



3D-Plan von
Schallmoos.
© iSPACE RSA

Räumliche Energieplanung in Städten und Kommunen

Räumliche Energieplanung, integrierte Wärmeplanung, räumliche Modellierung

Franz Mauthner, Ingo Leusbrock, Richard Heimrath, Peter Nageler, Markus Biberacher, Ingrid Schardinger

Städte und Energiesysteme entwickeln sich rasant. Um das urbane Wohnen und die Energieversorgung von morgen zu gestalten, müssen Energiesysteme ganzheitlich über alle Sektoren betrachtet werden. Für eine ressourcenschonende und ausfallsichere Energieversorgung ist es wesentlich, dass diese auch in der räumlichen Entwicklung der Stadt einen adäquaten Platz hat. Im Projekt EnergyCityConcepts zeigt sich, wie neue, angepasste Planungstools dabei helfen können.

Unsere Städte sind im Wandel. Stetig steigende Bevölkerungszahlen, sowie steigende Anforderungen an Klimaschutz und Ressourceneinsparung setzen Stadtverwaltungen und Energieversorger zunehmend unter Druck, unsere Energieversorgung nachhaltig zu gestalten. Immer mehr Kommunen setzen sich eigene Ziele für den Klimaschutz. So hat zum Beispiel die Stadt Salzburg beschlossen, bis 2050 klimaneutral, energieautonom und nachhaltig zu werden. Dabei sollen die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr einbezogen werden. Der weitgehend in der Wissenschaft und der Politik anerkannte Lösungsansatz für eine klimafreundliche Energiever-

sorgung liegt in einer Kombination aus Steigerung der Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer Energieträger. Dabei hat sich gezeigt, dass meist keine einzelne Technologie, sondern eine durchdachte Kombination mehrerer, aufeinander abgestimmter, Technologien und Energieträger zu besonders vielversprechenden Lösungen führt. Zudem sind die lokalen Rahmenbedingungen, wie die vorhandene Energieinfrastruktur, Flächennutzungen sowie die verfügbaren Energieressourcen, von derart großer Bedeutung für das Systemdesign, dass in der Regel für jeden Anwendungsfall maßgeschneiderte Lösungen entwickelt werden müssen. Dies stellt Planer

und Investoren energietechnischer Infrastrukturen vor große Herausforderungen, insbesondere da zukunftsfähige Energiesysteme oftmals deutlich komplexer als ihre aktuellen Gegenstücke aufgebaut sein müssen. Der steigende Anteil von dezentralen Energieerzeugern und Energiespeichern (Stichwort: Prosumer), die zeitlich schwankende Energiebereitstellung (Stichwort: Volatilität), die Organisation der Energieverteilung (Stichwörter: Lastmanagement, Virtuelles Kraftwerk, Smart Grid), sowie die geforderte Stabilität und Versorgungssicherheit (Stichwörter: Resilienz, Autarkie), sind neue Faktoren in der Planung zukünftiger Energieversorgungskonzepte. Eine deutliche Zunahme der Anforderungen an die Energiesystemplanung ist die Folge.

Den Herausforderungen der zukünftigen Energieversorgung stehen in der Regel Planungswerkzeuge gegenüber, die den vielfältigen Anforderungen noch nicht gewachsen sind. Deshalb arbeitet ein Team des AEE-Instituts für nachhaltige Technologien und des Institutes für Wärmetechnik der TU Graz an der Weiterentwicklung der räumlich konkreten Modellierung, Simulation und Planung von Energiesystemen. Im September 2014 wurde das Forschungsprojekt EnergySimCity ins Leben gerufen, um eine Toolbox mit Methoden und Werkzeugen zur Modellierung komplexer urbaner Energiesysteme zu entwickeln [1]. Die modulare Toolbox EnergySimCity soll die Erstellung komplexer numerischer und räumlich differenzierter Modelle urbaner Energiesysteme ermöglichen. Im Partnerprojekt EnergyCityConcepts erfolgt nun der Praxistest für die neue Toolbox. Ziel ist es, ein nachhaltiges Energieversorgungskonzept für den Salzburger Stadtteil Schallmoos zu entwickeln und konkrete Umsetzungsstrategien in den Stadtentwicklungsvisionen zu verankern. Zu den Projektbeteiligten gehören neben der Kommune und dem Team von EnergySimCity das Salzburger Institut für Raumplanung (SIR), der Energieversorger Salzburg AG und zwei weitere Forschungsinstitute aus Salzburg (Research Studios Austria iSPACE) und Deutschland (EIFER – European Institute for Energy Research) mit Expertise in räumlicher Modellierung [2].

