



Flächennutzungsmonitoring VII Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien

IÖR Schriften Band 67 · 2015

ISBN: 978-3-944101-67-5

Erkennung von energetischen Sanierungspotenzialen im Wohnungsbestand als Grundlage für Szenarien

Mathias Jehling, Robert Hecht, Stefan Jergentz

Jehling, Mathias; Hecht, Robert; Jergentz, Stefan (2015): Erkennung von energetischen Sanierungspotenzialen im Wohnungsbestand als Grundlage für Szenarien. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos-Verlag, 2015, (IÖR-Schriften; 67), S. 329-340

Erkennung von energetischen Sanierungspotenzialen im Wohnungsbestand als Grundlage für Szenarien

Mathias Jehling, Robert Hecht, Stefan Jergentz

Zusammenfassung

Bei der Umsetzung der Energiewende rücken lokale und regionale Akteure wie Energieversorger, Haushalte, Kommunen aber auch Bürgerinitiativen zunehmend in den Fokus. Die Energiewende ist daher in besonderem Maße auch als Aushandlungsprozess zwischen diesen regionalen Akteuren zu begreifen, der eine Diskussion und somit eine öffentliche Debatte erforderlich macht. Für diese werden offen zugängliche, objektive Informationen über Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien und Effizienzmaßnahmen erforderlich. An dieser Stelle setzt das deutsch-französische Forschungsprojekt Plan-EE an. Ziel des Projektes ist es, für die regionale Energiewende eine offene Informationsgrundlage in Form räumlicher Szenarien bereit zu stellen und diese in die regionale Debatte zu integrieren. Neben der Nutzung erneuerbarer Energie werden dabei energetische Sanierungspotenziale betrachtet.

Um eine Datengrundlage zu schaffen, wird ein Ansatz entwickelt, der den Gebäudebestand des Untersuchungsraums Südpfalz hinsichtlich energetischer Gesichtspunkte typisiert. Hierzu wird die Siedlungsstruktur automatisiert kleinräumig und multitemporal auf Basis topographischer Daten analysiert und eine Abschätzung des Baualters von Gebäuden realisiert. Aus mittleren Verbrauchsdaten von Haushalten werden gebäudetypische Wärmeenergiebedarfe abgeleitet und auf den klassifizierten regionalen Gebäudebestand übertragen.

1 Ansatz des Projektes Plan-EE und Ausgangsfragen

Die Frage nach energetischen Sanierungspotenzialen für einen regionalen Bezugsraum ergibt sich aus der Zielsetzung des INTERREG IV Projektes „Plan-EE, ein GIS-basiertes Planungstool für erneuerbare Energien“ (Jergentz). Das deutsch-französische Projekt hat zum Ziel, ein freies Entscheidungsunterstützungssystem (Geertman 2006) für Akteure der lokalen oder regionalen Energiewende zu entwickeln und hierdurch erforderliche Grundlagen für eine Diskussion über Ausbauziele im Bereich der erneuerbaren Energien oder über Maßnahmen der Energieeffizienz zu schaffen (McKenna et al. 2014). Um dies zu erreichen, werden die Potenziale erneuerbarer Energien in der Region ermittelt und anhand digitaler Karten im Internet zur Verfügung gestellt (Jergentz 2015). Zunächst wird auf Gemeindeebene sichtbar gemacht, welchen Anteil erneuerbare Energien heute am Energieverbrauch haben und zukünftig bei der Versorgung mit Strom und Wärme

erreichen können. Darüber hinaus werden andere Energiestrategien, wie die Erhöhung der Energieeffizienz durch Sanierung im Wohngebäudebestand, integriert. Dabei wird im Rahmen des Projektes nicht nur das technische Potenzial möglicher Maßnahmen aufgezeigt, auch sozio-ökonomische und politische Rahmenbedingungen der Energiewende werden berücksichtigt, um eine Einschätzung über ein tatsächlich implementierbares Potenzial zu erhalten (Jehling et al. 2014). Das implementierbare Potenzial kann als handhabbare Größe genutzt werden, um die Ausnutzung des technischen Potenzials zu beschreiben. Die daraus abgeleiteten Energieszenarien konkretisieren einen zukünftigen regionalen Mix der erneuerbaren Energien und Energieeffizienzstrategien (Jergentz et al. 2015) unter Berücksichtigung einer regionalen Zusammenarbeit für die Bereitstellung von Energie. Gleichzeitig bezieht der Ansatz auch die Notwendigkeit einer kontextbezogenen, systemischen Perspektive auf die Energiewende mit ein (Chingcuanco, Miller 2012). Die hierfür erforderliche Kleinräumigkeit wird auch in der konkreten Umsetzung relevant, wenn für Stadtviertel und Nachbarschaften integrierte und damit kostengünstige Maßnahmen der Energieeffizienz gesucht werden (Erhorn-Kluttig et al. 2011). Für das Projekt wird schließlich eine Art der Informationsbereitstellung relevant, die die Bestimmung von kleinräumigen Potenzialen der Energieeffizienz erlaubt und gleichzeitig eine regionale Perspektive ermöglicht. Dies führt zu der Frage, wie energetische Sanierungspotenziale im Wohnungsbestand erfasst und dargestellt werden können.

