niedrigem Einkommen haben oft Ölheizungen, jene mit hohem Einkommen neigen dazu, Wärmepumpen zu installieren. Personen mit mittlerem Einkommen haben oft Biomasseheizungen.
- Ältere Personen haben in der Regel fossile Heizsysteme (älter als 61 Jahre, meist Ölheizungen, älter als 51, Öl- und Gasheizungen). Junge neigen dazu, erneuerbare Heizsysteme zu installieren (jünger als 31 Jahre, meist Biomasse, zwischen 31 und 40 Jahren oft Wärmepumpen).
- Im Falle eines Ausfalls ist der Anteil der fossilen Heizsysteme höher, im Falle eines freiwilligen Austauschs der Heizsysteme ist der Anteil der erneuerbaren Heizsysteme höher. Dies deutet darauf hin, dass Personen mit mehr Geld (freiwilliger Tausch) dazu neigen, erneuerbare Systeme zu installieren. Im Falle eines Not austausches (weniger Geld vorhanden) neigen die Personen dazu, fossile Heizsysteme zu installieren.
- Jüngere Menschen neigen eher dazu, die Heizungsanlage zu tauschen (Chancensituation).

Für die drei soziodemographischen Szenarien wurden folgende Parameter für den Einsatz der jeweiligen Basisszenarien bei einer Gebäudesanierung definiert. Für weiterführende Informationen zur Szenarientwicklung in diesem Ansatz wird auf (Stanzel, 2019) verwiesen.

Table 19: Parameter im AGE Szenario

Altersklasse	Verwendetes Basisszenario		
	ECO	BAU	AMB
<b>20-39</b>	-	80%	20%
<b>40-64</b>	-	20%	80%
<b>65-100</b>	100%	-	-

Table 20: Parameter im EDU Szenario

Bildungsniveau	Verwendetes Basisszenario		
	ECO	BAU	AMB
<b>Grundschule</b>	100%	-	-
<b>Lehre</b>	-	100%	-
<b>Matura</b>	-	50%	50%
<b>Universitätsabschluss</b>	-	-	100%

Table 21: Parameter im JOB Szenario

Personen im Haushalt mit Anstellungsverhältnis	Verwendetes Basisszenario		
	ECO	BAU	AMB
<b>&gt; 50% mit Job</b>	-	wenn <= 3 Personen	wenn > 3 Personen
<b>&lt; 50% mit Job</b>	100%		

#### 4.2.5. Ergebnisse des Methodenansatzes EnergyPRO

Im Folgenden werden die aus den physikalischen Simulationen mit EnergyPRO gewonnenen Ergebnisse vorgestellt, anhand derer der Nachhaltigkeitsgrad der vorgeschlagenen zukünftigen Heizsysteme der Stadt im Jahr 2050 bewertet werden soll. Die Berechnungen erfolgten mit dem Datenstand 2015 und dem Methodenansatz EnergyPRO.

Abbildung 55 zeigt die Wirksamkeit der Energiesparstrategien für die Gebäude in den jeweiligen Szenarien. Die errechnete Reduktion des Endwärmebedarfs für das Jahr 2050 kann folgendermaßen bewertet werden:

- 53 % der gesamten Reduktion ist auf die Sanierung des Gebäudebestandes zurückzuführen
- 25 % der Gesamtreduktion ist auf die Berücksichtigung der im Laufe der Jahre gestiegenen Temperaturen zurückzuführen
- 22 % ist auf die Reduzierung der Verluste zurückzuführen

Die zunehmende Reduzierung nach den Szenarien ist auf die jährliche Sanierungsrate, die Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen im Ambitionsszenario sowie die Annahme der Reduktion des Heiztechnikenergiebedarfs von 20 % auf 10 % des Heizenergiebedarfs zurückzuführen. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass der anfängliche Heizenergiebedarf (Heizwärme + Warmwasser) in den Szenarien um 31,8 % - BAU, 39,3 % - Low und 44,2 % - Amb reduziert wird.

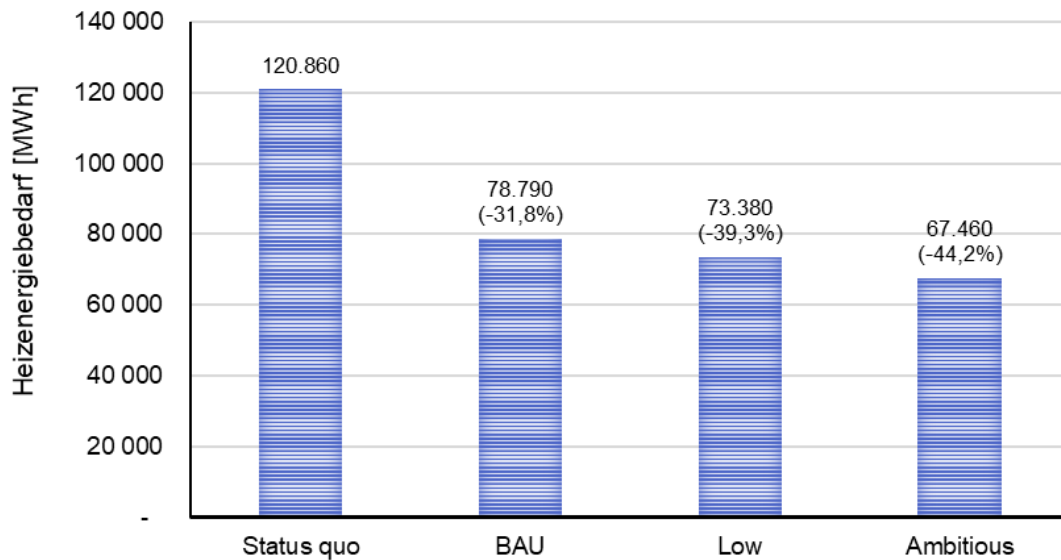


Abbildung 55: Berechneter Heizenergiebedarf je Szenario im Methodenansatz EnergyPRO; Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 56 zeigt die Reduktion der Werte für den Heizwärmebedarf nach Szenario und Gebäudesektor (Wohngebäude – Residential; Gebäude mit gemischter Nutzung – Mixed), welche hauptsächlich auf den angewandten Sanierungsfahrplan zurückzuführen ist. Die Wirksamkeit zeigt sich beispielsweise im Wohnungssektor, wo der durchschnittliche Heizwärmebedarf um 51,6 % bis 59,5 % reduziert wurde.

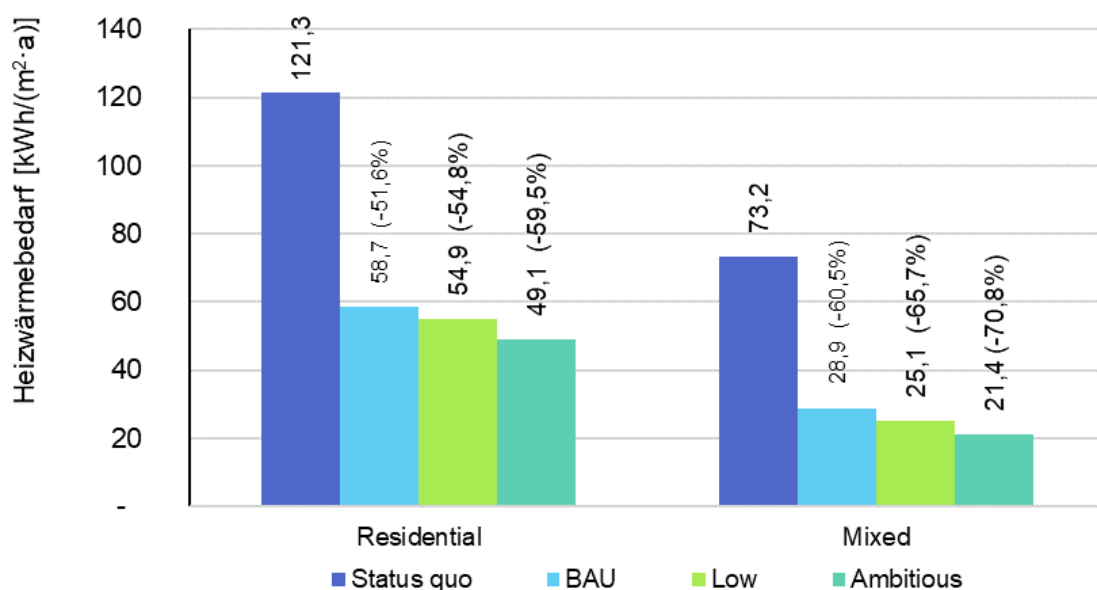


Abbildung 56: Entwicklung des Heizwärmebedarfs für Wohngebäude und Gebäude mit gemischter Nutzung je Szenario im Methodenansatz EnergyPRO; Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 57 zeigt die Verteilung des Heizenergiebedarfs der Stadt nach den in den Gebäuden installierten Heizungsanlagen. Es wird beobachtet, wie am Ende des Transformationsprozesses im Jahr 2050 für das Low and Amb Szenario nur noch Fernwärme, Wärmepumpen, Biomassekessel und Erdgas übrig sind.

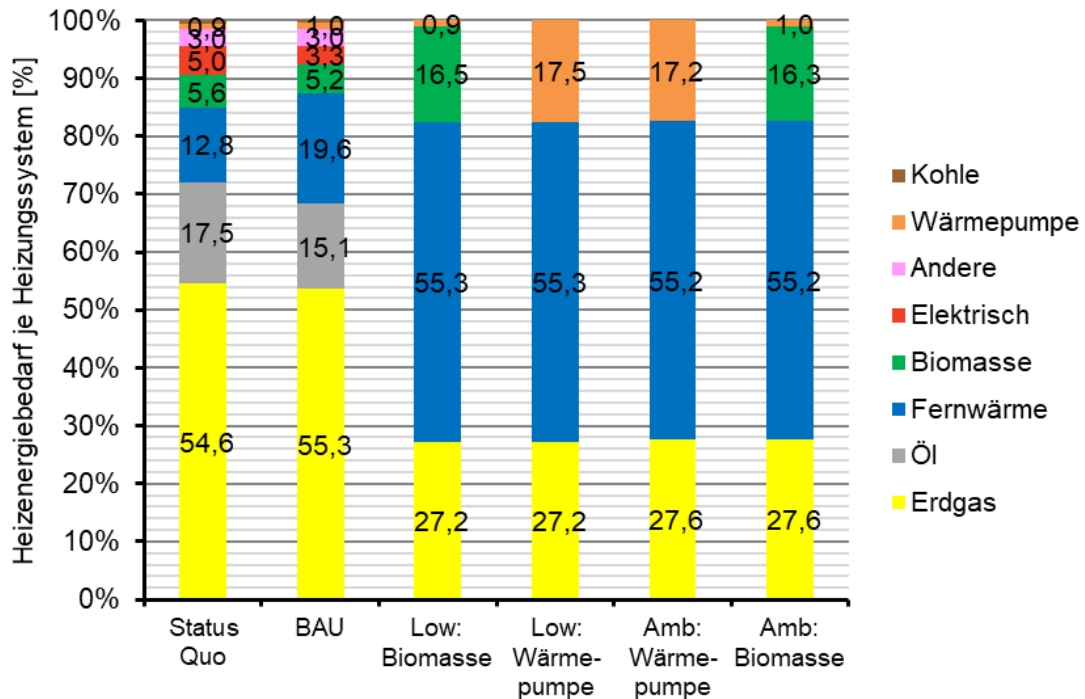


Abbildung 57: Heizenergiebedarf je Heizsystem in jedem Szenario im Methodenansatz EnergyPRO, Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

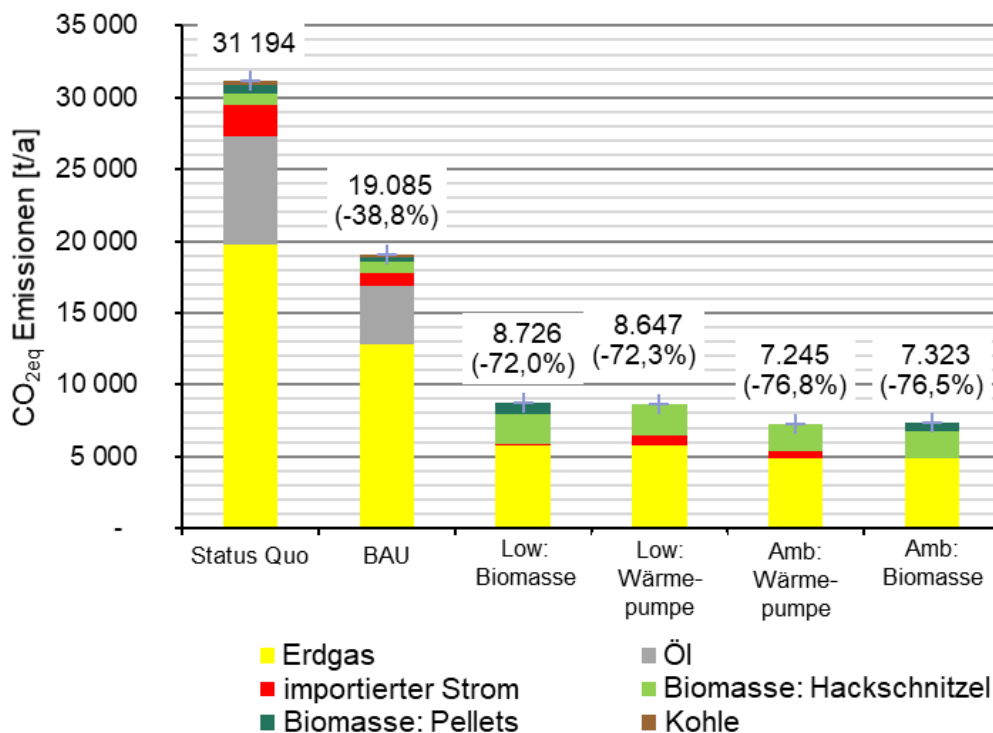


Abbildung 58: CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen aus dem Betrieb des Heizungssektors im Methodenansatz EnergyPRO, Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 58 zeigt die kumulierten jährlichen CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen, die beim Betrieb des gesamten Wärmesektors der Stadt entstehen. Daraus lässt sich die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen nach Abschluss des Transformationsprozesses im Jahr 2050 ableiten. Der reduzierte Einsatz von Erdgas im Untersuchungszeitraum sowie der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen hat die erfolgreiche Teildekarbonisierung des Wärmesektors ausgelöst. Wie in der Grafik dargestellt, hat der Heizungssektor seine wärmebezogenen Emissionen in den Low-Szenarien um 72 % und in den Ambitionssituationen um fast 77 % im Vergleich zum aktuellen Niveau reduziert.

Im BAU-Szenario werden die Emissionen vor allem durch den Rückgang des Endwärmebedarfs durch die Sanierung des Gebäudebestandes reduziert und nur in geringerem Maße durch die Fernwärmeerweiterung.

#### **4.2.6. Ergebnisse der agentenbasierten Simulation**

Das in diesem Projekt entwickelte agentenbasierte Modell, siehe Kapitel 2.4, wurde zur Simulation von den erarbeiteten Entwicklungsszenarien für die Stadt Gleisdorf eingesetzt. Die Entwicklungsszenarien sind im Detail in Kapitel 4.2.4 oder in (Stanzel, 2019) beschrieben. Es ist zu erwähnen, dass es teils deutliche Unterschiede zu den Berechnungen in Kapitel 4.2.5 gibt. Nähere Ausführungen dazu siehe Kapitel 6.1.1.

Der zukünftige Heizenergiebedarf der Gebäude sowie weitere klimaschutzrelevante Indikatoren (Heizsysteme, Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Ausstoß) werden über die Simulation im Agentenbasierten Modell für sechs unterschiedliche Entwicklungsszenarien ermittelt. Szenario 1 ist das Basisszenario und geht von einer gleichbleibenden Entwicklung aus (Business As Usual - BAU). Dieses dient als Vergleichsbasis für die Ergebnisse der weiteren Szenarien. Szenario 2 berücksichtigt für jeden Gebäudearchetyp ein ambitioniertes Sanierungskonzept nach EN ISO 13790 (ISO, 2008) in Kombination mit dem Gebäudestandard des österreichischen Klimaschutzprogramms klimaaktiv (ambitioniert - AMB). Es werden dabei Gebäudearchetypen sowie bauphysikalische Parameter zur Berechnung des Heizenergiebedarfs für Gebäude aus dem Projekt TABULA verwendet (LOGA, 2016). Szenario 3 wird nach der Präferenz des geringsten Kostenaufwands berechnet (ökonomisch - ECO). Szenario 3, 4 und 5 beinhalten die betrachteten soziodemografischen Faktoren Beschäftigungsverhältnis (JOB), Alter (AGE) und Bildungsstand (EDU). Die untersuchten Attribute werden aus den georeferenzierten Ergebnissen der Simulation entnommen und in QGIS sowie Excel aufbereitet.

Vorgehensweise in der agentenbasierten Simulation:

- Berechnung und Analyse des Status quo (siehe Kapitel 3.2) → Referenzgröße
- Simulation der Stadt Gleisdorf im ABM
  - o Berechnung des dynamischen Agentenverhaltens je Zeitschritt
  - o Zeitschritt: 1 Jahr
  - o Datenexport für 2035 & 2050
- Berechnung von Basisszenarien ohne soziodemographische Einflussgrößen
  - o BAU, AMB, ECO
- Berechnung von erweiterten Szenarien mit soziodemographischen Einflussgrößen
  - o AGE, EDU, JOB
- Datenauswertung und Vergleich

Die Ergebnisse der agentenbasierten Simulation sind räumlich explizit und enthalten die veränderten Attribute der Gebäudeagenten, insbesondere den zukünftigen Heizenergiebedarf (HEB), welcher durch die zukünftige Heizungsanlage gedeckt wird. Aus dieser Kombination werden die zukünftigen CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeleitet.

Abbildung 59 zeigt die prozentuale Verteilung der Heizungsarten in Abhängigkeit von den sechs Entwicklungsszenarien im Vergleich zum Ausgangszustand. Bezogen auf den Startpunkt im Jahr 2018 liefert das JOB-Szenario mit 69,8 % exakt die gleichen Ergebnisse hinsichtlich des Anteils fossiler Brennstoffe. Es hat damit den höchsten Anteil an fossilen Brennstoffen aller drei demografischen Szenarien. Nur für das ECO-Szenario liegt dieser Wert mit 86,8 % deutlich höher. Für alle anderen Szenarien sinkt der Anteil der fossilen Brennstoffe kontinuierlich.

Im AMB-Szenario könnte der Anteil sogar auf unter 8 % gesenkt werden. Dies ist auch das einzige Szenario, das neben dem Ausbau von Fernwärme (30,6 %) und Wärmepumpen (49,9 %) den Anteil der Biomasseheizung von 6,8 % auf 10,2 % erhöhen konnte. Damit ist der Anteil der erneuerbaren Energieträger mit 90,7 % hier am höchsten. Gewinner beim Anteil der erneuerbaren Energieträger ist das AGE-Szenario mit einem Anteil von 68,2 % knapp vor dem EDU-Szenario mit 67,8 %. Das JOB-Szenario zeigt mit 18,6 % die niedrigsten Werte bei erneuerbaren Energien.

