

Christoph Nytsch-Geusen, Werner Kaul
Philipp Wehage, Michael Färber

**Nachhaltige und energieeffiziente
Bestandsentwicklung von
Stadtquartieren – Entwicklung
eines Analyse- und Planungstools
zur energetischen Bewertung und
Sanierung von Stadtquartieren
(Open eQuarter)**

F 2991

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2016

ISBN 978-3-8167-9758-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Open eQuarter

Forschungsbericht

Projekt: Nachhaltige und energieeffiziente Bestandsentwicklung von Stadtquartieren - Entwicklung eines Analyse- und Planungstools zur energetischen Bewertung und Sanierung von Stadtquartieren (Open eQuarter)

Projektdurchführung: Universität der Künste Berlin
Institut für Architektur und Städtebau
Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik

DMSW Partnerschaft von Architekten, Berlin

Projektleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Nytsch-Geusen

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Architekt Werner Kaul (UdK Berlin)
Dipl.-Ing. Architekt Philipp Wehage (dmsw)
Dipl.-Ing. Michael Färber (dmsw)

Stand: 30. Dezember 2015

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt-, und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-11-1-158 /SWD-10.08.18.7 - 12.51)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Ziel	
2	Entwicklungsansatz	
2.1	Aktueller Forschungsstand	3
2.1.1	Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere - EQ (BMVBS)	3
2.1.2	Energetischer Plausibilitätscheck (BTU Cottbus/MIL)	3
2.1.3	Energieeffiziente Siedlungen EFES (Osterreichisches Institut für Raumplanung)	4
2.1.4	Tool der GemeindeEnergieBeratung - GemEBTool (TU München)	4
2.1.5	ECORegion (Klimabündnis, kommerzielles Tool)	4
2.1.6	Digitale Wärmebedarfskarte (TU Stuttgart/BMWi/AGFW e.V.)	4
2.1.7	effort - Verbundprojekt Energieeffizienz vor Ort, Jena (BMBF) (ab 2013)	5
2.1.8	EnEff:Stadt Begleitforschung – District Energy Concept Adviser	5
2.2	Vergleich der Methodik	5
2.3	Konsequenzen für die Entwicklung	6
3	Anforderungsanalyse	
3.1	Verfügbare Daten	9
3.2	Anwendungsbereiche	9
3.3	Nutzerkreis	10
3.4	Nutzerkompetenz	11
3.5	Technische Ausstattung	11
3.6	Nutzungsorte	12
4	Anwendungsentwurf	
4.1	Softwarekomponenten	14
4.2	Entwicklungskonzept	15
4.3	Arbeitsablauf	16
5	Anwendungsentwicklung	
5.1	Generische Kenndaten	19
5.2	Datenakquise (Open eQuarter MOLE)	21
5.2.1	Nutzung von Geo-Informations-Systemen (GIS)	21
5.2.2	Layered Information Akquisition (LIA) - Das Konzept	23
5.2.3	Umgang mit Rasterdaten	25
5.3	Datenbank (Open eQuarter FOX)	27
5.3.1	Parametrisierung	27
5.3.2	Datenbereitstellung	31
5.4	Webfrontend (Open eQuarter CROW)	32
5.5	Open Source - Nutzerdefinierte Erweiterungen	32
6	Quartiersanalyse	

6.1	Datenerfassung/GIS-Datenmanagement zur Quartiersanalyse	35
6.2	Das Untersuchungsgebiet	36
6.2.1	Stadtstruktur und Gebäudealter	37
6.2.2	Erste energetische Beurteilung	39
6.2.3	Ökonomischen Randbedingungen	41
6.2.4	Einwohnerstruktur	42
6.3	Querschnittsachse Fuldastraße	44
6.3.1	Methodik	44
6.3.2	Gebäudecharakteristika	46
6.3.3	Ökonomische und Sozialdaten	47
6.3.4	Energieversorgung	48
7	Toolanwendung und Validierung	
7.1	Erste Anwendungserfahrungen	53
7.2	Erzielbare Resultate	54
7.2.1	Energetische Bauteilqualitäten	55
7.2.2	Energetische Gebäudequalität	56
7.3	Mögliche Fehlerquellen	56
7.3.1	Ungenauere Georeferenzierung	56
7.3.2	Teilung der Wertebereiche	57
7.3.3	Uneinheitliche Gebäude-Identifikation	58
7.4	Validierung in der Querschnittsachse Fuldastraße	58
7.5	Anwendung auf das gesamte Untersuchungsgebiet	61
8	Anwendung auf Sanierungsszenarien	
8.1	Szenario 1: Gebäudehüllensanierung und Fernwärmeausbau	65
8.2	Szenario 2: Gebäudehüllensanierung und Flächenpotentiale „Solarthermie“	65
8.3	Bestandsanalyse	66
8.4	Pontentialanalyse	71
8.5	Bewertung	74
8.5.1	Szenario 1: Fernwärmeausbau	74
8.5.2	Szenario 2: Solarthermie	75
9	Zusammenfassung	
9.1	Statistische Erzeugung generischer Eingangsdaten	77
9.2	Konnektivität und Interaktivität	77
9.3	Open Source Konzeption	78
9.4	Quartiers- und Querschnittanalyse	78
9.5	Variantenuntersuchung	78
9.6	Aufwandsbetrachtung	78
9.7	Ausblick	79

Glossar

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Anhänge

- A Bestimmung der generischen Kenndaten Teil I Funktional
- B Bestimmung der generischen Kenndaten Teil I LookUp-Tabellen
- C Öffentlichkeitsarbeit

1 Veranlassung und Ziel

Ziel des des Forschungsvorhabens “Nachhaltige und energieeffiziente Bestandsentwicklung von Stadtquartieren - Entwicklung eines Analyse- und Planungstools zur energetischen Bewertung und Sanierung von Stadtquartieren (Open eQuarter)” war die Entwicklung einer Software-Umgebung, die den energetischen Status eines Blocks, eines Quartiers, eines Stadtteils oder einer ganzen Stadt bei möglichst geringem Erfassungsaufwand zeit- und gebäudegenau abbilden kann.

Darüber hinaus soll sie Vorhersagen über die Auswirkungen

- baulicher, gebäudetechnischer und infrastruktureller Maßnahmen,
- Änderungen der Versorgungsstrukturen
- sozialer und ökonomischer Veränderungen, aber auch
- politischer und konzeptioneller Zielsetzungen

auf das jeweilige Untersuchungsgebiet ermöglichen.

Das zu entwickelnde Softwarepaket sollte die Nutzung eines Geoinformationssystems einschliessen sowie plattformunabhängig und kostenfrei sein.

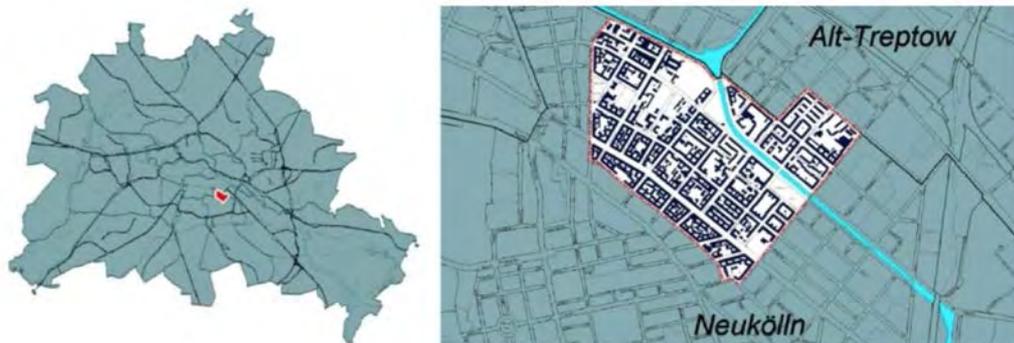


Abbildung 1.1: Untersuchungsgebiet *Open eQuarter* (VPT 2015)

Parallel zur Entwicklung der Software-Tools sollte ein typisches Stadtquartier “von Hand” analysiert werden. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung lag jedoch weniger in einer vollständigen Quartiersanalyse als vielmehr in der Bereitstellung einer zuverlässigen inhaltlichen Referenz. Sie sollte in der Toolanwendung zur Validierung der mit *Open eQuarter* erstellten Parametrisierungen und Berechnungen dienen. Umfang und Art der Erhebung orientierten sich daher vor allem an den Erfordernissen der Softwareentwicklung.

Hierfür wurde ein Quartier im Berliner Stadtteil Neukölln (s. Abbildung 1.1) ausgewählt, dass aufgrund seiner typisch großstädtischen Blockstruktur und einer großen Bandbreite unterschiedlicher Gebäude-

arten und -alter für die Verifizierung der in *Open eQuarter* berechneten Ergebnisse besonders geeignet erschien.

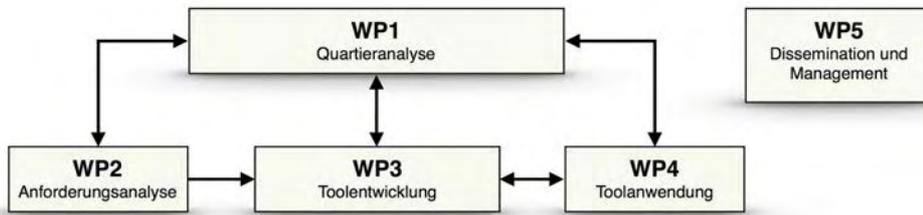


Abbildung 1.2: Projektstruktur *Open eQuarter* (VPT 2015)

Das Projekt wurde so strukturiert, dass Quartiersanalyse und Programmentwicklung über fast die gesamten Projektlaufzeit in Wechselwirkung standen (s. Abbildung 1.2). So flossen einerseits Aspekte aus der Gebäudeuntersuchung in die Konzeption und Implementation ein, wie andererseits Anforderungen an die "händische" Untersuchung gestellt wurden.

2 Entwicklungsansatz

Energiewende und Nachhaltigkeit - zwei Schlagworte, die nichts anderes umschreiben als die Notwendigkeit, Energie intelligent, vorausschauend und ressourcenschonend zu erzeugen und zu verwenden. Da der politische Druck hoch ist, gewinnt die Entwicklung von Werkzeugen für die energetische Beurteilung mittlerer und großer Siedlungsräume im Rahmen immer komplexerer Anforderungen zunehmend an Bedeutung (Schlör u. a. 2015). Im Rahmen von *Open eQuarter* wurde daher zunächst überprüft, welche Datenerhebungs- und Untersuchungsmethoden in den aktuell verfügbaren oder in Entwicklung befindlichen Softwarekonzepten bereits Anwendung finden.

2.1 Aktueller Forschungsstand

Zur Entwicklung einer Methodik zur GIS-gestützten energetischen Bewertung von Stadtquartieren und Siedlungsräumen wurden zunächst die Ergebnisse aktueller Forschungsprojekte recherchiert und hinsichtlich ihres Nutzens für die Entwicklung von „Open eQuarter“ betrachtet.

2.1.1 Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere - EQ (BMVBS)

Die ExWoSt-Studie „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere – EQ“ untersucht und bewertet energetische Sanierungskonzepte auf der Ebene von Stadtquartieren einschließlich des Straßenverkehrs. Hierzu wurden Mess- und Erhebungsmethodiken aktueller Forschungsprojekte verwendet und die Ergebnisse mit eigenen Erhebungen verglichen. Auf Basis dieser Untersuchung wurde ein Bilanzierungsmodell entwickelt, das Kommunen und deren Beratern unter Ausschluss spezifischer Fragestellungen die grundsätzliche energetische Bewertung eines Quartiers ermöglicht (BBSR 2011) und dessen Energiebedarf bzw. -verbrauch auf der Basis von Sanierungsszenarien grob zu prognostizieren.

Die notwendigen Eingangsdaten werden hier je nach Verfügbarkeit über Vollerhebung, Stichproben, Quartierstypologien und/oder statistische Daten erhoben.

2.1.2 Energetischer Plausibilitätscheck (BTU Cottbus/MIL)

Der „Energetische Plausibilitätscheck“ wurde im Auftrag des Brandenburgischen Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft an der der BTU Cottbus entwickelt (Koziol 2011). Das Rechenwerkzeug schätzt den Wärmebedarf von Siedlungsstrukturen in zwei Modellen unterschiedlicher Präzision ab. Besondere Aufmerksamkeit liegt auf der Untersuchung der Auswirkungen von Rückbau und Sanierung auf die Anforderungen an die Energieversorgungssysteme.

Grundsätzlich stützt sich das Werkzeug auf die IWU-Gebäudetypologie (Diefenbach u. a. 2010; Loga u. a. 2011) und die Zuordnung der Gebäude in drei unterschiedliche Sanierungsklassen. Im präziseren Modell ist es notwendig, jedes einzelne Gebäude ‚von Hand‘ einzustufen, während die Typenverteilung im Grobmodell nach Siedlungsstrukturtyp angenommen wird.

2.1.3 Energieeffiziente Siedlungen EFES (Österreichisches Institut für Raumplanung)

Das Österreichische Institut für Raumplanung entwickelte im Rahmen des Forschungsvorhabens EFES (Energieeffiziente Entwicklung von Siedlungen) ein Bewertungswerkzeug für Siedlungen (Dallhammer u. a. 2010).

Das Tool nutzt zur Bilanzierung einerseits objektspezifische Gebäude- und lagespezifischen Infrastrukturdaten, kombiniert diese andererseits aber mit aggregierten Mittelwerten höherer regionaler Bezugsräume (Stadt, Bezirk, Land), wenn auf kleinräumiger Ebene keine entsprechenden Daten verfügbar sind.

2.1.4 Tool der GemeindeEnergieBeratung - GemEBTool (TU München)

Die Planungssoftware GemEB-Tool des Lehrstuhls für Bauklimatik und Haustechnik der TU München dient der „Energieleitplanung“ als Schnittstelle zwischen übergeordneter „Energienutzungsplanung“ (auf Stadtebene, analog der Flächennutzungsplanung) und der kleinteiligen objektbezogenen Quartiersplanung.

Die Eingangsdaten müssen hier ‚von Hand‘ einzeln energetisch bewertet werden. Lediglich für die Flächenermittlung steht als Hilfsmittel ein Plugin für das auch in „Open eQuarter“ genutzte „QuantumGIS“ zur Verfügung. Da das Tool nur je ein Objekt betrachtet, sind bis zur abschließenden Bilanzierung zahlreiche Rechengänge nötig (LBH 2012).

2.1.5 ECORegion (Klimabündnis, kommerzielles Tool)

Eines der meist verwendeten Bilanzierungswerkzeuge ist die kommerzielle Lösung „ECORegion“ des Schweizer Unternehmens „Ecospeed“. Es soll Städten und Gemeinden dazu dienen, grobe Prognosen für die künftige energetische Entwicklung der betreffenden Region auf einfache Weise und ohne großen Erfassungsaufwand zu erstellen. Das internetgestützte Tool berücksichtigt auf Wunsch die gesamte Energieerzeugungs- und -verbrauchskette einschließlich regionaler Erzeugung (z.B. Strom und Fernwärme) und bietet eine „Life Cycle Analysis (LCA)“ an (Climate Alliance 2010).

ECORegion akquiriert die Eingangsparameter in erster Linie aus demographischen, aber auch ökonomischen, ökologischen und infrastrukturellen Daten, die in Kombination mit bekannten Verbrauchswerten hochgerechnet und bilanziert werden. Dem entsprechend bleibt die Auflösung der Ergebnisse stets auf die Quartiers- bzw. Siedlungsebene begrenzt.

2.1.6 Digitale Wärmebedarfskarte (TU Stuttgart/BMWi/AGFW e.V.)

Das Forschungsprojekt „Verfahren zur Entwicklung einer digitalen Wärmebedarfskarte“ der TU Stuttgart konzentrierte sich auf die „Abschätzung des Wärmebedarfs von Quartieren unter Nutzung von Fernerkundung“ (Blesl u. a. 2008; IKG 2008).

In diesem Rahmen wurde eine dreistufige teilautomatisierte Methode zur Auswertung entsprechender Fernerkundungsdaten, zur darauf basierenden Strukturanalyse des Gebäudebestandes sowie zur anschließenden statistischen Abschätzung der gebäudebezogener Wärmebedarfe ganzer Siedlungsgebiete erprobt.

2.1.7 effort - Verbundprojekt Energieeffizienz vor Ort, Jena (BMBF) (ab 2013)

Das Projekt „effort“ vereint als Verbundvorhaben eine ganze Reihe von Zielsetzungen. Neben methodischen Untersuchungen liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von „Werkzeugen für die Planung energieeffizienter Quartiere, die als Dienstleistung von den Verbundpartnern nach Projektende und Weiterentwicklung auf dem Markt angeboten werden können“. Die „effort Methode“ wird anhand von vier Modellquartieren erarbeitet und die Ergebnisse algorithmisch im sogenannten „effort Instrument“ zusammengeführt. Die Anwendung innerhalb eines GIS-Systems ist ausdrücklich vorgesehen.

Welche Art von Daten als Grundlage für die Bewertung dienen sollen, ist nicht bekannt. Das Projekt läuft bis August 2015 (BMBF 2010).

2.1.8 EnEff:Stadt Begleitforschung – District Energy Concept Adviser

Im Rahmen der EnEff:Stadt Begleitforschung wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik eine Software entwickelt, die vor allem Unterstützung in den ersten Planungsphasen einer energetischen Quartierssanierung bieten soll (BMWi 2013). Das Werkzeug versteht sich dabei nicht als Rechentool zur Dimensionierung und Detailplanung, sondern vorrangig als Hilfsmittel zur Abschätzung der energetischen Potentiale eines Stadtquartiers.

Teil des internationalen Projektes war die Zusammenstellung nationaler Gebäudetypen-Bibliotheken. Durch den typenbasierten Ansatz verringert sich der Aufwand für die Gebäudeerfassung erheblich.

2.2 Vergleich der Methodik

Auffällig ist die Tatsache, dass der Fokus bei den bisherigen Forschungsarbeiten zur energetischen Stadtquartiersanalyse überwiegend auf der Aus- und Bewertung der Daten sowie der Visualisierung der Ergebnisse liegt. Die Berechnungsmethodik erfolgt in allen betrachteten Lösungen durch Erfassung von Einzel- oder Vergleichsdaten und der nachfolgenden Hochrechnung auf das zu untersuchende Quartier. In der Wahl der benutzten Werkzeuge wie auch in der Art der grafischen Aufbereitung sind jedoch erhebliche individuelle Unterschiede festzustellen.

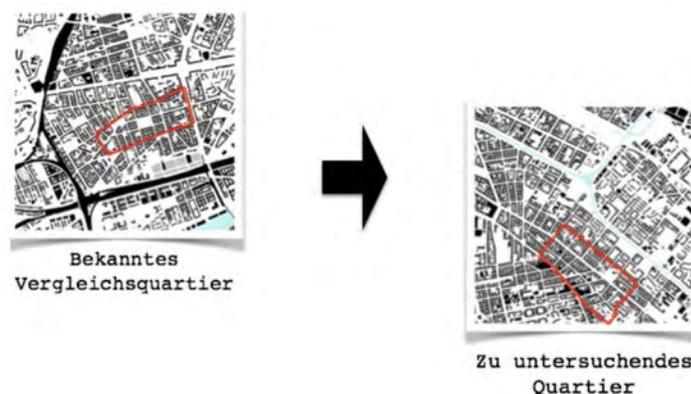


Abbildung 2.1: Quartiersbetrachtung durch Vergleich (Quelle: UdK Berlin)

Die Beschaffung und Erfassung der notwendigen Gebäudedaten stellt angesichts der Anzahl der zu berücksichtigenden Gebäude für alle vorgestellten Ansätze ein Problem dar. Im Wesentlichen haben sich zwei Herangehensweisen etabliert. Dem Aufwand der detaillierten Erhebung wird entweder durch den Rückgriff auf Vergleichsdaten aus bereits untersuchten Quartieren (Abbildung 2.1) oder - und das ist der übliche Ansatz - durch erhebliche Abstraktion, d.h. weitgehende Typisierung bzw. Klassifizierung jedes einzelnen Gebäude begegnet (Abbildung 2.2).