2 Erfassung von Sanierungspotenzialen

Zur Erfassung von Sanierungspotenzialen wird ein Vorgehen gewählt, das aus zwei methodischen Ebenen besteht (siehe Abb. 1). Zunächst wird der Wohngebäudebestand des Untersuchungsraumes hinsichtlich der für die energetische Betrachtung relevanten Größen physische Struktur und Baualter klassifiziert. Dann werden regionale Heizenergieverbräuche für eine Stichprobe adressgenau erfasst und auf die klassifizierte Gebäudestruktur übertragen. Die so ermittelten gebäudetypspezifischen Verbräuche stehen nun als regionale Energiekennwerte zur Verfügung und dienen als Basis, um die Verbräuche eines regionalen Gebäudebestandes abschätzen zu können und Einsparmöglichkeiten durch verschiedene Sanierungsmaßnahmen zu verorten und zu diskutieren.

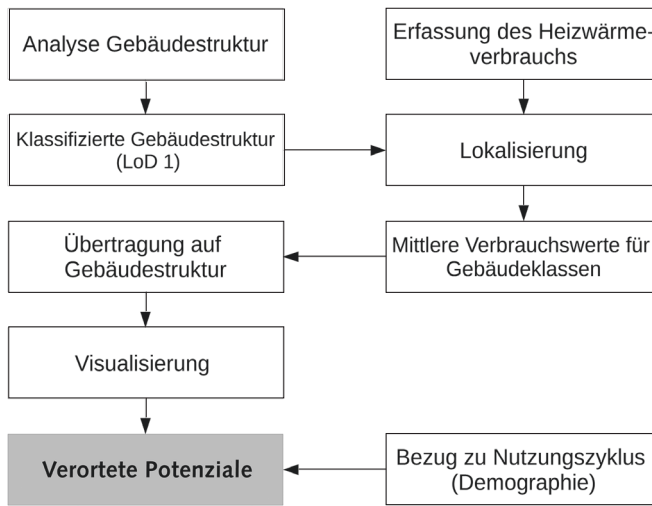


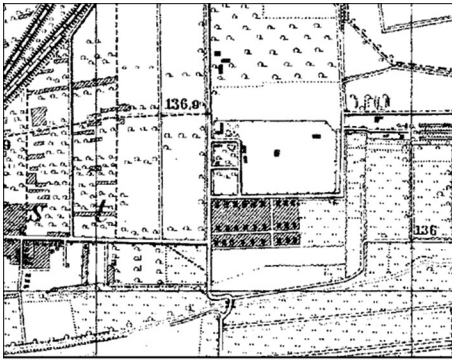
Abb. 1: Vorgehen zur Verortung von Sanierungspotenzialen (Quelle: eigene Darstellung)

2.1 Analyse des Wohngebäudebestandes

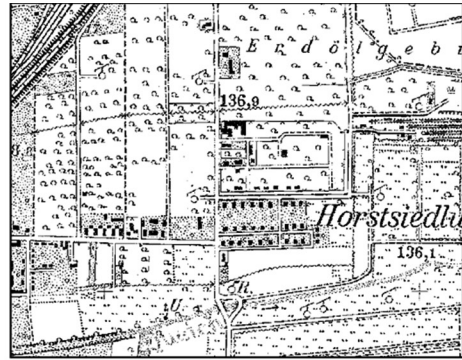
Zur Erfassung der Sanierungspotenziale werden im Projekt kleinräumige Informationen zur Gebäudestruktur benötigt. Ziel war die Erfassung des Gebäudebestandes und dessen bauliche Entwicklung ab 1950 in sechs Zeitschnitten für die Landkreise Südliche Weinstraße, Germersheim und die Stadt Landau durch Einsatz der am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) entwickelten Technologien von SEMENTA und SEMENTA-CHANGE (Meinel et al. 2009; Hecht et al. 2010). Die Analyse erfolgt somit für den deutschen Untersuchungsraum des Projektes.