Im Folgenden wird der Bearbeitungsprozess in EnergyCityConcepts anhand des Beispiels Salzburg-Schallmoos erläutert.

Woher kommen die Daten?

Als erstes muss definiert werden, innerhalb welcher Systemgrenzen Aussagen getroffen werden sollen, für welche Energiesektoren und welche Randbedingungen dabei gelten. Im Falle von Salzburg-Schallmoos stand zum Beispiel vor allem die

Energieversorgung des Gebäudesektors innerhalb der Stadtteilgrenzen im Fokus. Dann gilt es, die verfügbaren Datenquellen ausfindig zu machen. Ziel ist es, die relevanten Informationen zur Verortung und Charakterisierung bestehender Gebäude, Energieversorgungsnetze und Umwandlungsanlagen sowie lokal verfügbare Energiepotenziale (solare, biogene, geothermische, Abwärme) in einer gemeinsamen Geodatenbank zu speichern. Die Datenquellen sind vielseitig: Energieversorger können Informationen zu Netzen, Erzeugungsanlagen und Verbräuchen beisteuern. Die Kommunen selbst verfügen über Angaben zum Gebäudebestand und sonstiger kommunaler Infrastruktur (zum Beispiel 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 (Bild 1). Der Beschaffungsprozess gestaltet sich oft ressourcenintensiv, da aktuelle Geometrie-, Konstruktions- und Nutzungsdaten meist lückenhaft oder gar nicht erfasst sind, oder aus Gründen des Datenschutzes oder unternehmerischer Geheimhaltung nicht verwendet werden dürfen. Daher wird in den Forschungsprojekten 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 [3].



Bild 1: In den Forschungsprojekten wird das Management von Daten aus unterschiedlichen Quellen optimiert und die räumliche Modellierung mit technischer Gebäude- und Anlagensimulation verknüpft. © AEE INTEC