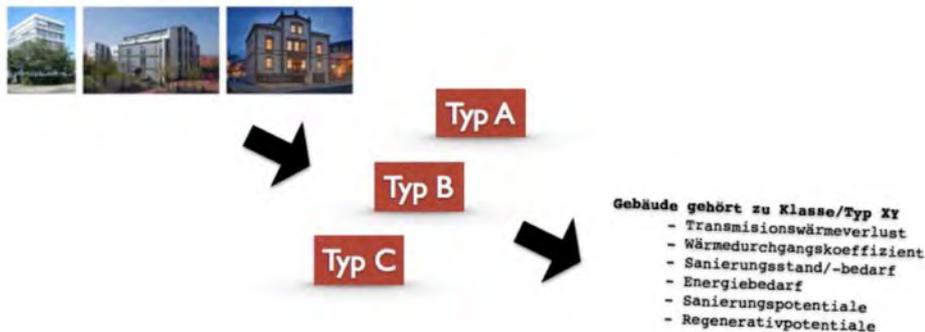


Abbildung 2.2: Quartiersbetrachtung durch Typisierung (Quelle: UdK Berlin)

Dieses Vorgehen vereinfacht die Datenakquise erheblich und führt bei entsprechender Anwendung auch zu sinnvollen Ergebnissen in der Gesamtbeurteilung des jeweiligen Untersuchungsraumes. Allerdings werfen beide Methoden auch Probleme auf:

- Das enge Korsett der Typisierung führt zu einer Vielzahl von Sonderfällen. Allein im Untersuchungsgebiet in Berlin-Neukölln sind nach erster Abschätzung rund ein Viertel der Gebäude nicht klar kategorisierbar.
- Zusätzlich vorhandene Informationen bleiben unberücksichtigt.
- Es fehlen Redundanzmechanismen, die eine fehlerhafte Einordnung offensichtlich werden lassen und gegebenenfalls korrigieren.
- Spätestens für die Entwicklung detaillierter Sanierungskonzepte werden möglichst genaue Informationen über die einzelnen Gebäude notwendig. Dies macht in der Regel umfangreiche Nacherhebungen notwendig.
- Mit steigendem Abstraktionsgrad sinkt die Auflösung der Analyse. Entsprechend werden die Resultate der Bewertungen großräumlicher und pauschaler.

2.3 Konsequenzen für die Entwicklung

Angesichts dieser Ausgangslage stand im Rahmen von *Open eQuarter* zunächst die Entwicklung einer allgemeinen Methodik zur Datenakquise im Vordergrund, die diese Nachteile nicht aufweist.

Open eQuarter liefert zunächst nur eine Grundauswahl von Analysemöglichkeiten und Szenarien. Im Rahmen des Open-Source-Gedanken wurden jedoch Schnittstellen definiert, die die einfache Einbindung beliebiger Auswertungsmethoden von dritter Seite ermöglichen.

Zur Fortführung und zukünftigen Erweiterung dieser Konzeption sollen die Ergebnisse mittelfristig in eine einheitliche, allgemein zugängliche Gebäudedatenbank einfließen. Sie soll zunächst den Open-eQuarter-Quartierswerkzeugen als Datenquelle dienen, in der Perspektive aber auch durch Fremdanwendungen nutzbar sein.

3 Anforderungsanalyse

Die Vorbereitungsphase des Projektes war in erster Linie von der Grundlagenermittlung geprägt. Zur Definition der Anforderungen wurden zunächst die relevanten Akteure identifiziert, Tätigkeitsprofile erstellt sowie Befragungen zur technischen Ausstattung, zu Betriebssystemen und verwendeter Software durchgeführt. Darüber hinaus konnten durch Markt- und Technologieanalysen wichtige Hinweise zur Auswahl der für das Projekt geeigneten Softwarekomponenten und Programmiersprachen gewonnen werden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse aus der Vorbereitungsphase und den ersten Erkenntnissen der Quartiersanalyse wurden die Randbedingungen für die Entwicklung von *Open eQuarter* eingegrenzt:

3.1 Verfügbare Daten

In der Vorbereitungsphase wurden die Rahmenbedingungen für die Nutzung Geografischer-Informationssysteme (GIS) geklärt. Neben den technischen Fähigkeiten der Applikationen wurde die Quellenlage untersucht.

Eine Vielzahl von Kartenwerken und statistischen Daten ist online frei verfügbar (z. B. Geoportal Berlin 2015; Geoportal Bayern 2015; Geodatenportal Niedersachsen 2015). Während erstere überwiegen als Rasterdaten (WMS-Service) direkt bereitgestellt werden, können letztere häufig nur als Textdateien (csv, xls, txt) abgerufen werden. Der direkte Zugriff auf Datenbanken ist im allgemeinen kostenpflichtig.

Bei der Überprüfung der möglichen Datenquellen zeigte sich, dass die Quellenlage erwartet gut ist. Allerdings wirft die Vielfalt der Formate - von der Karte auf Papier bis zur georeferenzierten Datenbank - für den Import in das GIS wie auch für die geplante, weitgehend automatisierte Auswertung erhebliche Probleme auf.

3.2 Anwendungsbereiche

Das entwickelte Toolset zielt auf die Abbildung des energetischen Zustandes großräumlicher Siedlungseinheiten. In diesem Rahmen sollten folgende Anwendungsbereiche abgedeckt werden:

- *Unterstützung bei der Datenakquise:* Für die sinnvolle Arbeit mit *Open eQuarter* sind eine Reihe von zuverlässigen, gebäudereferenzierten Grundinformationen notwendig. Daher sollten explizite Workflows zur Aufbereitung und Einbindung verschiedenster Daten bereitgestellt werden.
- *Durchführung von Quartiersanalysen:* Unabhängig von der Tiefe der eingepflegten Datenbasis sollte *Open eQuarter* in der Lage sein, frühzeitig differenzierte Analysen zum betrachteten Quartier erstellen.
- *Durchspielen von Sanierungsszenarien:* Auf der Grundlage der in der Quartiersanalyse identifizierten Sanierungspotentiale sollten die einzelne Szenarien in *Open eQuarter* qualitativ und quantitativ

durchspielbar sein.

- *Abschätzung der Sanierungsfolgen:* Das Programmpaket sollte den Nutzer in die Lage versetzen, die Folgen großräumlicher energetischer Sanierungs- und Lenkungsmaßnahmen abzuschätzen und dokumentieren zu können.

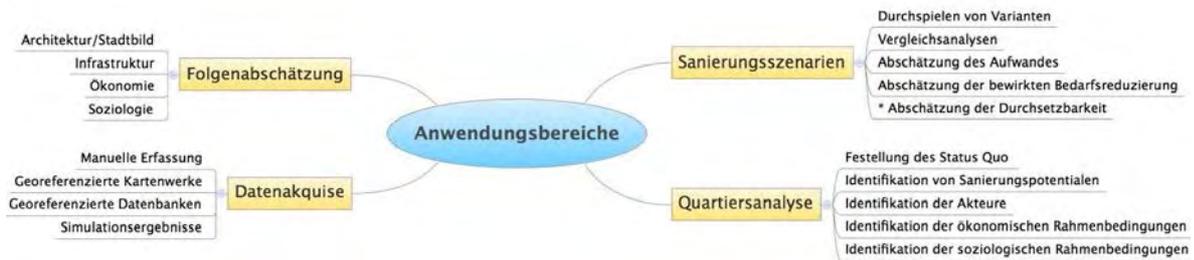


Abbildung 3.1: Anwendungsbereiche für *Open eQuarter* (VPT 2015)

Als Ergebnis sollten aussagekräftige Entscheidungshilfen für die Planung und Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen auf Quartiersebene zur Verfügung stehen. Angesichts der Bandbreite der unterschiedlichen Aufgaben (s. Abbildung 3.1) erschien es sinnvoll, das Softwarekonzept modular auszulegen und mit umfassenden Möglichkeiten zur Erweiterung der Funktionalität zu versehen.

3.3 Nutzerkreis

Bereits in der Vorbereitung des Projektes hatte sich gezeigt sich, dass die Zielgruppen für *Open eQuarter* ein breites Betätigungsfeld abdecken.

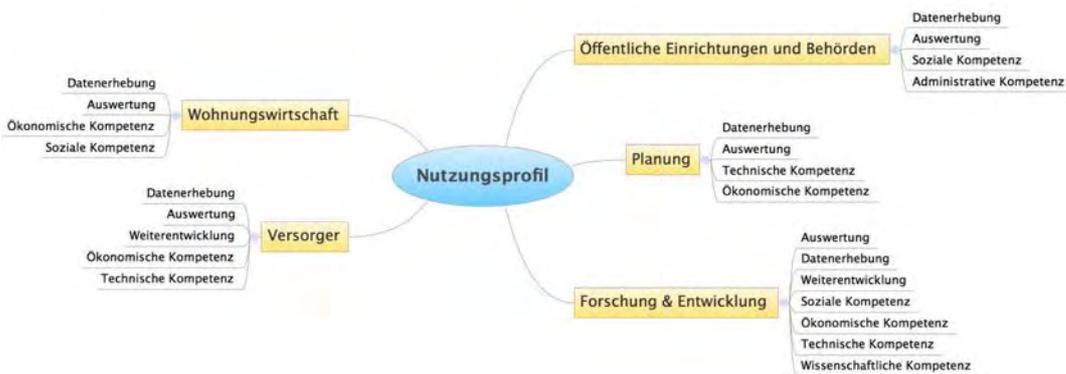


Abbildung 3.2: Klassifizierung der potentiellen Nutzer (VPT 2015)

Diese inhomogene Benutzerstruktur machte eine universelle, leicht zu lernende Arbeitsumgebung notwendig. Unterschiedliche Zielsetzungen (s. Abbildung 3.2) und die daraus resultierende Bandbreite hinsichtlich der Ausbildung und des fachlichen Kenntnisstandes der Nutzer erforderten eine einfache universelle Benutzerführung, die sich auch in den Workflows, der Bedieneroberfläche des Frontends und ihrer Funktionstiefe niederschlagen.

3.4 Nutzerkompetenz

Tabelle 3.1 zeigt das Ergebnis der Untersuchung zu den Anforderungen an die Nutzerkompetenz. Neben den Arbeitsbereichen, die auch durch Nutzer geringer oder durchschnittlicher fachspezifischer Ausbildung bewerkstelligt werden können (in Tabelle 3.1 rot hinterlegt) finden sich auch Aufgaben, für die umfassendes Wissen zur energetischen Gebäudesanierung und dem Umgang mit Geoinformationssystemen notwendig sind. Lediglich in den Gruppen F&E, Versorger und Planung kann zuverlässig von Nutzern mit entsprechendem Kenntnisstand ausgegangen werden.

Anwendungsbereich	Erforderliche fachliche Kompetenz		
	gering	durchschnittlich	hoch
Datenakquise			X
Quartiersanalyse	X	X	
Sanierungsszenarien	X	X	
Folgenabschätzung	X	X	
Abschließende Bewertung der Ergebnisse		X	X

Tabelle 3.1: Anforderungen an die Nutzerkompetenz (VPT 2015)

Daher wurde komplexere Aufgaben, die ein hohes Maß an Expertenwissen erfordern, in das QGIS Plugin *Open eQuarter MOLE* ausgelagert und nicht in das Frontend *Open eQuarter CROW* integriert.

3.5 Technische Ausstattung

Die technische Ausstattung der identifizierten Nutzergruppen wurde in telefonischen Befragungen ermittelt. Sie zeigte sich ähnlich inhomogen wie das Nutzungsprofil und der Ausbildungsstand (vgl. Tabelle 3.2).

Anwendungsbereich	Qualität der technischen Ausstattung	Vertretene Betriebssysteme	Zugang zum Internet
Öffentliche Einrichtungen und Behörden			
- spezialisierte Fachabteilungen	überwiegend zeitgemäß	Win 7/8, Linux	Ja
- auf Sachbearbeiter-Ebene	überwiegend veraltet	Win XP, teils Win 7	Ja
* Wohnungswirtschaft	teils veraltet	Win 7, teils Win XP,	Ja
* Versorgungsunternehmen	überwiegend zeitgemäß	Win 7/8, Linux, MacOSX, iOS, Android	Ja
* Planungsbüros	überwiegend zeitgemäß	Win 7/8, Linux, MacOSX, iOS, Android	Ja
* Forschung & Entwicklung	überwiegend zeitgemäß	Win 7/8, Linux, MacOSX, iOS, Android	Ja

Tabelle 3.2: Technische Ausstattung relevanter Nutzergruppen (Quelle: UdK Berlin / VPT, Stichprobenbefragung)

In öffentlichen Einrichtungen und Behörden fanden sich in den spezialisierten Fachabteilungen eine ganze Reihe moderner Computer, überwiegend unter MS Windows verschiedener Generationen und Linux. Auf Sachbearbeiterebene war die Ausstattung jedoch überwiegend veraltet. In diesen Bereichen fand sich häufig noch das Betriebssystem MS Windows XP, seltener Linux-Installationen.

Die Arbeitsplätze der Wohnungsbaugesellschaften waren in der Regel auf dem Stand der Zeit. MS Win-

dows 7 und 8 beherrschten das Bild. Insbesondere im mobilen Bereich fanden sich jedoch inzwischen auch Installationen unter MacOS, iOS und Android.

Versorgungsunternehmen, Planungsbüros und der Bereich Forschung & Entwicklung unterschieden sich hinsichtlich der technischen Ausstattung nur unwesentlich. Die Hardware war überwiegend zeitgemäß, auf Betriebssystemebene waren sämtlich seinerzeit aktuellen Produkte in Verwendung.

Allen Nutzergruppen war gemeinsam, dass sie weitestgehend über ungehinderten Zugang zum Internet verfügten.

Um einer möglichst breiten Nutzergruppe gerecht zu werden war es notwendig, die technischen Voraussetzungen zumindest auf Endanwenderseite gering zu halten und sich bezüglich des Betriebssystems nicht zu binden.

3.6 Nutzungsorte

Die Nutzung Geographischer Informations Systeme (GIS) findet überwiegend im Büro statt. Unabhängig von der Einsetzbarkeit auf Laptops und Notebooks wurde in Gesprächen mit potentiellen Nutzern bereits im Vorwege des Projektes regelmäßig der Wunsch geäußert, insbesondere das Frontend *Open eQuarter CROW* auch auf Mobilgeräten nutzen zu können.

Dies erschien zumindest in Teilbereichen sinnvoll, da sich bei jeder Quartieruntersuchung Gebäude im Untersuchungsbestand finden, die sich aufgrund baulicher oder nutzungsspezifischer Eigenheiten zu sehr von der umgebenden Bebauung unterscheiden und vor Ort „von Hand“ untersucht werden müssen.

4 Anwendungsentwurf

Aus der Untersuchung der Rahmenbedingungen (vgl. Abbildung 4.1) ergab sich eine klare Teilung des Anforderungsprofils an *Open eQuarter* (s. Abbildung 4.2).



Abbildung 4.1: Anforderungen an die Softwareumgebung (VPT 2015)

Einerseits sollte der potentielle Nutzerkreis möglichst groß sein, andererseits schien für die Handhabung einzelner Bereiche - insbesondere die Datenakquise - hohe Fachkompetenz erforderlich.

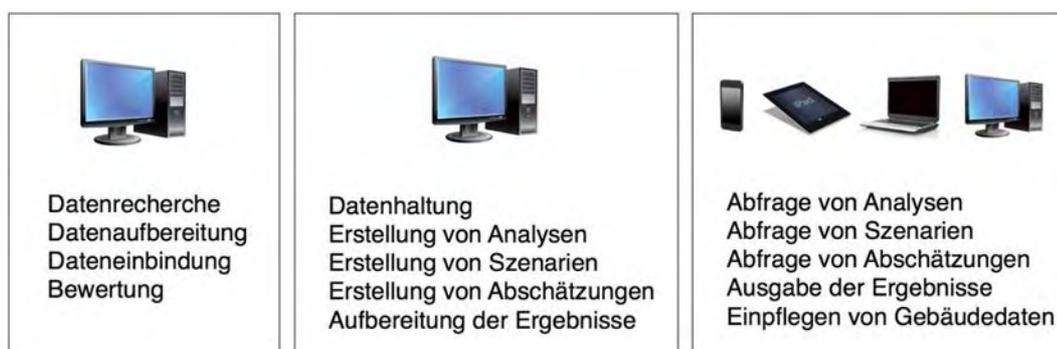


Abbildung 4.2: Aufteilung der Arbeitsbereiche als Ergebnis der Anforderungsanalyse (VPT 2015)

Die Anforderungen an die technische Ausstattung sind nach Arbeitsbereich differenziert. Der umfangreiche Umgang mit gerasterten Bilddaten macht in der Datenakquise leistungsfähige Rechner notwendig. Gleiches gilt für die Auswertung und die visuelle Aufbereitung der Ergebnisse. Die Erstellung der benutzerspezifischen Abfragen sowie die Darstellung der Ergebnisse stellen diesen Anspruch dagegen nicht.

Das Arbeitsfeld "Datenrecherche, -einbindung und -bereitstellung" konnte demnach vollständig getrennt werden. Die Verbindung zu den Abfragetools erfolgt ausschließlich über eine gemeinsame Datenhaltung.

Da alle untersuchten Nutzergruppen über Internetzugang verfügen, erschien eine Kopplung auf diesem Wege sinnvoll. Dieses Vorgehen eröffnet darüber hinaus die Möglichkeit, mobile Eingabegeräte als Werk-

zeug für die Bereiche „Quartiersanalyse“, „Szenarien“ und „Folgeabschätzung“ einzubinden (vgl. Abbildung 4.2).

4.1 Softwarekomponenten

Bereits die offizielle Zielsetzung des Projektes *Open eQuarter* enthält Randbedingungen für die Auswahl geeigneter Software-Komponenten. Zusätzliche Kriterien ergaben sich aus der Untersuchung der Rahmenbedingungen und dem daraus entwickelten Anwendungskonzept. Darüber hinaus wurden im Sinne der Nachhaltigkeit des Projektes eine Reihe grundsätzlicher Anforderungen gestellt:

- Open Source oder vergleichbare Lizenzmodelle,
- Plattformunabhängigkeit,
- keine proprietären Komponenten,
- gemeinsame Skriptsprache,
- hoher Verbreitungsgrad,
- umfangreiche Dokumentation,
- große Programmierer-Community.

Mit diesen Vorgaben wurde eine Marktrecherche vorgenommen, die auch kommerzielle Lösungen einschloss und so eine Beurteilung der relativen Leistungsfähigkeit der Open-Source-Pakete zuließ. Im Ergebnis fanden sich für sämtliche zu erfüllenden Aufgaben geeignete Lösungen, die alle genannten Kriterien erfüllen. Als Entwicklungsumgebung für *Open eQuarter* wurden dementsprechend folgende Komponenten festgelegt:

- Geografisches Informations System: Quantum GIS (*QGIS*),
- Datenbanksystem: SQL-Datenbank oder GIS-interne Datenhaltung,
- Webserver: Apache Webserver,
- Anwendungsumgebung: Webbrowser,
- Kommunikation: Internet,
- Skriptsprache: Python,
- Datenbankkommunikation SQL (z. B. MySQL, PostgreSQL und PostGIS), ggf. JSON,
- Internet/GUI HTML5, geoJSON, geoDjango, openLayers, bootstrap framework,
- Grafisches User Interface Plugins: Qt4.

4.2 Entwicklungskonzept

Unter Einbeziehung der Eigenschaften der gewählten Softwarekomponenten wurde das Anwendungskonzept genauer definiert (s. Abbildung 4.3).

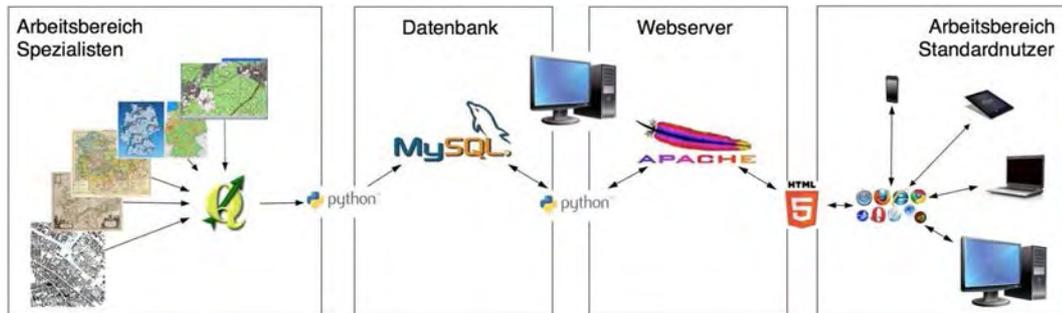


Abbildung 4.3: *Open eQuarter* Anwendungsstruktur (VPT 2015)

Als Kern des Planungstools *Open eQuarter* dient zunächst ein GIS-interner „Daten-Layer“, der in späteren Versionen durch ein System von SQL-Datenbanken ersetzt werden soll. Im Unterschied zu bereits verfügbaren Werkzeugen sollten die Informationen durch die teilautomatisierte Be- und Auswertung georeferenzierter Quellen gebäudegenau erhoben und präzisiert werden.