2.1.1 Eingangsdaten und Aufbereitung

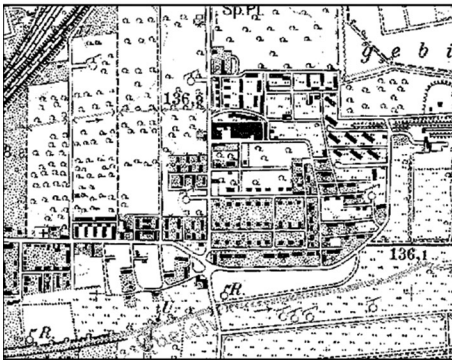
Für die GIS-basierte Verarbeitung werden folgende Geodaten verwendet: Ein aus ALKIS und einem Digitalen Oberflächenmodell abgeleitetes 3D-Gebäudemodell entsprechend CityGML (Gröger et al. 2012) im Level of Detail 1 (LoD 1) (Quelle, Jahr) mit Stand von 2012, das Digitale Landschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographische Informationssystem in der Basisversion (ATKIS® Basis-DLM) mit Stand von 2012 sowie historische gescannte topographische Karten im Maßstab 1:25 000 (TK25) für verschiedene Zeitschnitte um 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000. Das Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 1 186 km² abgebildet auf 17 Kartenblättern pro Zeitschnitt. Im Rahmen einer Datenaufbereitung werden die einzelnen Kartenblätter georeferenziert und zu jeweils einem binären Rastermosaik pro Zeitschnitt zusammengefasst. Abbildung 2 zeigt das aufbereitete Kartenmaterial am Beispiel eines Ausschnittes der Stadt Landau.



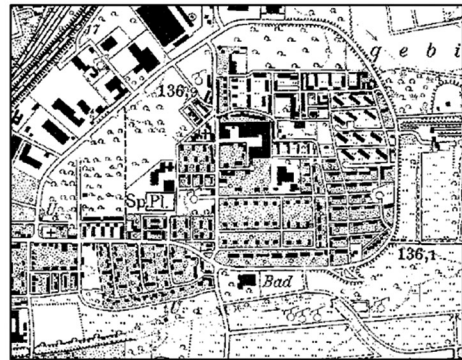
Landau 1950



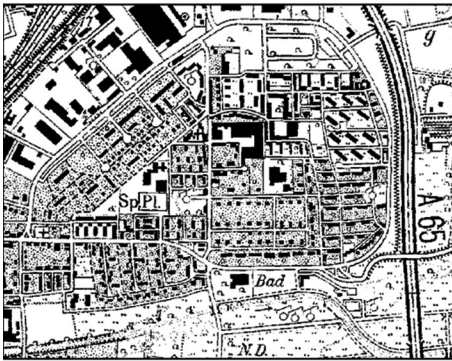
Landau 1960



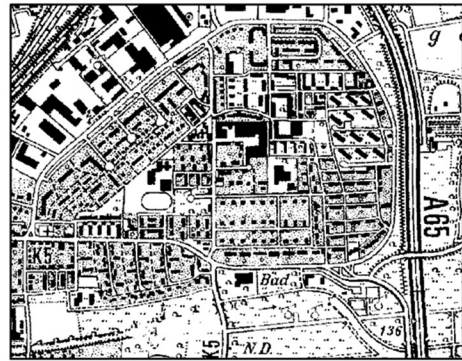
Landau 1970



Landau 1980



Landau 1990



Landau 2000

Abb.2: Ausschnitt aus den für die multitemporale Analyse aufbereiteten topographischen Karten (Quelle: eigene Darstellung, TK25 © LVermGeo RLP 2014)

2.1.2 Prozessierung

Für die Analyse des Wohngebäudebestandes sind mehrere Prozessierungsschritte nötig. Die Abbildung 3 fasst die wesentlichen Schritte zusammen.

