

Räumlich hoch aufgelöste Modellierung von potenziellen Fernwärmegebieten

Ingrid Schardinger⁽¹⁾, Markus Biberacher⁽¹⁾, Caroline Atzl⁽¹⁾

⁽¹⁾ Research Studios Austria FG, Schillerstraße 25, 5020 Salzburg, Tel: +43 662/908585-223, E-Mail: ingrid.schardinger@researchstudio.at, <https://ispace.researchstudio.at>

Kurzfassung:

Zielsetzungen für eine zukunftsfähige Energieversorgung erfordern konkrete Umsetzungspläne, die auf fundierte und objektive Grundlagen aufbauen. Analysen einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung verlangen dabei eine Berücksichtigung der räumlichen Dimension. Das gegenständliche Forschungsvorhaben zielt auf eine räumlich konkrete Identifikation von Gebieten, die potenziell mit Fernwärme versorgt werden können. Eine flächendeckende Anwendbarkeit, eine hohe räumliche Auflösung, die Übertragbarkeit und die Berücksichtigung ökonomischer Kriterien sind dabei zentral. Die Modellierung basiert auf Methoden der Geoinformatik, die weitreichende räumliche Analysen und kartographischen Aufbereitungen erlauben. Die Darstellung erfolgt als interaktive Webkarte. Der entwickelte Ansatz wurde für das Bundesland Salzburg entwickelt und umgesetzt. Die Ergebnisse stellen einen wesentlichen Bestandteil des sich derzeit in der Umsetzungsphase befindlichen Salzburger Wärmeatlas dar.

Keywords: Fernwärme, Zoning, räumliche Modellierung, Fernwärmepotenziale, Potenzialgebiete, räumliche Energieplanung

1 Motivation und zentrale Fragestellung

Eine zukunftsfähige und sichere Energieversorgung steht im Zentrum zahlreicher Energiestrategien. Das Übereinkommen von Paris auf internationaler Ebene, die österreichische Klima- und Energiestrategie auf nationaler Ebene und die Klima- und Energiestrategie Salzburg 2050 auf regionaler Ebene halten Ziele fest, welche konkrete Umsetzungspläne und Maßnahmen erfordern. Die Energieraumplanung zeigt einen Weg zur Erreichung der Ziele auf und ist als solche auch in der österreichischen Klima- und Energiestrategie¹ festgehalten. Energieraumplanung verknüpft Energie- mit Raum- und Stadtplanung. Eine effektive räumliche Energieplanung braucht fundierte Grundlagen für die räumliche Differenzierung sowie für die strategische Entwicklung nachhaltiger Wärmeversorgungsinfrastrukturen. Die räumliche Dimension spielt bei der Fernwärme eine zentrale Rolle und eine räumlich hoch aufgelöste Identifikation von Fernwärmepotenzialgebieten ist von besonderem Interesse. Bestehende Ansätze wie z.B. Austrian Heat Map² ermöglichen einen ersten Überblick; zur Ableitung von konkreten Wärmeplänen sind jedoch räumlich differenziertere Ansätze erforderlich. Die zentrale Fragestellung ist: Mit welchen Methoden kann eine flächendeckende und räumlich hoch aufgelöste Potenzialabschätzung, die sowohl für städtische als auch für ländliche Räume anwendbar ist, durchgeführt werden? Dabei ist

eine Berücksichtigung ökonomischer Kriterien unabdingbar. Die konkrete Umsetzung der Identifikation von Potenzialgebieten erfolgt für das Bundesland Salzburg.

2 Methodische Vorgangsweise

2.1 Datengrundlagen

Die Modellierung der Fernwärmepotenziale basiert auf Methoden der Geoinformatik und baut auf bestehenden Ergebnissen der Wärmenachfrageabschätzung und Wärmedichten auf^{3,4}. Diese Grundlagen beruhen auf einem gebäudescharfen Ansatz zur Wärmenachfrageabschätzung differenziert nach Raumwärme und Warmwasser. Die Wärmenachfrage auf Objektebene berücksichtigt insbesondere spezifische Gebäudenutzungen, Bruttogeschoßflächen, Gebäudealtersstrukturen und das lokale Klima.