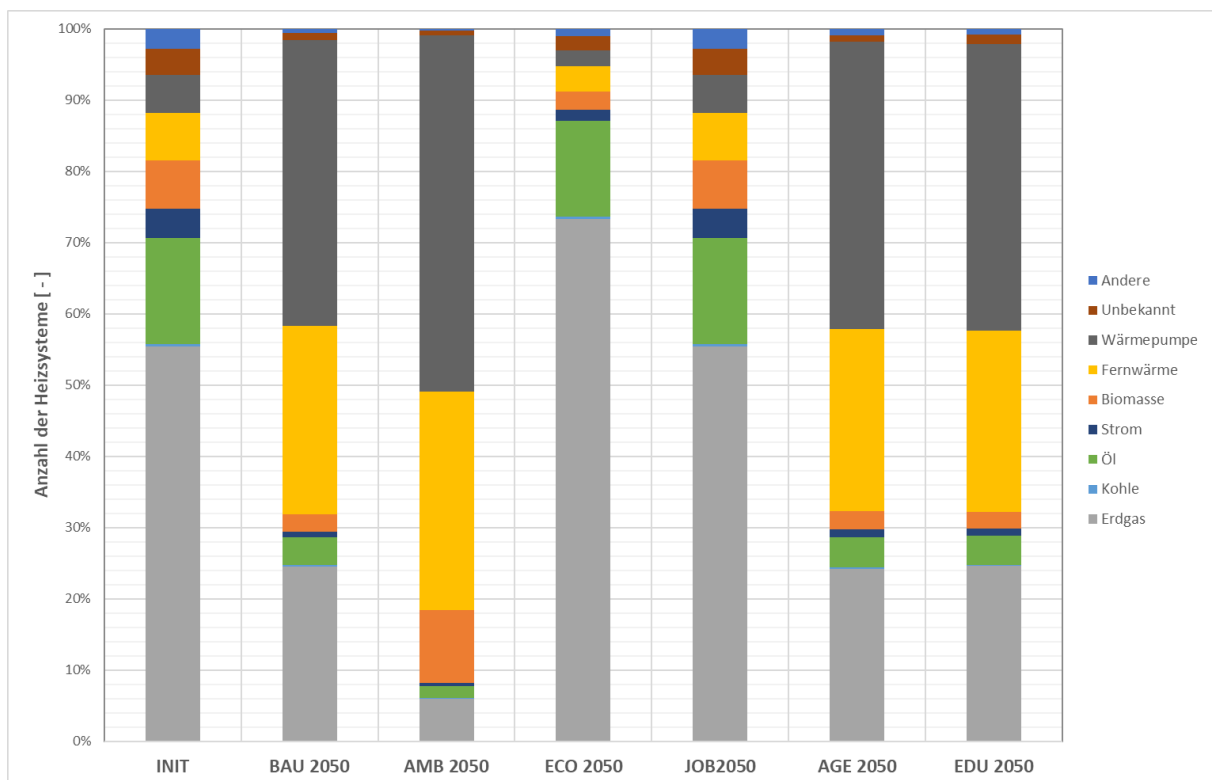


Abbildung 59: Berechnete Aufteilung der Heizungsarten je Szenario für das Jahr 2050, im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 60 zeigt einen Vergleich des berechneten Heizenergiebedarfs (HEB) je Brennstoff für den Ausgangszustand sowie alle Szenarien im Jahr 2050. Es ist deutlich erkennbar, dass der HEB in allen berechneten Szenarien gesenkt werden konnte, wenn auch nur in sehr geringem Umfang im ECO-Szenario. Angeführt vom AMB-Szenario mit einem Jahresbedarf von knapp über 34 GWh pro Jahr und dem BAU-Szenario mit knapp 43 GWh pro Jahr, zeigen sie die besten Ergebnisse für 2050.

Die demografischen Szenarien liegen in der Größenordnung des BAU-Szenarios oder darüber. Auch hier liegt das EDU-Szenario mit knapp 43 GWh pro Jahr an der Spitze.

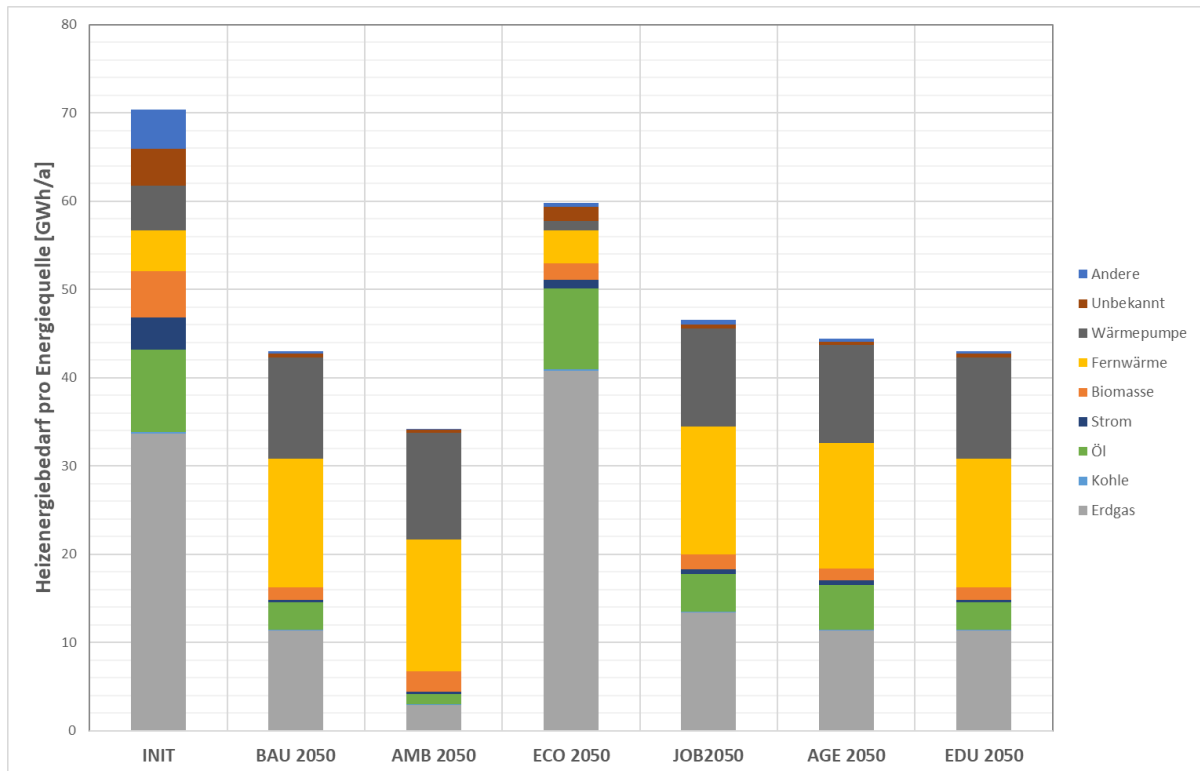


Abbildung 60: Berechneter Heizenergiebedarf je Energiequelle und Szenario für das Jahr 2050 im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

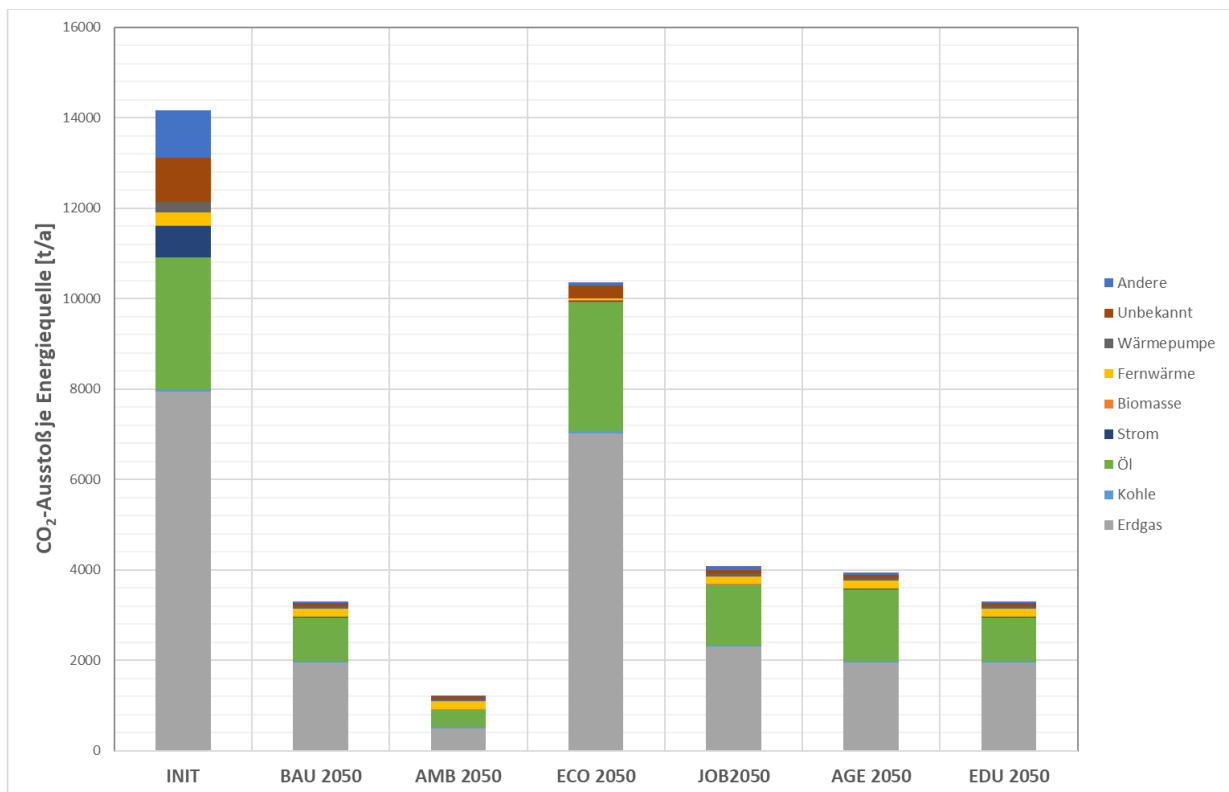


Abbildung 61: Berechneter CO<sub>2</sub>-Ausstoß je Energiequelle und Szenario für das Jahr 2050 im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC)

Was die Verteilung der Brennstoffe über die HEB-Werte betrifft, so ist deutlich zu erkennen, dass der Hauptanteil der fossilen Brennstoffe Gas ist, was im ECO-Szenario besonders deutlich wird. Bei den nachhaltigen Brennstoffen ist die Verteilung zwischen Fernwärme und Wärmepumpen in allen Szenarien annähernd gleich, außer im ECO-Szenario, wo der Anteil der Wärmepumpen geringer ist. Der Anteil der Biomasse ist im Vergleich zu 2018, mit Ausnahme des AMB-Szenarios, für alle anderen Szenarien deutlich geringer. Aber auch hier machen Fernwärme und Wärmepumpen den größten Anteil des HEB aus.

Abbildung 61 zeigt den Vergleich des berechneten jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einschließlich der jeweiligen Verteilung auf die untersuchten Brennstoffe für den Ausgangszustand sowie alle Szenarien im Jahr 2050. Die Auswirkungen von Maßnahmen zum Brennstoffwechsel in Kombination mit Gebäudesanierungen sind hier deutlich zu erkennen. Das ECO-Szenario hat die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit über 10.000 tCO<sub>2</sub> resultierend aus dem hohen Gas-Anteil. Im BAU- und im AMB-Szenario können die CO<sub>2</sub>-Werte deutlich reduziert werden, wofür vor allem der erhöhte Anteil an Fernwärme und Wärmepumpen verantwortlich gemacht werden kann. Die erweiterten Szenarien liegen alle in etwa in der gleichen Größenordnung und wiederum leicht über den Ergebnissen des BAU-Szenarios. Letztlich ist hier das EDU-Szenario das Beste. Hier ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit 3.300 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr am geringsten, liegt aber immer noch über den Werten des AMB-Szenarios.

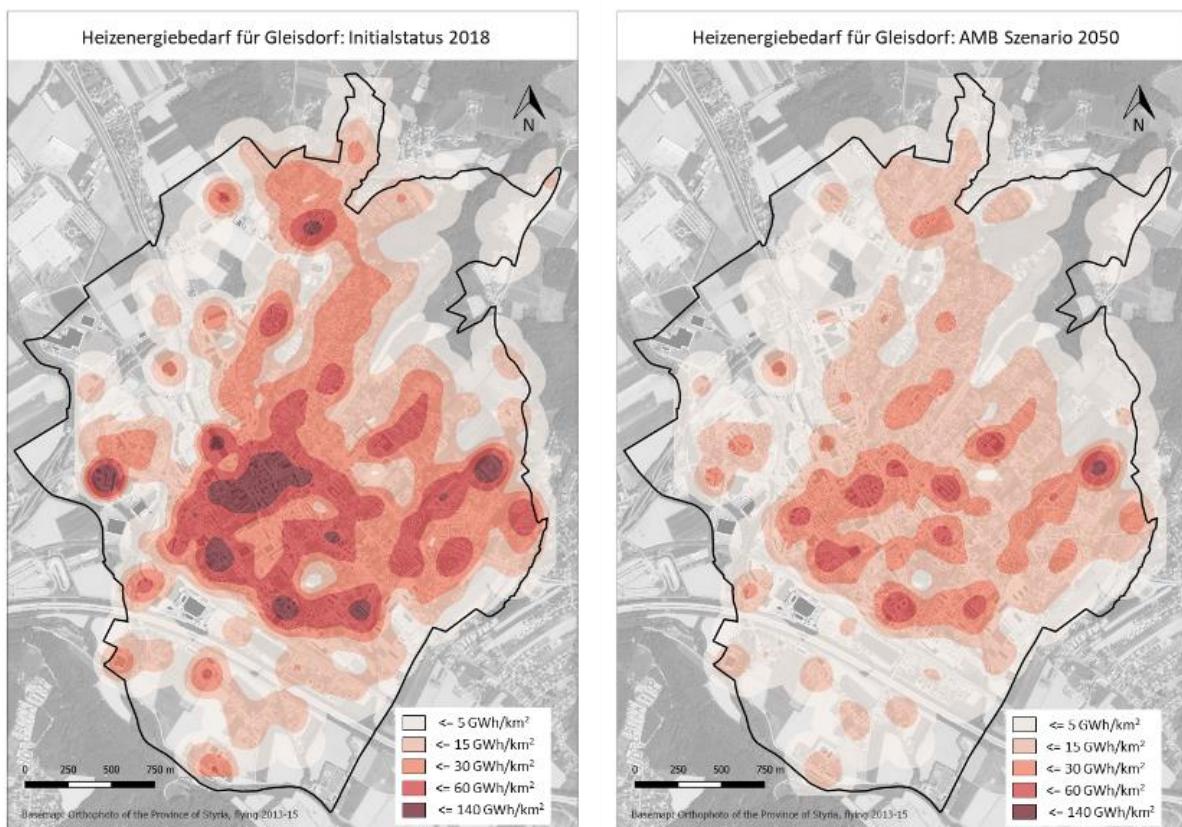
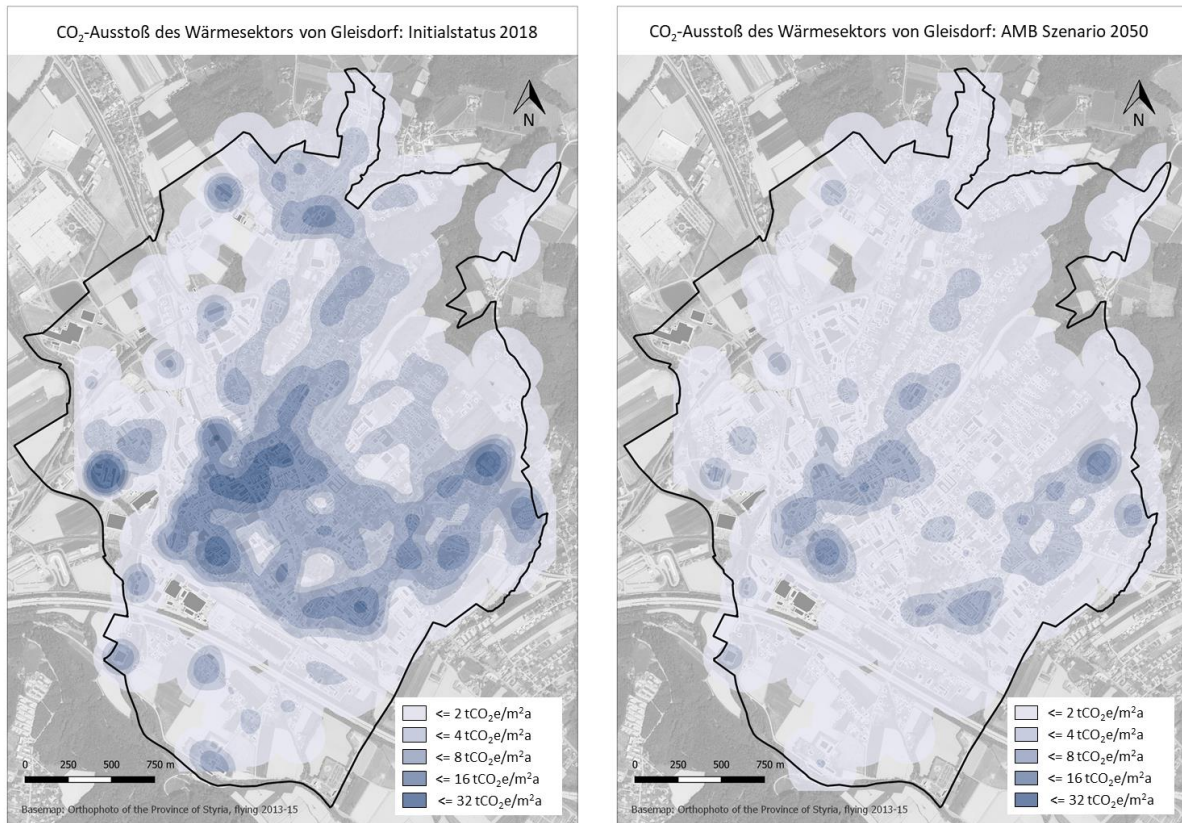


Abbildung 62: Wärmedichtekarte (HEB) für die Stadt Gleisdorf im Initialstatus (links) und dem Ambitionierten Szenario für das Jahr 2050 (rechts), im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15)

Abbildung 62 und Abbildung 63 zeigen die räumliche Verteilungsintensität von Heizenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Initialzustand sowie im Ambitionierten Szenario für das Jahr 2050. Im Stadtzentrum sowie in den Industrie- und Gewerbegebieten nimmt die HEB-Dichte stark zu.



Im Nordosten, wo der Großteil der Gebäude aus Einfamilienhäusern besteht, ist eine durchschnittliche HEB-Verteilung von 15 bis 60 GWh/km<sup>2</sup> gegeben. Ebenso ist die Verteilung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Stadtzentrum stärker agglomeriert, da der Anteil der mit Gas und anderen fossilen Brennstoffen beheizten Gebäude hier hoch ist. Im Großen und Ganzen korrelieren die Verteilungen von HEB und CO<sub>2</sub> in fast allen Bereichen des Untersuchungsgebiets.



*Abbildung 63: CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Wärmesektors für die Stadt Gleisdorf im Initialstatus (links) und dem Ambitionierten Szenario für das Jahr 2050 (rechts), im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15)*

## 5. Umsetzungsfahrpläne

Aus den Ergebnissen der Energieraumplanung lassen sich wichtige Erkenntnisse für die langfristige Stadtplanung ableiten, welche wiederum für Investoren und Energieversorger von Bedeutung sind. Sie könnten zukünftig die räumliche Eignung einer Energieversorgungsoption mit weiteren Kriterien wie Nachhaltigkeit oder Kosten kombinieren und zielgerichtet Entscheidungen für geeignete Energieversorgungssysteme, Förderinstrumente oder Flächenwidmungen treffen. Hierdurch findet das Thema Energieraumplanung mehr und mehr Gehör bei den zuständigen Entscheidungsträgern, so dass eine landes- und bundesweite Ausrollung auch politisch unterstützt wird.

Im Rahmen dieses Projekts wurden Umsetzungsfahrpläne für den Stadtteil Schallmoos, ein Quartier und einzelne Bauvorhaben sowie den zukünftigen Ausbau der Fernwärmeversorgung in Gleisdorf erarbeitet. Ziel war, Hilfestellungen zu erarbeiten, wie die derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich gesenkt und dadurch ein wesentlicher Beitrag zur Bewältigung der energie- und klimapolitischen Herausforderungen unserer Zeit geleistet werden kann. Die Fahrpläne sprechen unterschiedliche Zielgruppen an (Entscheidungsträger in der Stadtpolitik, Stadtteilmanager, Projektentwickler, Investoren, Energieversorger, etc.) und sind lang-, mittel- oder kurzfristig angelegt. Der Umsetzungsfahrplan für den Stadtteil Schallmoos ist darauf ausgerichtet, durch strategische Maßnahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stadtteil langfristig zu senken und richtet sich an verschiedene Akteure der Stadtverwaltung bzw. den/die StadtteilmanagerIn. In Gleisdorf wurden die Tätigkeiten von Salzburg Schallmoos als Vorbild herangezogen. Die Umsetzungen fokussieren hier auf die Erweiterung der Fernwärmeversorgung sowie zukünftige Gebäudesanierungen.