Zu diesem Zweck wurde ein python-basiertes Open-eQuarter-Plug-In für das Geo-Informationssystem QGIS entwickelt, das dem GIS-Spezialisten die hierfür notwendigen Hilfsfunktionen zur Verfügung stellt und die Ergebnisse weitgehend selbsttätig in die entsprechenden Open-eQuarter-Datenbanken (GIS oder SQL) einpflegt.

Die Datenhaltung selbst soll in einer geodatentauglichen, SQL-fähigen Datenbank erfolgen. Sie können mit Hilfe dedizierter Skripte in beliebiger Programmiersprache oder auch entsprechender Webanwendungen wie *Open eQuarter CROW* problemlos entsprechend abgefragt bzw. gegebenenfalls verändert werden. Die Ergebnisse werden auf diese Weise nutzungsunabhängig und stehen jederzeit systemunabhängig je nach Bedarf etwa für die algorithmische Weiterverarbeitung¹ oder die grafische Aufbereitung zur Verfügung.

Die Kommunikation mit dem Standardnutzer wird über einen Apache Webserver sichergestellt. Im Rahmen von *Open eQuarter* wurde für diesen Zweck beispielhaft eine HTML5-gestützte Benutzeroberflächen unter Bootstrap/openLayers sowie die entsprechenden Serverskripte entwickelt. Hier sollen mittelfristig auch die analytischen Aufgaben von *Open eQuarter* unter Anwendung von Python erledigt werden.

Einzige Anforderung an Soft- und Hardware auf Endanwenderseite bleibt damit das Vorhandensein eines zeitgemäßen Webbrowsers. Dies schließt die Nutzung mobiler Endgeräte ein und eröffnet die Möglichkeit, die „manuelle“ Ergänzung von Gebäudedaten ortsunabhängig vorzunehmen.

¹z. B. als Eingangsdaten für energetische Quartiersimulation

4.3 Arbeitsablauf

Tabelle 4.1 zeigt den wesentlichen Arbeitsablauf für *Open eQuarter* mit den entsprechenden Ressourcen und Abhängigkeiten.

Die Zeilen 1 bis 8 beschreiben den generellen Workflow für die Datenakquise. Es fällt auf, dass dieser Bereich überwiegend nicht vom Standardnutzer (z.B. dem Sachbearbeiter oder dem Immobilienkaufmann) bewerkstelligt werden kann, da für die damit verbundenen Arbeitsgänge ein hohes Maß an fachlicher Kompetenz notwendig ist.

Nr	Vorgang	Typ		Akteur			Ablauf		
		manuell	automatisch	Spezialist	Standard-nutzer	Skript	Quelle	Ziel	Ergebnis
1.	Festlegung des Untersuchungsgebietes	X		X		X	Extern	GIS	Koordinaten
2.	Aufbau der Gebäudedatenbank	X	X	X		X	GIS	DB	Gebäude-datenbank
3.	Quellenrecherche	X		X	X		Extern	GIS	Quellkarte
4.	Quellenaufbereitung	X	X	X		X	GIS	GIS	Georeferenzierte Karte mit Bewertungs-algorithmus
5.	Extraktion der Informationen		X			X	GIS	DB	Eigenschaften-Layer
6.	Bewertung der Informationen		X			X	DB	DB	Parameter-Layer
7.	Ablegen der Informationen in der Gebäudedatenbank		X			X	GIS/DB	DB	Gebäude-datensätze
8.	Manuelle Einpflege von Gebäuden von besonderem Interesse	X			X	X	Extern	DB	Gebäude-datensatz
9.	Definieren der gewünschten Auswertungen	X			X	X	Areal, Eigenschaft oder Gebäude-ID-Liste	Datenbank-abfrage	Datenbank-abfragen/ Auswertungs-algorithmen
10.	Anwenden der entsprechenden Datenbankabfragen		X			X	Datenbank abfrage	Teil-DB	Eigenschaften-/ Parametersatz
11.	Anwenden der entsprechenden Auswertungs-algorithmen		X			X	Teil-DB	Ergebnis-datensatz	Ergebnis-datensatz
12.	Aufbereitung der Ergebnisse		X			X	Ergebnis-datensatz	Temporärer Speicher	Textbausteine/ Tabellen/ Graphiken
13.	Ausgabe der Ergebnisse		X			X	Temporärer Speicher	GUI	Bildschirm-ausgabe/ Drucker-ausgabe
14.	Bewertung der Ergebnisse	X		X	X				

Tabelle 4.1: Allgemeiner Arbeitsablauf für *Open eQuarter* (VPT 2015)

Die Quartiersanalyse (Zeilen 9–13) ist ein weitgehend automatisierter Vorgang. Die Aufgabe des Nutzers

soll hier in erster Linie in der Angabe der gewünschten Abfragen bestehen.

Sanierungsszenarien stellen grundsätzlich nichts anderes dar: Wiederholte Quartiersanalysen unter veränderten Randbedingungen. Die Festlegung dieser Randbedingungen fällt in der letzten Entwicklungsstufe ebenfalls in den Aufgabenbereich des Nutzers.

Die für *Open eQuarter* geplante Folgeabschätzung soll Hinweise auf die Auswirkungen der erwogenen Massnahmen geben. Als Beispiel sei hier der Einsatz aussenliegender Fassadendämmung genannt. Betrifft diese Eingriff nur einzelne Gebäude, so sind die Folgen für das Stadtbild als gering einzuschätzen. Sind jedoch 90% der Gebäude einer Straße betroffen, so verändert sich den Charakter des gesamten Straßenzugs. Auf diesen Umstand sollte *Open eQuarter* in einer späteren Entwicklungsstufe hinweisen.

Eine abschließende Bewertung (Zeile 14) wird von *Open eQuarter* ausdrücklich nicht erstellt. Bei aller Parametrisierung bleibt es Aufgabe des Nutzers, aus den mit *Open eQuarter* gewonnenen Erkenntnissen die richtigen Schlüsse zu ziehen.

5 Anwendungsentwicklung

Bereits während der Evaluation des aktuellen Forschungsstandes zeigte sich, dass die größten Hindernisse für den alltäglichen Einsatz rechnergestützter Quartiersanalyse/-simulation nicht etwa in der physikalisch-mathematische Lösungsfindung oder der Erstellung einer einfach zu handhabenden Benutzeroberfläche liegen, sondern in der Erfassung und Aufbereitung qualitativ zuverlässiger Grunddaten für eine so große Anzahl von Bauwerken.

Betrachtet man ein Einzelgebäude, so ist es mit relativ überschaubarem Zeitaufwand möglich, die notwendigen spezifischen Informationen für eine zuverlässige energetische Beurteilung zusammenzutragen. Handelt es sich dagegen um hunderte oder sogar tausende von Gebäuden, so wird diese detaillierte Eingangsdatenakquise spätestens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zum unlösbaren Problem.

Die bisherigen Ansätze setzen das Vorhandensein entsprechender gebäudespezifischer Daten einfach voraus oder begegnen dieser Schwierigkeit durch Abstraktion, Typisierung oder den Ansatz von Vergleichsdaten. Diese Vorgehensweisen führen jedoch zwangsläufig zu einer deutlichen Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten oder zu einer erheblichen Verminderung der erreichbaren Präzision und/oder der räumlichen Auflösung.

Im Verlaufe der Arbeit an *Open eQuarter* hat sich daher die Lösung dieses Dilemmas zum Kernthema des Projektes entwickelt.

Für die Programmentwicklung wurde das vom Linux-Erfinder Linus Torvalds¹ entwickelte Versionsverwaltungssystem *Git* verwendet. Hierzu wurde ein Repository auf der öffentlichen Developer-Plattform *GitHub*² eröffnet. Dort finden sich sämtliche Quellcodes, die Dokumentation sowie Anwendungsbeispiele.

5.1 Generische Kenndaten

Eine der Grundvoraussetzungen für die Entwicklung von *Open eQuarter* war die Annahme, dass für die Gesamtheit des Untersuchungsgebietes selbst bei großen Informationslücken mit Hilfe statistisch ermittelter generischer Parametersätze zuverlässige Ergebnisse erzielt werden könnten. Im Extremfall sollten hierfür als Basisinformation die Grundflächen aller Gebäude, demographische Kenndaten (z.B. Bevölkerungsdichte) und ggf. noch die geographische Lage ausreichen. Mit jeder zusätzlichen Information könnten ein oder mehrere dieser Durchschnittsparameter dann gebäudeweise aktualisiert werden. Auf diese Weise bestimmt die Quellenlage lediglich den Grad der Differenzierung und nicht mehr die Beurteilungsfähigkeit an sich.

¹siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Linus_Torvalds

²https://github.com/UdK-VPT/Open_eQuarter

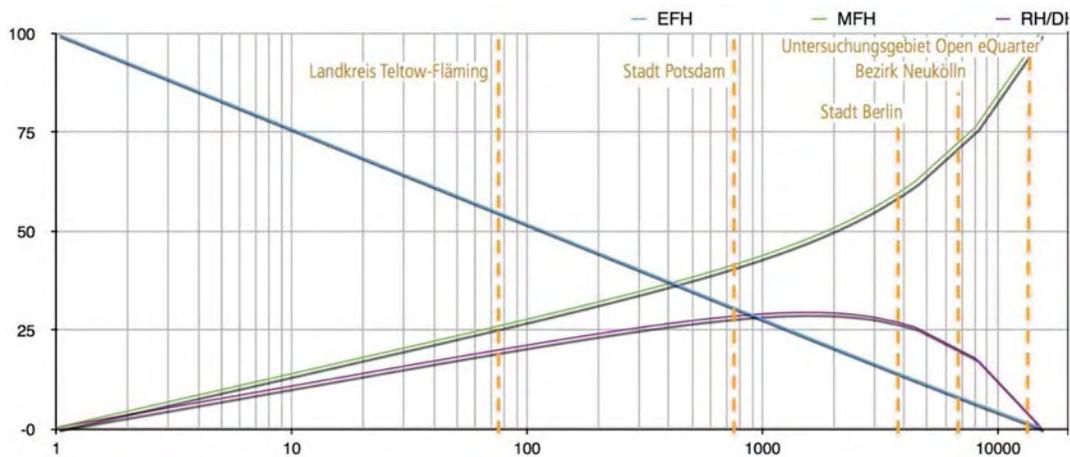


Abbildung 5.1: Verteilung der Wohngebäude-Archetypen nach Einwohnerdichte (VPT 2015, Datenbasis: Zensus 2011/Statistisches Bundesamt Testats)

Um die notwendigen generischen Parameter zu ermitteln, wurde eine Reihe flächendeckend vorhandene Datenerhebungen (Zensus 2011 (Destatis 2012), IWU-Gebäudeindex (Diefenbach u. Loga 2011) u.a.) gezielt nach geeigneten Zusammenhängen durchsucht. Beispielsweise besteht eine deutliche Abhängigkeit in der Verteilung der Gebäude-Archetypen Einfamilienhaus (EH), Reihenhaus (RH) und Mehrfamilienhaus (MFH) von der Bevölkerungsdichte (s. Abbildung 5.1), die durch eine mit Hilfe der Regressionsanalyse ermittelte Polynomialbeziehungen ausreichend genau dargestellt werden kann (s. Anhang A).

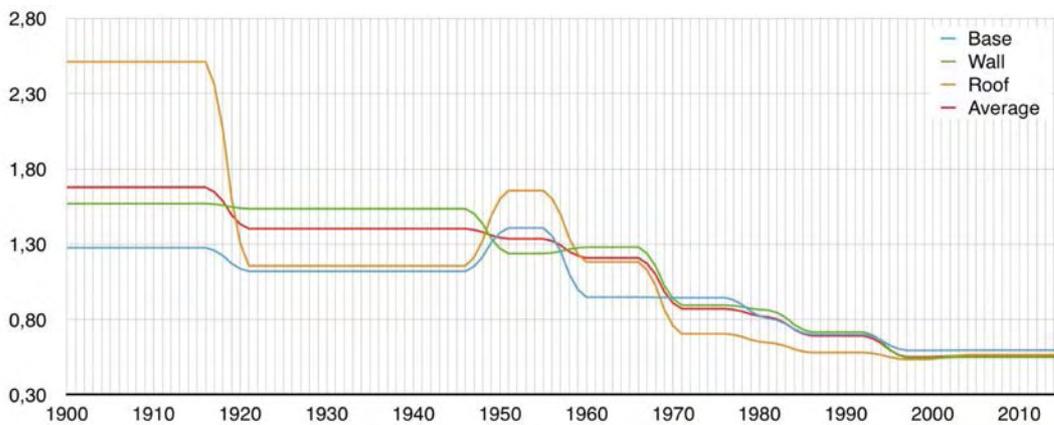


Abbildung 5.2: Typischer U-Wert-Verlauf über das Baualter (VPT 2015, Datenbasis Deutsche Gebäudetypologie, Institut für Wohnen und Umwelt/IWU)

In ähnlicher Klarheit lassen sich bauteilbezogene Bezüge identifizieren (z.B. der Zusammenhang zwischen U-Wert eines Bauteiltyps und dem Gebäudealter in Abbildung 5.2). Gerade in diesem Beispiel wird jedoch auch deutlich, dass sich historische Ereignisse wie etwa der II. Weltkrieg und die Wiederaufbaujahre im Falle zeitlich abhängiger Kenndaten als erhebliche Verzerrungen niederschlagen. Diese Diskontinuitäten machten eine sinnvolle Rückführung solcher Abhängigkeiten auf einfache Korrelationen wenig sinnvoll. Daher wurden hier Lookup-Tabellen auf Basis der IWU-Datenbasis (Diefenbach u. Loga 2011) erstellt (s. Anhang B).

In der weiteren Projektarbeit wurden diese Zusammenhänge genauer untersucht und anhand von Ver-

gleichsdaten validiert. Kategorisierungen wurden dabei soweit wie möglich durch eindeutige Bestimmungsgleichungen ersetzt.

5.2 Datenakquise (Open eQuarter MOLE)

Als Werkzeug für die Datenakquise wurden die im Anwendungsentwurf konzipierten Mechanismen mit der Skriptsprache *Python* in ein Plugin, das *Open eQuarter-Modul MOLE*, für das frei verfügbare Geo-Informationen-System *Quantum GIS*,¹ kurz *QGIS* implementiert.

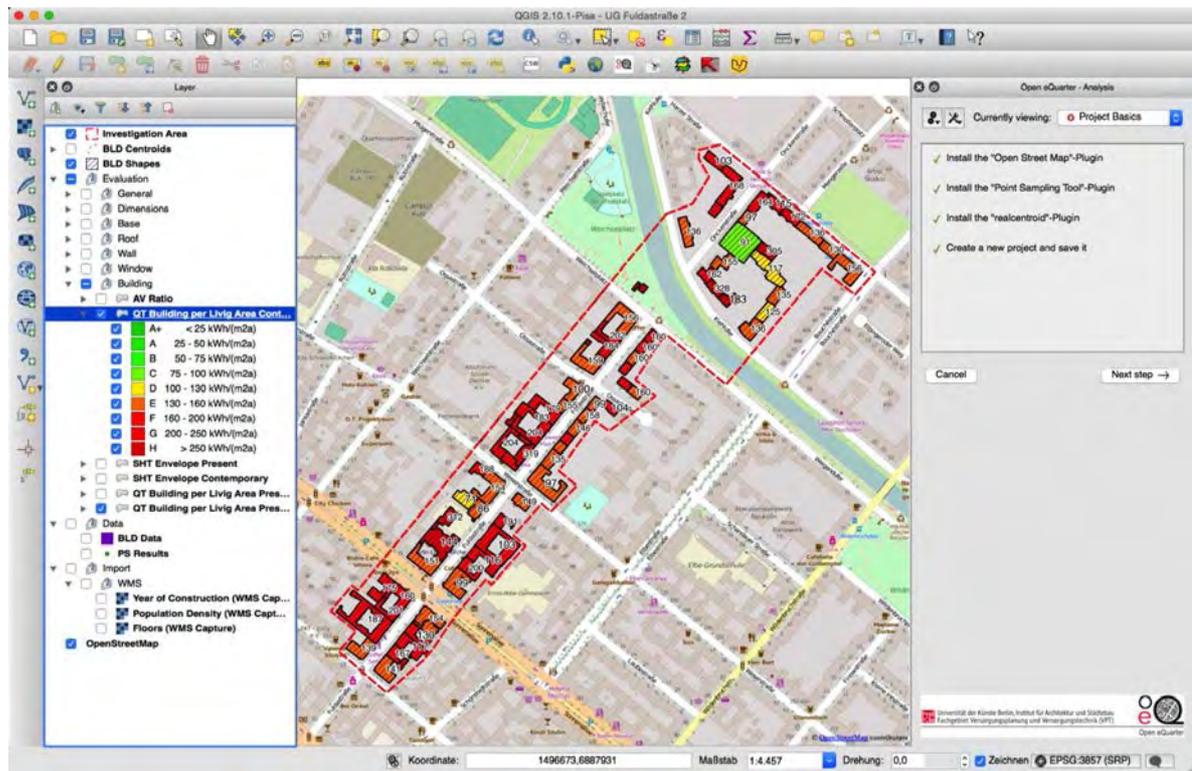


Abbildung 5.3: Screenshot des Geo-Informationen-Systems *Quantum GIS* mit Plugin-Erweiterung *Open eQuarter-MOLE* (VPT 2015)

5.2.1 Nutzung von Geo-Informationen-Systemen (GIS)

Geo-Informationen-Systeme (GIS) finden im Planungsbereich zunehmend Verbreitung, da mit ihrer Hilfe beliebige georeferenzierte Informationen auf Grund ihres Raumbezuges relativ einfach zu übersichtlichen Karten aufbereitet werden können. Daneben verfügen GIS jedoch auch über Werkzeuge, um aus beliebigem Kartenmaterial ortsbezogene Informationen zu extrahieren (Abbildung 5.4).

¹siehe Projektseite unter <http://www.qgis.org>



Abbildung 5.4: Anzeige ortsbezogener Informationen in *Quantum GIS* (VPT 2015)

Allerdings machen nur wenige Projekte zur Quartiersanalyse von dieser Möglichkeit Gebrauch (Gebäudegeometrie und/oder Gebäudealter, Fernerkundung und Wärme-Luftbilder). Relevantes Kartenmaterial steht jedoch in block- oder sogar gebäudeweiser Auflösung je nach Region in immer größerem Umfang und zu immer mehr Themenbereichen öffentlich und frei zur Verfügung (vergl. Schlör u. a. 2015). Von Relevanz für die Quartiersuntersuchung sind hier z.B.:

- Gebäudealter,
- Gebäudeklasse,
- Art der Beheizung,
- Sanierungsstand,
- Versorgungsnetze,
- solare Nutzbarkeit peripherer Gebäudeflächen,
- Kriegsschäden,
- Verbrauchsdaten,
- Nutzungsstruktur,
- Nutzerstruktur,
- Sozialstruktur,
- Verkehrsaufkommen,
- Wetter- und Strömungsdaten,
- Mikroklimatische Daten,
- Vegetation.

Jede einzelne Informationsquelle für sich lässt nur relativ wenige Rückschlüsse auf das einzelne Gebäude zu. Die Georeferenzierung erlaubt jedoch die Verknüpfung mehrerer Informationen und kann so zur Erstellung eines differenzierten Gesamtbildes beitragen. *Open eQuarter* macht sich diese Tatsache im Akquisitionsmodul *Open eQuarter MOLE* durch Überlagerung und halbautomatisierte Auslesung der Karteninhalte an den Gebäudepositionen nutzbar.

5.2.2 Layered Information Akquisition (LIA) - Das Konzept

Der Schwerpunkt des *Open eQuarter MOLE* liegt in der Entwicklung einer allgemeinen Methodik zur gebäudegenauen Extraktion von Informationen aus beliebigen georeferenzierbaren Quellen mit Hilfe des Geo-Informations-Systems (GIS). Im Ergebnis sollen zu jedem Gebäude des zu untersuchenden Quartiers individuelle Parameter- und Attribut-Datensätze vorliegen. Dazu wurde das Layerkonzept (*Layered Information Akquisition (LIA)*, s. Abbildung 5.5) entwickelt.

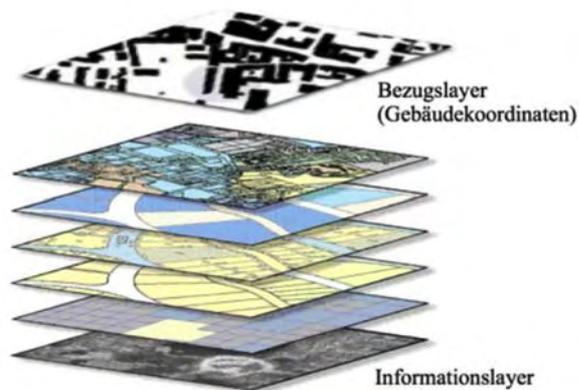


Abbildung 5.5: Überlagerung der georeferenzierten Quellen nach dem Layerkonzept (VPT 2015)

Vorbereitung

Im ersten Schritt wird das Quartier räumlich definiert. *Open eQuarter MOLE* wurde so gestaltet, dass das Zentrum des Untersuchungsgebietes (im Tool "Investigation Area") in einem Projektdefinitionsdialog als Realadresse angegeben werden kann. Unter Nutzung der Geocoding-Engine von *Google Maps*¹ wird sie dekodiert und als Punktkoordinate hinterlegt.

