

Gebäudemodell für die räumliche Energieplanung

Building Model for Spatial Energy Planning

Lukas Götzlich¹, Ingrid Schardinger¹, Wolfgang Spitzer¹, Sabine Gadocha¹,
Franz Mauthner², Markus Biberacher¹

¹RSA FG Research Studio iSPACE · lgoetzlich@researchstudio.at

²AEE – Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC)

Zusammenfassung: Um den räumlich konkreten Informationsbedarf der Energieplanung zu decken, wurde ein umfassendes Gebäudemodell entwickelt. Die benötigten Informationen wurden thematisch nach Modulen gruppiert, z. B. Nutzung, Hüllqualität und Konditionierung. Im Modul Gebäudeidentifikation wurde der Referenzdatensatz erstellt, der als zentrale Grundlage für die weiteren Module dient. Basierend auf GIS-Methoden und tabellarischen Verknüpfungen wurden Gebäudepolygone ihren Gebäudeadressen zugewiesen. Im gegenständlichen harmonisierten Ansatz erfolgt eine komplexe Zuweisung von insgesamt ca. 65 Gebäudeattributen, welche ein solides Fundament für räumliche Wärme- und Strombedarfsmodelle inkl. Szenarien und Deckungspotenziale mit erneuerbarer Energie liefern.

Schlüsselwörter: GIS-Tools, Gebäudemodell, Energieplanung

Abstract: *In order to cover the demand of spatial information for energy planning, a holistic data model for buildings was created. Within the process, the required information are separated into several modules and attributes like the use, the quality of envelope and the conditioning of the building. Nevertheless, the central aspect of these attribute allocations is the identification of the buildings, because it is the base and the reference dataset for the other modules listed before. By using a sophisticated methodology that is composed out of GIS tools and tabular joins, building polygons are matched with their building addresses. Finally, this harmonised and standardised methodology assigns 65 attributes. Additionally, the paper presents a use case for these methods, which is spatial energy planning. In this context, potentials and scenarios are calibrated to foster the implementation of renewable energy carriers.*

Keywords: *GIS-tools, building model, spatial energy planning*

1 Einleitung

Die räumliche Energieplanung hat das Potenzial einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung zu leisten und wird zunehmend in Energiestrategien und Masterplänen adressiert (z. B. Mission 2030 Die Österreichische Klima- und Energiestrategie (BMNT, BMVIT, 2018), Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050 (Land Salzburg, 2012), Masterplan Smart City Salzburg (Stadt Salzburg, 2019)). Eine erfolgreiche räumliche Energieplanung erfordert solide räumliche Grundlagen. Wesentlich sind insbesondere räumlich konkrete Informationen zum Energiebedarf, zu Potenzialen erneuerbarer Energieressourcen und zur vorhandenen Infrastruktur; z. B. ist eine hohe Wärmebedarfsdichte entscheidend für eine Fernwärmeversorgung. Bestehende Ansätze zur Modellierung des Wärmebedarfs auf europäischer und nationaler Ebene sind häufig Top-down-Ansätze (z. B. Abart-Heriszt & Stoeglehner, 2019; Buechele et al., 2015). Diese verwenden eine Kombination aus öffentlich verfügbaren Daten und Statistiken zur Berechnung des räumlich konkreten Wärmebedarfs. Die räumliche Auflösung und die Zuverlässigkeit auf lokaler Ebene sind bei diesen Ansätzen eingeschränkt.

3-D-Stadtmodellierungsansätze hingegen liefern sehr detaillierte Informationen für Planungsprozesse auf Gebäudeebene (z. B. Nageler, 2020). Die Umsetzung dieser Ansätze erfordert hohe Prozessierungskapazitäten und ist daher auf die Stadtebene oder kleinere Städte beschränkt. Die verschiedenen Ansätze lassen sich nicht strikt voneinander trennen und werden oft in Kombination eingesetzt. Zwischen diesen beiden Herangehensweisen haben sich auch Ansätze etabliert, die Gebäude-Footprints und zusätzliche Daten nutzen (z. B. Rehbogen et al., 2017) oder detaillierte statistische Daten auf Adress- oder Gebäudeebene (Mauthner, 2019). Jeder Ansatz hat individuelle Vorteile und Einschränkungen, z. B. thematische Genauigkeit versus flächendeckende Umsetzbarkeit, und ist auf spezifische Planungsprozesse zugeschnitten. Für den Einsatz in der Energieraumplanung ist es wichtig, Informationen auf Gebäudeebene und auf Basis eines harmonisierten und flächendeckend anwendbaren Ansatzes zur Verfügung zu haben.