Tabelle 1: Einflussfaktoren und Datengrundlagen zur Abgrenzung von potenziellen Fernwärmegebieten

Einflussfaktoren	Datengrundlage/Quelle
Wärmenachfragedichten	Heatmap Salzburg/SAGIS
Bestehende Wärmenetze	Fern- und Nahwärmenetze im Land Salzburg/SAGIS
Bestehende Heizwerkkapazitäten	Land Salzburg, Abt. 4
Schwellwert Wärmedichte	Fern- und Nahwärmenetze im Land Salzburg/SAGIS, Heatmap Salzburg/SAGIS
Wärmenachfrage	Heatmap Salzburg - Zwischenergebnisse/iSPACE
Anzahl der Wärmeabnehmer	Heatmap Salzburg - Zwischenergebnisse/iSPACE
Versiegelung	Gemeindegrenzen/SAGIS

2.2 Räumliche Methodik zur Gebietsabgrenzung

Ein wesentliches Kriterium für die Identifikation von potenziellen Netzgebieten stellt die Wärmenachfragedichte dar. Abbildung 1 skizziert den gewählten Ansatz.

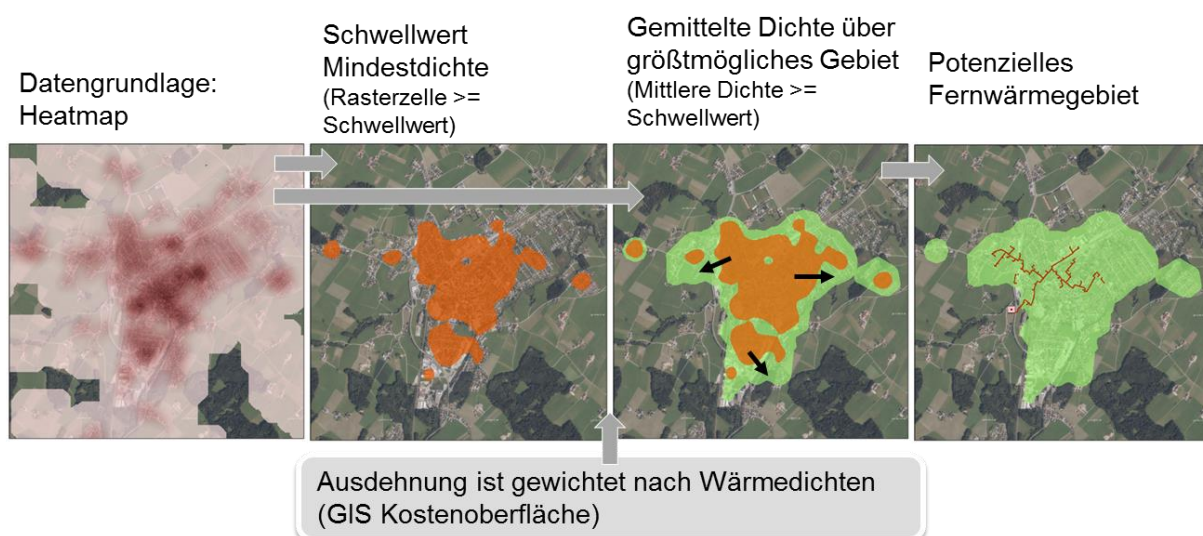


Abbildung 1: Methodischer Ansatz der Gebietsabgrenzungen

Der gewählte Ansatz davon aus, dass das Dichtekriterium als gemittelter Wert über das Potenzialgebiet anzunehmen ist, d.h. nicht eine Mindestwärmedichte begrenzt die Gebiete, sondern eine über das Potenzialgebiet gemittelte Wärmedichte.