Das QGIS-Plugin *openLayers* *² ermöglicht die Darstellung des umliegenden Gebietes mit Hilfe des freien Kartenmaterials von *OpenStreetmap*³. Anhand dessen lässt sich das zu untersuchende Gebiet mit den Zeichentools von QGIS* festlegen. Das Quartier kann in *Open eQuarter MOLE* aus einem oder mehreren Umrisspolygonen bestehen, so dass auch verteilte Gebäudebestände untersucht werden können.

Eine besondere Stellung im Informationsstapel kommt dem sogenannten Hausumringe-Layer (im Tool "Building Outlines") zu. Er enthält die für eine quantitative Betrachtung unerlässlichen grundlegenden Geometrieinformationen zu jedem einzelnen Gebäude. Hausumringe werden üblicherweise als "Amtliche

¹Details hierzu unter <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding>

²siehe <http://hub.qgis.org/projects/openlayers>

³Homepage des Open Street Map Projektes: <https://www.openstreetmap.org>

Liegenschafts-Karten“ in vektorisierter Form bereitgestellt. Die Dateien enthalten in der Regel mindestens zweidimensionale Umring-Polygone sowie eindeutige Gebäude-ID's. Als amtlichen Quellen sind sie üblicherweise sehr aktuell und häufig mit zusätzlichen liegenschaftsbezogenen Informationen versehen. *Open eQuarter MOLE* ist in der Lage, die innerhalb des Untersuchungsgebietes liegenden Gebäude selbstständig zu extrahieren. Liegt eine solche Referenz nicht vor, so können die Hausumringe selbstverständlich auch Gebäude für Gebäude manuell definiert werden.¹

Die räumlichen Lagedaten der vom Untersuchungsraum umfassten Bauwerke, auch Hauskoordinaten (im Tool “Building Coordinates”) genannt, müssen als Punktobjekte auf einem Bezugslayer (Definitionsebene) im GIS vorliegen. Wie im Fall der Hausumringe kann *Open eQuarter MOLE* amtliche Hauskoordinaten verarbeiten. Alternativ können die Lagedaten auch automatisch aus den Hausumringen erzeugt² oder von Hand eingegeben werden.

Im Anschluss werden die verfügbaren Karten, die für die energetische Beurteilung der Gebäude möglicherweise relevant sein könnten, georeferenziert unter diese Schicht gelegt, also als Layer in das GIS geladen, und ggf. mit inhaltspezifischen Aus- und Bewertungsalgorithmen verknüpft. Diese Verknüpfung erfolgt in sogenannten *Open eQuarter Extension*³, die auch nutzerseitig leicht definiert werden können. Im Ergebnis steht für die zu untersuchende Landfläche eine in Informationslayer diskretisierte dritte Dimension zur Verfügung (vgl. Abbildung 5.5).



Abbildung 5.6: Mögliche Quellentypen für Informationslayer (VPT 2015)

Wie in Abbildung 5.6 dargestellt lassen sich durch dieses Vorgehen Quellen verschiedenster Art einbinden. Die einzige Voraussetzung ist stets ein eindeutiger Ortsbezug. Im Falle von Rasterdaten kann es sich dabei um Bezugskordinaten, im Falle von Tabellen und Datenbanken aber auch um Ortsangaben zu jedem Datensatz handeln. Die notwendigen Importwerkzeuge stellt das GIS-System standardmäßig bereit.

¹Open eQuarter MOLE nutzt diese Geometriedaten unter anderem auch zur automatischen Erzeugung geeigneter Hauskoordinaten.

²Für die wird das QGIS-Plugin ‘Real Centroid’ genutzt. Details hierzu finden sich unter: <http://www.agt.bme.hu/gis/qgis/realcentroid> Die automatische Erzeugung von Hausordinaten führt lediglich zu Punktobjekten, die sicher innerhalb der Hausumringe liegen. Für eine zuverlässige Analyse ist es daher ggf. notwendig, die jeweilige Lage von Hand zu optimieren.

³Als “Extensions” werden funktionale Erweiterungen zu Open eQuarter MOLE bezeichnet.

Needle-Request (NR) - Die Durchstich-Analyse

Die Informationsabfrage gestaltet sich jetzt einfach. Bildlich gesprochen setzt *Open eQuarter MOLE* eine Nadel auf der Hauskoordinate jedes einzelnen Gebäudes an und durchsticht den gesamten Ebenenstapel senkrecht zur Oberfläche. Die am Durchstichpunkt auf den Informationslayern gefundenen Eigenschaften (Farben, Attribute, Flächen, Koordinaten usw.) bleiben gewissermaßen an der Nadel hängen und werden zunächst als Attribut an das entsprechende Hauskoordinaten-Objekt angehängt (*Needle-Request*)¹.

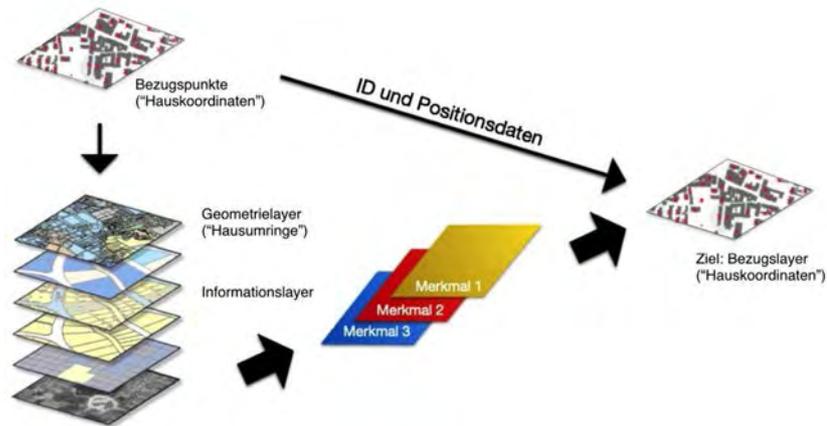


Abbildung 5.7: Informationssammlung per Durchstichanalyse (VPT 2015)

Im Anschluss werden die gesammelten Informationen durch Anwendung der für jede Quellenart in der entsprechenden *Open eQuarter Extension* hinterlegten Rechenvorschrift (Import-Extension) quantifiziert und in die Gebäudedatenbank eingepflegt.

5.2.3 Umgang mit Rasterdaten

Für vektorielle und tabellen- bzw. datenbankartige Quellen stellt die Methodik keine besondere Herausforderung dar, da die Information nach Definition des interessierenden Koordinatenbereiches unmittelbar zur Verfügung steht. Im Rahmen von *Open eQuarter* wurde daher ein besonderes Augenmerk auf die Analyse von Rasterdaten gelegt.

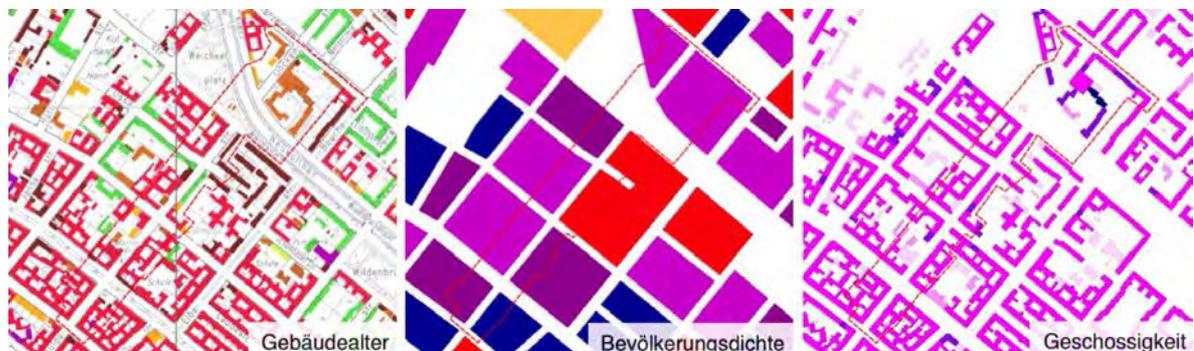


Abbildung 5.8: Beispiele für Kartenmaterial in WMS-Rastergrafik (VPT 2015)

¹Für diesen Vorgang wird das QGIS Plugin *Point Sampling Tool* von Borys Jurgiel verwendet. Siehe hierzu: <http://hub.qgis.org/projects/pointssamplingtool>

Hier ergeben sich gleich mehrere Komplikationen:

- Die Verarbeitung von Rastergraphik ist immer mit dem Umgang mit großen Datenmengen verbunden. Dies mag mit Blick auf die Rechengeschwindigkeit moderner Computer für auf lokalen Datenträger vorliegenden Rasterkarten noch vertretbar erscheinen. Spätestens bei der Nutzung internetgestützter Datendienste wie etwa der rastergrafikorientierten Web-Map-Services (WMS) der öffentlichen Geoportale machen die Ladezeiten eine sinnvolle Auswertung unmöglich. *Open eQuarter* begegnet dieser Herausforderung durch die Implementierung geeigneter Caching-Mechanismen in das QGIS Plugin. Es werden nur die das Untersuchungsgebiet betreffenden Bereiche geladen und lokal als georeferenzierte Rasterdateien gespeichert.
- Wesentlicher für die Umsetzung des Programmkonzepts ist die Tatsache, dass die gesuchte Information bei der koordinatenbezogenen Abfrage von Rastergrafiken lediglich als RGB-Farbwert geliefert wird. Dieser Farbwert muss anhand einer zuvor definierten Legende dekodiert und in verwertbare Eigenschaftsmerkmale umgewandelt werden. *Open eQuarter* wurde mit den notwendigen Werkzeugen ausgestattet, um die Auslegung und Decodierung selbständig durchzuführen. Einzige Useraktion ist die Definition der zugehörigen Farbtabelle, die gemeinsam mit den entsprechenden *Open eQuarter Extension* abgespeichert werden.

5.3 Datenbank (Open eQuarter FOX)

Es erscheint ganz allgemein sinnvoll, die Gebäudedaten einer Region oder sogar eines ganzen Landes in einer einzigen übergreifenden Datenbank zu erfassen. Auf diese Weise ergänzt und präzisiert jede einzelnen Erhebung - ob quartierweise mit Hilfe von *Open eQuarter MOLE*, in Einzeluntersuchungen "von Hand" oder durch das Einpflegen von Simulationsergebnissen - das energetische Abbild des gesamten betreffenden Siedlungsraums.

In der ursprünglichen Planung zu *Open eQuarter* sollte diese zentrale Datenhaltung durch das Modul *Open eQuarter FOX* als eigenständige MySQL Datenbank realisiert werden. Mit Blick auf die derzeitige Entwicklung im Bereich der Geodatenbanken - insbesondere der Standardisierung und Weiterentwicklung der Beschreibungssprache GML und des darauf basierenden Informationsmodells CityGML - fiel die Entscheidung zu Gunsten einer offeneren Lösung aus.

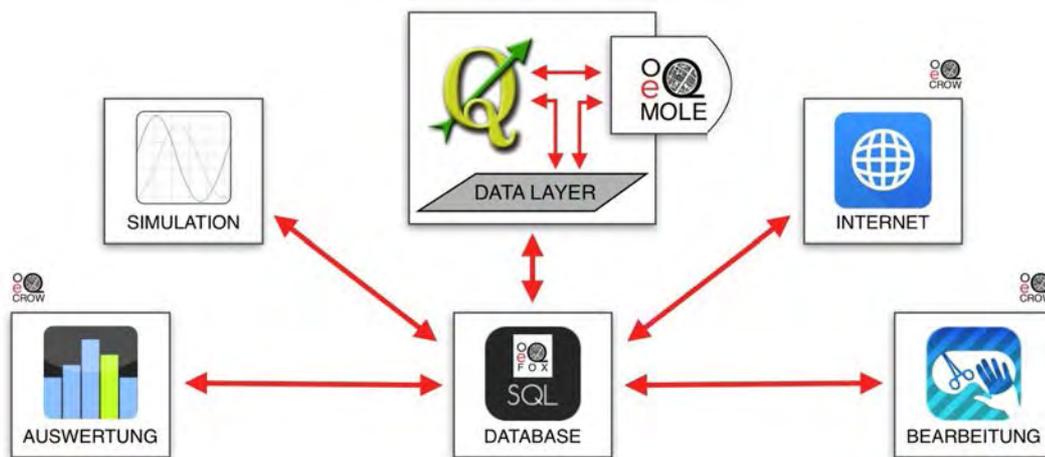


Abbildung 5.9: Darstellung der Dateninfrastruktur für Open eQuarter (VPT 2015)

Während der Datenakquisition und der nachfolgenden Datenanalyse dient zunächst ein dedizierter Vektorlayer mit einfacher Attributtabelle zur Datenhaltung. Mit Hilfe der Exportfunktionalität von * QGIS* werden die generierten Gebäudedaten anschließend - bei Bedarf auch automatisiert - im gewünschten Format gespeichert oder an eine beliebige Geodatenbank übertragen (in Abbildung 5.9 beispielsweise an eine zentrale SQL-Datenbank). Die so externalisierten Daten stehen nun ihrerseits jederzeit für die Bearbeitung und Weiterverwendung zur Verfügung (siehe Abbildung 5.9). * Open eQuarter MOLE* kann diesen Pool wiederum als Akquisitionquelle wie auch als Ziel nutzen. Die Spiegelung des dedizierter Vektorlayers auf eine Transferdatei oder eine Datenbank wie auch die Wiedereinbindung wurden erfolgreich getestet.

5.3.1 Parametrisierung

Die Gebäudedatenbank in Form des Datenlayers in QGIS besteht zunächst nur aus den wesentlichen Grundrissparametern *Grundfläche* und *Umfang* der Gebäude. Darüber hinaus werden die grundlegenden Schlüsselparameter *Geschossigkeit*, *Gebäudealter* und *Bevölkerungsdichte* zunächst mit örtlichen Durchschnittsdaten initialisiert. Bereits mit diesen mit diesen wenigen pauschalen Angaben wäre eine

erste Auswertung möglich.

Nun werden geeignete georeferenzierbare Informationsquellen¹ in *QGIS* geladen und ggf. mit Hilfe der Caching-Mechanismen von *Open eQuarter MOLE* offline verfügbar gemacht. Die entsprechenden Layer werden durch einen *Needle Requests* (siehe oben) gebäudeweise erfasst, im Anschluss unter Anwendung der jeweiligen *Open eQuarter Extension* analysiert und in der Attributtabelle des Datenlayers gespeichert. Auf diese Weise lassen sich nicht nur beliebige Gebäudekenndaten akquirieren. Selbstverständlich können so auch die oben genannten verallgemeinerten Grundeigenschaften objektweise differenziert werden.

Liegen keine Informationen zu Bauteilqualitäten und Gebäudeeigenschaften vor, so werden diese anhand dieser Basisdaten ermittelt. Hierfür wurden im Verlaufe des Projektes *Open eQuarter* zunächst umfangreiche statistische Daten analysiert und auf geeignete Korrelationen untersucht (siehe Anhänge A und B). Die gefundenen Zusammenhänge stützen sich hierbei auf die Ergebnisse des *Zensus 2011* (Destatis 2012) und die Basisdaten der *Deutschen Gebäudetypologie* (Diefenbach u. a. 2010).

Grundgeometrie

Zunächst müssen die geometrischen Eigenschaften vervollständigt werden:

- Zur weiteren Bearbeitung ist es notwendig, Längen- und Breitenangaben für jedes Gebäude zu ermitteln. Hierzu wird eine einfache Rechteckform angenommen. *Grundfläche* und *Umfang* definieren in diesem Fall ein eindeutiges Verhältnis zwischen *Länge* und *Breite*.
- Für alle volumenabhängigen Berechnungen fehlt eine Angabe zur *Höhe*. Sie wird als Funktion der *Geschossigkeit* mit dem Faktor 3,30 m pro Geschoss hochgerechnet.

$$h = n_{\text{Floors}} \cdot 3,30 \text{ [m]}$$

- Das äußere Bruttovolumen ergibt sich damit als Produkt von *Grundfläche* und *Höhe*.

$$V = A_{\text{Build}} \cdot h \text{ [m}^3\text{]}$$

Flächenanteile der Bauteile

Aus der Grundgeometrie werden im Anschluss die Flächen der Gebäudehüllenanteile abgeschätzt:

- Für die *Bodenfläche* wird die *Grundfläche* angenommen.

$$A_{\text{Base}} = A_{\text{Build}} \text{ [m}^2\text{]}$$

- Die *Dachfläche* wird ebenfalls mit der *Grundfläche* angesetzt.

$$A_{\text{Roof}} = A_{\text{Build}} \text{ [m}^2\text{]}$$

- Für die Ermittlung des Anteils der *nichtgeneigten Dachfläche* werden zwei einfache Modelle in Abhängigkeit von einerseits der *Gebäudehöhe* und andererseits dem *Baujahr* definiert und jeweils zur Hälfte angesetzt:

¹Karten, Listen etc. in gebäude- oder blockweiser Auflösung (siehe oben)

- Gebäude unter 8m Höhe haben keine *nichtgeneigten Dachflächen*

$$r_{Roof,Flat,Height}(h_{Build} < 8m) = 0$$

- Für Gebäude zwischen 8 und 33m Höhe steigt der Anteil der *nichtgeneigten Dachfläche* kontinuierlich an

$$r_{Roof,Flat,Height}(8m < h_{Build} < 33m) = 1/25 \cdot (h_{Build} - 8)$$

- Gebäude über 33m Höhe haben Flachdächer

$$r_{Roof,Flat,Height}(h_{Build} > 33m) = 1$$

- Vor 1860 wurden kaum *nichtgeneigten Dachflächen* gebaut

$$r_{Roof,Flat,Age}(age_{Build} < 1860) = 0$$

- Für Gebäude aus den Jahre zwischen 1860 und 1960 Höhe steigt der Anteil der *nichtgeneigten Dachfläche* kontinuierlich an

$$r_{Roof,Flat,Age}(1860 < age_{Build} < 1960) = 1/100 * (age_{Build} - 1860)$$

- Gebäude nach 1960 haben überwiegend Flachdächer

$$r_{Roof,Flat,Age}(age_{Build} > 1960) = 1$$

- Der Anteil der *nichtgeneigten Dachfläche* ergibt sich so zu:

$$r_{Roof,Flat} = \frac{r_{Roof,Flat,Height} + r_{Roof,Flat,Age}}{2}$$

- Die *Bruttowandfläche* ergibt sich aus der Multiplikation von *Umfang* und *Höhe*.

$$A_{Wall,Total} = l_{Perimeter} \cdot h [m^2]$$

- Die *Fensterfläche* wird aus dem *Fensteranteil* ermittelt. Hier besteht eine statisch begründbare Abhängigkeit zum *Gebäudealter* (Lookup-Tabelle, siehe hierzu Anhang B).

$$A_{Window} = f_{Lookup}(Age_{Build.}) [m^2]$$

- Für die *Anzahl der angebauten Wände* wurde ein korrelativer Zusammenhang zur Bevölkerungsdichte gefunden (siehe Anhang A).

$$n_{CommWalls} = f_{Correlation}(d_{Pop.}) []$$

- Die *angebaute Fläche* wird als Produkt aus *Breite*, *Höhe* der schmalere Wand und der *Anzahl der angebauten Wände* veranschlagt.

$$A_{CommWalls} = w_{Wall} \cdot h \cdot n_{CommWalls} [m^2]$$

- Die *Nettowandfläche* ergibt sich damit als Differenz von *Bruttowandfläche*, *Fensterfläche* und *Angebauter Fläche*.

$$A_{Walls} = A_{Wall,Total} - A_{CommWalls} [m^2]$$

- Als *aktive Hüllfläche* wird die Summe aus *Nettowandfläche*, *Fensterfläche* *Dachfläche* und *Bodenfläche* angesetzt,

$$A_{Env.,Act.} = A_{Wall} + A_{Wind.} + A_{Roof} + A_{Base} [m^2]$$

- Der Quotient aus *aktiver Hüllfläche* und *äußerem Bruttovolumen* bezeichnet hier das *AV-Verhältnis*.

$$r_{AV} = \frac{A_{Window}}{V} \left[\frac{1}{m} \right]$$

- Die *Wohnfläche* wurde durch das Produkt aus *Grundfläche* und *Geschossigkeit* abzüglich 20% Konstruktions- und Erschließungsfläche bestimmt.

$$A_{Living} = A_{Build} \cdot n_{Floors} \cdot 0.8 \left[\frac{1}{m^2} \right]$$

Energetische Bauteilkennwerte

Bei der Auswertung der für dieses Projekt berücksichtigten statistischen Quellen (siehe oben) konnten erwartungsgemäß deutliche Abhängigkeiten zwischen typischen Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile und dem Baujahr der Gebäude nachgewiesen werden. Die energetische Qualität spiegelt hier zwangsläufig den Stand der Bautechnik einer Bauepoche wieder. Die Einflüsse historischer Gegebenheiten führten zu Diskontinuitäten in der technischen Entwicklung, so dass hier Lookup-Tabellen erstellt wurden (Anhang B). Mit ihrer Hilfe wird die Gebäudedatenbank um U-Werte für bodenberührende Bauteile, Wände, Dächer und Fenster für die weiteren Berechnungen erweitert.