Im Rahmen des Projektes „Spatial Energy Planning“ (GEL S/E/P) wird ein Ansatz für ein umfassendes Gebäudemodell konzipiert und in den Bundesländern Salzburg, Wien und Steiermark umgesetzt. Im vorliegenden Beitrag wird dieser innovative Ansatz vorgestellt.

2 Methode

2.1 Datengrundlagen

Aktuelle Daten in einer hohen Qualität und Auflösung sind entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der räumlichen Energieplanung. Dies gilt insbesondere für Informationen über den Gebäudebestand. Die Herausforderung liegt im Fehlen einer Datengrundlage, die sämtliche erforderliche Informationen beinhaltet. Deshalb wurde in diesem Gebäudemodell eine breite Integration vielfältiger Datengrundlagen umgesetzt. In einem umfassenden Datenkonzept wurden rund 80 Datengrundlagen definiert und deren Integration strukturiert beschrieben. Das Datenkonzept umfasst die Spezifikation der Datengrundlagen inklusive deren relevanten Attribute und Ausprägungen. Zudem enthält das Datenkonzept Priorisierungen unterschiedlicher Datengrundlagen. Um weitgehend automatisierbare Aktualisierungsroutinen zu ermöglichen, werden insbesondere vorhandene öffentliche und/oder administrative Datenbestände genutzt. Das Datenkonzept sieht eine thematische Gruppierung nach Modulen vor. Abbildung 1 zeigt die Module des Gebäudemodells und ihre wesentlichen Datengrundlagen.

Durch die Vielfalt an integrierten Datengrundlagen können Unvollständigkeits- und thematische Ungenauigkeiten einzelner Datensätze kompensiert werden. Das AGWR (Adressbezogenes Gebäude- und Wohnungsregister) stellt den umfassendsten Datensatz dar, da es theoretisch alle Gebäude und Adressen flächendeckend beschreibt. Die Datensichtung und die Literatur (z. B. Preier, 2019; Pfeifer, 2017) zeigten, dass die Datenqualität des AGWR sehr heterogen ist. Die Befüllung dieses Registers obliegt den jeweiligen Gemeinden, was dazu führt, dass die Vollständigkeit, Aktualität und thematische Genauigkeit räumlich sehr unterschiedlich ist. Unterschiede sind auch innerhalb des Datensatzes feststellbar. Einige Attribute sind mit hoher Zuverlässigkeit (z. B. Anzahl der Hauptwohnsitze, welche sich direkt aus dem Melderegister speisen) verfügbar, während andere Attribute nur unzureichend vorliegen (z. B. Wärmesystem des Gebäudes). Ein Problem hierbei ist z. B., dass Energieträger zwar in der Erstbefüllung des Datensatzes eingetragen werden, jedoch nachträgliche Änderungen des Heizsystems und Energieträger kaum nachgeführt werden. Da die Gebäudestatistik der Statistik Austria zu großen Teilen aus dem AGWR gespeist ist, findet sich in der

offiziellen Statistik die Fortsetzung der Unschärfe. Um eine hohe Ergebnisqualität hinsichtlich Energieträger zu erzielen, werden zusätzlich unter anderem Daten aus der Heizungsdatenbank, welche durch die Rauchfangkehrer befüllt werden, und Energieausweisdaten berücksichtigt und integriert. Diese beiden Datensätze zeigen eine höhere thematische Genauigkeit, decken aber nur Teilbereiche der Gebäude ab. Detaillierte Metadaten einschließlich Informationen zur Datenqualität der einzelnen Datengrundlagen sind dem im Projekt Enerspired Cities erstelltem Metadatenportal (<https://geoportal.enerspired.city>) zu entnehmen.