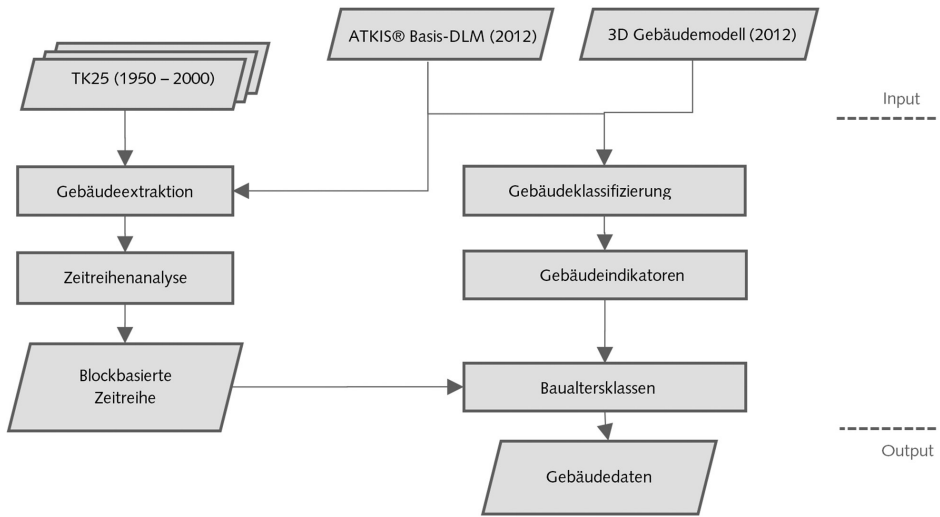


Abb. 3: Prozessierungsschritte zur Analyse des Gebäudebestandes (Quelle: eigene Darstellung)

Zunächst werden unter Nutzung des 3D-Gebäudemodells und dem ATKIS® Basis-DLM alle Gebäudegrundrisse entsprechend einer vorab definierten Gebäudetypologie (neun Wohngebäudeklassen) automatisch klassifiziert. Bei diesem von Hecht (2014) entwickelten Ansatz kommen Verfahren der Mustererkennung und des maschinellen Lernens zum Einsatz. Anschließend erfolgt die Ableitung gebäudebezogener Kennzahlen, wie die Gebäudegrundfläche, die Geschossfläche oder geschätzte Werte zur Wohnfläche und der Anzahl an Einwohnern. Bei der Modellierung werden vorab gebäudetypische Annahmen zur Geschosshöhe, Wohnungsgröße und Haushaltsgröße benötigt, die aus einer empirischen Erhebung vorliegen. Die Ergebnisse werden durch Vergleich mit amtlichen Daten aus dem Zensus 2011 abgeglichen.

Die Rekonstruktion der Siedlungshistorie erfolgt auf Baublockebene durch Rückprojektion der bebauten Siedlungsflächen aus dem ATKIS® Basis-DLM und der Auswertung des Überbauungsgrades für jeden Zeitschnitt (Meinel et al. 2009). In Vorbereitung dieses Schrittes ist jedoch eine Extraktion der Gebäudegrundflächen aus den topographischen Rasterkarten nötig (Herold et al. 2012). Mittels Verschneidung der blockbasierten Zeitreihe mit dem 3D-Modell der Gebäude kann die regionale Gebäudestruktur schließlich näherungsweise in die Baualtersklassen im 10-Jahresintervall eingeteilt werden. Für den oben gezeigten Ausschnitt der Stadt Landau ergeben sich folglich die in Abbildung 4 dargestellten Altersklassen der Bebauung.

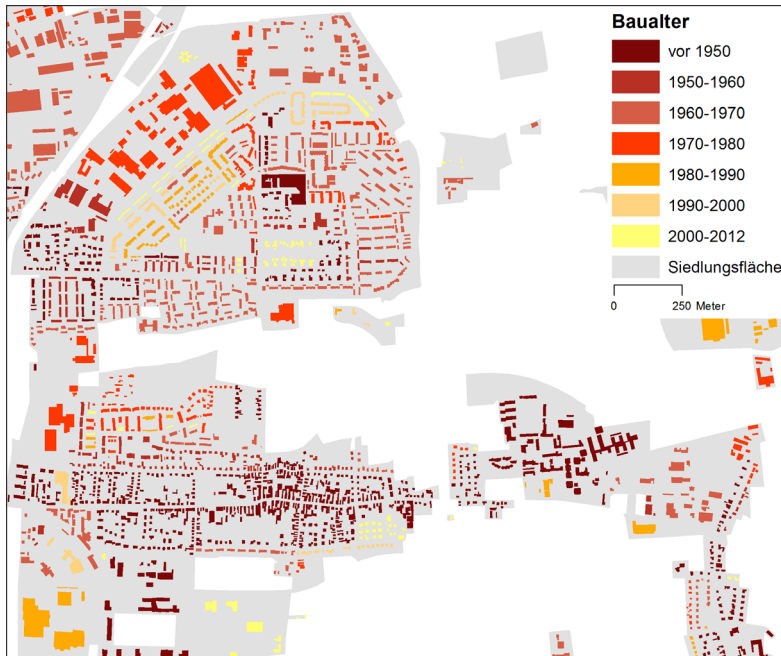


Abb.4: Ergebnis der Baualtersabschätzung (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ATKIS® Basis-DLM und Gebäude aus ALKIS © LVerGeo RLP 2012)

2.2 Regionaler Heizwärmeverbrauch

Um für die klassifizierte, regionale Gebäudestruktur Verbrauchswerte für die Bereitstellung von Heizwärme zu erhalten, sind Schätzwerte erforderlich. Da die entwickelten Altersklassen von bestehenden Ansätzen abweichen, empfiehlt sich eine eigenständige, angepasste Erfassung als empirische Grundlage für ein regionales Energieverbrauchsmodell.