Die Analyse in *Open eQuarter* berücksichtigt zwei Sanierungszustände:

- Contemporary: Alle Bauteile befinden sich im gleichen Zustand wie zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes.
- Present: Die Bauteile wurden im Laufe der Nutzungsdauer immer wieder zeitgemäß erneuert oder saniert.

Angaben zu Wärmebrücken und solaren Gewinnen berücksichtigt *Open eQuarter* im derzeitigen Entwicklungsstand nicht, da eine entsprechende statistische Datenbasis für die Ermittlung geeigneter Zusammenhänge nicht zur Verfügung stand.

Energetische Gebäudekennwerte

Mit vorgenannten Parametern lassen sich die einzelnen Gebäudedatensätze um energetische Gebäudekennwerte ergänzen.

- Temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust der Bauteile pro Jahr

$$H_{T,Comp} = U_{Comp} \cdot A_{Comp} \cdot F_{Comp} \left[\frac{W}{K} \right],$$
- Absoluter Transmissionswärmeverlust der Bauteile pro Jahr¹

$$Q_{T,Comp} = \frac{H_{T,Comp} \cdot GT_{15/20} \cdot 24h}{1000} \left[\frac{kWh}{a} \right],$$
- Absoluter Transmissionswärmeverlust des Gebäudes pro Jahr

$$Q_{T,Build} = \sum Q_{T,Comp} \left[\frac{kWh}{a} \right],$$
- Wohnflächenbezogener Lüftungswärmeverlust des Gebäudes (nach Geiger u. Rouvel 1987):

$$Q''_{L,Build} = 40 \frac{kWh}{m^2 a} \cdot A_{Living} \left[\frac{kWh}{a} \right],$$
- Wohnflächenbezogener Transmissionswärmeverlust des Gebäudes:

$$Q''_{T,Build} = \frac{Q_{T,Build}}{A_{Living}} \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right],$$
- Spezifischer Transmissionswärmeverlust des Gebäudes bezogen auf die Hüllfläche

$$Q'_{T,Build} = \frac{Q_{T,Build}}{A_{Env.,Act.}} \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right],$$

¹GT20/15 bezeichnet die Heizgradtage nach VDI 3807 für den Standort des Quartiers

- Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes:

$$Q_{H,Build} = Q_{T,Build} + Q_{L,Build} \frac{kWh}{a},$$

- Wohnflächenbezogener Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes:

$$Q''_{H,Build} = \frac{Q_{H,Build}}{A_{Living}} \left[\frac{kWh}{m^2a} \right],$$

- Als maximale solar nutzbare Dachflächen wird die *nichtgeneigte Dachfläche* angenommen:

$$A_{Sol,Available} = A_{Roof} \cdot r_{Roof,Flat} [m^2],$$

- Maximale installierbare Solarflächen (Annahme 60% der solar nutzbaren Dachfläche):

$$A_{Sol,Installable} = A_{Sol,Available} \cdot 0,6 [m^2a],$$

- Maximale solare Erträge (Annahme $350 \frac{kWh}{m^2}$):

$$Q_{Sol,Therm} = A_{Sol,Installable} \cdot 350 \left[\frac{kWh}{a} \right],$$

- Maximale solare Deckungsrate

$$r_{Sol,Therm} = \frac{Q_{Sol,Therm}}{Q_{H,Build}} [],$$

5.3.2 Datenbereitstellung

In der aktuellen Version stellt *Open eQuarter* die ermittelten Daten in folgenden Formaten zur Verfügung:

- geoJSON
- SQLite
- CSV

Damit können die Ergebnisse von *Open eQuarter* einerseits problemlos in eine zentrale Datenbank¹ oder externe Applikationen übernommen, andererseits aber auch mit Hilfe entsprechender Frameworks² direkt auf mobilen Endgeräten dargestellt und bearbeitet werden.

¹z.B. *Open eQuarter FOX*

²wie etwa "openlayers" (<http://openlayers.org>) oder "geoDjango" (<http://geodjango.org>)

5.4 Webfrontend (Open eQuarter CROW)

Im Rahmen des Anwendungsentwurfes wurde die Notwendigkeit formuliert, über Netzwerkverbindungen - sowohl lokal, als auch per Internet - mit der *Open eQuarter Datenbank* projektweise zu interagieren. Dies versetzt den Standardnutzer, der die Möglichkeiten von *Open eQuarter* in Verwaltung, Planung oder Immobilienwirtschaft nutzen möchte, in die Lage, von der Sichtung der Analyseergebnisse über die Definition von Szenarien bis hin zur mobilen Erfassung von Gebäudedaten umfassend Einfluss zu nehmen.

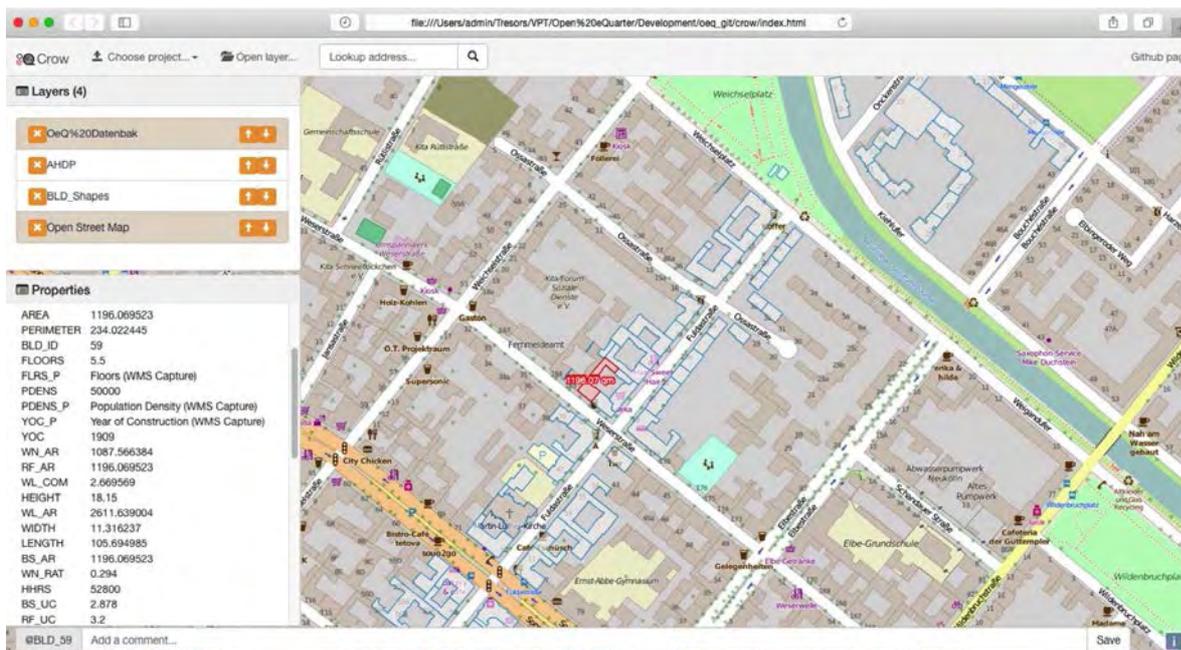


Abbildung 5.10: Screenshot des exemplarischer Webclient Open eQuarter Crow (VPT 2015)

Sicherlich ließe sich diese Aufgabe auch mit typischen Internet-Datenbank-Clients bewerkstelligen. Im Rahmen des Projektes wurde jedoch der rudimentäre Client *Open eQuarter CROW* entwickelt, der einerseits die Machbarkeit eines maßgeschneiderten Webfrontends und andererseits die diesbezüglichen Möglichkeiten in *Open eQuarter* demonstriert (siehe Abbildung 5.10). Die Verfügbarkeit des Clients auf mobilen Geräten wie Smartphones oder Tablets eröffnet weitreichende Möglichkeiten. So lassen sich beispielsweise Gebäudeinformationen und -parameter „bei einem Spaziergang“ erfassen und direkt über die Internetverbindung in die Gebäudedatenbank einpflegen.

5.5 Open Source - Nutzerdefinierte Erweiterungen

Bei der Implementierung von Open Source Anwendungen ist die einfache Erweiterbarkeit von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Weiterentwicklung innerhalb der freien Programmierer-Community. Sämtliche Import-, Konvertierungs- und Auswertungsfunktionen wurden daher als sogenannte *Open eQuarter Extension* realisiert.

```

def calculation(self=None, parameters={}):
    from scipy.constants import golden
    from math import floor, ceil
    from PyQt4.QtCore import QVariant
    # factor for golden rule
    dataset = {'RF_QTC': NULL}
    dataset.update(parameters)

    if not oeq_global.isnull([dataset['RF_AR'], dataset['RF_UC'], dataset['HHRS']]):
        dataset['RF_QTC'] = float(dataset['RF_AR']) * float(dataset['RF_UC']) * float(dataset['HHRS']) / 1000

    result = {}
    for i in dataset.keys():
        result.update({i: {'type': QVariant.Double,
                           'value': dataset[i]}})
    return result

extension = OeQExtension(
    extension_id=__name__,

    category='Evaluation',
    subcategory='Roof',
    extension_name='Roof Quality (QT, Contemporary)',
    layer_name='QT Roof Contemporary',
    extension_filepath=os.path.join(__file__),
    colortable = os.path.join(__file__[:-3] + '.qml'),
    field_id='RF_QTC',
    source_type='none',
    par_in=['RF_AR', 'RF_UC', 'HHRS'],
    layer_in=config.data_layer_name,
    layer_out=config.data_layer_name,
    active=True,
    show_results=['RF_QTC'],
    description="Calculate the Contemporary Transmission Heat Loss of the Building's roof",
    evaluation_method=calculation)

extension.registerExtension(default=True)

```

Abbildung 5.11: Python-Code einer typische *Open eQuarter* Extension (VPT 2015)

Abbildung 5.11 zeigt beispielhaft die Ausformulierung einer *Open eQuarter Extension* zur Berechnung des Transmissionswärmeverlustes durch die Dachfläche eines Gebäudes direkt nach der Errichtung (contemporary) in der Programmiersprache *Python*. Sie besteht im Wesentlichen aus einer Handlungsanweisung (hier die Funktion *calculation*) und einem Parametersatz, der u.a. ID, Namen sowie Ein- und Ausgabevariablen definiert.

Das Extension-System wurde mit einem *Dependency-Checker* ausgestattet, der mit Hilfe der explizit genannten Eingangs- und Ausgangsparameter nach Abhängigkeiten der Extensions untereinander sucht. Das Verfahren läuft rekursiv und in zwei Arbeitsschritten.

- Bei jeder Ausführung einer Erweiterung wird zunächst überprüft, welche anderen *Open eQuarter Extensions* im Vorwege laufen müssen. So müssen z.B. vor Ausführung der Extension zur Ermittlung der Transmissionswärmeverluste alle Extensions zur Bestimmung der Bauteil-U-Werte durchlaufen werden.
- Im Anschluss vergleicht der *Dependency-Checker*, ob irgendeine der vorausgesetzten *Open eQuarter Extensions* seit der letzten Ausführung der aufrufenden Erweiterung gelaufen ist. Sollte dies der Fall sein oder Ausgabeparameter nicht vorhanden sein, so wird die Rechenfunktion der aufrufenden Extension ausgeführt. Bemerkt der *Dependency-Checker* im obigen Beispiel etwa, dass U-Werte

inzwischen neu berechnet wurden, so muss die aufrufende Transmissionswärmeverlust-Extension selbst erneut rechnen.

Die ausführliche Dokumentation wie auch Beispiel-Extensions sind selbstverständlich auch im öffentlich zugänglichen *Open eQuarter GitHub Repository*¹ hinterlegt.

¹siehe https://github.com/UdK-VPT/Open_eQuarter

6 Quartiersanalyse

Über die Analyse eines typischen Stadtquartiers wurden georeferenzierte Quartiersdaten in den Erstellungsprozess des Software-Tools *Open eQuarter* eingebracht, die als zuverlässige inhaltliche Referenz dienen und schließlich eine Validierung von genutzten Parametern und Berechnungen ermöglichten.

Das Untersuchungsquartier befindet sich im Stadtteil Berlin-Neukölln und ist aufgrund seiner typisch großstädtischen Blockstruktur und einer großen Bandbreite unterschiedlicher Gebäudearten und -alter für die Verifizierung der in *Open eQuarter* berechneten Ergebnisse besonders geeignet.

6.1 Datenerfassung/GIS-Datenmanagement zur Quartiersanalyse

Als Grundlage der Quartiersanalyse dienten Daten zur Beschaffenheit des Untersuchungsquartiers, die bereits aus vorherigen Untersuchungen zur Verfügung standen. Neben Aussagen zur städtebaulichen und energetischen Beschaffenheit des Quartiers war hierbei die Nutzbarkeit vorhandener Daten und Datenquellen für Geoinformationssysteme und damit für eine weitere Verwendung im zu entwickelnden GIS-Tool von Wichtigkeit. Um spätere Vergleichbarkeit mit einem aus vielen differenzierten „Datenschichten“ angelegten Tool zu ermöglichen, bot sich die Informationssammlung in Form einer GIS-Datenbank im für die Software-Entwicklung gewählten Zielsystem an.

Im Rahmen der Quartiersanalyse wurden die vorliegenden GIS-Rohdaten mit inhaltlichen Daten der zuständigen verwaltenden Stellen auf geeignete Weisen verknüpft und hinsichtlich städtebaulichen und energetischen Themen ausgewertet. So wurden in Quantum GIS als Basis für räumliche Auswertungen verschiedene Shape Layer angelegt oder von zuständigen Stellen bezogen und eingearbeitet. Detaildaten zu Stadtraumtypologie, Gebäudealter, Geschossigkeit, Gebäudetypologie, Nutzungstypologie, Gebäudezustand, Energieversorgungssysteme, Bevölkerungsstruktur, Erwerbstätigkeit und Eigentümerstruktur (private Kleineigentümer, Wohnungsunternehmen und Genossenschaften, Einzeleigentümer oder Wohneigentümergeinschaften) konnten in die Datenbank aufgenommen werden.

Auf Basis der amtlichen Liegenschaftskarte (ALK) des Bezirksamts Neukölln wurden Grunddaten wie Gebäudeumrisse, Grundstücke, Flurstücke und Flure in die Datenbank aufgenommen. Das Geodatenportal der Stadt Berlin, der „FIS-Broker“, bietet vielfältige Daten für Berlin an, die überwiegend auch als freie Downloads in Form von Tabellen- oder Kartendaten zur Verfügung stehen. Das Portal deckt eine große Bandbreite von Informationen und hier insbesondere sozialen Daten ab. Sie liegen georeferenziert, also mit Ortsezug zu statistischen Blöcken oder Baublöcken - zumeist jedoch in den eher größeren Bezugsräumen wie in den sogenannten Planungsräumen, Bezirksräumen und Prognoseräumen des Systems der Lebensweltlich orientierten Räume (LOR) vor. Diese thematisch aufbereiteten Daten in eher grober Auflösung wurde zu Bereichen wie Stadtraumtypologie, Gebäudealter, Nutzung, Energieversorgung oder Bevölkerungsstruktur (Altersstruktur, Nationalitäten) über den Online-Datenbezug einbezogen.

Für die Detaillierung der Analyse waren weitere quartiersrelevante Daten notwendig, die u.a. über Literaturrecherche, Expertengespräche und weitere Datensammlungen einbezogen wurden. Dafür standen

Daten aus einer vorbereitenden Untersuchung zum Untersuchungsgebiet (Hempel u. a. 2010), Datensammlungen des im Untersuchungsgebiet tätigen Sanierungsträger BSG - Brandenburger Stadterneuerungsgesellschaft GmbH, Daten des Bezirksamts Neukölln, der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung oder weitere Daten des Statistischen Landesamts Berlin Brandenburg zur Verfügung.

Die Einarbeitung der erhaltenen Daten in ein GIS erfolgte auf verschiedenen Wegen:

- Daten aus Literaturrecherchen werden per Hand in Excel-Tabellen übertragen oder direkt in die vorhandenen Grundkarten des Untersuchungsquartiers erfasst. Dieser Weg ist langwierig aber in Gebieten ohne vorherige Datenanalyse notwendig. Zum Beispiel sind Daten zu Gebäudealter und Gebäudegeschossigkeit grundlegende Informationen, die in den Bauaktenarchiven der Bauämter zu recherchieren sind, während Angaben zu Eigentümern aus dem amtlichen Liegenschaftsbuch (ALB) entnommen werden können.
- Bereits in Kartenform vorhandene Daten z.B. aus früheren Untersuchungen des Quartiers mussten ebenfalls per Hand in die Kartengrundlagen eingetragen werden. GIS-Programme geben hier die Möglichkeit, eingescannte Kartenwerke zu georeferenzieren, um die Übertragung zu vereinfachen. Dennoch ist eine Übertragung von Kartendaten von Hand unausweichlich sowie zeitaufwendig und eine Funktion, um das Erfassen von Inhalten eingescannter Karten zu automatisieren, zeigt sich als notwendig.
- Daten aus nahe zurückliegenden Untersuchungen z.B. der vorbereitenden Untersuchung des Bereichs Berlin Neukölln Maybachufer (Hempel u. a. 2010) wurden digital bezogen. Das digitale Kartenmaterial wurde themenweise aus einem CAD-Programm als dxf-Dateien exportiert. Diese dxf-Dateien konnten in QGIS georeferenziert werden, bzw. Georeferenzierungen aus dem CAD-Programm übernommen werden. Lageungenauigkeiten und Aktualisierungen z.B. im Gebäudebestand wurden durch die Anbindung der importierten Dateninformationen an aktuelle ALK-Daten durchgeführt, so dass verwendbare GIS-Shape-Files zur Verfügung stehen, inklusive der angehängten Daten in Form von Attributtabelle.
- Daten aus statistischen Erhebungen lagen digital vor und wurden in den meisten Fällen mit den zu Grunde liegenden räumlichen Erhebungs- oder Auswertungseinheiten zur Verfügung gestellt (z.B. Einwohnerregister oder Zensus-2011-Daten des statistischen Landesamtes Berlin-Brandenburg (Destatis 2012)). Nach Einladen der Kartengrundlagen und Anbindung der Tabellendaten stehen GIS-Shapefiles zur Verfügung, die Auswertungen für kleinteilige Gebiete (Wohnblock) bis hin zur (für Quartiersauswertungen) weniger aussagekräftigen Ebenen wie Bezirke ermöglichen. Ähnlich können Daten von Geoinformationsstellen z.B. der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung auf Ebene der Wohnblöcke eingebunden werden.

6.2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in Berlin-Neukölln und bildet den nördlichen Bereich eines Sanierungsgebietes im Norden des Bezirks. Die Größe beträgt ca. 3km^2 mit einer Gesamteinwohnerzahl von rund 30.000 Menschen. Es grenzt im nördlichen Bereich an die Bezirke Kreuzberg-Friedrichshain und Treptow-Köpenick. Markante Gebietsmerkmale stellen die Sonnenallee als innerstädtische Hauptverkehrsader mit

Einzelgewerbe im südlichen Bereich und die Wasserläufe des Landwehrkanals und Neuköllner Schifffahrtskanals im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes dar.

Das innerstädtische Wohngebiet wurde ab Ende des 19. Jahrhunderts als Blockstruktur erschlossen und entwickelt. Der südliche Bereich zur Sonnenallee ist noch heute von der teilweise sehr dichten Gründerzeitbebauung geprägt (GFZ bis zu 3,4). Teile des nördlichen Bereichs zum Neuköllner Schifffahrtskanal blieben bis in die 1940er Jahre un bebaut. Die GFZ in diesen Bereichen liegt heute teilweise unter 1,0. Die Bebauungsstruktur stellt sich heute städtisch-heterogen dar. Insgesamt befinden sich im Untersuchungsgebiet ca. 1.050 Wohn- und Gewerbebauten.