2.2 Methoden

Der methodische Ablauf des entwickelten Gebäudemodells ist in einzelne Module und Bearbeitungsschritte unterteilt und umfasst eine umfangreiche Zuordnung verschiedener Gebäudeattribute mittels GIS-Operationen. Abbildung 1 skizziert vereinfacht die Struktur des Gebäudemodells. Dieses Gebäudemodell stellt eine Empfehlung für harmonisierte und standardisierte Methoden zur Generierung der erforderlichen Gebäudeinformationen und darüber hinaus dar. Um eine laufende Aktualisierung der generierten Informationen zu gewährleisten, werden Routinen implementiert, die schnelle und trotzdem umfangreiche Updates ermöglichen. Vor allem die Gebäudeidentifikation basiert auf räumliche Zusammenhänge, weshalb dieses Modul hier detaillierter beschrieben wird.

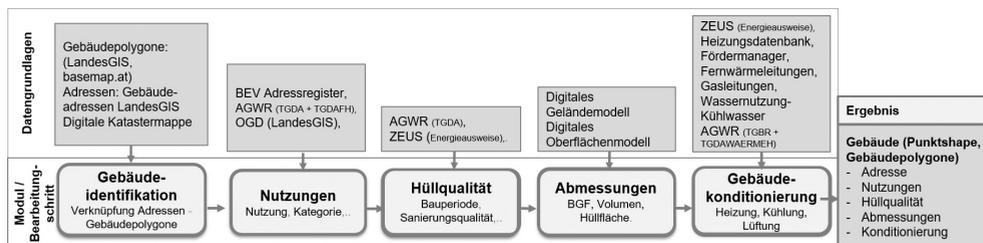
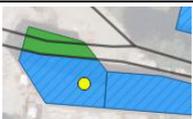


Abb. 1: Skizze des modular aufgebauten Gebäudemodells

2.2.1 Gebäudeidentifikation

Im Modul Gebäudeidentifikation erfolgt eine strukturierte Verknüpfung von Gebäudepolygonen mit Adresspunkten, die derzeit in keinem bestehenden Datensatz gegeben ist. Das generierte Ergebnis dient als Referenzdatensatz für die weiteren Module. Aufgrund des bestehenden n:n-Verhältnis von Gebäudepolygonen und Adressen erfolgt eine schrittweise Zuordnung (Tabelle 1). Nach den räumlichen Zuordnungen werden weitere Attribute wie Gemeindegrenznummer oder Postleitzahl hinzugefügt.

Tabelle 1: Zuweisungsschritte des Moduls Gebäudeidentifikation

S	Screenshot	Beschreibung des jeweiligen Zuweisungsschritt (S)
		In den ersten drei Schritten werden alle Adresspunkte einem Gebäudepolygon zugeordnet. Ab Schritt vier werden weitere Gebäude der bereits vergebenen Adresse zugewiesen.
1		Zuordnung aller Adresspunkte, die in einem Gebäudepolygon liegen.
2		Zuweisung aller Adresspunkte, die im gleichen Grundstück wie ein Gebäudepolygon liegen und nicht weiter als 25 Meter von diesem entfernt sind.
3		Zuteilung aller Adresspunkte, die nicht weiter als vier Meter von einem Gebäude entfernt liegen, aber nicht im gleichen Grundstück wie das entsprechende Gebäudepolygon zu finden sind.
4		Zuordnung von Gebäudepolygonen, die ein Gebäude mit bereits verbgebener Adresse berühren und auf dem gleichen Grundstück wie dieses stehen.
5		Zuweisung aller Gebäudepolygone, die ein Gebäude mit bereits verbgebener Adresse berühren, jedoch auf einem anderen Grundstück wie das jeweilige Gebäude stehen.
6		Zuteilung von Gebäudepolygonen, die mehrere Gebäude mit Adresse berühren. Dies geschieht auf Basis der längsten gemeinsamen Kante.
7		Zuordnung von Gebäudepolygonen, die ein zugewiesenes Gebäude aus Schritt sechs berühren unabhängig vom Grundstück.
8		Zuweisung der verbleibenden Gebäudepolygone auf Basis der gemeinsamen Grundstücksinformation.