2.2.1 Eingangsdaten und deren Erfassung

Zur Erfassung regionaler Werte für den Heizwärmeverbrauch werden die Verbrauchsdaten aus dem Konzessionsgebiet eines regionalen Versorgers erhoben. Insgesamt liegen somit gemittelte, jährliche Gasverbrauchswerte von ca. 10 000 Haushalten vor. Diese empirischen Werte werden auf die entsprechenden Gebäude des regionalen Gebäudestrukturmodells übertragen. Zur Zusammenführung beider Parameter werden die Adressen herangezogen. Durch die Verschneidung stehen nun Gebäudemerkmale wie Geschossfläche, Alter und Typ sowie der jährliche Gasverbrauch für die Gebäude der Stichprobe zur Verfügung. Die Stichprobe selbst umfasst schließlich ca. 6 500 Wohngebäude. Wie in Abbildung 5 deutlich wird, teilen sich die erfassten Gebäude unterschied-

lich auf die Klassen auf. Dabei zeigt sich durch die regionale Baustruktur bedingt teilweise eine geringe Fallzahl. Mit der Übertragung der Verbrauchswerte auf die Geschossfläche der Gebäude der Stichprobe lässt sich ein mittlerer jährlicher Verbrauch pro Geschossfläche eines bestimmten Gebäudetyps darstellen. Für den Typ freistehendes Mehrfamilienhaus (MFH) ergeben sich beispielsweise Werte von ca. 100 kWh/m²*a, die deutlich unter dem Verbrauch von ca. 180 kWh/m²*a von älteren Einfamilienhäusern liegen.

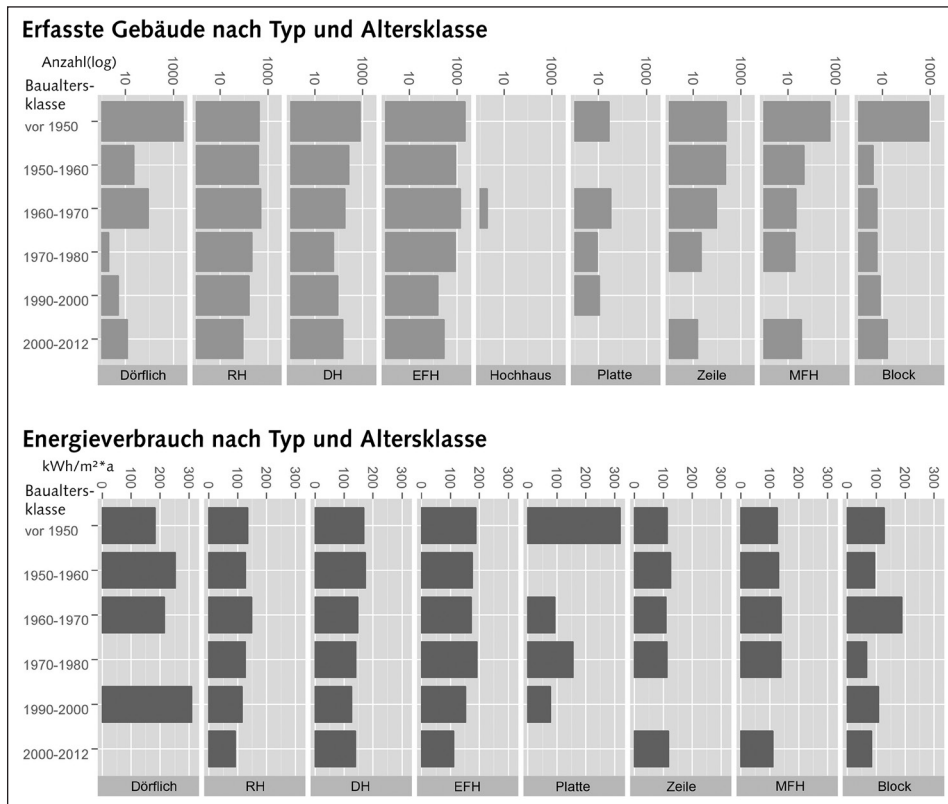


Abb. 5: Ableitung von mittleren Verbrauchswerten der Gebäudetypen (Quelle: eigene Berechnung, Datengrundlage: EnergieSüdwest 2014)

3 Kleinräumige Schätzung des regionalen Heizenergieverbrauchs

Durch die Übertragung der gemittelten empirischen Verbrauchswerte auf den gesamten regionalen Gebäudebestand kann unabhängig vom Versorgungsgebiet oder kommunaler Grenze der Heizenergieverbrauch im Untersuchungsraum flächendeckend geschätzt werden. Um eine Darstellungsform zu erhalten, die der Genauigkeit des Ansatzes und des Bedarfs einer konkreten räumlichen Zuordnung gerecht wird, wird eine Rasterdar-

stellung gewählt. Hierzu werden die geschätzten Verbrauchswerte der Gebäude innerhalb einer Rasterzelle ermittelt und mittlere Verbrauchswerte pro Fläche gebildet.