Die Identifikation der größtmöglichen Versorgungsgebiete unter Einhaltung von gemittelten Mindestdichten wird mithilfe einer Kostenoberfläche – ein rasterbasiertes Analyseverfahren der Geoinformatik (GIS) - durchgeführt. Abbildung 2 gibt einen schematischen Überblick der Arbeitsschritte. Modellierete Wärmenachfragedichten stellen die Basis dar. Für die Ermittlung von Kostenoberflächen ist die Identifikation von Startzentren erforderlich. Als solche werden Hotspots der Wärmenachfrage oder bestehende Fernwärmenetze interpretiert. Abbildung 2 zeigt die Variante der Wärmenachfragehotspots als Startzentren. Ausgehend von diesen Startzentren und den inversen Wärmedichten wird eine Kostenoberfläche berechnet. Die Werte der Kostenoberfläche identifizieren fiktive Wärmetransportkosten und fungieren als räumliche Grundlage für den iterativen Prozess zur Ermittlung von Potenzialgebieten. Diese Gebiete sind definiert über eine möglichst große Ausdehnung, welche in der gemittelten Wärmedichte über die gesamte Fläche dennoch einen erforderlichen Mindestgrenzwert nicht unterschreitet. Die modelltechnische Umsetzung erfolgt mit den durch ArcGIS bereitgestellten funktionalen Möglichkeiten und ist semi-automatisiert implementiert im ArcGIS Model Builder.

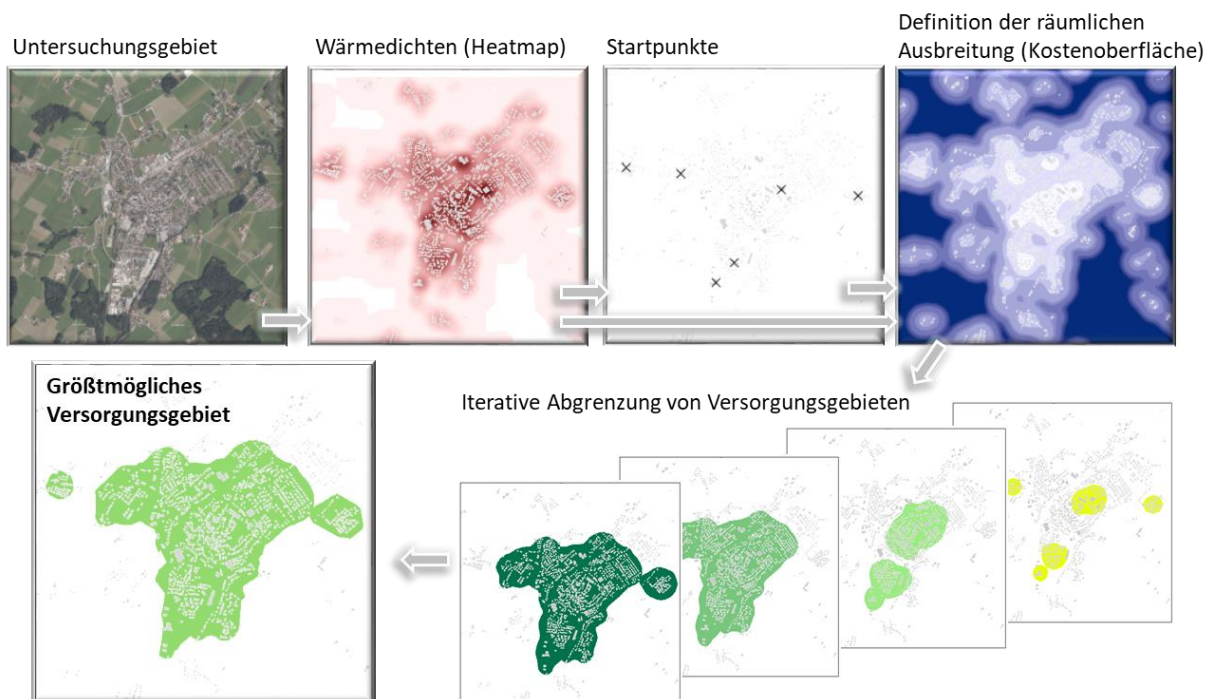


Abbildung 2: Ansatz zur Identifikation größtmöglicher Versorgungsgebiete mit gemittelter Mindestdichte