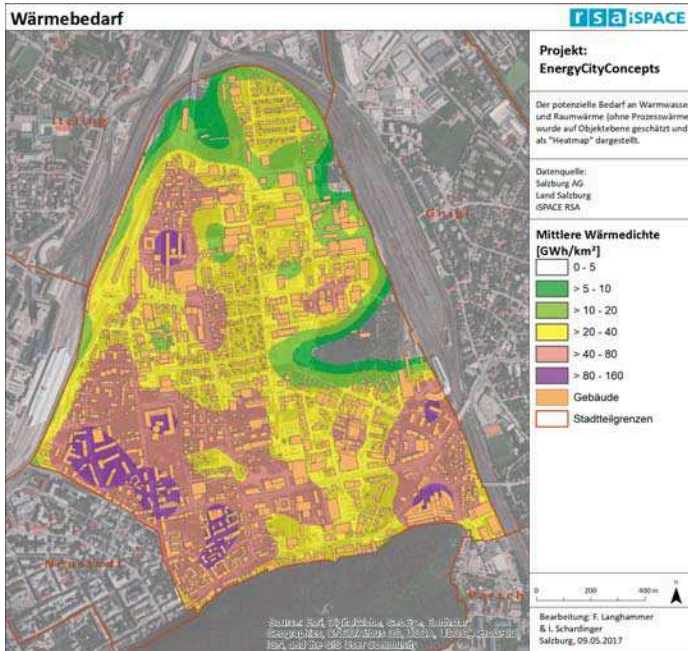


Bild 2a

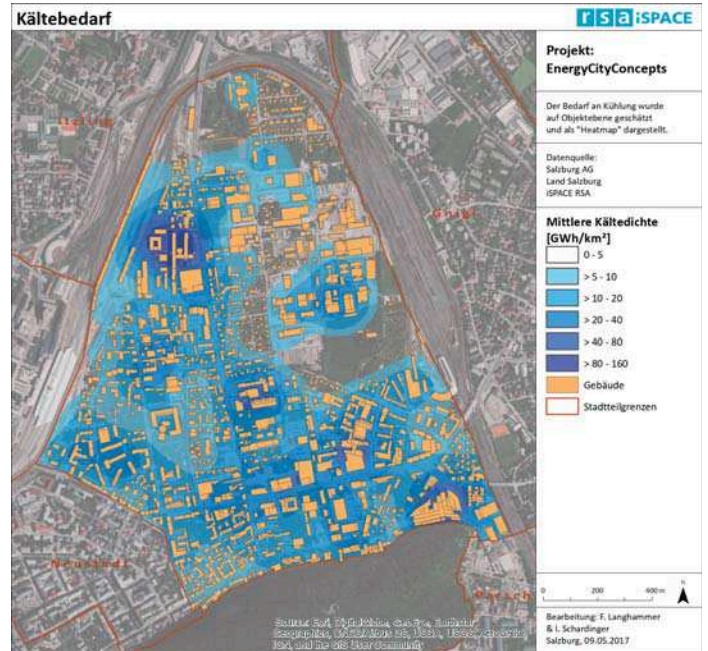


Bild 2b

Bilder 2 a - c: Energiedichte-karten (Heatmaps) des Stadtteils Salzburg-Schallmoos für Wärme (2a), Kälte (2b) und Strom (2c) aus dem Projekt EnergyCityConcepts. Im Wärmebedarf sind Warmwasser und Raumwärme (keine Prozesswärme) enthalten. © Salzburg AG, Land Salzburg, iSPACE RSA; Bearbeitung: F. Langhammer & I. Schardinger, Salzburg, 9.5.2017

Für Salzburg-Schallmoos hat das Projektteam mittlerweile auf Grundlage dieser Daten eine detaillierte Geodatenbasis der energetisch relevanten Infrastruktur (Gebäude, Netze, lokale Energieumwandlungsanlagen) sowie der lokalen Energiepotenziale (solare, biogene, Abwärme, Geothermie) erstellt. Bis auf Gebäude-Ebene aufgelöst sind darin unter anderem dargestellt: Baujahr, Bruttogeschossfläche, 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.

Räumliche Energieplanung: Alles auf einer Karte

Modernen Geoinformationssystemen (GIS) wie QGIS und ArcGIS kommt bei der räumlichen Energieplanung in Städten eine zunehmend wichtige Rolle zu. Karten sind leichter intuitiv zu verstehen als technische Pläne und Schemata. Außerdem ermöglichen heutige GI-Systeme die Organisation großer raumbezogener Datenmengen und umfassende räumlich-statistische Analysen. Im Projekt EnergyCityConcepts werden so räumlich differenzierte Erkenntnisse zu lokalen Energiebedarfen und Energiepotenzialen generiert und anschaulich in Form von digitalen Karten (Bilder 2 bis 4) und als Webservice dargestellt.

Für detailliertere Planungen auf Ebene von Gebäuden oder Arealen werden die räumlichen Modelle in weiterer Folge mit physikalischen Modellen

zur dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation gekoppelt [4]. Am konkreten Beispiel Salzburg-Schallmoos wurde der Gebäudebestand technisch so weit charakterisiert, dass über eine GIS-Schnittstelle zur Simulationsumgebung IDA ICE eine dynamische Gebäudesimulation automatisiert für den gesamten Stadtteil durchgeführt werden konnte. Als Ergebnis der dynamischen Gebäudesimulation stehen alle relevanten Energie- und Massenströme in der gesamten Energiebereitstellungskette als Zeitreihen und räumlich aufgelöst zur Verfügung. Die zeitliche Auflösung richtet sich nach dem Anwendungsfall und liegt in der Regel zwischen einer Minute und einer Stunde. Die detaillierten Ergebnisse werden in einer Projektdatenbank abgelegt und zeitlich und räumlich aggregiert in der Form von Diagrammen, Tabellen oder wiederum als Karten verfügbar gemacht.

Eine weitere wichtige Funktion von EnergySimCity besteht darin, die Auswirkungen zukünftiger Planungen (Neubau, Sanierungsszenarien, Umwidmungen, Umstellung der Energieversorgung) zu untersuchen und zu interpretieren. Hierzu wird an einem Workflow gearbeitet der es ermöglicht, unterschiedliche Stadtentwicklungsszenarien im räumlichen Modell zu definieren, die im Anschluss wiederum dynamisch mittels IDA ICE für den gesamten Stadtteil simuliert werden. Auf diesem Weg wird in Salzburg-Schallmoos untersucht, wie sich geplante Sanierungen von Gebäuden und Heizungssystemen sowie Nutzungsänderungen und Neubauten auf die Energieversorgung und die CO₂-Bilanz auswirken.