2.2.2 Weitere Module

Für die weiteren Module werden ebenfalls Algorithmen entwickelt. Im Modul Gebäudenutzung erfolgt überwiegend eine Verknüpfung bestehender Datengrundlagen mit dem Referenzdatensatz über bestehende eindeutige Adress- oder Objektcodes. Grundsätzlich werden alle – auch unterschiedliche – Nutzungen, die aus verschiedenen Datenquellen zu einem Ge-

bäude vorliegen, übernommen und als Nutzungseinheit gespeichert. Da die Hauptnutzung der Gebäude für die Ermittlung der Gebäudeabmessungen benötigt ist, wird sie hier ebenfalls ausgewiesen. Die Hüllqualität der Gebäude wird über die Bauperiode und den Sanierungsstatus angenähert. Um die hier geforderten Attribute zu ermitteln, kann größtenteils auf attributbasierte Joins zurückgegriffen werden, da viele der relevanten Datengrundlagen über gemeinsame Adresscodes verfügen. Sollten mehrere Quellen für ein Attribut vorhanden sein, wird mittels Logikketten ausgeschlossen. Der nächste Schritt umfasst die Berechnung der Gebäudeabmessungen. Hier wird auf ein in einem anderen Projekt parallel entwickeltes Modell (Spitzer et al., 2021) zurückgegriffen, das im gegenständlichen Gebäudemodell angepasst und integriert wurde. Unter der Verwendung eines Digitalen Geländemodells (DGM) und eines Digitalen Oberflächenmodells (DOM) werden für jedes Gebäudepolygon die Gebäudeabmessungen wie z. B. Bruttogrundfläche (BGF), Hüllfläche und Höhe bestimmt. Wie aus der Datenübersicht (Abb. 1) erkennbar ist und unter Kapitel 2 bereits angedeutet wurde, sind für Energieträger und Heizungssysteme zahlreiche Datensätze zu integrieren. Vor der attributiven Zuweisung muss zunächst ein räumlicher Analyseschritt durchgeführt werden, um die Endpunkte des Gas- und Fernwärmenetzes den nächstgelegenen Gebäudeadressen zuzuweisen. Die anderen Datengrundlagen liegen bereits auf Gebäudeadresseebene vor. Die Herausforderung der Zusammenführung unterschiedlicher Datengrundlagen ist, dass diese teils widersprechende Informationen beinhalten. Zum einen müssen die aktuellsten und plausibelsten Informationen zu den genutzten Energieträgern mittels Experteneinschätzung (z. B. durch das Amt der Salzburger Landesregierung, Referat 4/04 Energiewirtschaft und -beratung) ausgewählt werden. Zum anderen muss die korrekte Zuordnung der entsprechenden Heizungssysteme und weiterer Attribute umgesetzt werden. So werden zum Beispiel alte Einträge aus der Heizungsdatenbank, dem AGWR und Energieausweise verworfen, um durch aktuelle Energieausweise oder Fördermanagerdaten ersetzt zu werden. Die Erarbeitung der Zuweisungslogiken erfolgte anhand einer genauen Analyse der Metadaten (z. B. Erstel-