### 5.1. Implementierungsstand Energieraumplanung

In der Stadt **Salzburg** ist Energieraumplanung schon seit Jahren nicht nur ein Schlagwort, sondern ein lebendiges Tätigkeitsfeld. Unabhängig davon, besteht auch heute noch Optimierungspotential, wenn es darum geht, Energiestrategien auf kommunaler Ebene im Gleichschritt mit den städtebaulichen Entwicklungen erfolgreich zu implementieren. Nicht umsonst ist deshalb die Einführung von Energieraumplanung als primäres Ziel im Masterplan 2025 der Stadt Salzburg angeführt. Der aktuelle Status quo in diesem Bereich (Stand: Winter 2017/2018) wurde mittels eines ExpertInneninterviews mit den Stakeholdern der Smart City Salzburg erhoben. Grundlage für die Interviews bildete dabei das im Rahmen des Projekt Annex 63 (Mair am Tinkhof & Bischof, 2018) entwickelte Bewertungstool, in welchem das Bewusstsein, die vorhandenen Fähigkeiten/Wissen/Ressourcen sowie die Häufigkeit, Qualität und Effizienz der Umsetzung von neun zentralen Handlungsfeldern abgefragt wurde (Strasser, Mair am Tinkhof, & Bischof, 2018). Das Ergebnis aus diesem Befragungsprozess ist in der Tabelle 22 zusammengefasst (1 ... sehr gut; 5 ... nicht zufriedenstellend).

Tabelle 22: Ergebnis der ExpertInneninterviews für Salzburg Schallmoos (Quelle: SIR)

Status Quo	Visionen und Ziele setzen	Strategie entwickeln	Rechtliche Rahmenbedingungen vollständig ausnutzen	Städtebauliche Wettbewerbe gestalten	Tools zur Entscheidungsfindung nutzen	Monitoring des Energieverbrauchs / THG-Emissionen durchführen	Stakeholder Engagement & Beteiligung	Sozio-ökonomische Kriterien einbeziehen	Effektive und effiziente organisatorische Prozesse implementieren	Durchschnitt
Bewusstsein	1	2	2	4	2	2	1	3	2	2,1
Verfügbare Fähigkeiten / Wissen / Ressourcen	2	2	1	3	2	2	1	2	1	1,8
Regelmäßige Anwendung	1	2	2	3	1	3	3	4	1	2,2
Qualität der Anwendung	2	3	3	5	1	3	3	3	1	2,7
Effizienz der Anwendung	2	1	4	4	4	3	2	4	1	2,8
Durchschnitt	1,6	2,0	2,4	3,8	2,0	2,6	2,0	3,2	1,2	2,3

Grundsätzlich zeigt sich, dass in einzelnen Handlungsfeldern, wie z.B. der Gestaltung von städtebaulichen Wettbewerben und der Einbeziehung von sozioökonomischen Kriterien, aktuell noch ein relativ hoher Handlungsbedarf besteht. In anderen Handlungsfeldern wie z.B. der Zielsetzung und der Einführung von Prozessen ist man hingegen schon recht weit. Grundsätzlich ist aber anzumerken, dass zukünftig auch in den derzeit relativ gut bewerteten Handlungsfeldern eine ständige Weiterentwicklung erforderlich ist. Wie dies erfolgen kann, wird im Kapitel 5.3 beschrieben.

Auch in **Gleisdorf** erfolgte die Abstimmung von Stadtentwicklungskonzept und Flächenwidmungsplan mit der räumlichen Energieplanung, wenngleich dieses Thema in der Stadtgemeinde noch ein vergleichsweise junges ist. Mit der Erarbeitung des Stadtentwicklungskonzepts 1.00 (Reissner & Dokter, 2018) wurde eine erste Grundlage für die klimaschutzorientierte Entwicklung der Stadt gelegt, siehe dazu Kapitel 4.2.1. In weiterer Folge wurde nach der Initiative der Steirischen Landesregierung<sup>26</sup> ein Sachbereichskonzept Energie (Reissner, Neubauer, & Mauthner, 2019) erarbeitet, welches als Zusatz zum Stadtentwicklungskonzept den Bereich der nachhaltigen Energieversorgung und Mobilität zum Inhalt hat. Die Vorarbeiten aus Projekt EnergyCityConcepts spielten dabei eine zentrale Rolle.

In Rahmen eines Expertenworkshops mit Stakeholdern der Gemeinde wurde in Gleisdorf ebenfalls mit Hilfe des in Salzburg verwendeten Bewertungstools eine Erhebung des aktuellen Implementierungsstandes der Energieraumplanung durchgeführt. Das Ergebnis daraus ist in Tabelle 23 dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass das Bewusstsein zu unterschiedlichen Bereichen der Energieraumplanung bereits gut ausgeprägt ist. Auch Wissen und Ressourcen sind zum größten Teil vorhanden. Bei der Anwendung und Umsetzung ist noch Aufholbedarf zu erkennen. Da das Thema Energieraumplanung in Gleisdorf noch vergleichsweise neu ist, wurden über das Stadtentwicklungskonzept Visionen und Strategien entwickelt sowie Experten und Stakeholder in den Prozess eingebunden. Die erarbeitete Strategie spiegelt sich in aktuell gestarteten und laufenden Projekten wider, wodurch die noch nicht so gut entwickelten Bereiche zukünftig weiter verbessert werden. Aus dem Stakeholderworkshop wurde auch klar ersichtlich, dass in der Gemeinde große Motivation vorhanden ist, die notwendigen nachhaltigen Maßnahmen für eine zukunftsfähige Energieversorgung zu ergreifen. In den Bereichen, wo ein direkter Zugriff (z.B. über die Stadtwerke) besteht und auch die gesetzlichen Grundlagen vorhanden sind, wird bereits umfangreich gearbeitet. Schwierigkeiten bestehen bei Bereichen, in denen nicht direkt mitbestimmt werden kann – zum Beispiel die bestehende Versorgung mit Erdgas, welche durch die Energie Steiermark durchgeführt wird oder die fehlende Gesetzeslage, um eine Anschlussverpflichtung and die Fernwärme außerhalb der Wohnbauförderung umzusetzen.

---

<sup>26</sup> Energieraumplanung; Eine Förderung für die Umsetzung in steirischen Gemeinden <http://www.ich-tus.steiermark.at/cms/beitrag/12671775/145710274/>

Tabelle 23: Ergebnis Stakeholderworkshop Gleisdorf (Quelle: SIR)

Status Quo	Visionen und Ziele setzen	Strategie entwickeln	Rechtliche Rahmenbedingungen vollständig ausnutzen	Städtebauliche Wettbewerbe gestalten	Tools zur Entscheidungsfindung nutzen	Monitoring des Energieverbrauchs / THG-Emissionen durchführen	Stakeholder Engagement & Beteiligung	Sozio-ökonomische Kriterien einbeziehen	Effektive und effiziente organisatorische Prozesse implementieren	Durchschnitt
<b>Bewusstsein</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0
<b>Verfügbare Fähigkeiten / Wissen / Ressourcen</b>	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1,3
<b>Regelmäßige Anwendung</b>	2	2	2	2	1	2	1	3	1	1,8
<b>Qualität der Anwendung</b>	3	2	2	2	2	4	1	4	1	2,3
<b>Effizienz der Anwendung</b>	3	2	2	2	1	2,5	1	4	1	2,1
<b>Durchschnitt</b>	2,0	2,2	1,6	1,8	1,2	2,1	1,0	2,6	1,0	1,7

## 5.2. Wege zur Emissionsreduktion

Die durchgeführten Berechnungen / Simulationen haben gezeigt, dass die THG-Emissionen im Stadtteil Schallmoos bis zum Jahr 2050 um bis zu 73 % im Vergleich zum Jahr 2014 gesenkt werden könnten und dadurch das Projektziel, nämlich die klimaverträgliche Energieversorgung des Stadtteils Schallmoos, theoretisch erreicht werden könnte.

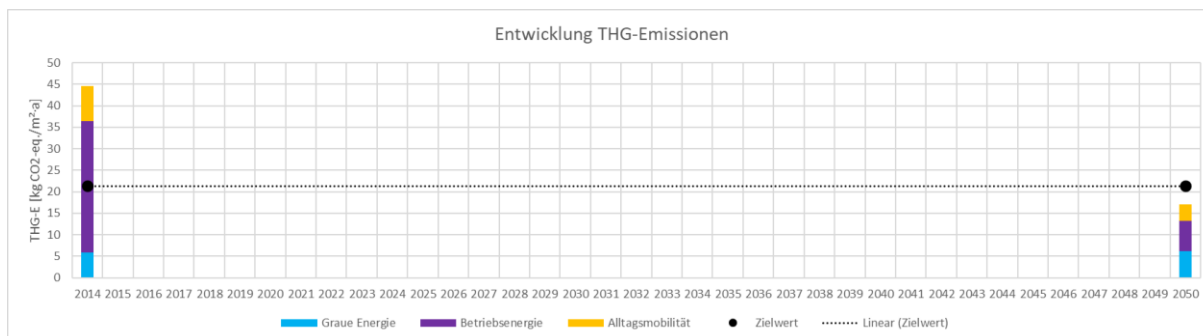


Abbildung 64: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im Stadtteil Schallmoos unter der Annahme, dass das Szenario Erneuerbare Energie und Energieeffizienz umgesetzt wird

Grundsätzlich wurde angenommen, dass im selben Zeitraum die Energiebezugsfläche und Personenanzahl um bis zu 20 % zunimmt. Wie in der Tabelle 24 dargestellt, wird der personenbezogene Zielwert nicht eingehalten, da vor allem im Nicht-Wohnbereich die angenommene/derzeitige Personenbelegung von 35 m<sup>2</sup> pro Person deutlich über dem geforderten Zielwert von 5 m<sup>2</sup> pro Person für Bürogebäude liegt, welche in einer vereinfachten Annahme für alle Nicht-Wohngebäude angenommen wurde. Aus diesem Grund lässt sich durch den Vergleich der personenbezogenen Werte keine fehler-tolerante Abschätzung der Zielerreichung durchführen, ohne detaillierte Informationen zur Nutzungs- bzw. Beschäftigungsentwicklung zu generieren bzw. ohne weitere Zielwerte auch für andere Nutzungskategorie zu erarbeiten. Deshalb erfolgt die Nachweisführung mit Hilfe der flächenbezogenen Werte.

Tabelle 24: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im Stadtteil Schallmoos (Quelle: SIR, 2018)

Parameter	Ausgangslage 2014	Zielwert 2050	Projektwert 2050
CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg pro Person und Jahr	1.563	383	596
CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg pro m <sup>2</sup> und Jahr	45	21	17

## 5.3. Umsetzungsfahrpläne für Salzburg Schallmoos

Welche Maßnahmen gesetzt werden müssen, um die in Kapitel 4.1 beschriebenen Entwicklungen zu erreichen, wurde im Umsetzungsfahrplan für den Stadtteil Schallmoos festgehalten. Dieser ist darauf ausgerichtet, durch strategische Maßnahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stadtteil langfristig zu senken. Er richtet sich an verschiedene Akteure der Stadtverwaltung bzw. den/die Stadtteilmanager. Die Eckpunkte werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

### Handlungsfeld Graue Energie der Baustoffe

Es wurde davon ausgegangen, dass die Bestandsgebäude zu einem Großteil in Massivbauweise errichtet sind. Geht man davon aus, dass zukünftig zumindest die Wohngebäude in Holzmassivbauweise errichtet werden, würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um rund 5 % – im Vergleich zum Jahr 2014 – zunehmen. Würde hingegen weiterhin auf Ziegel-Massivbauweise mit EPS Dämmung gesetzt, würde die Steigerung 7,5 % betragen. Die Ergebnisse sind als Größenordnung zu verstehen. Weitere Präzisierungen sollten im Rahmen eines Folgeprojektes eruiert werden. Um den beschriebenen Effekt im Bereich der Grauen Energie zu erzielen, sollte – so wie im Entwurf der 3+3 Smart City Salzburg<sup>27</sup> Ziele für die Quartiersentwicklung beschrieben – zukünftig neben der Architektur/Funktionalität der Gebäude auch die Optimierung der Grauen Energie im Gesamtkonzept und Prüfung der Potentiale für die Bauteilaktivierung/Speicherung geprüft werden. Diese Themen werden derzeit in der Bauordnung, Förderung und entsprechenden Qualitätssicherungsinstrumenten (z.B. klimaaktiv Deklaration von Gebäuden bzw. Quartieren) teilweise schon berücksichtigt.

### Handlungsfeld Alltagsmobilität

Grundsätzlich sind in der Stadt Salzburg im Schnitt Emissionen in Höhe von rund 17 kg/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> und Jahr alleine durch die Alltagsmobilität zu erwarten. Aufgrund der Nähe zu Arbeitsplatzzentren, der kleinstädtischen Siedlungsdichte und der Nähe zu Bus- und Zughaltestellen, kann für Schallmoos von rund 50 % geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen – im Vergleich zum Stadt-Schnitt – ausgegangen werden. Diese Aussage wird durch die hohe Dichte an Haltestellen und hochrangigen ÖV-Güteklassen untermauert. Im Szenario 2050 wurde davon ausgegangen, dass auch zukünftig Maßnahmen gesetzt werden, um den Anteil von Fuß-, Rad- und Öffi-Fahrern zu erhöhen und gleichzeitig den Anteil der Pkw-Fahrer zu reduzieren. Im Bereich des motorisierten Individualverkehrs wird davon ausgegangen, dass zukünftig vermehrt Elektrofahrzeuge im Einsatz sind und in diesem Szenario die THG-Emissionen um bis zu 54 % im Vergleich zum Jahr 2014 gesenkt werden können. Die Ergebnisse sind als Größenordnung zu verstehen. Weitere Präzisierungen sollten im Rahmen eines Folgeprojektes eruiert werden. Um den beschriebenen Effekt im Bereich der Alltagsmobilität zu erzielen, sollten – so wie im Entwurf der 3+3 Smart City Salzburg Ziele für die Quartiersentwicklung beschrieben – zukünftig vermehrt Mobilitätskonzepte erstellt, die Stellplatzverordnung überdacht, der Wohnungskauf vom Stellplatzkauf entkoppelt, alternative Mobilitätsformen gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) bevorzugt und vermehrt Ladeinfrastruktur für e-Mobilität bzw. Sharing-Flächen vorgesehen werden. Diese Themen werden derzeit in der Bauordnung, Förderung und entsprechenden Qualitätssicherungsinstrumenten (z.B. klimaaktiv Deklaration von Gebäuden bzw. Quartieren) teilweise schon berücksichtigt.

### Handlungsfeld Betriebsenergie

Die Betriebsenergie des Gebäudebestandes im Stadtteil Schallmoos wurde im Rahmen des Projekts für jedes Gebäude einzeln simuliert und anschließend aufsummiert. Geht man davon aus, dass der Gebäudebestand bei gleichbleibender Sanierungsrate in einer hohen Qualität saniert und der Neubau bzw. die Nachverdichtung bei gleichbleibender Neubaurate in Passivhausqualität umgesetzt wird, sowie parallel dazu die Energieaufbringung in einer höheren ökologischen Qualität als derzeit umgesetzt wird (Stichwort: Grüne Fernwärme, Grüner Strom, Grünes Gas), können die THG-Emissionen bis zum Jahr 205 um bis zu 73 % im Vergleich zum Jahr 2014 gesenkt werden.

---

<sup>27</sup> Mehr Informationen unter <https://www.smartcities.at/city-projects/smart-cities-en-us/smart-city-salzburg-en-us/>

Um den oben beschriebenen Effekt zu erzielen, sollten – so wie im Entwurf der 3+3 Smart City Salzburg Ziele für die Quartiersentwicklung beschrieben – zukünftig unter anderem die Ergebnisse aus energie-räumlichen Analysen zur Wärmeversorgung und Vor-Ort-Stromerzeugung durch Photovoltaik stärker berücksichtigt werden. Diese Themen werden derzeit in der Bauordnung, Förderung und entsprechenden Qualitätssicherungsinstrumenten (z.B. klimaaktiv Deklaration von Gebäuden bzw. Quartieren) teilweise schon berücksichtigt. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich der Betriebsenergie grundsätzlich folgende zwei Umsetzungsstrategien fokussiert werden sollten:

### **Strategie 1**

Maßnahmen planen/umsetzen/begleiten, welche die gebaute Umwelt betreffen und somit als Zielgruppe Bauträger und EndkundInnen ansprechen.

### **Strategie 2**

Maßnahmen planen/umsetzen/begleiten, welche die Infrastruktur betreffen und somit als Zielgruppe Energieversorger bzw. Energiedienstleister ansprechen.

Aus CO<sub>2</sub>-Sicht ergibt sich somit folgende Prioritätenliste für die strategische Maßnahmenplanung / Umsetzung im Bereich der Betriebsenergie:

- Hochwertige thermische Sanierung des Gebäudebestandes bei gleichzeitigem Ersatz von Öl- und Stromheizungen und Versorgung des Neubaus mit erneuerbaren Energieträgern. Erzielbare Einsparungen (Bilanzsaldo) im Vergleich zum derzeitigen Status quo: 8.764 t CO<sub>2</sub>/a (39 % davon durch Sanierung)
- Ökologisierung des Stromnetzes: Zusätzlich erzielbare Einsparungen im Vergleich zur Maßnahme 1: 5.009 t CO<sub>2</sub>/a (93 % davon durch Haushaltsstrom)
- Ökologisierung der Fernwärme. Zusätzlich erzielbare Einsparungen im Vergleich zur Maßnahme 2: 2.116 t CO<sub>2</sub>/a
- Ökologisierung des Erdgassystems: Zusätzlich erzielbare Einsparungen im Vergleich zur Maßnahme 3: 1.429 t CO<sub>2</sub>/a. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um ein theoretisches Potential handelt. Die Möglichkeiten und Grenzen zur Ökologisierung des Erdgassystems wird aktuell als eigenständiges Thema in verschiedensten Forschungsprojekten behandelt.