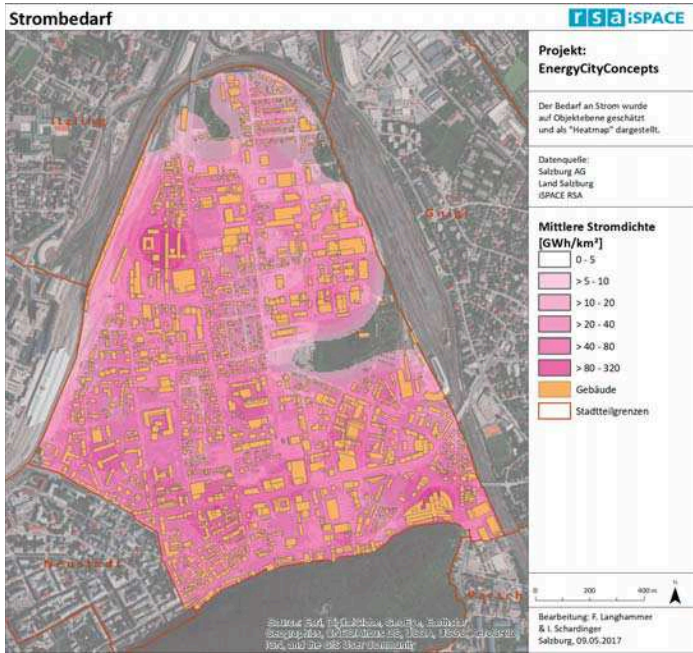


Bild 2c

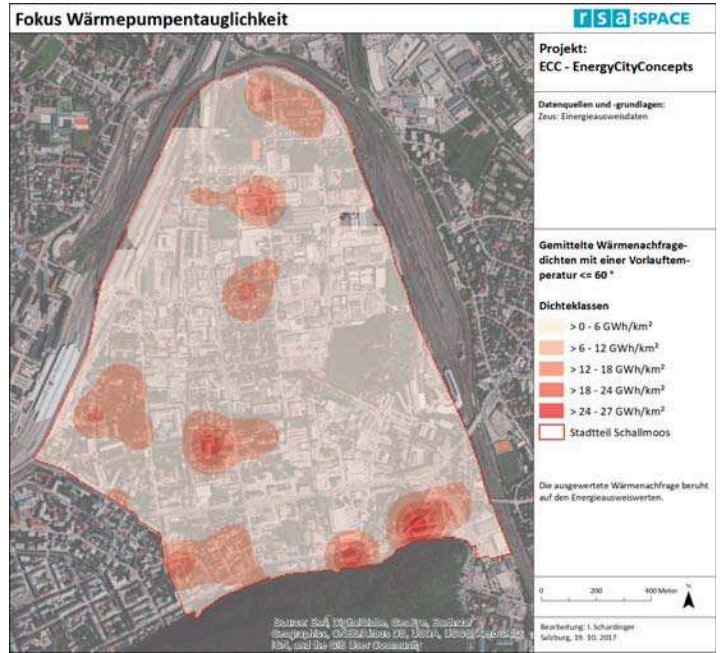


Bild 3

Ergebnisse sind Grundlage für weitere Planung

Die übersichtliche und klare Kommunikation der Simulationsergebnisse ist für Investoren, Stadtplaner und Energieversorger eine wichtige Entscheidungs- und Planungsgrundlage. Konkrete Ergebnisdarstellungen aus der räumlichen Modellierung umfassen beispielsweise Energiedichtekarten, sogenannte Heatmaps (Bilder 2a bis 2c), Eignungsgebiete für Fernwärmeversorgung, Wärmepumpen (Bild 3) oder Solarthermie und PV-Anlagen oder 3-D Visualisierungen zu zukünftigen Stadtteilentwicklungen (Bild 4). Mittels interaktiver Webservices sind die Ergebnisse jederzeit abrufbar.

Aus den Ergebnissen lassen sich wichtige Erkenntnisse für Sanierungspläne 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 °C zusammenführen. Wo die beiden Faktoren räumlich zusammentreffen, ist die Nutzung einer Wärmepumpe besonders sinnvoll (Bild 4). Wo hohe Wärmeverbrauchs-dichten, 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.