Abbildung 6.1: Untersuchungsgebiet in Berlin-Neukölln (Grundlage Geoportal Berlin/ DOP20RGB 2014)

6.2.1 Stadtstruktur und Gebäudealter

Zur Einordnung typischer Gebietsmerkmale werden auf Berliner Ebene die „Stadtraumtypen“ von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung geführt. Sie ermöglichen eine erste Einschätzung zur städtebaulichen Lage und geben Indizien zum Energieverbrauch im Untersuchungsgebiet. Analysen zur Stadtstruktur zeigen, dass im Untersuchungsgebiet vor allem der Stadtraumtyp des typischen Gründerzeitbaus (34 der 56 Blöcke) vertreten ist. Des Weiteren sind in dem heterogenen Stadtgebiet auch Strukturen der Block und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre, Zeilenbauten der 50er Jahre, hohe Nachkriegsbebauung und Lückenschlüsse vorhanden.



Abbildung 6.2: Stadtraumtypen im Untersuchungsgebiet, nach SenStadt Berlin (DMSW 2015)

Daten zum Gebäudealter lagen aus der vorbereitenden Untersuchung des Gebiets vor (Hempel u. a. 2010), sind jedoch grob unterteilt in vier Zeiträume, über die sich Gebäudestrukturen und mögliche Gebäudeenergieverbräuche erschließen lassen. In der gebäudegenauen Analyse zeigt sich, dass vom Gründerzeitbau (Baualter bis 1918) über die Zwischenkriegsbebauung (Baualter 1919–1945), den Wiederaufbau der Nachkriegszeit und der 50er und 60er Jahre (Baualter 1946–1970) sowie neueren Bebauungen der 70er, 80er, 90er und des 21. Jahrhunderts nahezu alle Bauepochen vertreten. Schwerpunkt bildet der Gründerzeitbau, der in 436 Gebäuden vertreten ist und auch bei einer überschlägigen Betrachtung der Gebäudegeschossfläche mit 62% den größten Anteil an Wohnfläche bildet. Sehr viel geringe Anteile haben die Gebäude der 20er und 30er, Gebäude der Nachkriegszeit und Gebäude mit Baujahr ab 1971 sowie. Denkmal und Ensembleschutz betreffen im Untersuchungsgebiet hauptsächlich Gebäude der Gründerzeit und der Zeit zwischen den Weltkriegen.

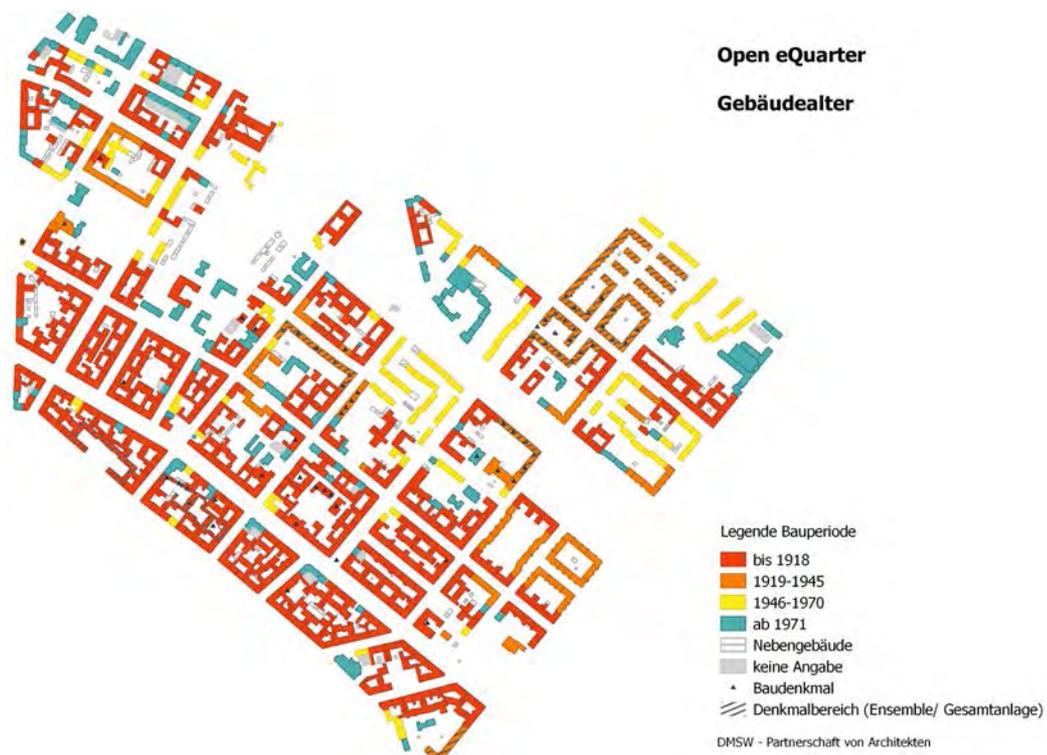


Abbildung 6.3: Gebäudealter im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015)

Daten zu Gebäudegeschossen sind aus der ALK entnommen. Der hohe Gründerzeitbestand findet sich auch in der Auswertung der Geschossigkeit im Gebiet wieder, da zu 60% fünfgeschossige Gebäude vertreten sind. Auffällig sind gebietsuntypische vereinzelte Gebäude mit acht, neun und dreizehn Geschossen. Eine gemeinsame Auswertung von Gebäudealter und Geschossigkeit ermöglicht die Abbildung der IWU-Gebäudetypologie (Diefenbach u. Loga 2011) im Untersuchungsgebiet, wobei hier besonders der Typ der großen Mehrfamilienhäuser mit 67% dominiert.

Vorrangig im Gebiet vertreten sind Wohngebäude, anderweitige Nutzungen spielen nur als reine Gewerbe (4%), Gemeinbedarf (3%) oder Mischnutzung zwischen Wohnen und Gewerbe (2%) eine untergeordnete Rolle.

6.2.2 Erste energetische Beurteilung

Hinweise auf die Gebäudeenergieeffizienz lieferte der Gebäudezustand. Die Gebäude im Quartier waren zur Hälfte (rund 55%) in gutem Zustand, so dass keine bzw. sehr geringe Instandsetzungen erforderlich sind. Rund 30% der Gebäude waren in einem befriedigenden Zustand, der Instandsetzungsmaßnahmen erfordert. Dringend nötig waren Instandsetzungsmaßnahmen in 11% der Gebäude und 2% der Gebäude waren in einem sehr schlechten Zustand und hätten nur mit hohem Kostenaufwand wieder instand gesetzt werden können.

Zur energetischen Versorgung im Untersuchungsgebiet waren weitere Daten zur prozentualen Versorgung mit Fernwärme, Gas, Öl oder Kohle auf Ebene der Baublöcke von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt aus dem Umweltatlas 2005 auf Ebene der Wohnblöcke vorhanden. Dabei waren

Alter und Auflösung der Daten für eine aktuelle Analyse wenig hilfreich. Im Rahmen des Zensus 2011 (Destatis 2012) waren Datensätze zur Gebäude- und Wohnungszählung erarbeitet worden, die Angaben zu verwendeten Heizungssystemen beinhalten. Jedoch waren Aussagen des Zensus beschränkt auf statistische Blöcke, so dass eine genaue Aussagekraft je Gebäude fehlte, die jedoch für eine energetische Quartiersanalyse benötigt wurde.

Aus der Literaturrecherche ergab sich, dass die Energieversorgung im Untersuchungsgebiet von Fernwärme dominiert wurde. Dabei blieb die Energieversorgung der nicht mit Fernwärme belieferten Gebäude offen, da hier großmaßstäbliche Erfassungen ohne Erfolg waren. Energieversorger wie auch Schornsteinfeger konnten hier aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Daten für Detaillierungen weitergeben. Weitere Detaildaten zur Energieversorgung werden im folgenden Kapitel der Detailanalyse zusammengetragen.

Daten zu den im Gebiet vorhandenen Solarpotentialen werden im *Solaratlas Berlin* beim *Berliner Business Location Center*¹ vorgehalten und geben relativ grob in dreistufiger (Fotovoltaik) bzw. einstufiger Form (Solarthermie) Auskunft über die Eignung je Teildachfläche und je Gebäude. Insgesamt steht in dem Untersuchungsgebiet auf Grund der Baustruktur nur einer geringe Fläche für Solarenergie auf den Dächern bereit.



Abbildung 6.4: Gebäude mit Fernwärmeversorgung im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015; Büro PFE)

¹siehe <http://www.businesslocationcenter.de/wab/maps/solaratlas/>

6.2.3 Ökonomischen Randbedingungen

Hinsichtlich der Eigentümerstruktur zeigte die Datenanalyse eine Verteilung von 69% der Gebäude im Privatbesitz und 19% der Gebäude im Besitz von Wohnungsunternehmen. Dabei war der Altbaubestand zu großen Teilen im Privatbesitz. Typischen für den Privatbesitz sind Einzeleigentümer, die im Quartier rund 60% der Eigentümer im Privatbesitz darstellen. Die Auswertung der Daten des ALB zeigten unter den restlichen 40% der Gebäude im Privatbesitz eine hohe Anzahl von Eigentümergemeinschaften (rund 10% des Privatbesitzes mit mehr als 20 Eigentümer).

Eine Grobanalyse der ökonomischen Randbedingungen wurde über die Instrumente Mietspiegel, Berichte zur Wohnmarktsituation und über Bodenrichtwerte erörtert. Hinsichtlich des Mietspiegels galt für das gesamte Untersuchungsgebiet eine „einfache Wohnlage“. Aus Daten des GSW-Wohnmarktreports (GSW 2014) waren jedoch schon Kaltmieten von 7–8 Euro je Quadratmeter im Gebiet erfasst, was einem unteren mittleren Niveau für Berlin entspricht. Die Wohnkostenquote (Mietbelastung relativ zum Einkommen) ist laut gleichem Bericht im Untersuchungsgebiet teilweise leicht erhöht bei 22 bis 26%. Der IBB-Wohnungsmarktbericht (IBB 2014) zeigte für das Untersuchungsgebiet Werte von 1.751 bis 2.750 Euro je Quadratmeter Kaufpreis für Eigentumswohnungen und lag dabei größtenteils leicht unter dem Berliner Durchschnitt von 2.500 Euro pro Quadratmeter.

Der kommunal festgelegt Bodenrichtwert im gesamten Gebiet war mit 410 Euro pro Quadratmeter Wohnbaufläche bei einer Geschossflächenzahl von 2,5 ausgewiesen.



Abbildung 6.5: Eigentümerstruktur im Untersuchungsgebiet (DMS 2015)

6.2.4 Einwohnerstruktur

Einwohnerstruktur In dem Untersuchungsgebiet mit 30.663 Einwohner setzte die Altersverteilung einen Schwerpunkt bei den 27–45-jährigen mit rund 12.522 Personen bzw. rund 40% in diesem Alter. Gleichzeitig war eine vergleichsweise geringe Anzahl von 10% der Bewohnern über 65 Jahre alt.

Die Analyse der Bevölkerungsstruktur anhand statistischer Daten des Einwohnerregisters zeigte ein sehr dicht besiedeltes Stadtgebiet. Die durchschnittliche Einwohnerdichte lag bei rund 24.000 Ew./km², wobei enorme Sprünge in dem Gebiet verzeichnet wurden. So wiesen die Gebiete der vorwiegenden Gründerzeitbebauung regelmäßig eine sehr viel höher Einwohnerdichte aus, die stellenweise über 70.000 Ew./km² lag. Dagegen lagen relativ zentral drei Gebiete mit Einwohnerdichten unter 20.000 Ew./km² die hauptsächlich als Gewerbe und Schulstandort genutzt wurden.

Weitere Daten des Einwohnerregisters beschrieben die Verteilung der Altersstruktur im Gebiet sowie Migrationshintergründe und Geschlechterverteilungen. Die Altersstruktur zeigte Auffälligkeiten bei der Verteilung älterer Menschen, die besonders im nordöstlichen Teil der Untersuchungsgebiets vertreten sind. Ebenfalls fiel bei der Untersuchung der Nationalitäten der Einwohner auf, dass diese weit über Durchschnitt vertreten waren und beispielsweise in einem Wohnblock des Untersuchungsgebiets annähernd zu 50% vertreten waren.

Daten zu Haushaltsgrößen hält der Zensus 2011 (Destatis 2012) bereit, dessen Daten zu Haushaltsgrößen in die Analyse einfließen.

Zur Erörterung der Erwerbstätigkeit wurde auf Daten des Monitoring Soziale Stadtentwicklung (Sen-StadtUm Berlin 2013) und des Sozialstrukturatlas (Meinlschmidt u. a. 2004) zurückgegriffen. Diese zeigten besonders für den mittleren und nord-westlichen Teil des Gebiets hohe Werte. Dagegen waren in den restlichen Teilen des Untersuchungsgebiets hinsichtlich Arbeitslosenquote, Quote der nicht-arbeitslosen Empfängerinnen und Empfänger von Existenzsicherungsleistungen sowie Quote der nicht-erwerbsfähigen Empfängerinnen und Empfänger von Existenzsicherungsleistungen unter 15 Jahren Werte über dem Berliner Durchschnitt zu verzeichnen.

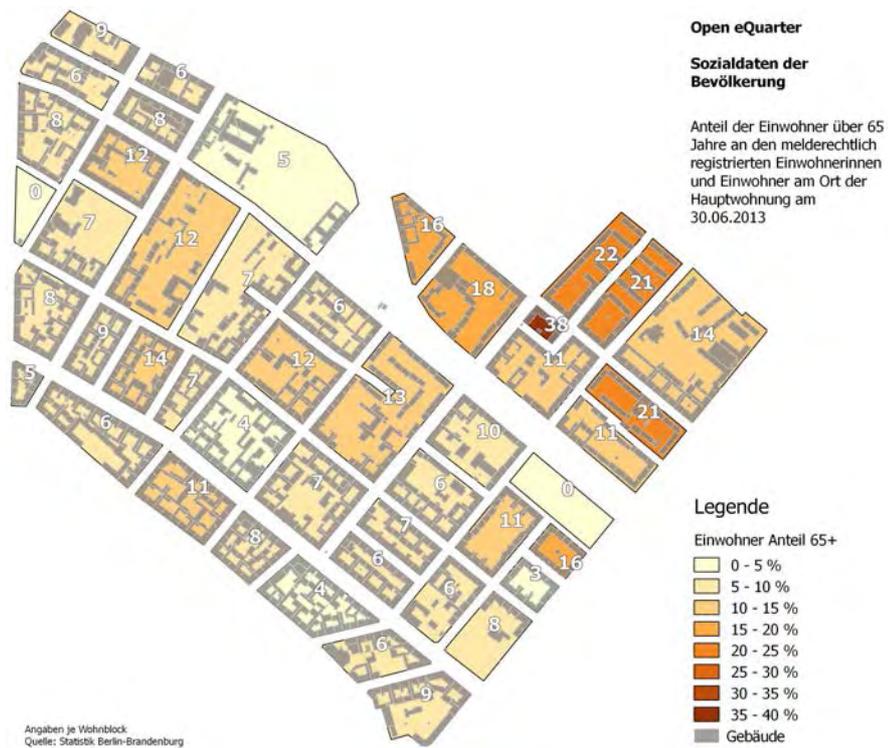


Abbildung 6.6: Anteil der Einwohner über 65 Jahren im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015, Amt für Statistik Berlin Brandenburg)

6.3 Querschnittsachse Fuldastraße

Ziel der Quartiersanalyse ist die Zusammenstellung einer inhaltlichen Referenz, die als realitätsnahe Beurteilung der Vor-Ort-Lage ein Abgleich von Berechnungsergebnissen des Tools zulässt. In diesem Sinn wurde für den Straßenzug Fuldastraße und die weiterführende Onckenstraße eine Detailuntersuchung der Gebäude, seiner Bewohner und der Energieflüsse durchgeführt.

6.3.1 Methodik

Die Wahl des Untersuchungsgebietes wurde maßgeblich dadurch bestimmt einen möglichst vielfältigen Bestand an Stadtraumtypen zu finden, der auf einem definierten Areal die Qualitäten und Charaktere von unterschiedlichen urbanen Siedlungsräumen vereint. Das Sanierungsgebiet Sonnenallee in Berlin-Neukölln ist gekennzeichnet durch ein hohes Maß an unterschiedlichen städtischen Räumen. Einerseits ist die Grundstruktur geprägt durch die gründerzeitliche Blockstruktur, andererseits haben Kriegszerstörungen, bauliche Ergänzungen und die Lage am ehemaligen Mauerstreifen zur Entstehung von Stadträumen mit divergierenden städtebaulichen Leitbildern geführt. So finden sich im Projektgebiet Areale mit ausgewiesenen Eigenschaften des Siedlungsbaus (Zeilenbebauung) und städtebaulichen Großformen (Wohnanlage der 1960/1970er Jahre) mit geradezu vorstädtischem Charakter.

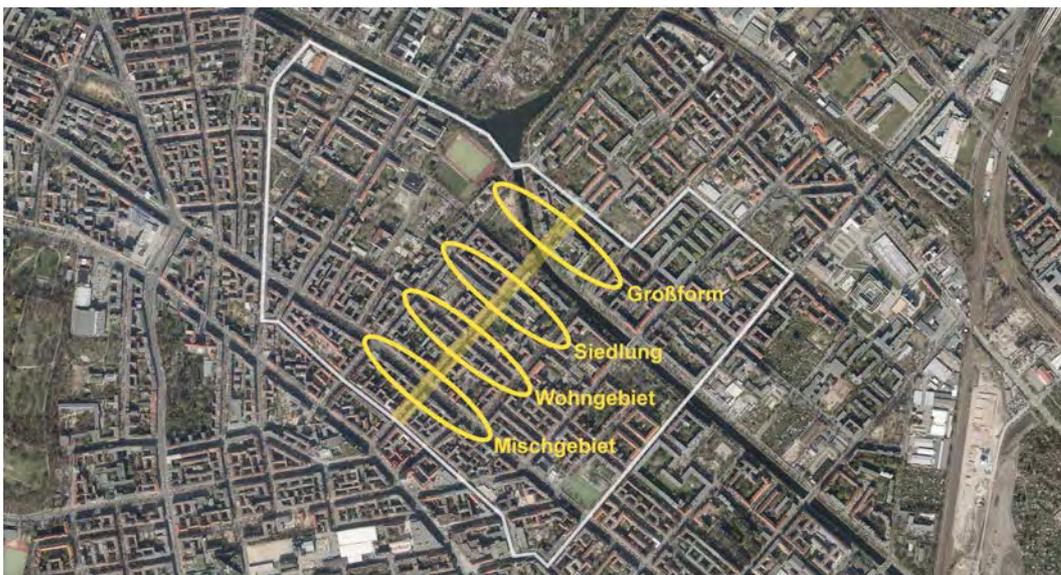


Abbildung 6.7: Stadtraumformen entlang der Fuldastraße (Grundlage Geoportal Berlin/ DOP20RGB 2014)

Ziel war eine energetische Beurteilung und Erfassung im räumlichen Zusammenhang des Quartiers. Eine Querschnittsanalyse erfasst und verwertet Daten mittels sogenannter „Querschnittsachsen“ in hoher Detailschärfe. Entgegen der herkömmlichen blockweisen Betrachtung ermöglicht dies eine Betrachtung des Straßenraumes als Bindeglied der Querschnittsachse, der auch die Erfassung der Versorger der anliegenden Wohnbebauungen ermöglicht und einen wichtigen Baustein zur Identifizierung der energetischen Potentiale des Quartiers darstellt.

In der Achse der Fuldastraße (und Verlängerung der Onckenstraße) ließen sich die charakteristischen

Stadträume im Zusammenhang eines Straßenzuges, quer zu den Hauptentwicklungsachsen des Areals identifizieren. Beginnend mit der verdichteten innerstädtischen Blockrandbebauung mit teilweiser Mischnutzung am Schnittpunkt zur Sonnenallee, weiterführend mit der Gartenhofbebauung der 1920er Jahre und der Zeilenbebauung der 1950er Jahre bis hin zur Siedlungsgroßform aus den 1970er Jahren jenseits des Neuköllner Schiffahrtskanals.



Abbildung 6.8: Stadträume entlang der Fuldastraße, Mischgebiet, Wohngebiet, Siedlung (1930 bzw. 1950), Großform (DMSW 2015)

Entgegen einer groben Gebäudebestandsermittlung bot die Methodik der Querschnittsachse die Möglichkeit ca. 70 Gebäude mit allen im Quartier vorkommenden Gebäude- und Stadtraumeigenschaften im direkten räumlichen (nachbarschaftlichen) Bezug detailliert zu erfassen. Die detaillierte Herangehensweise erlaubte es über die Kenntnisse der Eigentumsverhältnisse gesicherte Daten zur hausweisen Energieversorgung in einem günstigen wirtschaftlichen Verhältnis zu erzielen. Dabei wurden die Ergebnisse von Datenrecherchen mit punktuellen Experten- und Eigentümergesprächen vor allem bei verbliebenen Informationslücken geschlossen und Annahmen durch vor Ort Begehung überprüft.