In Summe können dadurch im Vergleich der Jahre 2014 und 2050 rund 17.863 t CO<sub>2</sub>/a eingespart werden. Ergänzend zu den oben beschriebenen Maßnahmen, sollte auf jeden Fall die Umsetzung folgender Maßnahmen geprüft werden:

- Optimale Nutzung der Dachflächen durch Installation von Photovoltaik auf allen Dächern von Nicht-Wohngebäuden und Installation von Solarthermie auf Wohngebäuden und Beherbergungsbetrieben zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Zusätzlich erzielbare Einsparungen im Vergleich zur Referenzvariante: 2.053 t CO<sub>2</sub>/a
- Aufbau von Biomasse Mikronetzen: Zusätzlich erzielbare Einsparungen im Vergleich zur Referenzvariante: 2.055 t CO<sub>2</sub>/a



Daraus lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für das Themenfeld Betriebsenergie aus baulicher Sicht ableiten:

*Tabelle 25: Übersicht der Handlungsempfehlungen für das Themenfeld Betriebsenergie aus baulicher Sicht*

<b>Themenfeld</b>	<b>Maßnahme</b>	<b>Zuständigkeit</b>
Visionen und Ziele setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanierungsqualitäten festlegen</li> <li>• Qualität Neubau festlegen</li> <li>• Energie-/Stromerzeugung vor Ort maximieren</li> </ul>	Wohnbauförderung
Strategien entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fokusgebiete Sanierung (abhängig von Baualter, Wärmebedarf, Art des Energieträgers) identifizieren</li> <li>• Sanierungsprojekte initiieren</li> <li>• Neubauaktivitäten als Impuls für Sanierungsaktivitäten nutzen</li> </ul>	StadtteilmanagerIn, Smart City Salzburg
Rechtliche Rahmenbedingungen vollständig ausnutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanierungsbonus nutzen</li> <li>• Förderungen für Solarthermie (Wohngebäude und Beherbergungsbetriebe) und Photovoltaik (Nicht-Wohngebäude) nutzen</li> </ul>	Wohnbauförderung Energieförderung
Städtebauliche Wettbewerbe gestalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimale Dämmstärken</li> <li>• Energie-/Stromerzeugung vor Ort als Kriterium einführen</li> </ul>	Architekturgruppe, Gestaltungsbeirat, Amtssachverständige
Tools zur Entscheidungsfindung nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warmwasserbedarf und Heizwärmebedarf mittels z.B. PHPP realitätsnah berechnen</li> <li>• Kosten-Nutzenanalyse verschiedener Gebäudekonzepte mittels z.B. econcalc bewerten</li> </ul>	Planer, Bauherren
Monitoring des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanz der Stadt laufend aktualisieren</li> </ul>	Smart City Salzburg
Stakeholder Engagement & Beteiligung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauherren und Bewohner sensibilisieren und motivieren, hochwertig zu sanieren</li> <li>• Entscheidung zwischen Solarthermie und Photovoltaik auch aus CO<sub>2</sub>-Sicht treffen</li> </ul>	Energieberatung Salzburg
Sozioökonomische Kriterien einbeziehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komfort und Schimmelproblematik als Auslöser für umfassende Sanierungen inkl. ökologischer Baustoffwahl nutzen</li> </ul>	Energieberatung Salzburg
Effektive und effiziente organisatorische Prozesse implementieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenarbeit mit Energieberatung Salzburg weiter ausbauen</li> </ul>	Smart City Salzburg

Aus Infrastruktursicht ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen (Tabelle 26):

*Tabelle 26: Handlungsempfehlungen für das Themenfeld Betriebsenergie aus Infrastruktursicht*

Themenfeld	Maßnahme	Zuständigkeit
Visionen und Ziele setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichen Anteil EE bei der Energieaufbringung im Stromnetz festlegen</li> <li>• Möglichen Anteil EE bei der Energieaufbringung im Fernwärmenetz festlegen</li> <li>• Möglichen Anteil EE bei der Energieaufbringung im Erdgasnetz festlegen</li> </ul>	Salzburg AG
Strategien entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökostromstrategie erarbeiten</li> <li>• Fernwärmestrategie erarbeiten</li> <li>• Ökogasstrategie erarbeiten</li> </ul>	Salzburg AG in Zusammenarbeit mit Land Salzburg
Rechtliche Rahmenbedingungen vollständig ausnutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu ändernde Rahmenbedingungen festlegen (z.B. Vorrangzonen)</li> </ul>	Salzburg AG in Zusammenarbeit mit Stadt und Land Salzburg
Städtebauliche Wettbewerbe gestalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netztauglichkeit prüfen</li> <li>• Energieraumanalyse durchführen</li> </ul>	Stadt Salzburg, Land Salzburg, Planer
Tools zur Entscheidungsfindung nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeatlas</li> </ul>	Planer, Stadt Salzburg
Monitoring des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanz der Stadt laufend aktualisieren</li> </ul>	Smart City Salzburg in Zusammenarbeit mit Salzburg AG
Stakeholder Engagement & Beteiligung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungsprojekte für Vernetzungs- und Überzeugungsarbeit nutzen</li> </ul>	Salzburg AG, Land Salzburg
Sozioökonomische Kriterien einbeziehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volkswirtschaftliche Berechnungen durchführen</li> </ul>	Land Salzburg
Effektive und effiziente organisatorische Prozesse implementieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdisziplinäre Arbeitsgruppen aufbauen</li> </ul>	Salzburg AG, Stadt Salzburg, Land Salzburg

Auch für das Quartier in der Schallmooser Hauptstraße und Einzelprojekte in Schallmoos wurden Handlungsempfehlungen nach derselben Methodik entwickelt. Diese sind auf Anfrage erhältlich.

### 5.3.1. Erstellung von Handlungsempfehlungen

Im Rahmen dieses Projektes wurden in Salzburg auf Basis vieler Informationen Handlungsempfehlungen für verschiedene Stakeholder erarbeitet. Auch andere Städte sollten überlegen, welches Handlungsfeld für sie von Bedeutung ist und mit welchen Methoden diese Handlungsfelder noch besser abgewickelt werden können. In Salzburg wurden mit dem vorliegenden Projekt folgende Produkte entwickelt:

- Um einen schnellen Einstieg zu schaffen, wurde ein Einseiter entwickelt, in welchem die wesentlichen Informationen aus der Energieraumanalyse zusammengefasst sind. Dieses Paket wird auch als **Energieraumanalyse Small** bezeichnet und richtet sich an Personengruppen, welche sich – aus welchen Gründen auch immer – mit dem Projektgebiet befassen und im Rahmen dieses Quick-Check wissen möchten, wie viele Optionen zur Energieversorgung überhaupt zur Verfügung stehen. Diese Informationen könnten mittelfristig auch zur Nachweisführung des im § 33, Absatz 3 des Salzburger Bautechnikgesetzes geforderten Einsatzes hocheffizienter alternativer Systeme herangezogen werden.
- Detailliertere Informationen zur Energieraumanalyse sind auf Anfrage erhältlich und umfassen beispielsweise die Detailinformationen der Potentiale lokaler Energieträger, ÖV-Gütekategorie und Erstinformationen zur Sozialraumanalyse (falls verfügbar). Dieses Paket wird als **Energieraumanalyse Medium** bezeichnet und richtet sich an Energie- und Stadtplaner, welche vertiefende Informationen als Grundlage für die Projektentwicklung benötigen.
- Für einzelne Projekte gibt es zusätzlich noch Informationen zu CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten ausgewählter Varianten. Dieses Paket wird **Energieraumanalyse Large** genannt und richtet sich an EnergieexpertInnen, welche auf dieser Basis den Entscheidungsfindungsprozess aktiv managen und die Detailplanungen unterstützen können.

#### 5.4. Umsetzungsfahrpläne für Gleisdorf

Ein Resultat aus dem Projekt EnergyCityConcepts ist der angestoßene Prozess zur Energieraumplanung in Gleisdorf. Über die Beteiligung der wichtigsten Stakeholder wie Bürgermeister, Stadtbauamt, Raumplaner und Raumplanungsausschuss, Energieversorger, etc. konnten engagierte Personen für das Thema gewonnen und weiterführende Projekte in unterschiedlichsten Bereichen angestoßen werden. Im Rahmen der Neugestaltung von Energiesystemen wird für Gleisdorf ein Ansatz mit mehreren Richtungen gewählt. Die zukünftige Gestaltung der Fernwärmeversorgung steht hier im Hauptfokus. Zum einen wird über das Sachbereichskonzept Energie als Zusatz zum Stadtentwicklungskonzept ein weiterer Ausbau der Fernwärmetrasse forciert (Reissner, Neubauer, & Mauthner, 2019) und zum anderen wird eine Anschlussverpflichtung über den geförderten Wohnbau hinaus implementiert. Des Weiteren wird der Anteil der erneuerbaren Erzeugung für die Fernwärme weiter gesteigert – unter anderem durch ein Projekt zur Sektorkopplung mit der städtischen Abwasseraufbereitungsanlage und der Integration von Großspeichern<sup>28</sup>. Außerdem wird die Energieeinsparung auf der Endverbraucherseite über die Gebäudesanierung angestrebt, wodurch der Endenergiebedarf reduziert werden soll.

##### Fernwärmeausbau

Für die Stadt Gleisdorf wurden aufbauend auf Wärmedichteanalysen Fernwärmevorranggebiete (Gebiete mit hohen Wärmedichten ohne bereits vorhandene Anbindung zur Fernwärme) identifiziert.

##### Eignungs- und Vorrangzonen für Fernwärmeversorgung im Stadtgebiet

Der strategisch wichtige Schritt der Stadtwerke Gleisdorf, neben dem vorhandenen Gasnetz ein Wärmeleitungsnetz zu installieren, eröffnet neue Möglichkeiten, zunehmend lokal verfügbare und klimafreundliche Energiequellen wie Biomasse, solare Einstrahlung, oberflächennahe Geothermie oder Abwärme für eine nachhaltige städtische Wärmeversorgung zu nutzen.

---

<sup>28</sup> Projekt Thermaflex: <https://www.aee-intec.at/thermaflex-thermal-demand-and-supply-as-flexible-elements-of-future-sustainable-energy-systems-p238>

Mittel- und langfristig gibt es seitens der Stadtwerke Gleisdorf GmbH konkrete Pläne, das Fernwärmeversorgungsgebiet auszubauen und Netzverdichtungen an bestehenden Trassen konsequent zu verfolgen. Im Stadtentwicklungskonzept 1.00 der Gemeinde (Reissner & Dokter, 2018) werden konkrete energieraumplanerische Festlegungen getroffen, um diesbezüglich Planungs- und Umsetzungsschritte voranzutreiben.

Konkret erfolgt die Ausweisung von Zonierungsplänen zur Verortung von Eignungs- und Prüfgebieten für konventionelle Nah- und Fernwärme (Zone A - Wärmeverbund-Vorranggebiet), Eignungs- und Prüfgebiet für Niedertemperatur Nah- und Fernwärme (Zone B - Wärmeverbund-Eignungsgebiet) sowie von Gebieten, die sich aufgrund der bestehenden Siedlungsstrukturen und geringen Wärmenachfragedichten besser für eine dezentrale Wärmeversorgung eignen (Zone C).

- Zone A: Eignungs- und Prüfgebiet für konventionelle Nah- und Fernwärme
- Zone B: Eignungs- und Prüfgebiet für Niedertemperatur Nah- und Fernwärme
- Zone C: Gebiet mit Eignung für dezentrale Wärmeversorgung

Basis für die Ausweisung der Zonierungspläne ist die vorgestellte gebäudescharfe bzw. adressgenaue Schätzung des Heizenergiebedarfes (Endenergie) für den Wohn- und Nichtwohngebäudesektor (ohne Industrie und produzierendes Gewerbe). Zentrales Ergebnis daraus ist die sogenannte Wärmedichtekarte.

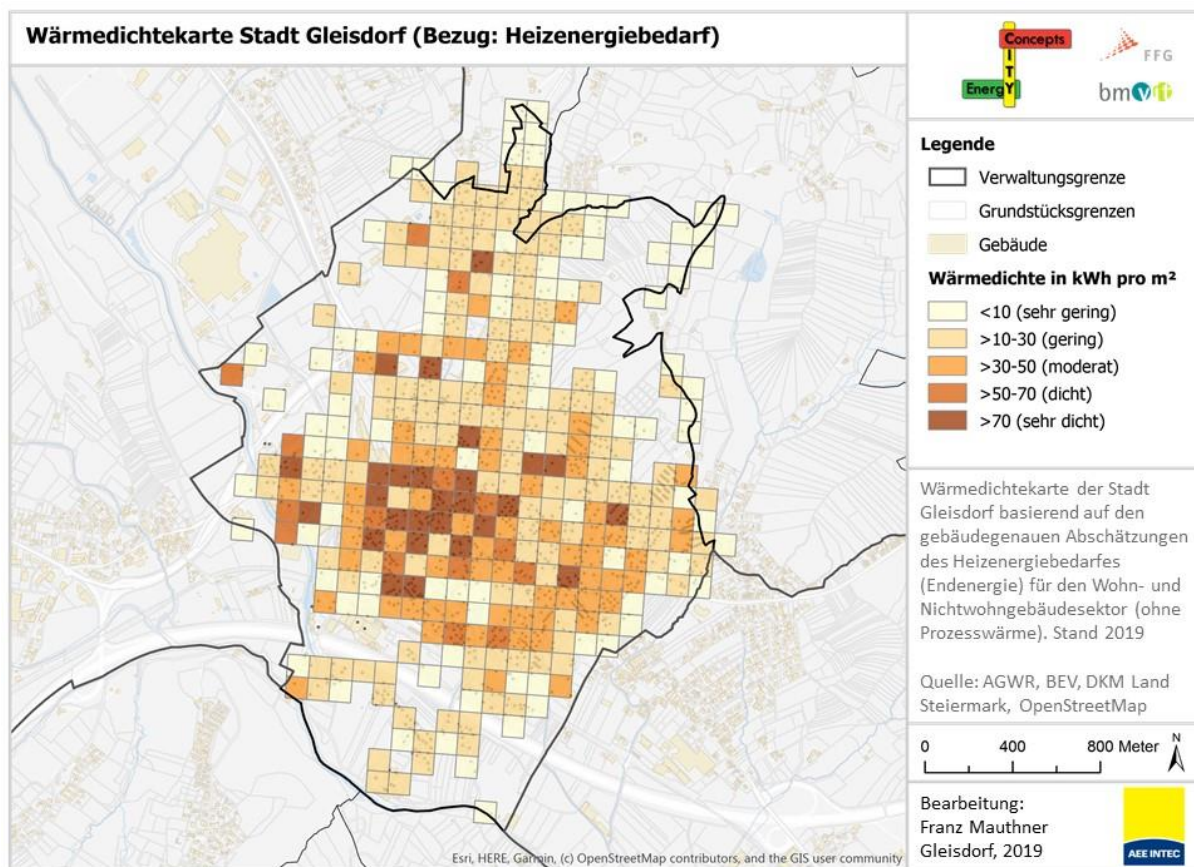


Abbildung 65: Wärmedichtekarte Stadt Gleisdorf (ohne Industrie und produzierendes Gewerbe); Auflösung: 100 m x 100 m (=1 Hektar); Energie-Bezugsgröße: Heizenergiebedarf (Endenergie)  
Methodenansatz Geoinformation, Datenstand 2019 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: OpenStreetMap)

Die adressgenau ermittelten und auf Hektar-Raster aggregierten Wärmedichten dienen neben der Lage des vorhandenen Fernwärmenetzes als räumlicher Indikator für die Erstellung der nachfolgend erläuterten Pläne der Zonen A, B und C. Die Einteilung der Wärmebedarfsdichten erfolgt nach den Klassen sehr dicht, dicht, mäßig, gering und sehr gering gemäß folgender Tabelle 27:

*Tabelle 27: Klassifizierung von Wärmebedarfsdichten; abgeleitet aus (Nussbaumer et al., 2018, S.105) und (Persson et al., 2017, S. 96)*

$q_D$ in kWh/m <sup>2</sup> ·a	Klasse	Beschreibung
0	-	kein Wärmebedarf
$0 < q_D < 10$	sehr gering	dezentrale Wärmeversorgung
$10 \leq q_D < 30$	gering	Prüfzone: Niedertemperatur Wärmeverbund
$30 \leq q_D < 50$	moderat	Eignungszone: Niedertemperatur Wärmeverbund
$50 \leq q_D < 70$	dicht	Prüfzone: konventionelle Nah- und Fernwärme
$q_D \geq 70$	sehr dicht	Eignungszone: konventionelle Nah- und Fernwärme

Für die Ausweisung der Eignungszonen werden Gebiete ähnlicher Wärmebedarfsdichte geclustert und als zusammenhängende Flächen / Zonen dargestellt (Zonen A, B und C):

#### **Zone A (Wärmenetz-Vorranggebiet)**

Für die Ermittlung der Zone A werden die Rasterzellen mit einer Wärmedichte  $\geq 50$  kWh/m<sup>2</sup>a inkl. aller angrenzenden Rasterzellen mit Wärmedichte  $\geq 10$  kWh/m<sup>2</sup>a zusammengeführt. Zusätzlich werden jene Zellen hinzugerechnet, die sich in unmittelbarer Nähe (Abstand von  $\leq 50$  m) des bestehenden und für den Zeithorizont bis 2020 avisierten Wärmeleitungsnetzes der Stadtwerke Gleisdorf GmbH befinden. Als Zone A Vorranggebiete sind jene Gebiete zu verstehen, die sich für konventionelle Fernwärmeversorgung eignen bzw. die Eignung bei Bau- und Sanierungsvorhaben jedenfalls zu prüfen und bei positiver Prüfung auch zu bevorzugen ist.

#### **Zone B (Wärmenetz-Eignungsgebiet)**

Für die Ermittlung der Zone B werden die Rasterzellen mit einer Wärmedichte  $\geq 10$  kWh/m<sup>2</sup>a inkl. aller angrenzenden Rasterzellen mit Wärmedichte  $> 0$  kWh/m<sup>2</sup>a zusammengeführt. Als Zone B Eignungsgebiete sind jene Gebiete zu verstehen, die sich aufgrund der geringeren Wärmebedarfsdichten sowohl für eine dezentrale Wärmeversorgung eignen als auch für Niedertemperatur-Wärmeverbünde, beispielsweise bei der Planung von Neubausiedlungen. Eine entsprechende Alternativenprüfung im Zuge der Planung des heizungstechnischen Systems, insbesondere bei Neubauprojekten großvolumiger Baukörper, wird empfohlen.

#### **Zone C (Gebiet mit dezentraler Energieversorgung)**

Für die Ermittlung der Zone C werden alle Rasterzellen mit einer Wärmedichte  $< 10$  kWh/m<sup>2</sup>a zusammengefasst, die sich außerhalb der Zonen A und B befinden. In Zone C werden Gebiete außerhalb zusammenhängender städtischer Bereiche mit entsprechend geringen Wärmebedarfsdichten zusammengefasst. Bei Neubau- und Sanierungsvorhaben in den ausgewiesenen Bereichen kann eine klimafreundliche Wärmeversorgung durch Forcierung von Biomasse- und Wärmepumpenheizungen (ggf. in Kombination mit Solarthermie oder PV) für Einzelgebäude oder Gebäudeverbünde erreicht werden. Jedenfalls sollten im Sinne einer klimafreundlichen Wärmeversorgung der Zukunft fossile Wärmeversorgungslösungen nicht bevorzugt eingesetzt werden.

Nachfolgende Abbildung 66 zeigt die Wärmenetz-Vorranggebiete (Zone A, pink), Eignungsgebiete (Zone B, blau) und Gebiete dezentraler Wärmeversorgung (Zone C, grün) entsprechend der vorgestellten Festlegungen für die Stadt Gleisdorf.

Die dargestellte Zone A (Vorrangzone) ist in dieser finalen Ausführung des Zonierungsplanes nicht nur von den modellierten Wärmebedarfsdichten je 100 Meter Rasterzelle abhängig, sondern es wird auch berücksichtigt, dass sich insbesondere Gebiete in unmittelbarer Nähe bestehender (und kurzfristig geplanter) Fernwärmetrassen für eine Fernwärmeversorgung eignen. Als Nähe-Kriterium wurde ein 50 Meter Buffer um die dargestellte Trasse gewählt und alle Rasterzellen mit Überschneidungen mit diesem Buffer wurden der Zone A zusätzlich hinzugerechnet.

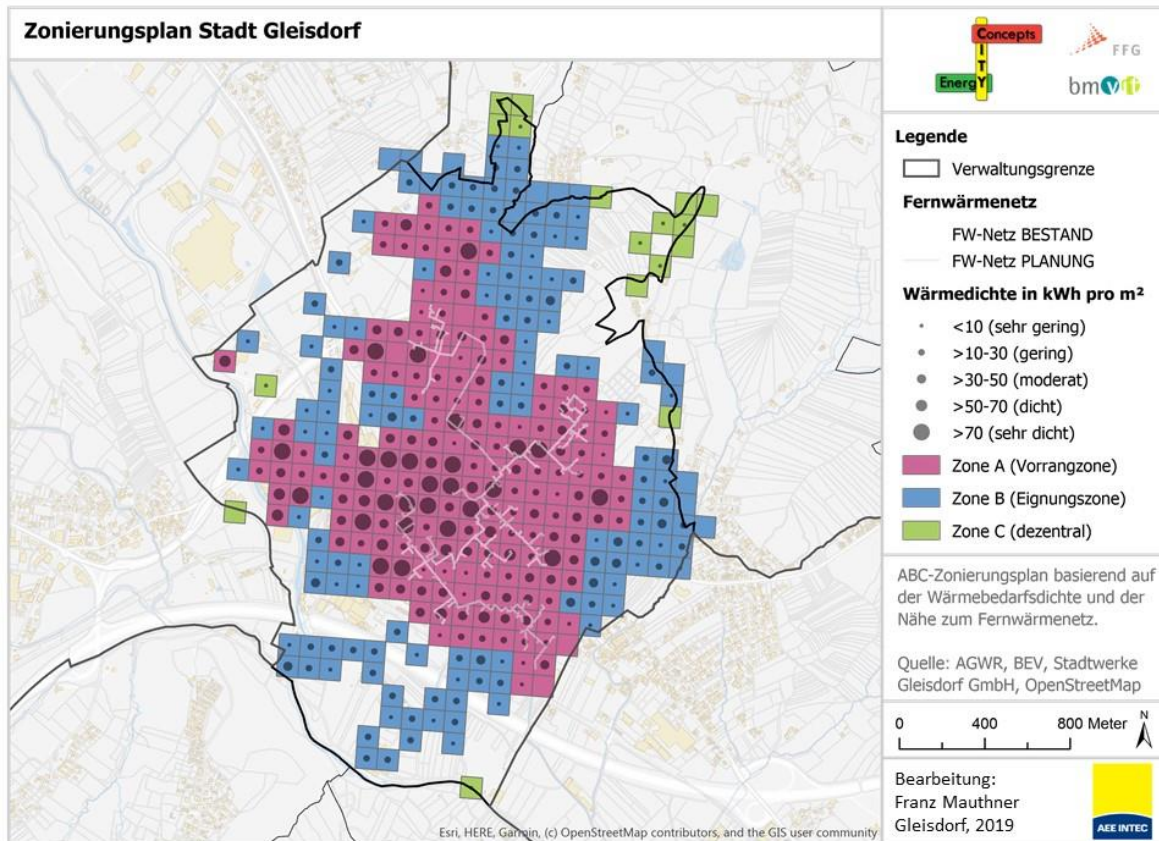


Abbildung 66: Zonierungsplan Stadt Gleisdorf überlagert mit der bestehenden Fernwärmetrasse inkl. dem kurzfristig geplanten Ausbau. Für diesen finalen Zonierungsplan wird neben dem Kriterium Wärmedichte auch das Kriterium der Nähe (50 Meter Buffer) zur bestehenden und kurzfristig geplanten Fernwärmetrasse berücksichtigt.