Der entwickelte Modellierungsansatz unterscheidet vier Potenzialarten. Tabelle 2 führt die Kriterien differenziert nach den Potenzialarten an. Die angeführten Kriterien wurden in einem iterativen Abstimmungsprozess mit Experten der Abteilung 4 Lebensgrundlagen und Energie des Amtes der Salzburger Landesregierung erarbeitet.

Tabelle 2: Kriterien nach Potenzialarten

Kriterien	Nachverdichtung der bestehenden Netze	Erweiterung innerhalb bestehender Heizwerkkapazitäten	Erweiterung bei Kapazitätssteigerung der Heizwerke	Neue Netze
Gemittelte Wärmedichte [GWh/km ²] (außer Stadt Salzburg)	-	>= 15	>= 22,5	>= 22,5
Gemittelte Wärmedichte [GWh/km ²] Stadt Salzburg	-	-	>= 40	>= 40
Wärmenachfrage	-	<= freie Heizwerkkapazitäten	>= 500 MWh/a	>= 500 MWh/a
Anzahl der Wärmeabnehmer	-	-	-	>= 2
Entfernung zum bestehenden Leitungsnetz	<= 35 m	überschneidet bestehendes Netz	überschneidet bestehendes Netz	keine Überschneidung mit bestehenden Netzen
Startzellen der Kostenoberfläche	-	bestehendes Netz	Hotspots der Wärmenachfrage	Hotspots der Wärmenachfrage

2.3 Identifikation von Schwellwerten

Entscheidend für die Qualität der aus dem beschriebenen Ansatz zu erzielenden Ergebnisse ist die Identifikation eines Schwellwertes der erforderlichen Wärmenachfragedichte, welcher als ökonomisches Kriterium das Versorgungsgebiet eingrenzt. Wärmedichten hängen wesentlich von den Bezugsflächen ab. So können z.B. Wärmedichten bezogen auf 1000 m Rasterzellen nicht auf die vorliegenden Heatmap angewandt werden, da innerhalb der 1000 m Rasterzellen eine erhebliche Glättung stattfindet. Teilbereiche eines 1000 m Rasters könnten höhere Dichten aufweisen, die bei der 1000 m Rastergröße jedoch verloren gehen. Die Heatmap hingegen verfügt über eine höhere räumliche Auflösung, die durch das Glättungsverfahren anhand einer Gauß'schen Glockenkurve definiert ist. Dies erfordert eine spezifische Betrachtung des Schwellwerts, welche die individuellen räumlichen Charakteristika der Heatmap berücksichtigt.

Abbildung 3 skizziert den methodischen Ablauf zur Identifikation der Schwellwerte. Basierend auf Schwellwerten einer erforderlichen mittleren Trassenbelegung⁵ und eingehender Analyse der bestehenden Fernwärmenetze werden Schwellwerte für eine erforderliche mittlere Wärmenachfragedichte identifiziert. Im ersten Schritt wird die mittlere Anschlussrate der bestehenden Netze im Land Salzburg berechnet. Dazu werden anhand der räumlichen Nähe der Anschlussleitung zu einem Wärmenachfrager die real angeschlossenen Gebäude angenähert. Darauf aufbauend wird der Anteil der angeschlossenen Gebäude an der Gesamtzahl der beheizten Gebäude innerhalb von 35 m (Annahme, dass die Summe der Gebäude innerhalb dieser Distanz zum Fernwärmenetz einer 100%-Anschlussrate entspricht) um das bestehende Leitungsnetz berechnet. Die so ermittelte Anschlussrate wird herangezogen, um den Schwellwert auf 100 % Anschlussrate umzulegen. Diese erhöhten Schwellwerte gelten als Referenz für eine Auswertung basierend auf der gesamten Wärmenachfrage bzw. Wärmedichte und repräsentieren eine Wirtschaftlichkeit, wenn 70 %