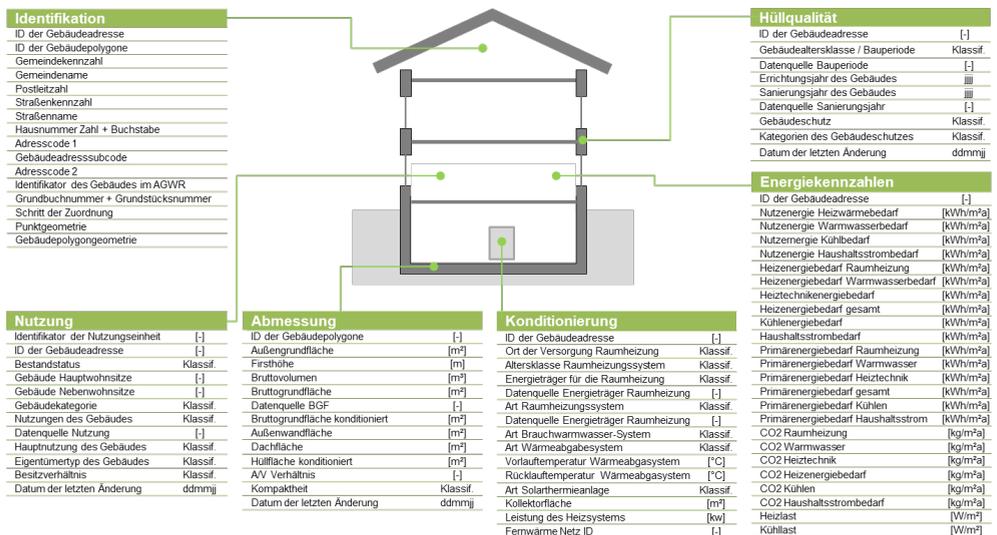


Abb. 2: Ermittelte Attribute je Gebäude

lungszweck, Nachführungsfrequenz etc.) und in Feedbackschleifen mit den Datenhaltern. In komplexen Logikketten wurden so un plausible Energieträger ausgeschlossen.

In den beschriebenen Modulen wurden insgesamt ca. 65 Gebäudeattribute zugewiesen (Abb. 2). Aufbauend auf den ermittelten Gebäudeeigenschaften wurde in weiteren Schritten eine Gebäudetypologie erstellt und spezifische Energiekennzahlen zugewiesen. Die Ermittlung der Energiekennzahlen erfolgte dabei durch Projektpartner und wird nach deren Finalisierung separat publiziert.

2.3 Technische Implementierung

Die in Kapitel 2.2 skizzierte Methodik wird mittels Structured Query Language (SQL) im relationalen Datenbankmanagementsystems Postgresql und dessen Erweiterung Postgis implementiert. Die Prozessierung der rasterbasierten Oberflächen- und Geländemodelle erfolgt aufgrund der besseren Performance (im Vergleich zu gdal und postgis) in ArcGIS. In der Datenbank wird für alle Untersuchungsgebiete (Salzburg, Steiermark, Wien) eine einheitliche Datenstruktur verwendet. Die als SQL-Scripts realisierten Methoden zur Berechnung des Gebäudemodells werden im Zuge von Aktualisierungsroutinen kontinuierlich adaptiert. Zunächst werden die Rohdaten in die Datenbank geladen, bevor sie mit den Daten aus anderen Untersuchungsgebieten harmonisiert und separat gelistet werden. Die Datenprozessierung beginnt mit der Aufwertung der Datengrundlagen, um eine Verknüpfung von Inputs in den Gebäudemodulen (Abb. 1) zu ermöglichen. Einfach zu generierende Attribute werden on-the-fly in einem „view“ vorgehalten und nicht als statische Tabelle realisiert.

2.4 Validierung

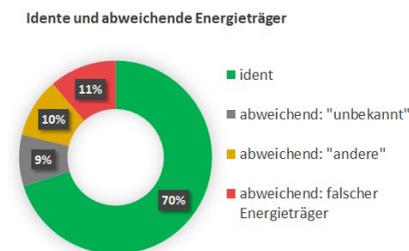


Abb. 3:
Validierung der Energieträger

Anhand von bestehenden Referenzdaten wurden eine Reihe von Validierungen durchgeführt. Die Gebäudeidentifikation wurde durch kartographische Visualisierungen an vielen Beispielen, an denen die Realität aus Erfahrungswissen oder Referenzdaten bekannt sind, überprüft. Zudem impliziert die Validierung nachgelagerter Module auch die Überprüfung der zugrunde liegenden Gebäudeidentifikation. Insbesondere die generierten Informationen zu den Energieträgern und Heizungssystemen je Gebäude wurden mit Referenzdaten verglichen, da die Datengrundlagen hier die größten Inkonsistenzen zeigten. Als Referenzdaten dienten eine Vollerhebung der Energieträger der Gemeinde Bruck an der Großglocknerstraße durch den zuständigen Rauchfangkehrer. Abbildung 3 zeigt, dass für 70 % der Gebäudeadressen ein identer Energieträger zugewiesen werden konnte. Für 9 % war in den Datengrundlagen keine Information vorliegend, für 10 % stand in den Datenquellen „andere Energieträger“ und bei

11 % lieferten die Datengrundlagen eine falsche Information. Eine Detailanalyse zeigte, dass diese falschen Informationen überwiegend aus dem AGWR stammen.