Die "Layerstruktur" des zu entwickelnden Tools dient als Grundanlage und zielte auf die Erfassung der gesamten Quartiersdaten. Die hierin enthaltene Aufarbeitung des Datenmaterials erlaubte die Erfassung der nahezu kompletten Gebäudedaten auf Quartiersebene.

Die detaillierten Informationen aus der Methodik „Querschnittsachse“ eigneten sich nicht zuletzt auch zur Überprüfung der mittels der „Layer“ erhobenen abstrakt ermittelten Erkenntnisse. Somit wurde diese innovative Methode der Quartiersanalyse über „Layer“ traditionell über die Methode „Querschnittsachse“ hinterlegt.

6.3.2 Gebäudecharakteristika

Im Rahmen der Detailerhebung Fuldastraße wurde der Gebäudebestand erfasst und Volumen sowie energetisch relevante Hüllflächen ermittelt. Weitere Informationen zum Zustand der Gebäudehülle, zu Fassadenöffnungen und zu vorherrschenden Energieversorgungssystemen kamen hinzu.

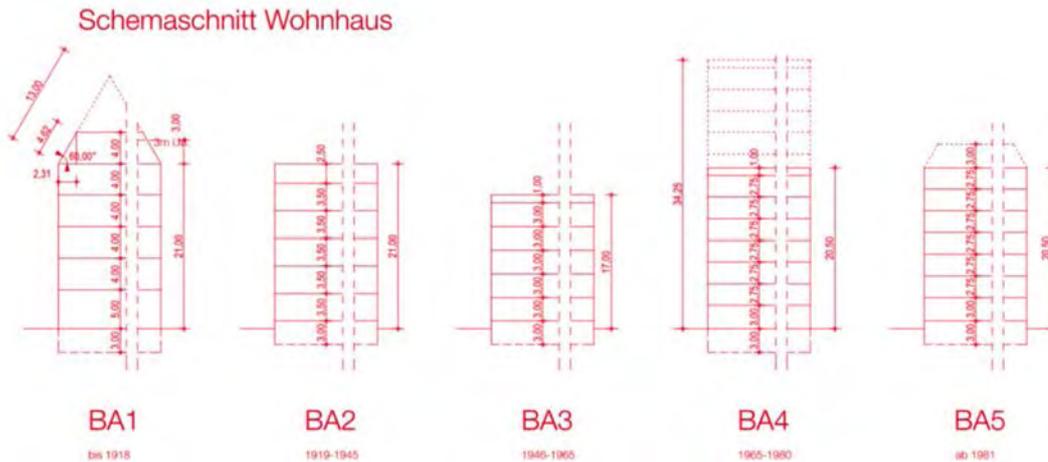


Abbildung 6.9: Schemaschnitt für Gebäudealtersklassen von Volumen und Hüllflächen in der Fuldastraße (DMSW 2015)

Die Bewertung der Gebäudehülle erfasste beheizte Dachräume (Dachausbauten), Öffnungsanteile in den Fassaden und beurteilte den Zustand der Gebäudehülle (Sanierungsstand und -bedarf). Ausbauzustände wurden mittels Luftbilder und Ortsbegehung erfasst, der Zustand der Gebäudehüllen wurde fotografisch dokumentiert und Öffnungsanteile der Gebäude wurden ermittelt. Die ermittelten Werte flossen schließlich in eine Gebäudedatenbank zur Fuldastraße ein und standen so für weitere Auswertungen zur Verfügung.



Abbildung 6.10: Öffnungsanteile Fassaden Fuldastraße 19-23 – Ansicht von der Straße (DMSW 2015)

6.3.3 Ökonomische und Sozialdaten

Analog zum Gesamtquartier waren auch in der untersuchten Fuldastraße heterogene Eigentumsverhältnisse präsent. Von besonderem Interesse war dabei die Häufung von kleinteiligem Privateigentum - in rund 30% der Gebäude war mehr als ein Eigentümer beteiligt. Gerade im Rahmen energetischer Maßnahmen sind Eigentümerverhältnisse ein wichtiger Faktor für die spätere Realisierbarkeit von Maßnahmen.



Abbildung 6.11: Ermittelte Anzahl von Eigentümern (DMSW 2015)

Zudem gab es in der Fuldastraße Gebäude in der Hand von kommunalen oder genossenschaftlichen Wohnungsunternehmen, die neben wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch soziale Interessen bei Umbaumaßnahmen verfolgen.



Abbildung 6.12: Anteil von 1-Personen-Haushalten (DMSW 2015, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg)

Die auf Blockebene vorliegenden Daten zu Einwohnern zeigten in der Fuldastraße eine Bandbreite der Einpersonenhaushalte von 40 bis 65%. Je nach Altersstufe können daraus erste Rückschlüsse auf die tägliche Anwesenheitsdauer in der Wohnung und damit auch grob auf die energetischen Verbrauchsdaten gezogen werden.

6.3.4 Energieversorgung

Neben der Ermittlung der konstruktiven Merkmale beinhaltet die detaillierte Erfassung der Gebäudedaten in der Querschnittsachse die Erfassung der technischen Gebäudeausrüstung und der Versorgungsträger. Zu diesem Zwecke wurde einerseits über die Versorgungsunternehmen der Gebäude als auch in Fällen von dezentraler Versorgung über die Anfrage bei den Gebäudeeigentümern ein nahezu komplettes Abbild der Versorgungssituation erfasst.

Im Verlauf der Fulda-/Onckenstraße fanden sich alle klassischen Energieversorgungssysteme des 20. Jahrhunderts. Zentrale Systeme auf Nachbarschaftsebene (Fernwärme in Gebäudeensembles des Siedlungsbaus), zentrale Systeme mit hausweiser Versorgung (Fernwärme, Gas Zentralheizung), sowie dezentrale Systeme mit etagenweiser bzw. wohnungsweiser Versorgung (Gas-Etage, Elektro) bis hin zu unsanierten Restbeständen mit Kohlheizung und Kombination mit Elektroheizungen.



Abbildung 6.13: Gebäudeenergieversorgung Fuldastraße (DMSIW 2015)

Über Vor-Ort-Besuche wurde nicht nur die Gebäudestruktur und der Gebäudezustand untersucht. Auch Eigentümerverhältnisse und Gebäudeverwalter waren Teil der Recherche. Für die Ermittlung eines möglichst aktuellen Abbildes des Heizenergieverbrauchs in der Fuldastraße wurden Angaben der Eigentümer zu Energieausweisen oder zu Energieverbräuchen (z.B. Ölmenngen, Energieausweise, Fernwärmeteilabrechnungen) auf Basis von Telefoninterviews und schriftlichen Befragungen berücksichtigt. Unter Hinzuziehung zuvor recherchierter und berechneter Gebäudeausmaße ließen sich entsprechende Heizenergieverbrauch ermitteln. Insgesamt lagen Heizenergieverbrauchsdaten zu 20 von 62 Gebäuden vor.

Querschnittsachse Fuldastraße												
Haus Nr. Baualter	Geschoss			Geschossfläche (o. UG/Dach)	Hüllfläche			A/V	Dach warm	Zustand Hülle	Öffnungsanteil	
	GF	h	V		I	h/b	A					
7 bis 1916	UG			7	UG							
	276,0	3	828,0		52,0	3,0	156,0					
	EG				EG							
	276,0	4,0	1104,0		52,0	4,0	208,0					
	1.OG				1.OG							
	276,0	3,6	993,6		52,0	3,6	187,2					
	2.OG				2.OG							
	276,0	3,6	993,6		52,0	3,6	187,2					
	3.OG				3.OG							
	276,0	3,6	993,6		52,0	3,6	187,2					
4.OG			4.OG									
276,0	3,6	993,6	52,0	3,6	187,2							
Dachraum			Dachfläche							Hülle Fassade		
276,0	3,0	828,0	18,0	18,0	324,0					956,8		
			Bodenplatte								Öffnungsanteil	
						276,0					25%	
											239,2	
											Gesamthülle	
Summe ob..	1656	21,4	5906,4	1380,0		1280,80	0,22	ungedämmt	ungedämmt		19%	
Summe un.	276	3,0	828,0			432,00						
Summe ges.	1932	24,4	6734,4			1712,80						

Tabelle 6.1: Berechnung Gebäudeausmaße (DMSW 2015)

Der ermittelte Heizenergieverbrauch lag auf einem relativ niedrigem und mittlerem Niveau zwischen 55 und 153 kWh/m²a (siehe figref=dmswverbrauch, die Warmwasseraufbereitung war in dieser Betrachtung außen vor. Bei den Ergebnissen handelt es sich jedoch auf Grund der Datenlage um eine Ausschnittbetrachtung ohne ein komplettes Gesamtbild. Vorliegende Pauschalangaben wie Energieausweise hätten weiterer Verifizierungen bedurft, um Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Zurückhaltung in der Mitwirkungsbereitschaft der Eigentümer wie auch eine eingeschränkte Datenqualität ließen jedoch eine tiefere Betrachtung nicht zu.

Dabei zeigte sich die Komplexität einer aktuellen Beschreibung des Heizenergieverbrauchs auf Quartiers-ebene ausgehend von tatsächlichen Verbräuchen. Ist die freiwillige Datenübermittlung bei Wohnungsunternehmen noch vergleichsweise einfach zu erreichen und kann für viele Gebäude gleichzeitig ablaufen, so stellen Einzelgebäudeeigentümer eine größere Herausforderung dar. Im Falle kleinteiliger Energieversorgung (Gasetagenheizung/Kohle) liegen Daten zudem nur bei Mietern bzw. Wohnungseigentümern vor. Der Weg über Daten von Energielieferunternehmen läuft ebenfalls über die Mitwirkungsbereitschaft der jeweiligen Energiebezieher. Stellenweise verhinderten auch fehlende Einzel-Messsysteme für Sammelanschlüsse eine genauere Beschreibung von Energieabnahmemengen.



Abbildung 6.14: Ermittelter Heizenergieverbrauch Gebäude Fuldastraße (DMSW 2015)

7 Toolanwendung und Validierung

Für die Validierung wurde *Open eQuarter* zunächst in verschiedenen Informationstiefen auf den Querschnitt Fuldastraße angewandt. Die Ergebnisse wurden anschließend mit den in der Querschnittanalyse ermittelten Verbrauchsdaten verglichen.

Im Anschluss wurden die Ergebnisse der Querschnittanalyse auf den Querschnitt und das gesamte Quartier hochgerechnet und den Ergebnissen der Berechnung des gesamten Quartiers mit *Open eQuarter* gegenüber gestellt.

7.1 Erste Anwendungserfahrungen

Die Anwendung des Tools *Open eQuarter MOLE* gestaltet sich unkompliziert und stringent. Der implementierte Workflow-Manager führt den Anwender durch die einzelnen Arbeitsschritte:

- Programmanforderungen
 - Überprüfung der Arbeitsumgebung /Check der Hilfs-PlugIns¹,
- Basisdaten des Projektes
 - Eingabe der Rahmendaten des Projekts,
 - Initiale Sicherung des Projektes,
 - Definition des Untersuchungsgebiets²,
- Informationsquellen
 - Erstellen der Hausumringe³,
 - Erstellen der Hauskoordinaten⁴,
 - Laden und Cachen der Informationslayer⁵,
 - Durchführen des Needle-Request (NR),
- Evaluation der Quelldatei
 - Erstellen der Gebäude-Datenbank,
 - Auswertung der Quellen und Analyse der Gebäude.

¹'OpenLayers PlugIn', 'Point Sampling Tool' und 'realcentroid'

²Investigation Area

³Als Web-Import von einem Geoinformationsdienst, als File-Import eines Shape- bzw. Vektorfiles oder durch manuelle Eingabe mit Hilfe der QGIS-Zeichen-Tools

⁴Als Import von einem WFS-Server, als Fileimport eines Shape- bzw. Vektorfiles, durch Anwendung des Hilfs-PlugIns 'realcentroid' oder durch manuelle Eingabe mit Hilfe der QGIS-Zeichen-Tools

⁵Gemäß Definition in den entsprechenden Import-Extensions

- Erstellen von Reports¹
- Export der Analysedaten als:
 - GeoJSON,
 - SQLite,
 - CSV.

7.2 Erzielbare Resultate

- Open eQuarter MOLE*¹ liefert in der Grundversion² einen energetischer Kartensatz zu verschiedenen energetischen Aspekten des Quartiers in gebäudegenau Auflösung:
- Allgemein
 - Geschossigkeit
 - Einwohnerdichte,
 - Baujahr
- Dimensionen
 - Gebäudehöhen.
- Bauteilqualität (U-Werte Contemporary³)
- Bauteilqualität (U-Werte Present⁴)
- Transmissionswärmeverlust (Bauteilweise QT Contemporary⁵)
- Transmissionswärmeverlust (Bauteilweise QT Present⁶)
- Bauteilflächenspezifischer Transmissionswärmeverlust (Bauteilweise SQT Contemporary⁷)
- Bauteilflächenspezifischer Transmissionswärmeverlust (Bauteilweise QT Present⁸)
- Gebäudedaten
 - Lüftungswärmeverlust
 - Wohnflächenspezifischer Transmissionswärmeverlust (HT Contemporary⁹)

¹noch nicht implementiert

²Die Ausgaben werden wie die Importe in Erweiterungen (Extensions) definiert. Weitere Auswertungen können über benutzerdefinierte Extensions jederzeit in *Open eQuarter MOLE* eingebunden werden.

³zum Zeitpunkt der Errichtung

⁴heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

⁵zum Zeitpunkt der Errichtung

⁶heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

⁷zum Zeitpunkt der Errichtung

⁸heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

⁹zum Zeitpunkt der Errichtung

- Wohnflächenspezifischer Transmissionswärmeverlust (HT Present¹)
- Transmissionswärmetransferkoeffizient (HT¹ Contemporary²)
- Transmissionswärmetransferkoeffizient (HT¹ Present³)
- Jährlicher Heizwärmebedarf (QH Contemporary⁴)
- Jährlicher Heizwärmebedarf (QH Present⁵)
- Erzielbare solarthermische Deckungsrate Dach
- Erzielbare solarthermische Erträge Dach

7.2.1 Energetische Bauteilqualitäten

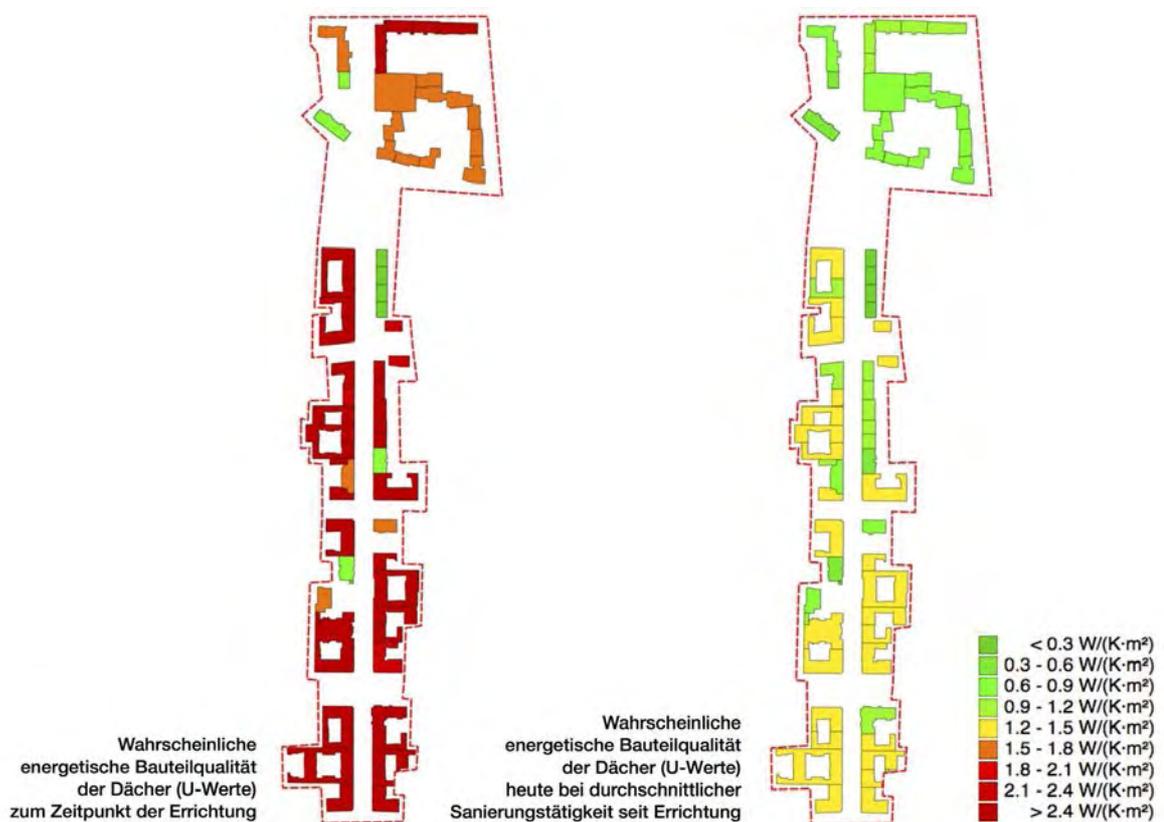


Abbildung 7.1: Von Open Quarter ermittelte U-Werte für die Dächer des Querschnittsgebietes (VPT 2015)

Wie Abbildung 7.1 zeigt, liefert *Open eQuarter MOLE* auf Basis der ermittelten statistischen Zusammenhänge (siehe 5.1) gebäuedifferenziert wahrscheinliche Bauteilqualitäten, wie hier zum Beispiel die anzunehmenden U-Werte für die Dächer der Gebäude in der Querschnittanalyse.

¹ heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

² zum Zeitpunkt der Errichtung

³ heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

⁴ zum Zeitpunkt der Errichtung, ohne interne und solare Gewinne

⁵ heute bei durchschnittlicher Sanierungstätigkeit

7.2.2 Energetische Gebäudequalität



Abbildung 7.2: Von *Open Quarter ermittelte HT'-Werte für das Querschnittsgebiet Fuldastraße (VPT 2015)

Mit Hilfe der ermittelten energetischen Bauteilqualitäten erlaubt *Open eQuarter* auch Aussagen über die energetische Qualität jeder einzelnen Gebäudehülle repräsentiert durch den HT'-Wert.

7.3 Mögliche Fehlerquellen

Während des Probetriebs zeigten sich systematische Abweichungen, die jedoch direkt auf die Qualität der Quellen zurückzuführen waren:

7.3.1 Ungenaue Georeferenzierung

Als problematisch erweist sich die teils ungenaue Georeferenzierung der über die offiziellen Geoportale veröffentlichten Rasterkarten. Abbildung 7.3 zeigt am Beispiel der Baualterskarte der Stadt Berlin, dass der vom *Geoportal Berlin* empfangene WMS-Satz gegenüber den *Hausumringen* aus der *Amtlichen Liegenschafts-Karte (ALK)* deutlich verschoben erscheinen.



Abbildung 7.3: Problem der ungenauen Georeferenzierung am Beispiel der Baualterskarte (VPT 2015)

Open eQuarter vermag diese Situation mit der *Needle Request Methode* zwar weitgehend zu heilen, kommt aber an seine Grenzen, wenn die Verschiebung bzw. Verzerrung mehr als eine halbe Gebäudebreite beträgt. In der Regel werden solche Quellen also vor der Verwendung in *Open eQuarter* mit den Werkzeugen des GIS-Systems nachträglich neu referenziert werden müssen.

7.3.2 Teilung der Wertebereiche

Ähnlich ungünstig wirkt sich die zu grobe oder asymmetrische Teilung der Wertebereiche im Quellmaterial aus. Diese typischen "von-bis"-Angaben finden sich beispielsweise in der während der Testphase genutzten *Geschossigkeitskarte* (Geoportal Berlin 2015).

Die Gebäude werden in Kategorien von 2 oder mehr Geschossen angegeben. So wird etwa ein siebengeschossiger Block der Kategorie 7–10 zugeordnet. In der Auswertung mittelt *Open eQuarter MOLE* mangels weiterer Informationen auf 8.5 und damit gerundet auf 9 Geschosse. Zum gleichen Ergebnis führt natürlich auch ein zehngeschossiges Gebäude. Die extrahierte Anzahl der Geschosse ist im ersten Fall deutlich zu hoch und im zweiten zu niedrig. Die entstehende Abweichung setzt sich in der weiteren Berechnung fort und führt zu einem entsprechend ungenauen Ergebnis.