Methodenansatz Geoinformation, Datenstand 2019 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: OpenStreetMap)

Neben der Wärmebedarfsdichte und der Nähe zu bestehenden Nah- und Fernwärmetrassen gibt es natürlich noch weitere Kriterien, die einer netzgebundenen Wärmeversorgung förderlich bzw. hinderlich sein können. Für weiterführende Machbarkeitsanalysen und konkrete Planungen sollten auch noch folgende weitere Kriterien mitberücksichtigt werden:

- Einfamilienhausgebiete sind aufgrund der geringen Wärmebezugsdichten in der Regel nicht interessant für konventionelle Fernwärmeversorgung.
- Interessante Gebiete sind Mehrfamilienhausgebiete, Dorf- oder Stadtkerne oder Zonen mit verdichteter Bauweise (städtische Gebiete).
- Die Wirtschaftlichkeit eines Fernwärmenetzes kann verbessert werden, wenn die in den Zonen oder nahegelegene Großabnehmer eingebunden werden können.

- Ein Fernwärmenetz für nur einen Großabnehmer ist nur dann interessant, wenn die umliegenden Gebiete eine hohe Wärmebezugsdichte aufweisen.
- Großabnehmer sollen über ein Fernwärmenetz verbunden werden, wenn sie örtlich nahe beisammen sind.

### Gebäudesanierungen

Laut (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014) besteht das höchste Energiesparpotenzial im Wohnbereich in Österreich für ältere Gebäude, speziell für jene, die zwischen 1960 und 1979 erbaut wurden. Zusätzlich wurde in Kapitel 3.2.3 auf die Ökobilanz des Wohnsektors in Gleisdorf eingegangen. Dabei wurde gezeigt, dass die Gebäude mit Baujahr 1945 bis 1980 47 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen und somit das höchste Einsparpotenzial im Wohnsektor aufweisen. In Bezug auf die Sanierung der Gebäudehülle ist daher derzeit ein großes Energiesparpotenzial für Gleisdorf gegeben. Dieser Ansatz mit einem Fokus auf die Gebäudeebene ist aufgrund der aktuellen Merkmale des lokalen Gebäudebestandes von großer Bedeutung. Es wird erwartet, dass 50 % des derzeitigen Gebäudebestandes in den nächsten 30 Jahren noch genutzt werden. In Europa wurden vor 40 Jahren 50 % des Gebäudebestands gebaut, als der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden keine oder nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt wurde, die Entwicklung effizienter Technologien noch in einem frühen Stadium war, Maßnahmen zur Energieeinsparung häufig nicht durchgeführt wurden und der Energiesektor von einem zentralisierten Sektor auf der Grundlage fossiler Brennstoffe dominiert wurde (European Commission, 2016). Vor diesem Hintergrund fehlt es einem hohen Anteil des aktuellen Gebäudebestandes an geeigneten Dämmmaßnahmen sowie energieeffizienten Technologien, was zu einem erhöhten Energiebedarf des aktuellen Gebäudebestandes führt. Daher haben Strategien zur Sanierung des Gebäudebestands in der nachhaltigen Agenda der Stadt Gleisdorf eine hohe Priorität. Abbildung 67 zeigt die angenommene Veränderung der Wärmebedarfsdichte aufgrund von Gebäudesanierungen in Gleisdorf (Reissner, Neubauer, & Mauthner, 2019).



Abbildung 67: Wärmebedarfsdichte IST (links) und künftig (rechts) im Stadtgebiet Gleisdorf; Quelle: GIS Stmk<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Digitaler Atlas der Steiermark, <http://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/beitrag/12652192/141979637/>

Weitere Projektergebnisse sind konkrete Maßnahmenfahrpläne und Vorschläge für rechtlich verbindliche Vorgaben, um die räumliche Energieplanung in den rechtlich verbindlichen Instrumenten der Raumplanung zu verankern. Parallel wurden Standards für die Erstellung von GIS-basierten Wärme- und Potentialkarten definiert, damit diese in Folge an die öffentliche Geodateninfrastruktur („Open Government Data“) und an die jeweils geeignete Verwaltungsebene (Stadt, Bundesland, Bund) andocken können.

## **6. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen**

Das übergeordnete Ziel des Projektes bestand darin, den langfristigen Nutzen und Mehrwert einer integralen Energieraumplanung aufzuzeigen. Dies wurde am Beispiel der beiden Modellregionen Salzburg/Schallmoos, als Beispiel eines Stadtteils und Gleisdorf, als Beispiel einer Kleinstadt, praktisch erprobt. Dabei wurden sowohl technische Fragestellungen (Entwicklung von Tools und Methoden zur zeitlichen und räumlichen Analyse von Energiesystemen) als auch nicht-technische Aspekte der Energieraumplanung (Kommunikation, Organisation, Entscheidungsfindung) bearbeitet, deren Resultate die Grundlagen für eine Weiterentwicklung und Implementierung der Energieraumplanung in Österreich bilden. Das Projekt EnergyCityConcepts hat hierdurch einen wichtigen Beitrag dazu geleistet, im Sinne einer ganzheitlichen Energieraumplanung unterschiedliche technische und sozialwissenschaftliche Disziplinen näher zusammenzurücken.

### **6.1. Erkenntnisse aus der Projektarbeit**

#### **Visionen und Ziele als Ankerpunkt**

Sowohl in Salzburg Schallmoos als auch in der Stadt Gleisdorf sind energiepolitische Visionen und Zielsetzungen formuliert und verbindlich gemacht worden. Die durchgeführten Simulationen haben gezeigt, dass die Erreichung der Zielsetzungen nur durch eine radikale Umstellung der derzeitigen Energiesysteme möglich ist. Neben einer deutlichen Zunahme der Anzahl und Qualität der thermischen Sanierungen sind dazu vor allem der Ersatz von bestehenden Öl- und Erdgaskessel erforderlich. Diese Botschaft kann auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse noch weiter präzisiert werden. Erst dadurch wird es möglich, relevante Teilziele „smart“ zu formulieren und damit für alle relevanten Stakeholder greifbarer zu machen. „Smart“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Ziele spezifisch, messbar, ausführbar, realistisch und terminierbar sind. Es wird daher empfohlen, diese Aspekte bei der Zielformulierung zu berücksichtigen und Simulationen für deren Festlegung zu verwenden. Zudem können die in diesem Projekt vorgestellten Datenbanken auch als Grundlage für die Festlegung von Zielpfaden inkl. Leistungsmonitoring verwendet werden.

#### **Rechtsinstrumente nutzen und fordern**

Aus Praxiserfahrungen ist bekannt, dass eine Vielzahl an Rechtsinstrumenten vorliegt, um Energieziele verbindlich zu machen. In der Stadt Salzburg hat man beispielsweise den Ausschluss von fossilen Energieträgern im Bebauungsplan ausgetestet; in Gleisdorf wird aktuell die Verbindlichmachung von Energiezielen im Sachbereichskonzept Energie umgesetzt sowie eine mögliche Anschlussverpflichtung für die Fernwärme geprüft. In Graz wurde das Rechtsinstrument „Immissionschutzgesetz Luft“ für eine Fernwärmeanschlussverpflichtung bereits erfolgreich genutzt. Diese Möglichkeit ist in Gleisdorf nicht vorhanden.



Mit den Klimaschutzbemühungen von Land und Bund können jedoch auch unterstützende Rechtsinstrumente erwartet werden, die Gemeinden bei der Ökologisierung der Wärmeversorgung unterstützen. Auch Förderungen können einzelne Themen pushen. Genannt sei beispielsweise die Steiermärkische Förderung von Energiekonzepten, welche 2018 pilotmäßig getestet wurde. Empfohlen wird, länderspezifische Regelungen zu recherchieren und deren Anwendung in Pilotprojekten zu erproben.

### **Raumordnung auf verschiedenen Ebenen**

Auf Stadtteilebene sind aus Raumordnungssicht sehr viele Informationen im Räumlichen Entwicklungskonzept festgeschrieben. In diesem können und sollten auch Informationen zur zukünftigen Energieversorgung enthalten sein. Für den Stadtteil Schallmoos sowie für die Stadt Gleisdorf ist dabei vor allem die Nutzung und Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes eine zentrale Fragestellung. Ähnlich wie im Sachbereichskonzept Energie für Gleisdorf wird auch für Salzburg Schallmoos im Rahmen des Nachfolgeprojekts *Spatial Energy Planning*<sup>30</sup> aktuell ein Zonierungsplan erstellt (ABC Plan), welcher Fernwärmevorranggebiete, potentielle Netzgebiete und Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung ausweist. Im Rahmen des Projekts *EnergyCityConcepts* wurden die entsprechenden Grundlagen dafür erarbeitet. Auf Grundstücksebene wurden im Rahmen dieses Projektes sehr viele Informationen erarbeitet. Diese neue Möglichkeit ist in der Breite noch nicht bekannt bzw. sind aktuell die relevanten Informationen nicht automatisiert abrufbar. Im Rahmen dieses Projekts wurden verschiedene Darstellungsvarianten erarbeitet (Energieraumanalysen S, M, L). Diese werden in Nachfolgeprojekten noch weiter präzisiert.

### **Bewusstsein bilden und Co-Benefits aufzeigen**

Wie die Szenarienrechnungen in der agentenbasierten Simulation für Gleisdorf gezeigt haben, sind für relevante Zielgruppen oft andere Interessen von Bedeutung, als sich mit dem Thema der ökologischen Energieversorgung zu beschäftigen. Monetäre Aspekte spielen in vielen Fällen eine größere Rolle und es fehlt auch am Bewusstsein über die Bedeutung des Handelns eines jeden einzelnen für die nachhaltige Energieversorgung und den Klimaschutz. Neben einer verstärkten Bewusstseinsbildung der Bevölkerung muss es auch gelingen, die Vorteile bzw. Benefits einer nachhaltigen Energieversorgung darzustellen und dadurch Veränderungen herbeizuführen. Beispielsweise kämpfen ländliche Gemeinden zunehmend mit einer starken Bevölkerungsabwanderung in Ballungsräume. Ideelle Werte, wie z.B. eine erneuerbare Energieversorgung, zukunftsorientierte Gemeindeplanung oder intakte Natur können dazu beitragen, Argumente gegen eine Abwanderung oder für Zuzug zu finden. Ein weiterer Co-Benefit kann die Lebenszyklusrechnung von Energieversorgungssystemen sein. Ein Fernwärmeanschluss, eine Wärmepumpe mit Tiefensole in Kombination mit einer PV-Anlage oder eine Gebäudehüllensanierung können über den Lebenszyklus gesehen oft eine günstigere Alternative sein als die fossile Versorgung. Auch eine mögliche Bepreisung von CO<sub>2</sub> wird hier künftig sicherlich eine Rolle spielen. Auch wenn die aktuelle Politik noch weit davon entfernt zu sein scheint, der global notwendige Klimaschutz wird diese Entwicklung in den kommenden zehn Jahren mit sich bringen. Bei einem Lebenszyklus eines Gebäudes von rund 40 Jahren bis zur ersten Sanierung, muss daher eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung definitiv mitberücksichtigt werden.

---

<sup>30</sup> Projekt Spatial Energy Planning (SEP), Green Energy Lab, Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>

## **Strukturen schaffen**

Bei all den vorher genannten Punkten ist eine treibende Kraft der Schlüssel zum Erfolg. Die Themen können oftmals nicht einer Fachabteilung zugeordnet werden, sondern bedürfen einer fachübergreifenden Bearbeitung. In Salzburg wurde aus diesem Grund eine Smart City Stelle eingerichtet, welche aus VertreterInnen des Bauwesens, der Raumplanung und Baubehörde und aus externen ExpertInnen besteht. In Gleisdorf ist in Planung, dass eine fest installierte Gruppe mit VertreterInnen von Gemeinderat, Raumplanung, Bauamt, Energieversorger und Forschung die Agenden der Energieraumplanung in Gleisdorf weitertreibt. Im rechtsverbindlich umzusetzenden Sachbereichskonzept Energie ist dieser Vorschlag festgelegt. Abhängig von den Möglichkeiten, sollten daher auch in anderen Städten ähnliche Strukturen geschaffen und die notwendigen finanziellen Mittel dafür reserviert werden.

### **6.1.1. Methodeneinsatz**

#### **Die Schnittstelle großräumiger Energieraumplanung zur Quartiersentwicklung**

Die Planungspraxis geht in der Regel von großräumigen Betrachtungen der Energieraumplanung aus, und verdichtet sich in einzelnen Arealen bzw. Quartieren zu detaillierten Analysen und Planungen. Dabei konkretisiert sich in der Regel die Datenlage Schritt für Schritt und muss mit den angewendeten Bewertungstools abgebildet und verarbeitet werden können. Energietechnische Bewertungstools der Energieraumplanung sind jedoch nur in einem beschränkten Ausmaß dazu fähig. Dabei sind zwei Fähigkeiten ausschlaggebend. Einerseits muss die „Individualisierbarkeit“ des Betrachtungsgegenstandes gewährleistet sein, d.h., dass die Bearbeitung in Kategorien und Klassen durch individuelle, der Planung entsprechende Modelle der Gebäude und technischen Infrastruktur ersetzt werden kann. Andererseits muss die „Detaillierbarkeit“ gegeben sein, d.h., dass die räumliche und zeitliche Auflösung der Modellierung den jeweiligen Fragestellungen angepasst werden kann. Dieses Anforderungsprofil kann dazu führen, dass an der Schnittstelle von Energieraumplanung zur Quartiersplanung die Methode gewechselt werden muss, wodurch die Gefahr besteht, dass Inkonsistenzen in der Bewertung entstehen und Daten verlorengehen bzw. anders interpretiert werden müssen. Als Konsequenz müssen für den Übergang von der Energieraumplanung zur Quartiersentwicklung Methoden gefunden werden, damit ein Wechsel der Methode bzw. der verwendeten Software zu keinen negativen Auswirkungen führt, bzw. Methoden zum Einsatz kommen, die diesen Wechsel nicht brauchen.

#### **Notwendigkeit zur Verbesserung der Datenlage**

Für die räumlich konkrete Energiebedarfsmodellierung sind zuverlässige Informationsgrundlagen zum Gebäudebestand essentiell. Ein flächendeckendes und harmonisiertes Gebäudemodell mit den energierelevanten Attributen (insbesondere BGF, Gebäudedämmstandard, Gebäudealter, Gebäudenutzung, Sanierungsstand) samt Differenzierung nach Nutzungseinheiten liegt in den Untersuchungsgebieten, wie in fast allen Regionen Österreichs, nicht vor. Diese Grundlagen wären jedoch wesentlich für zuverlässige Ergebnisse energetischer Modellierungen. Insbesondere fehlen flächendeckende Infos zum Sanierungsstand der Gebäude. Die Energieausweisdatenbank Zeus deckt z.B. deutlich weniger als die Hälfte der Gebäude ab und zusätzlich sind die Einträge teilweise fehlerhaft. Der Zugang zum AGWR (Adressbezogenes Gebäude- und Wohnungsregister) ist z.T. aus Datenschutzgründen erschwert. Die Inhalte des AGWR weisen zudem eine sehr heterogene Qualität und Vollständigkeit auf.

Aufgrund des Fehlens einer einheitlichen und vollständigen Datenquelle wurden mithilfe der Methoden aus der Geoinformatik verschiedenste Datenquellen kombiniert. Auch in der Verknüpfung unterschiedlicher Datengrundlagen besteht Verbesserungspotenzial.

Manche Daten verfügen über keinen eindeutigen Schlüssel, mit dessen Hilfe sie mit anderen relevanten Daten verknüpft werden könnten (z.B. Gebäudegrundflächen als Polygone und Adresspunkte). Auch eine breitere Anwendung von bestehenden Schlüsseln wie Straßenkennzahlen kann die Verschränkungsmöglichkeiten unterschiedlicher Datenquellen deutlich verbessern.

### **Physikalische Simulation**

Von den Gebäuden des Stadtteils Schallmoos wurde ein auf physikalischen Prinzipien aufbauendes Modell des energietechnischen Verhaltens entwickelt. Jedes Gebäude wurde dabei in einer eigenen thermischen Zone abgebildet, über eine GIS-Schnittstelle mit geometrischen Daten und Nutzungsdaten charakterisiert und georeferenziert in einem dreidimensionalen Modell positioniert. Allen Gebäuden musste zudem eine Außenhülle und ein Wärmebereitstellungssystem zugeordnet werden. Für das derart zusammengesetzte Gebäudemodell konnte in der Simulationsumgebung IDA ICE eine dynamische Gebäudesimulation für den gesamten Stadtteil durchgeführt werden.

Als Ergebnis der dynamischen Gebäudesimulation stehen alle relevanten Energie- und Massenströme in der gesamten Energiebereitstellungskette als Zeitreihen und räumlich aufgelöst zur Verfügung. Die detaillierten Ergebnisse wurden in einer Projektdatenbank abgelegt und zeitlich und räumlich aggregiert. Die auf Jahressummen aggregierten Bedarfswerte für Heizung und Brauchwarmwasser konnten mit den Messdaten und den Methoden der Geoinformation abgeglichen werden. Der Vergleich zwischen den Methoden zeigte kleinere bis mittlere Abweichungen, die weniger auf die Methode an sich, sondern mehr auf unterschiedliche Berechnungsannahmen zur Nutzungs- und Heizungsart zurückzuführen waren.

Die physikalische Simulation konnte somit auf der Ebene von Ganzjahreswerten für Heizen, Brauchwarmwasser und Stromverbrauch gegenüber der energietechnisch deutlich einfacheren Methode der Geoinformation keinen wesentlichen Vorteil herausarbeiten (vgl. Kapitel 3.1.4). Erweitert man jedoch das Anforderungsprofil an die energietechnische Bewertung um Fragenstellungen, die einen Leistungsverlauf benötigen, wie z.B. der Ermittlung von Auslegungsleistungen, dann sind diese mit der detaillierten physikalischen Simulation im Gegensatz zu vereinfachten Methoden präzise beantwortbar. Insbesondere, wenn im Rahmen des Entwicklungsprozesses eines Gebietes eine technische Präzisierung und Individualisierung der Planung stattfindet, zeigt sich das Potential der physikalisch definierten Simulation.

### **Räumliche agentenbasierte Modellierung**

Das in diesem Projekt entwickelte agentenbasierte Modell, siehe Kapitel 2.4, wurde zur Simulation von den erarbeiteten, sozioökonomisch erweiterten Entwicklungsszenarien für die Stadt Gleisdorf eingesetzt. Die Entwicklungsszenarien sind im Detail in Kapitel 4.2.4 oder in (Stanzel, 2019) beschrieben.

Für Entscheidungsfindungsprozesse in Politik und Planung kann das Modell flexibel für verschiedene Interessengruppen gestaltet werden. Ein Anwendungsfall könnte sein, die Auswirkungen von Förderinstrumenten zu analysieren. Ein Beispiel dazu wäre die Förderung von Technologiekombinationen wie Fernwärme- oder Kompressionswärmepumpen mit PV oder Passivhäusern mit Luftwärmepumpen.