3.1 Verteilung des Heizenergieverbrauchs

Schließlich steht der regionale Energieverbrauch pro Geschossfläche in einem Raster (50 m) zur Verfügung. Der Blick auf die Stadt Landau und die umliegenden Gemeinden (Abb. 6) zeigt dabei kleinräumige Unterschiede, wie auch regionale Trends. Erkennbar wird eine Zunahme des Heizenergieverbrauchs von den innerstädtischen Gebieten der Stadt Landau in Richtung der Stadtrandlagen und kleinerer Kommunen. Grundsätzlich werden die niedrigeren Verbräuche pro Fläche im Geschosswohnungsbau wie der Blockrandbebauung und der Zeilenbauweise deutlich. Die höheren Verbräuche im Bestand der Einfamilienhäuser differenzieren sich in den Wohnstandorten der Umlandgemeinde aus.

Eine erste Einordnung der Validität der Schätzungen zeigt in der folgenden Tabelle 1 die Abweichung zwischen den mittleren Realwerten und den geschätzten mittleren Verbräuchen nach Typ. Hierzu wurde ein Teil der Gebäude (15 %) aus der verwendeten Stichprobe extrahiert. Über diese unabhängige Teilstichprobe erfolgt der Abgleich. Der Fehler liegt dabei je nach Gebäudetyp zwischen weniger als einem Prozent und ca. 10 %. Deutlich wird dabei der Einfluss sehr geringer Fallzahlen.

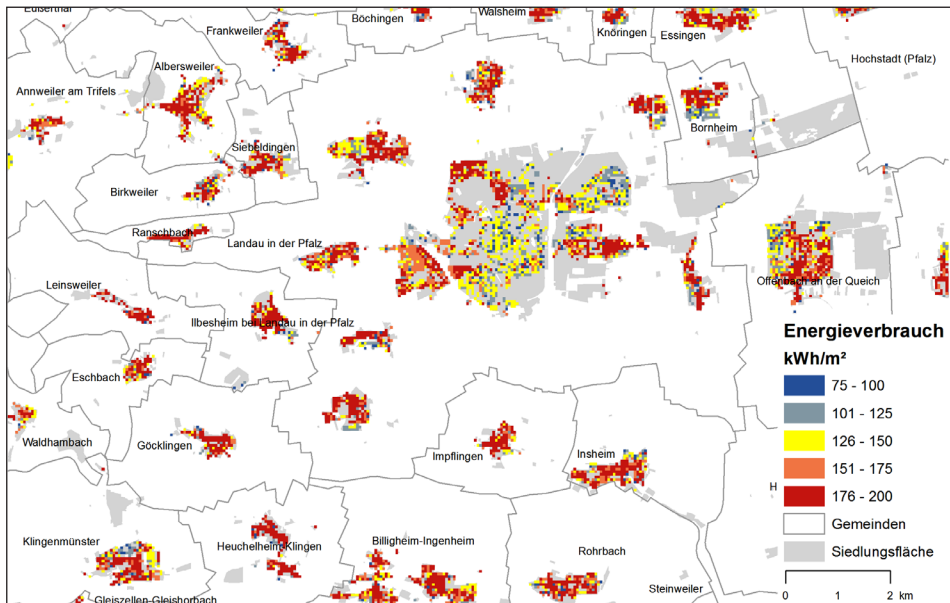


Abb. 6: Energieverbrauch pro Geschossfläche im 50-m-Raster (Quelle: eigene Darstellung und Berechnung, Datengrundlage: ATKIS® Basis-DLM und Gebäude aus ALKIS © LVermGeo RLP 2012)

Tab. 1: Bewertung der Schätzung der mittleren Verbräuche pro Gebäude (Quelle: eigene Berechnung)

Typ	kWh/a (real)	kWh/a (Schätzung)	Fehler in %	Anzahl
Block	58 109	57 997	-0,193	102
MFH	81 224	71 481	-11,995	77
Zeile	61 636	68 245	10,723	65
Plattenbau	61 242	94 247	53,893	9
EFH	25 867	28 430	9,908	468
RH	16 352	15 258	-6,690	225
Dörflich	26 180	24 253	-7,361	49
DH	19 220	19 714	2,570	167