3 Ergebnisse

Die Implementierung der Skripte lieferte für die bestehenden 149.656 Gebäudeadressen im Land Salzburg eine Beschreibung der zugehörigen Gebäude. Für 96,6 % der Adressen konnte eine Bauperiode und für 99,5 % eine Nutzung zugewiesen werden. Die Energieträger konnten für 90 % der Gebäudeadressen identifiziert werden; 11 % der Gebäudeadressen weisen einen weiteren Energieträger auf. Bei 66 % der Gebäudeadressen konnte ein Heizsystem zugewiesen werden. Für den gesamten Gebäudebestand wurde eine beheizte BGF von 64,8 km² ermittelt, 56 % davon entfallen auf Wohnnutzungen. Anhand eines Beispielgebäudes aus der Stadt Salzburg werden ausgewählte Ergebnisse gezeigt (Abbildung 4). Es handelt sich um ein Mehrfamilienhaus mit dem Baujahr 2012. Für die Energieraumplanung besonders relevant sind die Outputs der Gebäudekonditionierung und der Gebäudeenergiekennzahlen. Das Gebäude verfügt über eine Biomasseheizung mit einem Standardkessel. Der Heizwärmebedarf ist 31,9 kWh/m² und der Warmwasserbedarf 10,2 kWh/m².

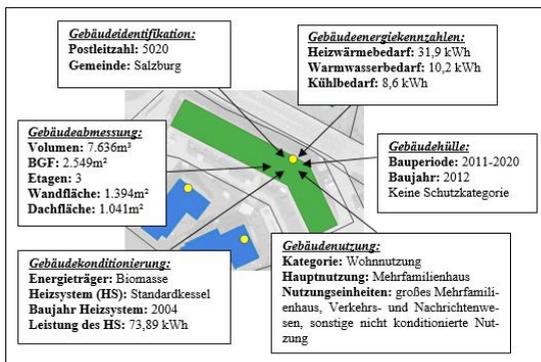


Abb. 4: Ergebnis anhand eines Beispielgebäudes

4 Diskussion und Ausblick

Das in diesem Paper vorgestellte Modell zeigt einen harmonisierten Ansatz zur umfassenden Analyse von Gebäuden auf. Die Stärken des Ansatzes sind das breite Spektrum an verwendeten Daten und die Priorisierung der Datensätze hinsichtlich Validität. Dadurch konnte die Robustheit und inhaltliche Konsistenz gestärkt werden. Des Weiteren wurden die einzelnen methodischen Bausteine stark ausdifferenziert und detailliert umgesetzt, was durch die einzelnen Schritte in der Gebäudeidentifikation deutlich wird. Durch die verwendeten GIS-Tools und Tabellenverknüpfungen stellt die Arbeit sowohl für das wissenschaftliche Feld der Geoinformatik als auch für Data Science einen wertvollen Beitrag dar, da eine Datengrundlage geschaffen wurde, die zuvor in dieser Detailliertheit flächendeckend nicht existiert hatte.

Die verwendeten Algorithmen lassen sich interdisziplinär anwenden, was durch die Anwendung im Projekt „Spatial Energy Planning“ (GEL S/E/P) und im Projekt „Zentrum Alpines Bauen“ (ZAB) verdeutlicht wird. Das vorgestellte Gebäudemodell liefert konsistente Aussagen von der lokalen Ebene (einzelne Gebäude) bis zur überregionalen Ebene (Bundesland). Konkrete Umsetzungen für Gemeinden erfolgten bereits im Rahmen der Erstellung der Bestandsanalysen Energie für die Räumlichen Entwicklungskonzepte (REK). Ebenso lieferte das Gebäudemodell bereits mehrfach energiebezogene Grundlagen für Strategie- und Monitoringprozesse des Amtes der Salzburger Landesregierung. Ein weiterer Anwendungsfall besteht in Energieraumanalysen für Arealentwicklungen, bei denen die bestehende Umgebung mitbetrachtet wird. Die Implementierung des Gebäudemodells in den Landes-GIS Abteilungen der Länder Steiermark, Wien und Salzburg unterstreicht die Anwendungsnähe. Dieser Ansatz wurde als Vorschlag für eine österreichweit standardisierte Methodik entwickelt und ermöglicht eine einfache Übertragbarkeit auf weitere Bundesländer. Die Konzeption und Umsetzung des Ansatzes wurden so gewählt, dass eine weitgehend automatisierte Aktualisierung erfolgen kann.