Da die Finanzierung sowohl die Entscheidungen des Hausbesitzers als auch die dynamische Entwicklung der Einheiten innerhalb des Umfelds beeinflussen kann (Neubau und Abriss alter Häuser, Netzwerke und potenzielle Zonen, die wachsen und schrumpfen), kann das Ergebnis der agentenbasierten Simulation komplexe, aufkommende Muster zeigen, obwohl das Verhalten der Agenten einfach sein kann. Für Energieplaner können ABM's helfen, Energieübergänge aus sozialwissenschaftlicher Sicht besser zu verstehen.

Geometrie und räumliche Ausdehnung von Energieinfrastruktur (z.B. Fernwärmenetz) und Energiezonen (z.B. Fernwärme-Potenzialzonen) werden im GAMA-Modell noch nicht automatisch aktualisiert. Weitere Forschungsarbeiten sind auch für die Implementierung von Nichtwohngebäudetypen sowie für Routinen erforderlich, die eine agentenbasierte Simulation des Abbruchs, der Rekonstruktion oder der Verdichtung von Gebäuden innerhalb der untersuchten Umgebung ermöglichen. Auch aus sozialwissenschaftlicher Sicht ist weitere Forschung erforderlich, um eine wissenschaftlich fundierte Wissensbasis über Auslöser zu sammeln, die menschliche Entscheidungen zur Gebäudesanierung und zur Wahl erneuerbarer Heizsysteme beeinflussen (vor allem sozioökonomische und demographische Faktoren sowie Nachbarschaftseffekte).

### **Abweichungen in den Berechnungsergebnissen von Gleisdorf**

Im Allgemeinen befindet sich das Themenfeld der Energieraumplanung in einer intensiven Entwicklungsphase und Daten sowie Methoden werden laufend verändert und erweitert. Dadurch kommt es zu teils deutlichen Unterschieden zwischen den Ergebnissen aus den Methodenansätzen in den Kapiteln 4.2.5 und 4.2.6. Im zuerst eingesetzten Methodenansatz „EnergyPRO“ wurde der Heizenergiebedarf überschätzt. Im zweiten Methodenansatz, der „agentenbasierte Modellierung“, wurde das Referenzszenario mit neuen Daten und einer überarbeiteten Berechnungsmethode bestimmt und ergab deutlich geringere Werte. Schlussendlich wurde das in Kapitel 3.2 zusammengefasste Ergebnis des Status quo mit dem neuesten und letzten Datenstand vom Mai 2019 berechnet und ergab eine weitere, jedoch geringere Korrektur der Werte nach oben. Im Folgenden werden unterschiedliche Gründe dafür diskutiert.

Zum einen unterscheidet sich der Methodenansatz „agentenbasierte Modellierung“ deutlich vom Methodenansatz „EnergyPRO“. Die Art und Weise der Modellierung des Energiesystems ist nur zum Teil vergleichbar, siehe dazu Kapitel 0 sowie (Ribas, 2016) und (Stanzel, 2019). Es wurden verschiedene Berechnungstools zur Simulation eingesetzt, worin ein weiterer Grund für Abweichungen liegen kann. Dies zu untersuchen und zu evaluieren muss Inhalt von nachfolgenden Forschungsaktivitäten sein. Auch die Ansätze „Geoinformation“ und „physikalische Simulation“ wurden für den Einsatz in der agentenbasierten Modellierung gegenüber dem ersten Einsatz im Rahmen der Masterarbeit von Mireia Ribas noch deutlich überarbeitet. Da die eingesetzten Methoden und Ansätze ein junges Forschungsfeld als Teil von laufenden Projekten darstellen, ergeben sich hier laufend deutliche Weiterentwicklungen und dadurch auch teils klare Abweichungen in den Berechnungsergebnissen.

Ein weiterer Grund für Abweichungen stammt aus der jeweiligen Aktualität des Datenstands für die Berechnungen. Für den Methodenansatz „EnergyPRO“ im Rahmen der Masterarbeit von Mireia Ribas wurde ein zu Beginn des Projektes aktueller Datenstand aus dem Jahr 2015 verwendet. Für die Berechnungen im Methodenansatz „agentenbasierte Modellierung“ im Rahmen der Masterarbeit von Lina Stanzel wurde der Datensatz umfangreich überarbeitet, Fehler korrigiert und mit neu verfügbaren Datenquellen ergänzt.

Daraus entstand der dafür verwendete Datensatz aus dem Jahr 2018. Im Vergleich zum heute aktuellen Datenstand aus dem Frühjahr 2019 zur Vorbereitung von Inhalten für das Sachbereichskonzept Energie, stellen die Vorläufer aus dem Jahr 2015 sowie 2018 einen teils deutlich abweichenden Datenstand dar.

Aus diesen Gründen unterscheiden sich die Ergebnisse der beiden Methodenansätze zum Teil deutlich und sind quantitativ nur bedingt miteinander vergleichbar. Der erste Teil der Projektarbeit und die Masterarbeit von Mireia Ribas (Ribas, 2016) müssten mit dem neuen Datenstand und den überarbeiteten Methoden wiederholt werden, um beide Ansätze auch quantitativ vergleichbar zu machen. Dies war aus Ressourcengründen innerhalb des Projektes EnergyCityConcepts nicht möglich und wird für mögliche Folgeprojekte im Hinterkopf behalten.

Eine wichtige Erkenntnis jedoch ist, dass sich die qualitativen Aussagen als homogen darstellen und über alle eingesetzten Methoden nachvollzogen werden können. Daraus ist es möglich, die zugrundeliegenden Trends und Mechanismen und in weiterer Folge Kernaussagen für die zukünftige Energie-raumplanung abzuleiten. Weiters werden die Abweichungen zwischen den einzelnen Datenständen mit dem steigenden Umfang von verfügbaren Daten sowie der umfangreichen Korrektur von Fehlern in der Datenbank laufend geringer, was auf eine steigende Genauigkeit der Ergebnisse schließen lassen kann. Ein vertiefender Vergleich von verfügbaren Methoden und Ansätzen für die Energieraumplanung wurde durch Mauthner durchgeführt (Mauthner, 2019). Der Vergleich und die Evaluierung von Abweichungen zwischen unterschiedlichen Methoden in der Geoinformatik wird auch weiterhin ein zentraler Teil von Forschungsaktivitäten sein müssen, um eine höhere Aussagesicherheit von Berechnungsergebnissen gewährleisten zu können.

## **6.2. Räumliche Energieplanung: Vieles auf einer Karte**

### **Chancen und Möglichkeiten**

Modernen Geoinformationssystemen kommt bei der räumlichen Energieplanung in Städten und Gemeinden eine zunehmend wichtige Rolle zu. Karten sind leichter intuitiv zu verstehen als technische Pläne und Schemata. Außerdem ermöglichen heutige GIS-Systeme die Organisation großer raumbezogener Datenmengen und umfassende räumlich-statistische Analysen. Konkrete Ergebnisdarstellungen aus der räumlichen Modellierung umfassen beispielsweise Energiedichtekarten, Eignungsgebiete für Fernwärmeversorgung, Wärmepumpen oder Solarthermie und PV-Anlagen. Das Projekt EnergyCityConcepts hat gezeigt, dass räumlich differenzierte Erkenntnisse zu lokalen Energiebedarfen und Energiepotentialen generiert, anschaulich in Form von digitalen Karten aufbereitet und erfolgreich kommuniziert werden können, siehe Abbildung 68.

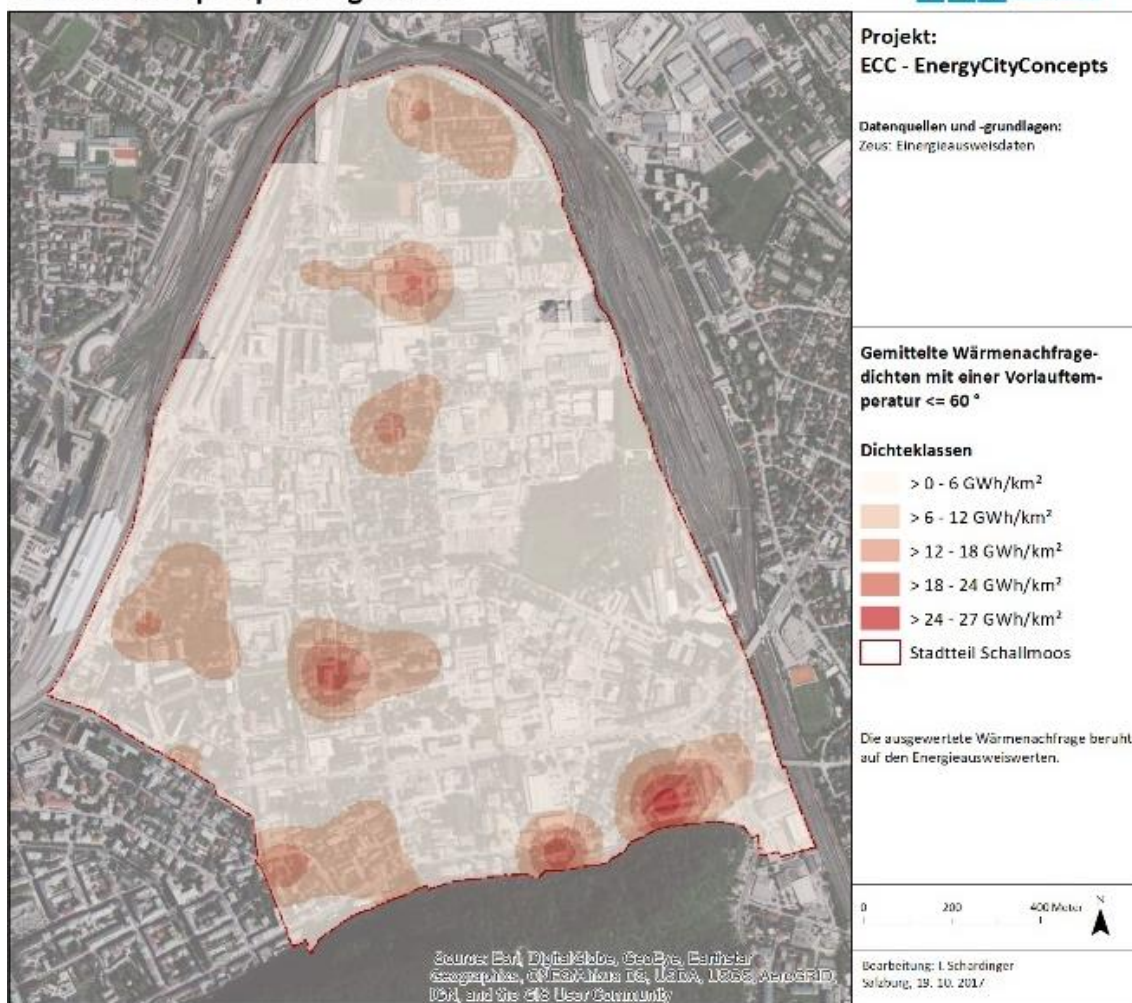


Abbildung 68: Wärmefragedichtekarte mit einer Vorlauftemperatur von  $\leq 60^\circ\text{C}$  in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE)

### Noch zu lösende Herausforderungen

Eine wesentliche Herausforderung für die Datenverarbeitung über GIS-Systeme und Datenbanken ist die Verfügbarkeit von Informationen und Daten. Datenbanken, wie z.B. die ZEUS Datenbank für Energieausweise oder das Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR) sind aktuell oft unvollständig oder fehlerhaft befüllt. Weiters sind nicht alle notwendigen Informationen in Datenbanken gespeichert (z.B. nur kurzfristig in Betrieb befindliche Ölkessel). Eine möglichst lückenlose und automatisierte Erfassung der für die Energieraumplanung notwendigen Daten muss daher installiert werden. Auch das fehlende Bewusstsein bei Beteiligten für die Bedeutung von qualitativ hochwertigen Datenangaben muss über Schulungen verbessert werden. Das Ziel von avisierten Folgeprojekten wie z.B. *Spatial Energy Planning*<sup>31</sup> ist es, relevante Aspekte räumlicher Energieplanung in den rechtlich verbindlichen Instrumenten der örtlichen Raum- und Städteplanung konkret zu verankern. Parallel sollen Standards für die Erstellung von GIS-basierten Wärme- und Potentialkarten definiert werden, damit diese an die öffentliche Geodateninfrastruktur („Open Government Data“) und an die jeweils geeignete Verwaltungsebene (Stadt, Bundesland, Bund) andocken können.

<sup>31</sup> Projekt Spatial Energy Planning (SEP), Green Energy Lab, Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>

Ein weiterer Punkt für notwendige Tätigkeiten ist die möglichst umfangreiche Automatisierung der Datenbeschaffung und Aufbereitung in GIS-Systemen. Die noch weitgehend manuelle Bearbeitung ist für einen breiten Einsatz in der Energieraumplanung nicht finanzierbar, kann jedoch durch die Mittel der modernen, computergestützten Datenverarbeitung bestens automatisiert werden.

Für umfangreiche Potentialbewertungen fehlen in vielen Fällen noch vertiefende Informationen. Wie etwa Angaben über Brunnen oder die tiefengeologische Beschaffenheit bei der Planung von Grundwasser- und Tiefensondenwärmepumpen. Eine weitere Informationslücke stellt die fehlende Datengrundlage zum Energieverbrauch sowie der möglichen, nutzbaren Abwärmepotentiale der Industrie dar.

Bei der Analyse der Szenarienergebnisse ist zu beachten, dass die Energiesystemsimulationen ohne Berücksichtigung von wirtschaftlichen Betrachtungen durchgeführt wurden. Eine zukünftige umfassende ökonomische Untersuchung der vorgeschlagenen Systeme würde weitere Erkenntnisse für eine ganzheitliche Bewertung der in den Szenarien skizzierten Transformationsprozesse liefern. Daher wird empfohlen, in weiteren Forschungsaktivitäten die aktuellen Berechnungsmodelle um ökonomische Module zu erweitern, um umfangreiche wirtschaftliche Aussagen zu den Szenarienergebnissen tätigen zu können.

Des Weiteren fehlen für die Stakeholder und Zielgruppen verständlich aufbereitete Erläuterungen zu Inhalten und Informationen aus der Energieraumplanung. Zum Beispiel, was die Angabe von  $2.05 \text{ W/m}^2$  für eine Tiefensonden bedeutet oder eine Wärmebedarfsdichte von  $50 \text{ GWh/km}^2 \cdot \text{a}$  für die Neuplanung von Fernwärmegebieten. Kartographische Darstellungen sind ein guter Anfang, um Zielgruppen effektiv zu erreichen. In Zukunft muss Augenmerk auf die passende Aufbereitung der Informationen gelegt werden. Dies kann unter anderem durch eine enge Zusammenarbeit mit den jeweiligen Zielgruppen und das Einholen von Feedback erfolgen.

Für Planer und Energieversorger ist des Weiteren eine verbesserte Nutzerinteraktion mit den digitalen Karten von großem Interesse. Abfragen von Kartenattributen und Werten, Auswahlmöglichkeiten mit z.B. Polygontools oder statistische Analysen von der dahinterliegenden Datenbank und ähnliche Features würden einen weiteren großen Nutzen bringen. Dies zu implementieren, wird von Seiten der Forschung und Entwicklung in Zukunft weiter vorangetrieben werden.

### **6.3. Projektergebnisse als Grundlage für weitere Planungen**

Die übersichtliche und klare Kommunikation der Simulationsergebnisse ist für Investoren, Stadtplaner und Energieversorger eine wichtige Entscheidungs- und Planungsgrundlage. Aus den Ergebnissen lassen sich wichtige Erkenntnisse für Sanierungspläne, die Erweiterung der Fernwärme, den Ausbau von Erneuerbaren oder für die langfristige Stadtplanung ableiten: So sind in Salzburg-Schallmoos derzeit zum Beispiel etwa in einem Zehntel der Gebäude Ölheizungen installiert. Diese stehen nun im Fokus zukünftiger Modernisierungen und werden nach und nach durch umweltfreundlichere Heizungssysteme ersetzt. In der räumlichen Modellierung lassen sich Kriterien kombinieren, um für jedes Gebäude das beste neue Heizsystem zu identifizieren oder um Fahrpläne für die Sanierung inklusive Empfehlungen zur Qualität der Gebäudehülle abzuleiten. Zum Beispiel kann man die Verfügbarkeit von Wärmepumpen-Quellen mit dem Wärmebedarf für Wärme  $< 60^\circ\text{C}$  zusammenführen. Wo die beiden Faktoren räumlich zusammentreffen, ist die Nutzung einer Wärmepumpe besonders sinnvoll, siehe Abbildung 68.

In Gebieten, in denen eine hohe Wärmeverbrauchsichte, eine Häufung alter Heizkessel und die Nähe zu einer Fernwärme-Leitung zusammentreffen, bietet sich dagegen ein Vorranggebiet für die Fernwärme-Versorgung an. Planer können zukünftig die räumliche Eignung einer Energieversorgungsoption mit weiteren Kriterien wie Nachhaltigkeit oder Kosten kombinieren und so Entscheidungen für ein geeignetes Heizungssystem oder der Gebäudequalität im Falle einer Sanierung oder eines Neubaus treffen.

Die Ergebnisse aus den Projektaktivitäten dienen so als Basis für konkrete Planungsaktivitäten von Raumplaner, Stadt- und Ortsplaner, Energieexperten, Ziviltechniker, Energiedienstleister, etc.:

- Input für das Stadtentwicklungskonzept und Flächenwidmungsplan (z.B.: Berücksichtigung von Eignungs- und Vorrangzonen bei Baulandausweisungen)
- Basis für die Erstellung von Energiekonzepten, Aktionsplänen, Klima- und Energiestrategien
- Planungsgrundlage/Entscheidungshilfe für konkrete Bauvorhaben, Arealentwicklungen oder langfristige Infrastrukturprojekte (z.B.: Fernwärmeausbau)
- Nachweis von Förderkriterien (z.B.: Alternativenprüfung in der Wohnbauförderung)

### **Vorbildcharakter für andere Städte und Gemeinden**

Die Stadt Salzburg und die Stadtgemeinde Gleisdorf sind durch das durchgeführte Forschungsprojekt, die in der Vergangenheit bereits erfolgten Tätigkeiten sowie die aktuell laufenden Projekte zum Thema Energieraumplanung Vorreiter in der räumlichen Energieplanung.

Der beschriebene Entwicklungsprozess im Bereich der Raum- und Energieplanung ist auf der Ebene von Landeshauptstädten sowie Klein- und Bezirksstädten einzigartig in Österreich und hat dadurch einen klaren Vorbildcharakter für andere Städte und Gemeinde. Die Integration mehrerer Forschungs- und Umsetzungsprojekte in den Prozess sowie der Kontakt und Austausch mit den beteiligten Forschungsinstituten bringt das State of the Art Forschungs-Know-how in die zwei beteiligten Städte Salzburg und Gleisdorf und verschafft ihnen eine Frontrunner-Position bei Raum- und Energieplanungsaspekten.

Die hochqualitative Zusammenführung und zentrale Verwaltung aller relevanten Daten zum Thema Raum- und Energieplanung in einem GIS-System sowie die Werkzeuge zur Auswertung und Szenarienentwicklung bilden ein weiteres Alleinstellungsmerkmal.

Die methodische Entwicklung einer solchen Datengrundlage, um Informationen für Planungsprozesse zur Verfügung zu stellen, ermöglicht eine reproduzierbare Vorgehensweise und sollte als Vorbild genutzt werden. Entwicklungskonzepte und Umsetzungsfahrpläne (z.B. schrittweise Gebäudesanierung, Fernwärme-Ausbau, Vorrangzonen für Erneuerbare, Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs) können für andere Gemeinden als Vorlagen dienen und ermöglichen somit eine Multiplizierbarkeit. Die Stadtgemeinde Gleisdorf kann ein bedeutender Know-how-Lieferant sein und dadurch ein Vorbild für das Rollout in weiteren Gemeinden in der (Ost-)Steiermark sowie auch österreichweit sein. Auch eine Stadtteilentwicklung, wie sie in Salzburg Schallmoos durchgeführt wurde, ist für ein Rollout in Stadtteilen weiterer Städte ähnlicher Größenordnungen bestens geeignet.