3.2 Anwendung des Ansatzes zur Aufzeigung von Potenzialen der energetischen Sanierung

Der Ansatz gestattet es zu schätzen, in welchen Gebäudebeständen die höchsten Verbräuche pro Fläche zu erwarten sind. In der Anwendung am Beispiel der Stadt Landau in der Pfalz wird deutlich (Abb. 7), dass bei der Ermittlung der höchsten Verbräuche pro Fläche besonders Einfamilienhausbestände in Randlagen hervortreten. Werden zudem



Abb. 7: Beispielhafte Verortung von Sanierungspotenzialen (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Statistische Daten © Stadt Landau in der Pfalz 2013, Gebäude aus ALKIS © LVerGeo RLP 2012)

die Stadtviertel mit dem höchsten Anteil an Senioren (über 70-Jährige) ermittelt, treten Überschneidungen in den Vordergrund. Die Analyse weist in diesem Fall auf Einfamilienhausgebiete der 1960er bis 1970er Jahre hin, deren Haushalte sich durch Auszug der Kinder und dem Verbleib der Haushaltsgründer im Wohneigentum charakterisieren lassen. Für diese Bestände ist zu erwarten, dass in naher Zukunft ein Generationswechsel ansteht. Auf dieser Grundlage können bestehende Angebote der Energieberatung, die sich an Haushalte richten, frühzeitig erfolgen. Darüber hinaus wird die Diskussion energetischer Maßnahmen auf Quartiersebene ermöglicht.

4 Diskussion

Mit dem vorgestellten Ansatz kann für planerische Entscheidungen auf Ebene des Quartiers, der Stadt oder der Region eine Grundlage zur Darstellung von Energiekennwerten für einen regionalen Gebäudebestand geschaffen werden. Dabei finden keine theoretischen Werte in die Berechnung Eingang, sondern reale Verbräuche. Dies bedeutet, dass zum einen die Rahmenbedingungen des regionalen Klimas mit erfasst und die tatsächlichen Verbräuche durch die Nutzer abgebildet werden (Bonte et al. 2014). Durch die Mittlungen der Werte nach Gebäudetyp und Klasse finden folglich Effekte wie die Reduktion der Beheizung nur selten genutzter Räume Berücksichtigung. Dies ist besonders hinsichtlich gering genutzter Wohnflächen bei Seniorenhaushalten ein zentrales Kriterium für die Schätzung des Energieverbrauchs. Darüber hinaus lassen sich die Effekte von Sanierungen am Gebäudebestand und somit Nutzerentscheidungen mit berücksichtigen. Entgegen eines theoriegeleiteten Ansatzes eröffnet das gewählte Vorgehen die Möglichkeit, sozio-ökonomische Rahmenbedingungen im Bereich der Energieeffizienz mit zu integrieren (siehe Gröger et al. 2014). Wie in Abbildung 5 für den Gebäudetyp Einfamilienhaus deutlich wird, ist der Verbrauch der Gebäude der 1950er bis 1960er Jahre leicht geringer als der Verbrauch der darauf folgenden jüngeren Baualtersklassen. Da in diesem Gebäudebestand bereits ein Generationswechsel erfolgte, lässt sich der geringere Verbrauch dort mit Sanierungsmaßnahmen in Verbindung bringen. Eine Integration von Sanierungsständen der Gebäude in den entwickelten Ansatz würde es ermöglichen, die Auswirkungen des Sanierungsstands auf den Energieverbrauch im regionalen Kontext zu bestimmen.

Schließlich können Kommunen und weitere regionale wie lokale Akteure mit diesem Ansatz Quartiere mit hohen Verbräuchen identifizieren, um gezielt Maßnahmen im Sinne des Klimaschutzes und der Quartiersentwicklung zu ergreifen. Gerade neue Quartiers- und Stadtteilkonzepte bilden zurzeit einen Förderschwerpunkt, um integrierte Lösungsansätze unter Beteiligung der Bewohner zu realisieren. Eine Weiterentwicklung des hier beschriebenen Ansatzes bestünde zunächst darin, die Datengrundlage zu erweitern, um der Differenzierung der Gebäude nach Typen und Altersklassen gerecht werden zu können. In diesem Zusammenhang stünde ebenfalls eine eingehende

Validierung des vorgestellten Ansatzes an. Darüber hinaus stellt sich die Frage nach der Integration weiterer Energiequellen.