Bild 4:

3D-Visualisierung des Untersuchungsgebietes mit Darstellung der Nachverdichtungsareale in grün. Zukünftige Planungen können in den räumlichen Modellen und Simulationen berücksichtigt werden.

© TU Graz – Inst. für Wärmetechnik (P. Nageler)



Bild 3: Wärmenachfragedichten, Vorlauftemperatur bis 60 °C, für Salzburg-Schallmoos. © Salzburg AG, Land Salzburg, iSPACE RSA; Bearbeitung: I. Scharfinger, Salzburg, 19.10.2017

Ausblick

Die Ergebnisse der räumlichen Bestandsanalyse sowie die Erkenntnisse aus den Entwicklungsszenarien sollen Bestandteil energieraumplanerischer Vorgaben im Entwicklungskonzept der Stadt Salzburg werden und in konkrete Umsetzungsfahrpläne münden. Lokale Akteure der Stadt treiben den erforderlichen organisatorischen Rahmen, geeignete Strukturen für Entscheidungsfindungsprozesse und die Finanzierung voran.

Das Ziel von avisierten Folgeprojekten 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 Potenzialkarten definiert werden, damit diese an die öffentliche Geodateninfrastruktur („Open Government Data“) und an die jeweils geeignete Verwaltungsebene (Stadt, Bundesland, Bund) andocken können.

QUELLEN

- [1] „EnergySimCity – Ganzheitliche Analyse und Simulation von Energiesystemen und Ressourcenverbänden in Städten und Stadtquartieren“ wird im Rahmen des renommierten Programmes „Research Studio Austria“ vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFV) gefördert. Das Projekt läuft von 2014 bis 2018 und hat bereits die Zwischenevaluierung durch ein internationales Expertengremium erfolgreich absolviert. FFG Projektnummer 844732
- [2] Die Untersuchungen am Stadtteil Salzburg-Schallmoos erfolgen im Rahmen des Forschungsprojektes „EnergyCityConcepts – Methoden- und Konzeptentwicklung zur Implementierung nachhaltiger Energiesysteme in Städten am Beispiel von Gleisdorf und Salzburg. Das Projekt läuft von Februar 2016 bis Februar 2019 und wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) gefördert. FFG Projektnummer 850129
- [3] *Mauthner, F. et al., 2017: Holistic urban energy planning in spatial and temporal resolution – Workflow coupling spatial modeling with dynamic building simulation. Oral presentation. 3rd International Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating, September 2017, Copenhagen, Denmark.*
http://www.4dh.eu/images/3-_Franz_Mauthner.pdf
- [4] *Nageler, P., Zahrer, G., Heimrath, R., Mach, T., Mauthner, F., Leusbrock, I., Schranzhofer, H., Hochenauer, C.: Novel validated method for GIS based automated dynamic urban building energy simulations, peer-reviewed, International Journal Energy 139 (2017) p. 142 – 154.*

AUTORINNEN



Dipl.-Ing. **Franz Mauthner**
Projektleiter EnergyCityConcepts

Arbeitsgruppe „Netzgebundene Energieversorgung und Systemanalysen“
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien
Kontakt: f.mauthner@aee.at



Dr. Dipl.-Ing. **Ingo Leusbrock**
Gruppenleiter

Netzgebundene Energieversorgung u. Systemanalysen
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien
Kontakt: i.leusbrock@aee.at



Dr. techn. Dipl.-Ing. **Richard Heimrath**
Senior Scientist

Institut für Wärmetechnik der TU Graz
Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude
Kontakt: heimrath@tugraz.at



Dipl.-Ing. **Peter Nageler**
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Institut für Wärmetechnik der TU Graz
Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude
Kontakt: peter.nageler@tugraz.at



Dr. Dipl.-Phys. **Markus Biberacher**
Arbeitsgruppenleiter

iSPACE, Research Studios Austria
Räumliche diskrete Energiesystemmodellierung
Kontakt: markus.biberacher@researchstudio.at



Dr. **Ingrid Schardinger**
Researcher

iSPACE, Research Studios Austria FG
Räumliche diskrete Energiesystemmodellierung
Kontakt: ingrid.schardinger@researchstudio.at