Die Partner des Projekts *EnergyCityConcepts* sind auch weiterhin in der Weiterentwicklung der Energieraumplanung aktiv; sowohl im Rahmen laufender Forschungsprojekte wie *Spatial Energy Planning*<sup>32</sup> als auch in der unmittelbaren Umsetzung in der örtlichen Planung und Entwicklung (Reissner, Neubauer, & Mauthner, Sachbereichskonzept Energie Stadt Gleisdorf, 2019). Des Weiteren arbeitet das Konsortium bereits an weiteren Aspekten der Energieraumplanung, wie den Themen Strom und Mobilität und Methoden und Tools für die Siedlungs- und Quartiersentwicklung. Im Bereich Umsetzung wurde mit der Erweiterung des Stadtentwicklungskonzeptes um das Sachbereichskonzept Energie ein wichtiger Meilenstein gesetzt. Nach der erfolgreichen Genehmigung bildet das *Sachbereichskonzept Energie (SKE)* nun die rechtsverbindliche Basis für die weiterführende, anwendungsorientierte Integration der Energieraumplanung mit Förderungsmöglichkeit seitens des Landes Steiermark. Beide Projekteschienen bieten für die Akteure in den Gemeinden, Städten und Ländern eine sehr gute Möglichkeit, das Thema Energieraumplanung aktiv weiterzuführen und die Umsetzung zu forcieren.

Eine Anerkennung der Ergebnisse aus den Forschungsaktivitäten im Projekt *EnergyCityConcepts* war die Verleihung des ÖGUT-Umweltpreises 2018<sup>33</sup> in der Kategorie „Nachhaltige Kommune“, siehe Abbildung 69.



Abbildung 69: Verleihung ÖGUT Umweltpreis 2018 an die Stadtgemeinde Gleisdorf (Quelle: ÖGUT)

<sup>32</sup> Projekt Spatial Energy Planning (SEP), Green Energy Lab, Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>

<sup>33</sup> ÖGUT Umweltpreis 2018, <https://www.oegut.at/de/initiativ/umweltpreis/2018/nh-kommune.php>

## 6.4. Weiterführende Informationen

- Peer-reviewed papers
  - Nageler, P., Zahrer., G., Heimrath, R., Mach, T., Mauthner, F., Leusbrock, I., Schranzhofer, H., Hochenauer, C. (11/2017): Novel validated method for GIS based automated dynamic urban building energy simulations, peer-reviewed, International Journal Energy 139 (2017) p.142 – 154.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.151>
  - Nageler P., Koch A., Mauthner F., Leusbrock I., Mach T., Hochenauer C., Heimrath R.: Comparison of Dynamic Urban Building Energy Models (UBEM): Sigmoid Energy Signature and Physical Modelling Approach, review-ongoing in Energy and Buildings, Submission no: ENB\_2018\_1091
- Masterarbeiten
  - Ribas, M. (2019). Holistic urban energy planning in temporal and spatial resolution for the city of Gleisdorf. *Master thesis*. Grenoble, France: Grenoble Institute of Engineering.
  - Stanzel, L. (2019). Spatial Agent-Based Simulation for Thermal Energy Transition Pathways in Urban Environments. *Master thesis*. Graz, Austria: University of Graz, 2019
  - Mauthner, F. (2019). *Vergleich von GIS-basierten Methoden zur Kartierung von Wärmebedarfen*. Master thesis. Interfakultärer Fachbereich für GeoInformatik (Z\_GIS) der Paris Lodron-Universität Salzburg
- Präsentationen / Konferenzbeiträge
  - Mauthner F., Ribas M., Nageler P. (09/2017): Holistic urban energy planning in spatial and temporal resolution. Oral presentation at 3rd International Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating, 12-13.09.2017, Copenhagen, DK. [LINK](#)
  - Mauthner F., Schardinger I. (06/2017): Energieraumplanung für Biomasse-Nahwärmesysteme. Präsentation bei qm heizwerke Fachtagung "Biomassenahwärme - Neue Wege gehen", 30.06.2017 Salzburg, AT. [LINK](#)
  - Nageler P., Heimrath R., Mach T., Mair am Tinkhof O., Schardinger I., Mauthner F., Schranzhofer H., Hochenauer C. (08/2018): Urban building energy modelling – method and scenario case study Schallmoos, Conference paper and presentation, International Sustainable Energy Conference 2018, Graz, Austria;
  - Edtmayer, H., Mauthner, F., Stanzel, L., & Leusbrock, I.: Agent-based modelling of thermal energy transition pathways in urban environments. abstract and oral presentation. Copenhagen, Denmark: 5th International Conference on Smart Energy Systems, Copenhagen 2019
  - Edtmayer, H., Mauthner, F., Leusbrock, I., Mach, T., Heimrath, R.: "Urbane Energiemodellierung als Grundlage für eine zukunftsorientierte Stadtplanung", proceedings paper, e-nova 2019, international conference for sustainable buildings, Pinkafeld, Austria, science.research.pannonia, Leykam
  - Stanzel, L., Scholz, J., & Mauthner, F. (05/2019): A Spatial Data Analysis Approach for Public Policy Simulation in Thermal Energy Transition Scenarios. Conference paper and oral presentation, Salzburg, Austria: 2nd International Data Science Conference; Salzburg 2019

- Artikel in Fachzeitschriften
  - Edtmayer, H., Mauthner, F., Leusbrock, I., Mach, T., Heimrath, R.: „Energieraumplanung findet Stadt“; scientific article, Nachhaltige Technologien, 03/2019
  - Mauthner, F., Mair am Tinkhof, O., Nageler, P. J., Heimrath, R., Biberacher, M., Schardinger, I., ... Fink, C. (2019). Wärmenetze vorausschauend planen. *TGA-Planung*, 26-29
  - Mair am Tinkhof, O., (07/2018) Salzburg/Schallmoos: Auf dem Weg zum CO2-neutralen Stadtteil, klimaaktiv, ausgewählte Beispiele, <https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/erneuerbarewaerme/stadt-quartiere/beispiele/Schallmoos--Auf-dem-Weg-zum-CO2-neutralen-Stadtteil.html>
  - Mauthner F., Leusbrock I., Heimrath R., Nageler P., Biberacher M., Schardinger I. (01/2018): Räumliche Energieplanung in Städten und Kommunen. In: E. Buhl (Hrsg.): Transforming Cities. Dialog Publishers Verlagsgesellschaft, Baiersbrunn-Buhlbad, 1-2018, 44-48
  - Leusbrock, I., Mauthner, F., Fink, C., & Mach, T. (2018). Analyse und Simulation von Energiesystemen: Wärmenetze vorausschauend planen. *Euroheat & power*, 2018(6), 38-41
  - Mauthner F. et al. (03/2017): Energieraumplanung für Städte. Artikel in Zeitschrift Erneuerbare Technologien Ausgabe 01/2017
- Internetauftritte
  - Projekthomepage EnergyCityConcepts in Deutsch und Englisch, implementiert in der Homepage von AEE INTEC, <https://www.aee-intec.at/energycityconcepts-p182>
  - Projektvorstellung auf Researchgate, <https://www.researchgate.net/project/ECC>
  - Twitter, Veröffentlichungen zum Projekt über den Twitteraccount von AEE INTEC und unter #energycityconcepts, @AEE\_INTEC
  - Projektvorstellung auf der Homepage der TU Graz, <https://graz.pure.elsevier.com/de/projects/ecc-energycityconcepts-development-of-methods-an-concepts-for-imp>
  - Projektvorstellung auf der Homepage von Stadt der Zukunft, <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/ecc-energy-city-concepts.php>
  - Projektvorstellung auf der Smart City Homepage der Stadt Salzburg, [https://www.stadt-salzburg.at/internet/websites/smartcity/smartcity/energieplanung/energycityconcept\\_451264/energycityconcept\\_452362.htm](https://www.stadt-salzburg.at/internet/websites/smartcity/smartcity/energieplanung/energycityconcept_451264/energycityconcept_452362.htm)
  - Projektvorstellung auf der Homepage von RSA FG, <https://www.researchstudio.at/portfolio-items/energy-city-concepts/>
- Folgeprojekt
 

Spatial Energy Plan (SEP), Spatial Energy Planning for Heat Transition, ein Projekt des Green Energy Lab, Förderprogramm Vorzeigeregion Energie, <https://waermeplanung.at>, [www.greenenergylab.at](http://www.greenenergylab.at), <https://www.vorzeigeregion-energie.at/>

## 7. Verzeichnisse

### 7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 3D-Model Schallmoos zur Ermittlung von Kubatur und Dachform (Quelle: RSA FG, iSPACE) .....	17
Abbildung 2: Ablaufschema Methode Ansatz IDA ICE Simulation (Nageler, et al., 2017) .....	27
Abbildung 3: Vordefinierte skalierbare Heizungstypen (EQUA Simulation AB, 2015) .....	28
Abbildung 4: Gesamtmodell mit Modellblöcken des im Projekt simulierten Wärmesektors in EnergyPRO (Ribas, 2016).....	29
Abbildung 5: Modellblock eines Fernwärme-Ausbauprojektes, aufgebaut in energyPRO (Ribas, 2016) .....	30
Abbildung 6: Methodik zur Berechnung von Entwicklungsszenarien im Methodenansatz physikalische Simulation (Ribas, 2016) .....	31
Abbildung 7: Auswertung der Simulationsergebnisse im Bürogebäude: (a) zeitlicher Verlauf des täglichen Energiebedarfs, (b) täglicher Energiebedarf in Abhängigkeit von der Außentemperatur, (c) Heizlastprofil einer Woche und (d) Bewertungskennzahlen.....	33
Abbildung 8: Flussdiagramm der Logik für das ABM in EnergyCityConcepts. ....	36
Abbildung 9: Interaktive Webkarte für die Kommunikation unterschiedlicher Analyseergebnisse von Salzburg Schallmoos (Quelle: RSA FG, iSPACE).....	43
Abbildung 10: Überblick über die Datenverarbeitung für das WebGIS in Gleisdorf .....	44
Abbildung 11: WebGIS Oberfläche zur browserbasierten Visualisierung von energierelevanten Daten (Quelle: AEE INTEC).....	45
Abbildung 12: Beispiel für ein 3D-Modell von Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC) .....	46
Abbildung 13: Interaktives Dashboard zur statistischen Datenauswertung (Quelle: AEE INTEC).....	46
Abbildung 14: Datenquellen für die Energieraumplanung .....	47
Abbildung 15: oben - Standort und städtebauliche Einordnung des Stadtteil Schallmoos (SAGIS, 2017), unten - Blick über Schallmoos vom Kapuzinerberg aus gesehen (Muncadunc, 2008).....	48
Abbildung 16: Gebäudebestand nach Nutzungskategorien im Jahr 2014 .....	50
Abbildung 17: Gebäudebestand nach Altersklassen im Jahr 2014 .....	50
Abbildung 18: Dichtekarte für den Wärmebedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE) .....	51
Abbildung 19: Dichtekarte für den Kältebedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE) .....	51
Abbildung 20: Dichtekarte für den Strombedarf in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE).....	52
Abbildung 21: Vergleich der Fernwärmennachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE).....	53
Abbildung 22: Vergleich der Gasnachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE).....	53
Abbildung 23: Vergleich der Stromnachfrage (Ansatz iSPACE vs. Verbrauchswerte Salzburg AG) in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE).....	54
Abbildung 24: Vergleich der Methodenergebnisse für Fernwärme-, Gasbedarf und Strombedarf mit Messdaten (Quelle: TU Graz IWT) .....	55

Abbildung 25: Verlauf der Lasten nach Energieträger für den Stadtteil Salzburg Schallmoos (Referenzjahr 2014) .....	56
Abbildung 26: Standort von Gleisdorf in Österreich (Quelle: OpenStreetMap) .....	57
Abbildung 27: Verwaltungsgrenzen und Gebäudestandorte der Gemeinde Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019) (Quelle: AEE INTEC) .....	58
Abbildung 28: Verwaltungsgrenzen und Gebäudestandorte der Stadt Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019) (Quelle: AEE INTEC) .....	59
Abbildung 29: Einwohnerdichte (aggregiert auf 100 x 100 Meter Raster) Stadt Gleisdorf (basierend auf AGWR, 2019) (Quelle: AEE INTEC) .....	60
Abbildung 30: Flächenwidmungsplan Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC) .....	60
Abbildung 31: BGF Gebäudebestand 2019 nach Gebäudeklassen (Flächen gemäß AGWR 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Verwaltung, Dienstleistungssektor), SKG: sonstige konditionierte Gebäude (Industrie und produzierendes Gewerbe), SnKG: sonstige nicht konditionierte Gebäude (Garage, unbeheizte Lager, etc.) (Quelle: AEE INTEC) .....	61
Abbildung 32: BGF Gebäudebestand 2019 nach Nutzungskategorien (Flächen gemäß AGWR 2019); EZFH: Ein- und Zweifamilienwohnhaus, MFH_kl: kleines Mehrfamilienwohnhaus ( $\leq 900 \text{ m}^2$ BGF), MFH_gr: großes Mehrfamilienwohnhaus ( $> 900 \text{ m}^2$ BGF) (Quelle: AEE INTEC).....	62
Abbildung 33: BGF Gebäudebestand 2019 nach Nutzungskategorien (Flächen gemäß AGWR 2019); EZFH: Ein- und Zweifamilienwohnhaus, MFH_kl: kleines Mehrfamilienwohnhaus ( $\leq 900 \text{ m}^2$ BGF), MFH_gr: großes Mehrfamilienwohnhaus ( $> 900 \text{ m}^2$ BGF) (Quelle: AEE INTEC) .....	62
Abbildung 34: Verteilung der Wärmebereitstellungssysteme nach Brennstoffart; Gemeinde Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC) .....	63
Abbildung 35: Verteilung der Wärmebereitstellungssysteme nach Heizungsart; Gemeinde Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC) .....	64
Abbildung 36: Heizungsart und Brennstofftyp zur Gebäudebeheizung (höchster Anteil am Heizenergiebedarf je 100 Meter Rasterzelle); Stadt Gleisdorf 2019 (eigene Auswertung basierend auf Datenbasis Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH) (Quelle: AEE INTEC).....	65
Abbildung 37: Leitungsinfrastruktur Fernwärme Stadt Gleisdorf (Stand September 2017) (Quelle: AEE INTEC) .....	66
Abbildung 38: Energiebilanz nach Gebäudenutzungskategorie (Stand 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Dienstleistungssektor und öffentliche Gebäude), SKG: Industrie- und Gewerbesektor; WB: Wärmebedarf (Heizwärmebedarf + Brauchwarmwasserwärmebedarf, HEB: Heizenergiebedarf (Endenergie), PEB: Primärenergiebedarf	68
Abbildung 39: Ökobilanz (THG-Emissionen in $\text{CO}_2$ -Äquivalenten) nach Gebäudenutzungskategorie (Stand Juli 2019); WG: Wohngebäude (Wohnsektor), NWG: Nichtwohngebäude (Dienstleistungssektor und öffentliche Gebäude), SKG: sonstige konditionierte Gebäude (Industrie- und Gewerbesektor) ..	68
Abbildung 40: Energiebilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude (Stand 2019) .....	69
Abbildung 41: Ökobilanz nach Baualtersklassen der Wohngebäude (Stand 2019) .....	69

Abbildung 42: Lage der Gebäude der Bauperiode 1945 bis 1980 mit Ölheizung als primäres Heizungssystem (Stand Juli 2019); In der Stadt Gleisdorf gibt es insgesamt 604 Gebäude mit Baujahr zwischen 1945 und 1980 und 301 Gebäude mit Ölheizungen. Die dargestellten Gebäude sind Baujahr 1945-1980 und haben einen Ölkessel installiert (73 Gebäude) (Quelle: AEE INTEC).....	70
Abbildung 43: Eckdaten der Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050 (Sperka & Summerer, 2015) .....	72
Abbildung 44: Nachverdichtungspotenziale im Stadtteil Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE) .....	73
Abbildung 45: Geothermiefpotenziale für Erdwärmesonden in Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE) .....	74
Abbildung 46: Potenziale für Luftwärmepumpen – höchstzulässige Planungslärmpegel (Quelle: rsa iSPACE).....	75
Abbildung 47: Solarpotenzial auf geeigneten Dachflächen (Quelle: rsa iSPACE).....	76
Abbildung 48: Bruttogrundfläche, Energiebedarf und CO <sub>2</sub> -Ausstoß in den Grundszenarien .....	81
Abbildung 49: Entwicklung Wärmebedarfsdichte im Stadtteil Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE) .....	82
Abbildung 50: Kernaussagen der Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030.....	83
Abbildung 51: Acht Bereiche der Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030.....	83
Abbildung 52: Potentialzonen für Luftwärmepumpen oder solarthermische Energiegewinnung in der Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC).....	86
Abbildung 53: Berechnung des Solarpotentials für Freiflächen in der Stadt Gleisdorf (Quelle: AEE INTEC) .....	86
Abbildung 54: Potentialgebiete für den Fernwärmeausbau in der Stadt Gleisdorf, basierend auf Wärmedichten und bestehenden Leitungsinfrastrukturen (Quelle: AEE INTEC unter Verwendung der Daten der Landes- und Regionalentwicklung Steiermark, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15).....	87
Abbildung 55: Berechneter Heizenergiebedarf je Szenario im Methodenansatz EnergyPRO; Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC) .....	92
Abbildung 56: Entwicklung des Heizwärmebedarfs für Wohngebäude und Gebäude mit gemischter Nutzung je Szenario im Methodenansatz EnergyPRO; Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC).....	92
Abbildung 57: Heizenergiebedarf je Heizsystem in jedem Szenario im Methodenansatz EnergyPRO, Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC).....	93
Abbildung 58: CO <sub>2</sub> -Äquivalentemissionen aus dem Betrieb des Heizungssektors im Methodenansatz EnergyPRO, Datenstand 2015, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC) .....	93
Abbildung 59: Berechnete Aufteilung der Heizungssysteme je Szenario für das Jahr 2050, im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC).....	95
Abbildung 60: Berechneter Heizenergiebedarf je Energiequelle und Szenario für das Jahr 2050 im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC).....	96
Abbildung 61: Berechneter CO <sub>2</sub> -Ausstoß je Energiequelle und Szenario für das Jahr 2050 im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC).....	96

Abbildung 62: Wärmedichtekarte (HEB) für die Stadt Gleisdorf im Initialstatus (links) und dem Ambitionierten Szenario für das Jahr 2050 (rechts), im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15).....	97
Abbildung 63: CO <sub>2</sub> -Ausstoß des Wärmesektors für die Stadt Gleisdorf im Initialstatus (links) und dem Ambitionierten Szenario für das Jahr 2050 (rechts), im Methodenansatz agentenbasierte Modellierung, Datenstand 2018, Berechnungsjahr 2050 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: Orthofoto Land Steiermark, Befliegung 2013-15).....	98
Abbildung 64: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im Stadtteil Schallmoos unter der Annahme, dass das Szenario Erneuerbare Energie und Energieeffizienz umgesetzt wird.....	103
Abbildung 65: Wärmedichtekarte Stadt Gleisdorf (ohne Industrie und produzierendes Gewerbe); Auflösung: 100 m x 100 m (=1 Hektar); Energie-Bezugsgröße: Heizenergiebedarf (Endenergie) Methodenansatz Geoinformation, Datenstand 2019 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: OpenStreetMap).....	109
Abbildung 66: Zonierungsplan Stadt Gleisdorf überlagert mit der bestehenden Fernwärmetrasse inkl. dem kurzfristig geplanten Ausbau. Für diesen finalen Zonierungsplan wird neben dem Kriterium Wärmedichte auch das Kriterium der Nähe (50 Meter Buffer) zur bestehenden und kurzfristig geplanten Fernwärmetrasse berücksichtigt. Methodenansatz Geoinformation, Datenstand 2019 (Quelle: AEE INTEC, Hintergrundkarte: OpenStreetMap) .....	111
Abbildung 67: Wärmebedarfsdichte IST (links) und künftig (rechts) im Stadtgebiet Gleisdorf; Quelle: GIS Stmk .....	112
Abbildung 68: Wärmenachfragedichtekarte mit einer Vorlauftemperatur von <= 60°C in Salzburg Schallmoos (Quelle: rsa iSPACE).....	119
Abbildung 69: Verleihung ÖGUT Umweltpreis 2018 an die Stadtgemeinde Gleisdorf (Quelle: ÖGUT) .....	122