Anschlussrate im identifizierten Gebiet erreicht werden. Im nächsten Schritt werden die bekannten Grenzwerte für eine Trassenbelegung in einen flächenbezogenen Grenzwert umgerechnet. Dazu erfolgt erneut eine Analyse der Realdaten. Die mittlere Trassenbelegung und die mittlere Wärmedichte werden je bestehenden Fernwärmenetz ermittelt. Diese Werte werden einer Regressionsanalyse unterzogen. Durch den berechneten Regressionsfaktor kann nun von der Trassenbelegung auf Wärmedichten geschlossen werden. Dieses Verfahren ist eine erste Näherung für eine flächenspezifische Umrechnung. Das Verhältnis von Trassenbelegung zu Wärmedichten ist zudem auch abhängig von der räumlichen Verteilung der Wärmenachfrager und der Trassenführung, welche es im Falle konkreter Planungen im Einzelfall zu untersuchen gilt. Durch die strukturellen Unterschiede wird für das Gebiet der Stadt Salzburg ein höherer Schwellwert für die Minstdichte angenommen als für die anderen Gemeinden des Landes Salzburg. Dadurch werden höhere Baukosten im dicht verbauten Gebiet berücksichtigt.

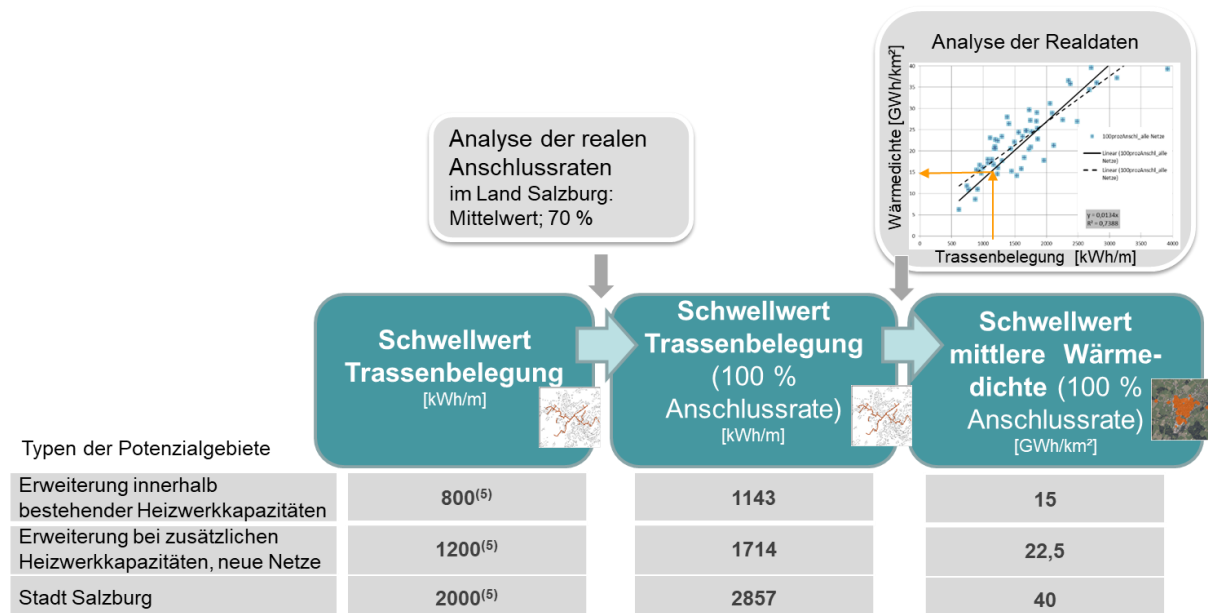


Abbildung 3: Überblick über die Identifikation der Schwellwerte

2.4 Darstellung als Webkarte

Die Ergebnisse der räumlichen Modellierung wurden kartographisch aufbereitet und als interaktive Webkarte bereitgestellt. Webkarten sind zu einem wichtigen Werkzeug geworden, um unterschiedlichste Inhalte überschaubar und in einer einfach verständlichen Form darzustellen⁶ sowie diese zugänglich zu machen. Zur Darstellung und Kommunikation von räumlichen Analyseergebnissen in interaktiven Webkarten existieren unterschiedliche konfigurierbare Kartentemplates. Kartentemplates ermöglichen die Integration von Karteninhalten als standardisierte Webdienste (z.B. Web Map Services, Web Feature Services) und verfügen über typische Kartenelemente (z.B. Titel, Adresssuche, Legende, Layer-Listen zum Ein- und Ausschalten der einzelnen Layer und Funktionen zum Wechseln der Hintergrundkarte), welche einfach anpassbar sind. Die Umsetzung des Designs eines Webkartentemplates sollte dabei nach anerkannten Designprinzipien und -konzepten erfolgen.⁶

Zur Darstellung der Fernwärmepotenzialgebiete als interaktive Webkarte wurde auf ein generalisiertes Kartentemplate von Mittlböck & Atzl (2015) zurückgegriffen. Das bestehende Template wurde entsprechend den konkreten Anforderungen angepasst und weiterentwickelt.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die identifizierten räumlich konkreten Potenzialgebiete im Bundesland Salzburg wurden tabellarisch ausgewertet. Dabei wurde unter anderem die Wärmenachfrage differenziert nach Gemeinden und Potenzialarten ausgewiesen. Die Analysen ergaben, dass 68 % der gesamten Wärmenachfrage im Land Salzburg in einem Fernwärmepotenzialgebiet liegen. Im Weiteren wurden die Potenzialgebiete differenziert nach Potenzialarten als Webkarte dargestellt, um auch eine visuell geprägte Interpretation zu ermöglichen.