Das Gebäudemodell liefert die Grundlage für die Ausweitung der Wärmeplanung im Projekt „Spatial Energy Planning“ (GEL S/E/P) auf die Sektoren Strom und Mobilität im „Spatial Energy Planning II“ (GEL S/E/P II). Zudem sind im Folgeprojekt Vertiefungen und Verfeinerungen des Gebäudemodells vorgesehen. Weiteres Feedback zu den laufenden Auswertungen z. B. durch die Gemeinden soll berücksichtigt werden. Zudem sollen Unschärfen in den Datengrundlagen (z. B.: wenn der Adresspunkt auf der Garage anstatt auf dem Wohnhaus liegt) durch eine verfeinerte Metrik berücksichtigt werden. Die bestehenden Modellergebnisse und deren zukünftige Verbesserung und Erweiterung können eine nachhaltige Raum- und Energiesystementwicklung mit fundierten Grundlagen unterstützen.

Acknowledgement

Der dargestellte Ansatz wurde im Rahmen des Projektes „Spatial Energy Planning“ (GEL S/E/P), gefördert durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), entwickelt und umgesetzt. Die Zusammenarbeit mit dem SAGIS – Salzburger Geographisches Informationssystem ermöglichte die umfassende und effiziente Dateneinbindung. Die Methodik zur Ermittlung der Gebäudeabmessungen wurde im Projekt „Zentrum Alpines Bauen“ (ZAB) erarbeitet.

Literatur

- Abart-Heriszt, L., & Stoeglehner, G. (2019). *Das Sachbereichskonzept Energie – Ein Beitrag zum Örtlichen Entwicklungskonzept* (Leitfaden Version 2.0). Graz.
- BMNT, BMVIT (2018). *Mission 2030, die Österreichische Klima- und Energiestrategie, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie*. Wien.
- Buechele, R. (2015). *Bewertung des Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und effizienter Fernwärme- und Fernkälteversorgung*. Final Report im Auftrag des BMWWF. Wien.
- Land Salzburg (2012). *Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050*. Salzburg.

- Mautner, F. (2019). *Vergleich von GIS-basierten Methoden zur Kartierung von Wärmebedarfen. Grundlagen räumlicher Energieplanung am Beispiel der Stadtgemeinde Gleisdorf*. Masterarbeit, TU Graz.
- Nageler, P. (2020). *Neuartige automatisierte Methoden für GIS-basierte dynamische Simulationen von urbanen Energiesystemen*. Dissertation, TU Graz.
- Pfeifer, D. (2017). *Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich*. Dissertation, Universität Innsbruck.
- Preier, J. (2019). Das Gebäude- und Wohnungsregister. Statistik Austria. Workshop Digitale Energieplanung. Wien. Retrieved April 12, 2021, from https://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/energy/Business_Cases/7_Smart_Resilient_Cities/GWR_der_Statistik_Austria_Josef_Preier.pdf.
- Rehbogen, A., Strasser, H., Koblmüller, M., Mostegl, N., Schardinger, I., & Biberacher, M. (2017). *Integrierter Wärmeplan Zentralraum Salzburg – Umsetzungsplanung für die Wärmewende der Energie-Vorzeigeregion Salzburg (heatswap_Salzburg)*. Energieforschungsprogramm – 1. Ausschreibung Vorzeigeregion Energie. Salzburg.
- Spitzer, W., Gadocha, S., Prinz, T., Youssef, D., Götzlich, L., & Schardinger, I. (2021). Automatisierte Ableitung raumplanungsrelevanter Parameter des Gebäudebestands. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, 7-2021.
- Stadt Salzburg (2019). *Masterplan Smart City Salzburg*. Salzburg.