## 7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete (Geo-)Datengrundlagen für die Analyse von Salzburg Schallmoos.....	22
Tabelle 2: Zuordnung der EKZ für den Kältebedarf nach Gebäudetypen .....	24
Tabelle 3: Faktoren zur Identifikation des monatlichen Energiebedarfs .....	25
Tabelle 4: Zuordnung der EKZ für die Stromnutzung von Nichtwohngebäuden.....	26
Tabelle 5: Überblick Konversionsfaktoren (OIB (2011 bis 2019); (SBTV, 2016); (Kalt, 2017); (Umweltbundesamt, 2018)) .....	37
Tabelle 6: Konversionsfaktoren für die Bewertung des Status quo; (OIB, 2015) (Kalt, 2017).....	38
Tabelle 7: Konversionsfaktoren für die Bewertung des Business as usual Szenarios; (OIB, 2015) (Kalt, 2017).....	38
Tabelle 8: Mögliche Entwicklung der Konversionsfaktoren (Nymoen, 2017).....	39
Tabelle 9: Konversationsfaktoren für Salzburg für die Jahre 2025 & 2050; (OIB, 2015) (Kalt, 2017) ...	39

Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren für die Stadt Gleisdorf; Primärenergie und CO <sub>2</sub> gemäß OIB RL6 2019 (OIB, 2019).....	40
Tabelle 11: Konversionsfaktoren für Gleisdorf für die ambitionierten Szenarien in den Jahren 2035 und 2050 (OIB, 2019).....	41
Tabelle 12: WebGIS Open-Source-Bibliotheken und Plugins.....	44
Tabelle 13: Energie- und Ökobilanz Gemeinde Gleisdorf (Absolutwerte, berechnet für das Standortklima 2018).....	67
Tabelle 14: Verwendete Konversionsfaktoren [g/kWh].....	79
Tabelle 15: Übersicht Grundszenarien.....	80
Tabelle 16: Reihenfolge der verwendeten Heizungssysteme in den Basisszenarien.....	90
Tabelle 17: Annahmen bei Sanierungen in den Basisszenarien.....	90
Tabelle 18: Sanierungsraten in den Basisszenarien.....	90
Tabelle 19: Parameter im AGE Szenario.....	91
Tabelle 20: Parameter im EDU Szenario.....	91
Tabelle 21: Parameter im JOB Szenario.....	91
Tabelle 22: Ergebnis der ExpertInneninterviews für Salzburg Schallmoos (Quelle: SIR).....	100
Tabelle 23: Ergebnis Stakeholderworkshop Gleisdorf (Quelle: SIR).....	102
Tabelle 24: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im Stadtteil Schallmoos (Quelle: SIR, 2018).....	103
Tabelle 25: Übersicht der Handlungsempfehlungen für das Themenfeld Betriebsenergie aus baulicher Sicht.....	106
Tabelle 26: Handlungsempfehlungen für das Themenfeld Betriebsenergie aus Infrastruktursicht... ..	107
Tabelle 27: Klassifizierung von Wärmebedarfsdichten; abgeleitet aus (Nussbaumer et al., 2018, S.105) und (Persson et al., 2017, S. 96).....	110

### 7.3. Literaturverzeichnis

- Amouroux, E. C.-Q. (2009). *GAMA: An Environment for Implementing and Running Spatially Explicit Multi-agent Simulations*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Amtmann, M., & Altmann-Mavaddat, N. (2014). *Tabula reference buildings - the austrian building typology: A classification of the austrian residential building stock*. Wien: Austrian Energy Agency.
- Atzl, C. (2015). How to Design WEb Maps that Users Like? In S. Henning, *Online-Karten im Fokus: Praxisorientierte Entwicklung und Umsetzung* (S. 33-51). Wichmann. doi:ISBN-10: 9783879075898
- Austrian Standards. (2017). *ÖNORM EN 15316-1: Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen - Teil 1: Allgemeines und Darstellung der Energieeffizienz, Module M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4*. ON.
- Bayer, G., Sturm, T., & Hinterseer, S. (2011). *Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungsgebäuden*. Wien: Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „Neue Energien 2020“, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT.



- BBSR, B. /. (2009). *Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden*. Berlin: BBSR-Online-Publikation 09/2009. urn:nbn:de:0093-ON0909R223.
- Berger, H., S., R., M., B., T., P., & B., K. (2016). *Abwärmepotenziale im Zentralraum Hallein-Salzburg*. Salzburg.
- Biermayr, P. (2018). *Erneuerbare Energie in Zahlen 2018: Entwicklung in Österreich, Datenbasis 2017*. Wien.
- Decker, T. &. (2015). House owners' perceptions and factors influencing their choice of specific heating systems in Germany. *Energy Policy*(85), S. 150-161. doi:doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.004>
- ECC. (05 2019). *Methoden- und Konzeptentwicklung zur Implementierung nachhaltiger Energiesysteme in Städten am Beispiel von Gleisdorf und Salzburg*. (AEE INTEC, Hrsg.) Von Forschungsprojekt „EnergyCityConcepts“: [www.ecc.aee-intec.at](http://www.ecc.aee-intec.at) abgerufen
- Edtmayer, H., Mauthner, F., Stanzel, L., & Leusbrock, I. (09/2019). Agent-based modelling of thermal energy transition pathways in urban environments. *abstract and oral presentation*. Copenhagen, Denmark: 5th International Conference on Smart Energy Systems.
- EMD International A/S. (02 2016). *energyPRO software - Product description*. Abgerufen am April 2016 von <http://www.emd.dk/>
- EQUA Simulation AB. (2015). *IDA Early Stage Building Optimization (ESBO) User guide 2.0*. Solna, Sweden.
- EQUA Simulation AB. (15. 07 2017). IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) Version 4.7. *A new generation building performance simulation software*. Solna, Stockholm, Sweden. Von <https://www.equa.se/en/ida-ice> abgerufen
- ESC. (2018). EnergySimCity, Ganzheitliche Analyse und Simulation von Energiesystemen und Ressourcenverbänden in Städten und Stadtquartieren. *Research Studio Austria, 4. Ausschreibung 2013*. FFG Projektnummer 844732.
- EU Directive 2009/28/EC, National Renewable Action Plan (NREAP). (kein Datum). *European Commission, National action plans*. Von <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans> abgerufen
- European Commission. (2015). *The Paris Protocol – A blueprint for tackling global climate change beyond 2020*. Brussels: European Commission.
- European Commission. (02 2016). *2050 Energy Strategy*. Von Energy Strategy: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy> abgerufen
- European Environment Agency. (2012-2015). *Heating degree days: How is climate change affecting the energy demand for space heating across Europe?* Retrieved from <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heating-degree-days-1/assessment>
- Fink, C., & Müller, T. (2008). *Thermische Solarenergienutzung im Geschoßwohnbau*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 29b/2009, Haus der Zukunft.
- Fragaki, A., & Andersen, A. (April 2011). Conditions for aggregation of CHP plants in the UK electricity market and exploration of plant size. (88), 3930-3940.

- FRAYSSINET, L. M.-L.-J. (2018). Modeling the heating and cooling energy demand of urban buildings at city scale. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(81), 2318-2327.
- Gieselbrecht, A. (2005). *Energieeinsatz in Hotelbetrieben*. Wiener Neustadt: Diplomarbeit FH-Diplomstudiengang Produkt- und Projektmanagement.
- Gössinger-Wieser, A., Thyr, D., Preiß, D., Baumhackl, T., Fischer, B., & Umgeher, M. (2017). *Klima- und Energie Strategie Steiermark 2030*. Abteilung 15 - Energie, Wohnbau, Technik. Graz: Amt der Steiermärkischen Landesregierung.
- Gössinger-Wieser, A., Thyr, D., Preiß, D., Umgeher, M., & Weiland, A. (08 2019). Klima- und Energiestrategie 2030 | Aktionsplan 2019-2021. (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, & Abteilung 15, Hrsg.) Graz, Österreich: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15.
- Gotts, N. M. (2003). Agent-Based Simulation in the Study of Social Dilemmas. *Artificial Intelligents Reviews*(19), 3-92.
- Hansen, P. L. (2019). Agent-based modelling and socio-technical energy transitions: A systematic literature review. *Energy Research & Social Science*(49), 41-52.
- Hecher, M. H. (2017). The trigger matters: The decision-making process for heating systems in the residential building sector. *Energy Policy*(102), S. 288-306. doi:doi:https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.004
- Heckbert, S. B. (2010). Agent-based modeling in ecological economics. *Annals of the New York Academy of Sciences*(1185), 39-53.
- Heppenstall, A. J. (2012). *Agent-Based Models of Geographical Systems*. Springer Science+Business Media B.V. doi:10.1007/978-90-481-8927-4
- ISO. (2008). ISO 13790, Energy performance of buildings, Calculation of energy use for space heating and cooling. *International Organization for Standardization*.
- Kalt, G. (2017). Primärenergie- und Treibhausgasemissionsfaktoren von Strom im Land Salzburg. *Auftragsstudie des Amtes der Salzburger Landesregierung und der Salzburg AG*. Wien: Österreichische Energieagentur.
- Kappas, M. (2012). *Geographische Informationssysteme* (2. Auflage Ausg.). Braunschweig: Westermann. doi:ISBN 978-3-14-160362-0
- KAVGIC, M. M.-P. (2010). A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector. *Building and Environment*(45), 1683-1697.
- Klimaaktiv. (01 2019). *Klimaaktiv Kriterienkatalog für Wohnbauten Neubau und Sanierung, 4. Auflage*. (B. f. Tourismus, Hrsg.) doi:ISBN 978-3-903129-27-6
- Land Steiermark. (2016). *Planzeichenverordnung 2016: Anlage 2: Flächenwidmungsplan, Bebauungsplanzonierungsplan*. Von Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 17: <http://www.landentwicklung.steiermark.at/cms/beitrag/12656273/143651453/> abgerufen
- Land Steiermark. (07 2018). *Solardachkataster Steiermark - Potenzialflächen Photovoltaikanlagen*. Von Datenkatalog: Metadaten-Details: [http://data.steiermark.at/cms/beitrag/11822084/97108894/?ApplInt\\_OGD\\_ID=641](http://data.steiermark.at/cms/beitrag/11822084/97108894/?ApplInt_OGD_ID=641) abgerufen

- Li, W. Z. (2017). Modeling urban building energy use: A review of modeling approaches and procedures. *Energy*(141), 2445-2457.
- LOGA, T. S. (2016). TABULA building typologies in 20 European countries—Making energy-related features of residential building stocks comparable. *Energy and Buildings*(132), S. 4-12.
- Mair am Tinkhof, O., & Bischof, D. (2018). *IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 63: Umsetzung von Energiestrategien in Kommunen*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Abgerufen am 15. 07 2019 von [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea\\_pdf/schriftenreihe-2019-18-iea-ebc-annex-63.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/schriftenreihe-2019-18-iea-ebc-annex-63.pdf)
- Mair am Tinkhof, O., Strasser, H., Prinz, T., Herbst, S., Schuster, M., Tomschy, R., . . . Roßkopf, T. (2017). *Richt- und Zielwerte für Siedlungen zur integralen Bewertung der Klimaverträglichkeit von Gebäuden und Mobilitätsinfrastruktur in Neubausiedlungen*. Wien: BMVIT.
- Mair am Tinkhof, O., Strasser, H., Prinz, T., Herbst, S., Schuster, M., Tomschy, R., . . . Roßkopf, T. (2017). *Richt- und Zielwerte für Siedlungen zur integralen Bewertung der Klimaverträglichkeit von Gebäuden und Mobilitätsinfrastruktur in Neubausiedlungen*. Wien, Salzburg, Dornbirn: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technolog.
- Mauthner, F. (2019). *Vergleich von GIS-basierten Methoden zur Kartierung von Wärmebedarfen*. Salzburg: Interfakultärer Fachbereich für GeoInformatik (Z\_GIS) der Paris Lodron-Universität Salzburg.
- Mauthner, F., Leusbrock, I., Heimrath, R., Nageler, P., Biberacher, M., & Schardinger, I. (September 2017). Holistic urban energy planning in spatial and temporal resolution – Workflow coupling spatial modeling with dynamic building simulation. 3rd International Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating, Copenhagen, Denmark. Von [http://www.4dh.eu/images/3-\\_Franz\\_Mauthner.pdf](http://www.4dh.eu/images/3-_Franz_Mauthner.pdf) abgerufen
- Möller, B., Wiechers, E., Persson, U., Grundahl, L., & Connoly, D. (09 2018). Heat Roadmap Europe: Identifying local heat demand and supply areas with a European thermal atlas. *Energy*(158), S. 281-292. doi:10.1016/j.energy.2018.06.025
- Muncadunc. (2008). Ein Panorama vom Kapuzinerberg, Salzburg- Schallmoos. Salzburg, Salzburg, Österreich. Abgerufen am 15. 07 2017 von [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kapuzinerberg\\_Panorama.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kapuzinerberg_Panorama.jpg)
- Nageler, P., Koch, A., Mauthner, F., Leusbrock, I., Mach, T., Hochenauer, C., & Heimrath, R. (11 2018). Comparison of dynamic urban building energy models (UBEM): Sigmoid energy signature and physical modelling approach. *Energy and Buildings*(179), 333 - 343. Elsevier B.V. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.034>
- Nageler, P., Mach, T., Heimrath, R., Schranzhofer, H., & Hochenauer, C. (2017). *Generation tool for automated thermal city modelling*. Applied Mechanics and Materials, accepted.
- Nageler, P., Zahrer, G., Heimrath, R., Mach, T., Mauthner, F., Leusbrock, I., . . . Hochenauer, C. (11 2017). Novel validated method for GIS based automated dynamic urban building energy simulations. *Energy*(139), 142 - 154. Elsevier Ltd. Von <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.151> abgerufen

- Nymoer, H. G. (2017). Klimaschutz im Wohngebäudebereich: Wie können wir die Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Deutschland bis 2050 erreichen? *Auftragsstudie des Zukunft ERDGAS e.V.* . Berlin.
- OIB. (Oktober 2011). OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz; OIB-330.6-094/11. (Ö. I. Bautechnik, Hrsg.) Wien.
- OIB. (März 2015). OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz; OIB-330.6-009/15. (Ö. I. Bautechnik., Hrsg.) Wien.
- OIB. (April 2019). OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz, OIB.330.-026/19. (Ö. I. Bautechnik, Hrsg.) Wien. Von OIB-Richtlinien: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019/oib-richtlinie-6> abgerufen
- Peritsch, M. (2006). *Supermärkte als Energiezentralen*. Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 2/ 2006, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- PostgreSQL. (19. 10 2016). *PostgreSQL - The world's most advanced open source database*. Von <https://www.postgresql.org/> abgerufen
- Preisler, T. D. (2017). Towards an agent-based simulation of building stock development for the city of hamburg. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, (S. 317-326). Prague, Czech Republic, 3-6 September 2017.
- Quaschnig, V. (2015). *Regenerative Energiesysteme - Technologie, Berechnung, Simulation*. München: Carl Hanser Fachbuchverlag. doi:ISBN: 978-3-446-42732-7
- Rehbogen, A., H., S., Koblmüller, N., Mostegl, I., S., M., B., & F., Z. (2017). *Heatswap Integrierter Wärmeplan Zentralraum Salzburg Umsetzungsplanung für die Wärmewende der Energie-Vorzeigeregion Salzburg*. Wien: Klima- und Energiefonds, Österreichische Energieagentur.
- REINHART, C. F. (2016). Urban building energy modeling – A review of a nascent field . *Building and Environment(97)*, 196-202.
- Reissner, G., & Dokter, D. (03 2018). Stadtentwicklungskonzept 1.0 | Entwurf. Graz - Gleisdorf: Stadtgemeinde Gleisdorf.
- Reissner, G., Neubauer, J., & Mauthner, F. (06 2019). Sachbereichskonzept Energie Stadt Gleisdorf. *Sachbereichskonzept zum Stadtentwicklungskonzept 1.00; Verordnung | Erläuterungsbericht*. Gleisdorf: Stadtgemeinde Gleisdorf.
- Reiter, D. (2010). *OPTRES Integrierte Strategien zur Optimierung regionaler Energieversorgung unter Berücksichtigung heterogener Energieträger*. Wien: Blue Globe Report, Smart Energies, 2/2010, Klima- und Energiefonds.
- Ribas, M. (2016). Holistic urban energy planning in temporal and spatial resolution for the city of Gleisdorf. *Master thesis*. Grenoble, France: Grenoble Institute of Engineering.
- Roth, R. (2015). Interactivity and Cartography: A Contemporary Perspective on User Interface and User Experience Design from Geospatial Professionals. In *Cartographica 50/2* (S. 94-115).
- SAGIS. (2017). *Salzburger Geographisches Informationssystem*. Salzburg.
- Salzburger Qualitätsnetzwerk Wärmepumpe. (2017). *Der Wärmepumpen-Atlas, Zonenausweisung für Wärmepumpen*. Salzburg.

- SBTV. (Juni 2016). Salzburger Bautechnikverordnung, Anlage 1, Rechtliche Grundlage. Salzburg.
- Sperka, G., & Summerer, W. (2015). *Masterplan Klima + Energie 2020*. Salzburg: Land Salzburg, Abteilung 5 – Natur- und Umweltschutz. Abgerufen am 15. 07 2019 von [https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser\\_/Documents/masterplan\\_2020\\_broschuere.pdf](https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser_/Documents/masterplan_2020_broschuere.pdf)
- Spitzer, W., Reithofer, J., & Prinz, T. (3 2017). Short Paper 383 Monitoring der Nachverdichtung in der Stadt Salzburg. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, S. 383-389. doi:10.14627/537633042
- Stadtwerke Gleisdorf. (2019). *Fernwärme in Gleisdorf*. Von Stadtwerke Gleisdorf: <https://www.stadtwerke-gleisdorf.at/fernwaermeanschluss> abgerufen
- Stanzel, L. (2019). Spatial Agent-Based Simulation for Thermal Energy Transition Pathways in Urban Environments. *Master thesis*. Graz, Austria: University of Graz.
- Stanzel, L., Scholz, J., & Mauthner, F. (05 2019). A Spatial Data Analysis Approach for Public Policy Simulation in Thermal Energy Transition Scenarios. Salzburg, Austria: 2nd International Data Science Conference.
- STATISTIK Austria. (2016). *Regional statistical grid units: Demographic data: Households and employment status*. Von [http://www.statistik.at/web\\_de/klassifikationen/regionale\\_gliederungen/regionalstatistische\\_rastereinheiten/index.html](http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/regionalstatistische_rastereinheiten/index.html) abgerufen
- Statistik Austria. (05. 11 2019). *STATcube - Statistische Datenbank von Statistik Austria*. Von <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/dataCatalogueExplorer.xhtml> abgerufen
- Strasser, H., Mair am Tinkhof, O., & Bischof, D. (2018). *IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 63: Umsetzung von Energiestrategien in Kommunen (Arbeitsperiode 2013 - 2018)*. Salzburg: BMVIT. Von <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/ebc/iea-ebc-annex-63.php> abgerufen
- Streicher, W., Schnitzer, H., Heimrath, R., Titz, M., Haas, R., Kalt, G., . . . Kaltschmitt, M. (2010). *Energieautarkie für Österreich 2050 (Feasibility Study No. B068644)*. Wien: ENERGIE DER ZUKUNFT, Klima- und Energiefonds. Von [https://www.uibk.ac.at/bauphysik/forschung/publications/energieautarkie/energieautarkie\\_2050.pdf](https://www.uibk.ac.at/bauphysik/forschung/publications/energieautarkie/energieautarkie_2050.pdf) abgerufen
- Thalhammer, W., & Stöglehner, G. (2015). *Energieraumplanung*. Wien: Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz. Abgerufen am 15. 07 2019 von <https://www.oerok.gv.at/raum-region/oesterreichisches-raumentwicklungskonzept/oerek-2011/oerek-partnerschaften/abgeschlossene-partnerschaften/energieraumplanung.html>
- Umweltbundesamt. (2018). Umweltbundesamt - THG-Emissionen. *Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger*. Abgerufen am 05 2019 von <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html>
- United Nations. (2018). World Urbanization Prospects 2018. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

- WeltN24 GmbH. (5. 10 2017). *Mit einer Formel den Stromverbrauch berechnen*. Von <https://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/strom/article10220248/Mit-einer-Formel-den-Stromverbrauch-berechnen.html> abgerufen
- ZAMG. (6. 10 2017). *Zentralanstalt für Metrologie und Geodynamik, ZAMG*. Von <https://www.zamg.ac.at/> abgerufen
- Zeus Online-Datenbank. (2018). *Online-Datenbank zur Verwaltung von Energieausweisen*. Von <https://www.energieausweise.net/> abgerufen

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge and a horizontal top edge, with a diagonal line connecting the top-left corner to the bottom-right corner.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)