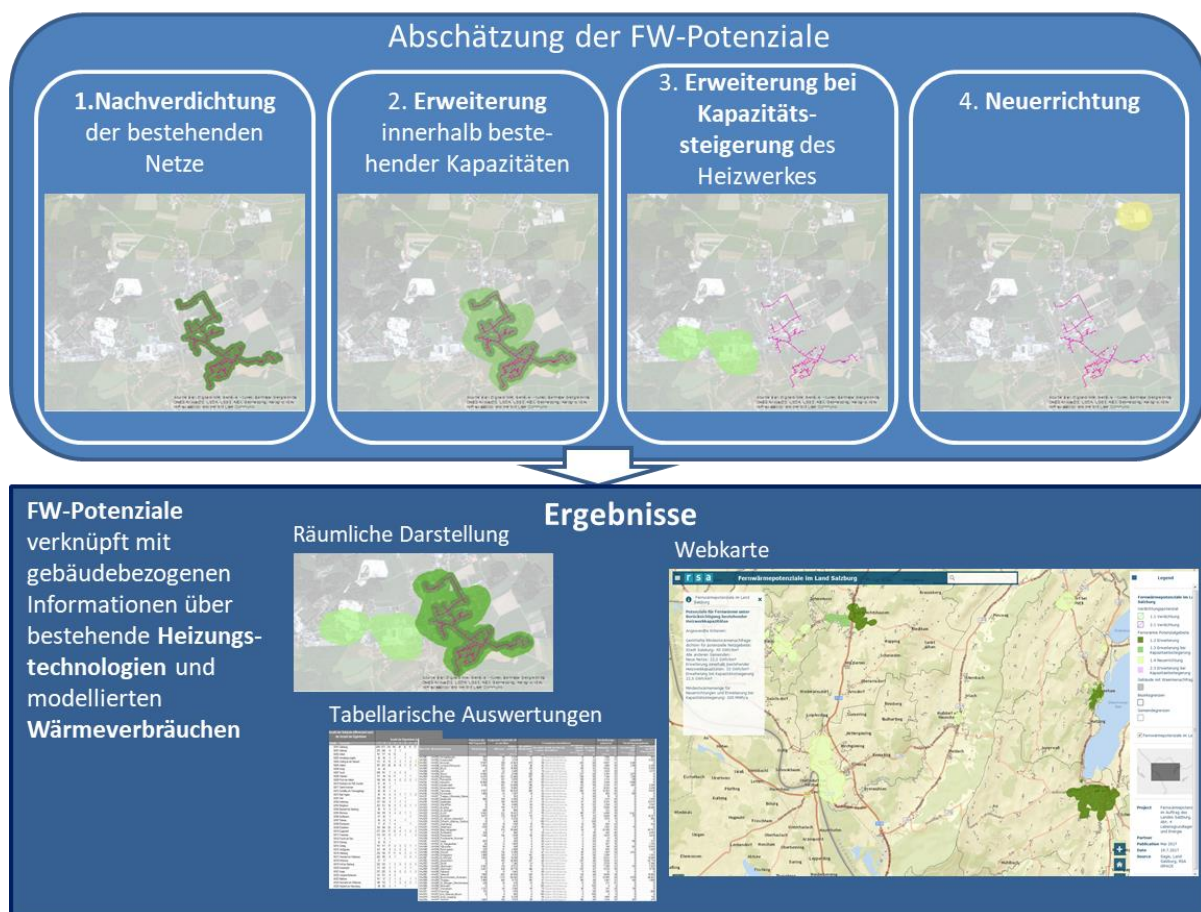


Abbildung 2: Ergebnisebenen der Fernwärmepotenzialabschätzung

Der entwickelte Ansatz erlaubt unabhängig von den gegebenen Siedlungsstrukturen eine flächendeckende und räumlich hoch aufgelöste Umsetzung der Potenzialabschätzung im Land Salzburg. Die Verschränkung der Potenzialgebiete mit Informationen zu bestehenden Heizungssystemen und –infrastruktur sowie der modellierten Wärmenachfrage auf Objekt-ebene ermöglicht vertiefte zusätzliche Analysen für eine integrative Systembetrachtung. Die identifizierten Potenzialgebiete fließen als eine wichtige Komponente in den Salzburger Wärmeatlas ein, welcher im laufenden Projekt „Spatial Energy Planning for Heat Transition“⁴⁷

erarbeitet wird. Der gegenständliche Ansatz wurde im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung, Abteilung 4 Lebensgrundlagen und Energie, entwickelt und umgesetzt.

Literatur

- ¹ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, (2018): Österreichischen Klima- und Energiestrategie. <https://mission2030.info/wp-content/uploads/2018/10/Klima-Energiestrategie.pdf> (31.1.2019).
- ² Büchele, R. et al., (2015): Bewertung des Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und effizienter Fernwärme- und Fernkälteversorgung. http://www.austrian-heatmap.gv.at/fileadmin/user_upload/FW_KWK_Endbericht.pdf (5.11.2018).
- ³ Berger, H. et al., (2015): Abwärmepotenziale im Zentralraum Hallein – Salzburg. – Salzburg.
- ⁴ Schardinger, I., (2015): Heatmap des Wärmeverbrauchs – Bundesland Salzburg. Im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung.
- ⁵ Auskunft Löffler, G., Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung 4 Energiewirtschaft und -beratung, (2016): Erfahrungswerte der ökonomischen Bewertung von bestehenden Anlagen und des Förderwesens.
- ⁶ Mittlböck, M. & Atzl, C., (2015): Strategien für die Visualisierung und Kommunikation von raumzeitlichen Inhalten mit dynamischen Webkarten. AGIT Journal für Angewandte Geoinformatik, 1-2015, S. 566-571.
- ⁷ <http://www.waermeplanung.at/> (8.11.2018).