5 Fazit

Mit den beschriebenen Verfahren steht ein Ansatz zur Verfügung, um über kommunale Grenzen hinweg kleinräumige Informationen über den Energieverbrauch in Wohngebäuden bereitstellen zu können. Somit kann eine alternative und unabhängige Grundlage für kommunale oder interkommunale Energiekonzepte geschaffen werden. Die Integration von detaillierten Daten zu den Gebäudebeständen und tatsächlichen Verbräuchen schafft dabei differenzierte Informationsgrundlagen, auf deren Basis Szenarien zu den Auswirkungen von Sanierungsmaßnahmen entwickelt werden können, die eine breite Diskussion unter den Trägern der Energiewende ermöglicht.

6 Danksagung

Die dem Beitrag zugrundeliegende Arbeit wird durch die Europäische Union – Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) im Programm Interreg IV der Trinationalen Metropolregion Oberrhein – und der Wissenschaftsoffensive der Länder Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und der Region Alsace gefördert. Unser Dank gilt zudem der EnergieSüdwest AG für die Datenbereitstellung und Hendrik Herold, Anne Bräuer (IÖR) und Andi Subashi (IfR) für die Mitarbeit im Projekt.

7 Literatur

- Bonte, M.; Thellier, F.; Lartigue, B. (2014): Impact of occupant's actions on energy building performance and thermal sensation. In: *Energy and Buildings* 76/2014, 219-227.
- Chingcuanco, F.; Miller, E. J. (2012): A microsimulation model of urban energy use: Modelling residential space heating demand in ILUTE. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 36(2)/2012, 186-194.
- Erhorn-Kluttig, H.; Jank, R.; Schrempf, L.; Dütz, A.; Rumpel, F.; Schrade, J. et al. (2011): *Energetische Quartiersplanung. Methoden – Technologien – Praxisbeispiele*. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Geertman, S. (2006): Potentials for planning support: a planning-conceptual approach. In: *Environ. Plann. B* 33(6)/2006, 863-880.
- Gröger, G.; Kolbe T. H.; Nagel, C.; Häfele K.-H. (2012): *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Version 2.0.0*. Open Geospatial Consortium (OGC 12-019).

- Gröger, M.; Verhoog, M.; Weinsziehr, T.; Buchmann, C.; Grunert, P.; Bruckner, T. (2014): Integrierte Modellierung urbaner Energiesysteme. In: Hamman, P.; Jehling, M.; Wintz, M.; Christen, G. (Hrsg.): Systèmes énergétiques renouvelables en France et en Allemagne. Paris: Éditions l'Harmattan (Orizons), 253-275.
- Hecht, R. (2014): Automatische Klassifizierung von Gebäudegrundrissen – Ein Beitrag zur kleinräumigen Beschreibung der Siedlungsstruktur. IÖR Schriften 63, Berlin: Rhombos, 440.
- Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2010): Analyse und Visualisierung der Siedlungsentwicklung mit SEMENTA®-CHANGE. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring II. Konzepte – Indikatoren – Statistik. IÖR Schriften 52, Berlin: Rhombos, 217-233.
- Herold, H.; Meinel, G.; Hecht, R.; Csaplovics, E. (2012): A GEOBIA Approach to Map Interpretation. Multitemporal Building Footprint Retrieval for High Resolution Monitoring of Spatial Urban Dynamics. In: INPE (Hrsg.): Proceedings of the 4th GEOBIA. International Conference on Geographic Object-Based Image Analysis. São José dos Campos. INPE, 252-256.
- Jehling, M.; Soylu, T.; Jergentz, S. (2014): Bauliche und sozio-ökonomische Rahmenbedingungen der Nutzung von Photovoltaik. Vergleichende deutsch-französische Analyse anhand zweier Fallbeispiele. In: Hamman, P.; Jehling, M.; Wintz, M.; Christen, G. (Hrsg.): Systèmes énergétiques renouvelables en France et en Allemagne. Paris: Éditions l'Harmattan (Orizons), 207-230.
- Jergentz, S.: Homepage des Projektes Plan-EE. Web-GIS. Institut für Umweltwissenschaften, Universität Koblenz-Landau.
www.plan-ee.eu/webgis.html (Zugriff: 22.05.2015).
- Jergentz, S.; Jehling, M.; Christen, G.; Vogt, J. (2015): Entscheidungsunterstützung für die Akteure der Energiewende vor Ort. Das Planungstool „Plan-EE“. In: Wagner, H.; Sager, C. (Hrsg.): Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“. Kommunikation und Partizipation. Münster, Berlin: LIT Verlag, Energie und Nachhaltigkeit 19, 129-138.
- McKenna, R.; Jehling, M.; Mainzer, K.; Jergentz, S.; Christen, G.; Soylu, T. (2014): Die Energiewende am Oberrhein. In: BWK 66(9)/2014, 61-66.
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009): Analyzing Building Stock using Topographic Maps and GIS. In: Building Research & Information 37(5-6)/2009, 468-482.