Bei höhenmäßig heterogenen Gebäudebeständen wäre davon auszugehen, dass sich dieser Effekt über das gesamte Quartier ausmittelt. Diese liegen in der Regel jedoch nicht vor. Daher sind äquidistant und

kleinteilig kategorisierte Quellen zu bevorzugen.

Im Falle der *Geschossigkeitskarte* wäre auch die Analyse der Höheninformation in 3D-Geometrie-Daten, wie sie etwa in digitalen Stadtmodellen zu finden sind, zielführend. Eine weitere Möglichkeit läge in der Nutzung der Geschossinformationen aus den *Amtlichen Liegenschafts-Karten (ALK)*. Da beide Alternativen im allgemeinen nicht open-source und damit kostenpflichtig sind, kamen sie jedoch für die Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes nicht zur Anwendung.

7.3.3 Uneinheitliche Gebäude-Identifikation

Grundlage für die sinnvolle Nutzung eines Datenbanksystemen stellt ein eindeutiges und allgemein anerkanntes Schlüsselssystem dar. Genau ein solches Merkmal fehlt jedoch im Gebäudebereich (Heidrich-Riske u. a. 2013). Dies erschwert die Verknüpfung von Gebäudedaten erheblich, da auf Grund dieses Mangels je nach Anwender, Institution oder Software unterschiedliche proprietäre Systematiken genutzt werden. Angesichts der vielfältigen Aktivitäten in diesem Bereich (CityGML¹, digitale Liegenschaftskarten², OpenStreetMap³, Google Maps⁴, Apple Maps Connect⁵ etc.) ist jedoch davon auszugehen, dass sich mittelfristig eine geeignete Systematik durchsetzen wird.

7.4 Validierung in der Querschnittsachse Fuldastraße

Um die Zuverlässigkeit des Verfahrens zu überprüfen wurde das Querschnittsgebiet um die Fuldastraße in vier Informationsstufen untersucht:

Die Stufen unterschieden sich dabei lediglich in der Anzahl und Art der verwendeten Informationslayer:

Stufe 1

- Quelle Geschossigkeit: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (3.5 für Berlin gesamt»]
- Quelle Bevölkerungsdichte: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (3900 Einw./km² für Berlin gesamt
- Quelle Gebäudealter: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (1948 für Berlin gesamt)

Stufe 2

- Quelle Geschossigkeit: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)
- Quelle Bevölkerungsdichte: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (3900 Einw./km² für Berlin gesamt
- Quelle Gebäudealter: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (1948 für Berlin gesamt)

¹siehe <http://www.citygml.org>

²siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Automatisierte_Liegenschaftskarte

³siehe <https://www.openstreetmap.org>

⁴siehe <http://maps.google.com>

⁵<http://mapsconnect.apple.com>

Stufe 3

- Quelle Geschossigkeit: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)
- Quelle Bevölkerungsdichte: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)
- Quelle Gebäudealter: statistischer Durchschnittswert für die Stadt Berlin (1948 für Berlin gesamt)

Stufe 4

- Quelle Geschossigkeit: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)
- Quelle Bevölkerungsdichte: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)
- Quelle Gebäudealter: WMS Dienst des Geoportals der Stadt Berlin (Geoportal Berlin 2015)

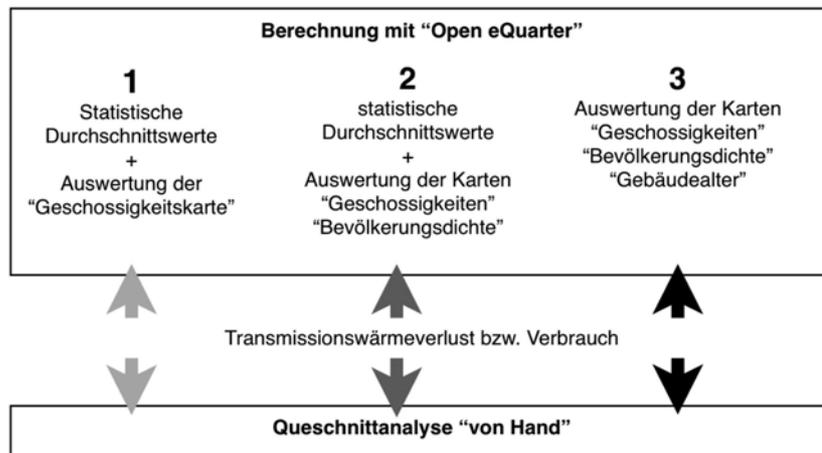


Abbildung 7.4: Validierungsmethodik *Open eQuarter* (VPT 2015)

Mit den bereits beschriebenen Methoden wurde nun der Heizwärmebedarf der einzelnen Gebäude in *Open eQuarter* berechnet und den in der Querschnittsanalyse ermittelten Verbrauchsdaten gegenübergestellt.

7.5 Anwendung auf das gesamte Untersuchungsgebiet

Im Anschluss wurde *Open eQuarter* unter Anwendung der Karten für *Geschossigkeit*, *Bevölkerungsdichte* und *Gebäudealter* auf das gesamte Untersuchungsgebiet angewandt.

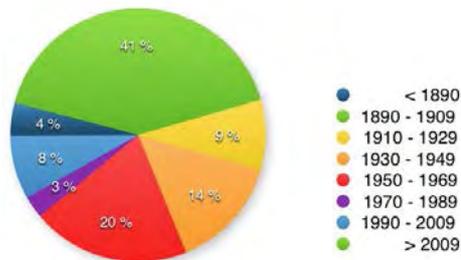


Abbildung 7.6: Mit *Open eQuarter MOLE* berechnete Verteilung der Gebäude des Quartiers nach Baujahr (VPT 2015)

Die Berechnungen in der Gebäudeevaluation erfolgte entsprechend des o.g. Workflows anhand der Ergebnisse des *Needle Request (NR)* (siehe z.B. Abbildung 7.6).

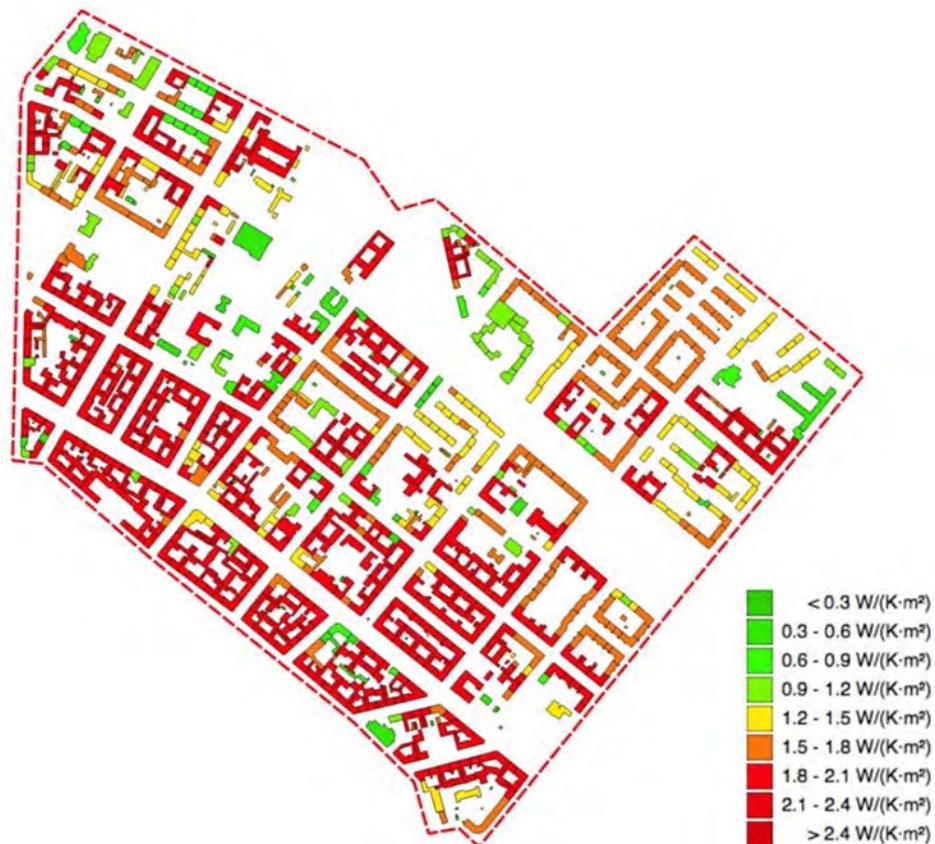


Abbildung 7.7: Mit *Open eQuarter MOLE* berechnete U-Werte für die Außenwände des Quartiers (VPT 2015)

Abbildung 7.7 zeigt beispielhaft an Hand der U-Werte für die Außenwände der Gebäude des Untersuchungsgebietes, dass *Open eQuarter MOLE* bereits mit dieser geringen Anzahl von Quellen differenzier-

te Ergebnisse erzielt. Die entsprechenden wohnflächenbezogenen Heizenergiebedarfe sind in Abbildung 7.8 dargestellt.



Abbildung 7.8: Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Heizenergiebedarf für alle Gebäude des Quartiers (VPT 2015)

Aus Abbildung 7.9 ist ersichtlich, wie sich der Transmissionswärmeverlust der Gebäude des Quartiers im Bestand auf die Bauteilarten verteilt.

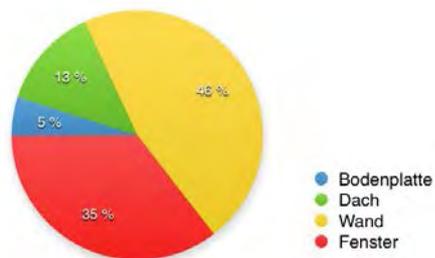


Abbildung 7.9: Mit Open eQuarter MOLE berechnete durchschnittliche Anteile der Bauteile am Transmissionswärmeverlust der Gebäude des Quartiers (VPT 2015)

Die Zusammenstellung der Ergebnisse in Tabelle 7.1 und Abbildung 7.10 dokumentiert die Leistungsfähigkeit des Ansatzes. So wird gezeigt, dass der Heizenergiebedarf des Quartiers bereits durch moderate Sanierung deutlich reduziert werden kann.

		Bestand		Potentiale		Nach Sanierung			
						Vollsanierung		Ohne Wandsanierung	
Jährliche Transmissionswärmeverluste [MWh/a]	Bodenplatten / Keller	12.598	5,01 %	6.448	2,56 %	6.150	2,45 %	6.150	2,45 %
	Dächer	33.166	13,19 %	21.449	8,53 %	11.717	4,66 %	11.717	4,66 %
	Wände	116.749	46,43 %	59.907	23,83 %	56.842	22,61 %	116.749	46,43 %
	Fenster	88.921	35,37 %	54.998	21,87 %	33.924	13,49 %	33.924	13,49 %
	Gesamt	251.434	100,00 %	142.801	56,79 %	108.633	43,21 %	168.539	67,03 %
Jährliche Lüftungswärmeverluste [MWh/a]		58.684	18,92 %			58.684	18,92 %	58.684	18,92 %
Jährlicher Heizenergiebedarf [MWh/a]		310.118	100,00 %	142.801	46,05 %	167.317	53,95 %	227.223	73,27 %
Durchschnittlicher wohnflächenbezogener Heizwärmebedarf [kWh/m2a]		211		97		114		155	
Solares Ertragspotential [MWh/a]		39.807	12,84 %			39.807	12,84 %	39.807	12,84 %
Solare Deckungsrate [%]		13 %				24 %		18 %	
Jährlicher Heizenergiebedarf unter Einbeziehung der Solarthermie [MWh/a]		270.311	87,16 %			127.510	41,12 %	187.416	60,43 %
Durchschnittlicher wohnflächenbezogener Heizwärmebedarf unter Einbeziehung der Solarthermie [kWh/m2a]		184				87		128	

Tabelle 7.1: Auswertung des Vergleichs Quartiers in Berlin-Neukölln durch Open eQuarter MOLE bei moderater energetischer Sanierung (VPT 2015)

Bei einer flächendeckenden Optimierung der Bauteilqualitäten auf

- Bodenplatte 0,6 W/m²K,
- Wand 0,8 W/m²K,
- Dach 0,4 W/m²K und
- Fenster 1,2 W/m²K

werden statt 310.118 MWh/a nur noch 167.317 MWh/a benötigt. Dies entspricht einer Energieeinsparung von 46%.

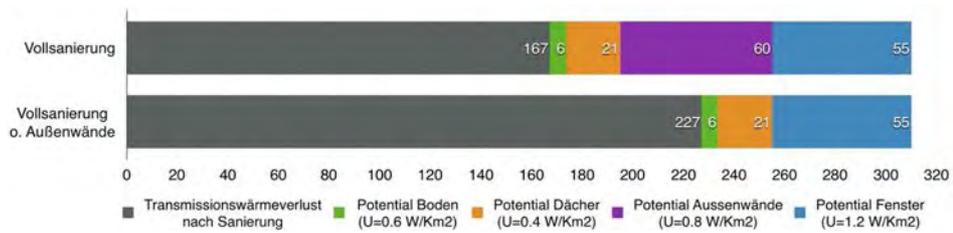


Abbildung 7.10: Mit Open eQuarter MOLE berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers bei moderater energetischer Sanierung (in GWh/a, VPT 2015)

Selbst ohne die aufwändige energetische Optimierung der Außenwände könnte der Bedarf deutlich reduziert werden (vergl. Tabelle 7.1 und Abbildung 7.10).



Abbildung 8.2: Solaratlas Berlin / Langzeitwärmespeicher unter einer Freifläche (Quellen: <http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas> und Stadtwerke Neckarsulm)

8.3 Bestandsanalyse

Als Ausgangsbasis wurde mit *Open eQuarter MOLE* zunächst die energetische Qualität für alle Gebäude des Quartiers festgestellt. Der Ausgabekartensatz des Tools macht hier u.a. Aussagen zu:

- Gebäudealter (s. Abbildung 8.3),
- Gebäudehüllflächen (s. Abbildung 8.4),
- A/V-Verhältnissen (s. Abbildung 8.5),
- Spezifischen Transmissionswärmeverlusten H'_T (s. Abbildung 8.6) und
- Wohnflächenbezogenen Heizenergiebedarfen (siehe oben Abbildung 7.8).

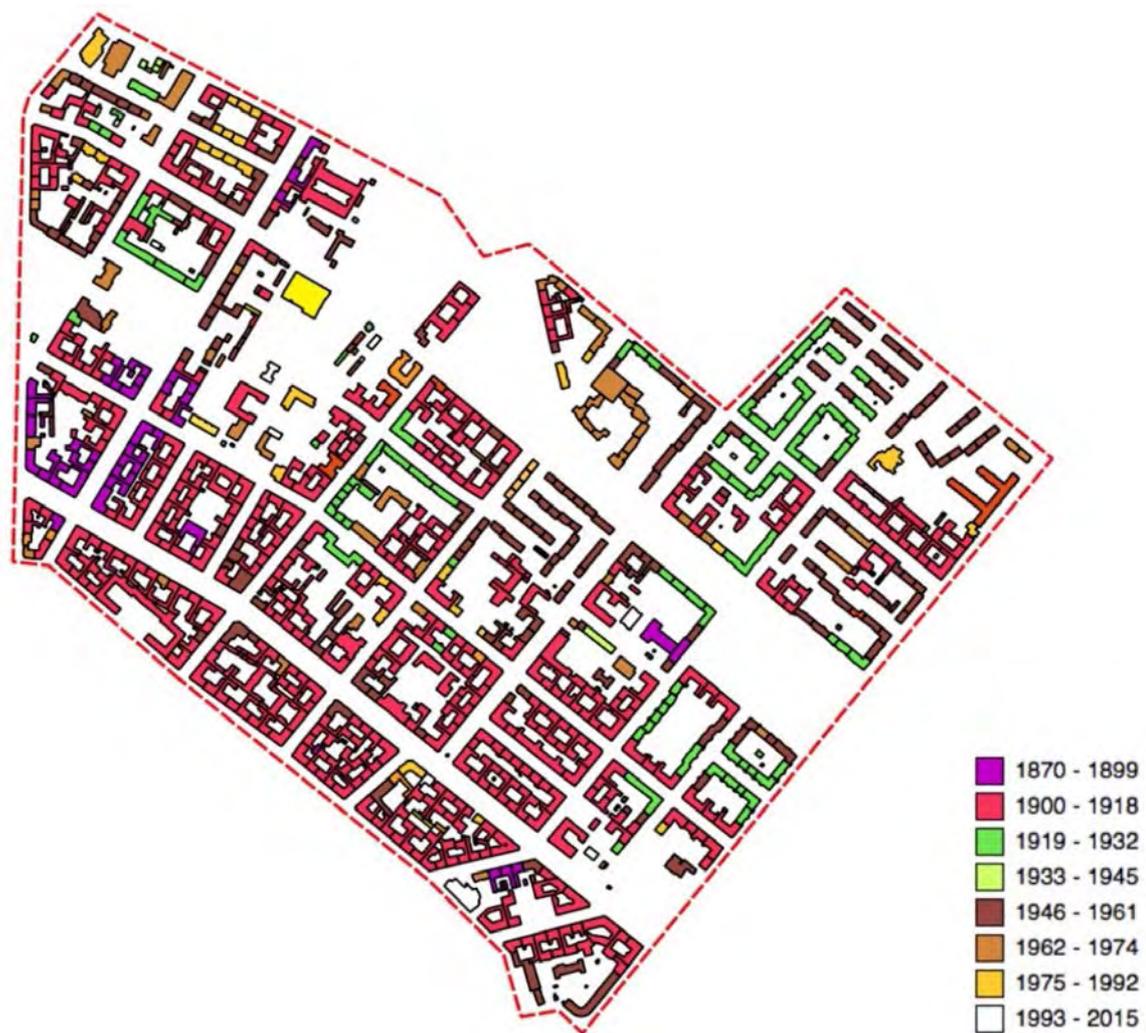


Abbildung 8.3: Mit Open eQuarter MOLE ermittelte Gebäudealter im untersuchten Quartier vor der energetischen Sanierung (VPT 2015)



Abbildung 8.4: Mit Open eQuarter MOLE ermittelte Gebäudehüllflächen im untersuchten Quartier (VPT 2015)



Abbildung 8.5: Mit Open eQuarter MOLE berechneter AV-Verhältnisse für alle Gebäude des Quartiers (VPT 2015)



Abbildung 8.6: Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Transmissionswärmeverlust HT' für alle Gebäude des Quartiers vor der energetischen Sanierung (VPT 2015)

8.4 Pontentialanalyse

Es wird für beide Szenarien angenommen, dass sämtliche Gebäude saniert und als Ergebnis verbesserte energetische Bauteilqualitäten erreicht werden:

- U-Wert Bodenplatte: 0,3 W/m²K
- U-Wert Wandfläche: 0,4 W/m²K
- U-Wert Dach: 0,2 W/m²K
- U-Wert Fenster: 1.0 W/m²K

Der sanierte Zustand wurde mit *Open eQuarter MOLE* durch den Ansatz dieser Zielwerte für die Bauteilqualität als Variante berechnet (siehe Tabelle 8.1):

	Bestand		Potentiale		Nach Sanierung				
					Vollsanierung		Ohne Wandsanierung		
Jährliche Transmissionswärmeverluste [MWh/a]	Bodenplatten / Keller	12.598	5,01 %	9.431	3,75 %	3.167	1,26 %	3.167	1,26 %
	Dächer	33.166	13,19 %	27.131	10,79 %	6.035	2,40 %	6.035	2,40 %
	Wände	116.749	46,43 %	87.766	34,91 %	28.983	11,53 %	116.749	46,43 %
	Fenster	88.921	35,37 %	60.440	24,04 %	28.481	11,33 %	28.481	11,33 %
	Gesamt	251.434	100,00 %	184.769	73,49 %	66.665	26,51 %	154.431	61,42 %
Jährliche Lüftungswärmeverluste [MWh/a]	58.684	18,92 %			58.684	18,92 %	58.684	18,92 %	
Jährlicher Heizenergiebedarf [MWh/a]	310.118	100,00 %	184.769	59,58 %	125.349	40,42 %	213.115	68,72 %	
Durchschnittlicher wohnflächenbezogener Heizwärmebedarf [kWh/m²a]	211		126		85		145		
Installierbare Kollektorfläche [m²]	88.459				88.459		88.459		
Solares Ertragspotential [MWh/a]	39.807				39.807		39.807		
Solare Deckungsrate [%]	13 %				32 %		19 %		
Jährlicher Heizenergiebedarf unter Einbeziehung der Solarthermie [MWh/a]	270.311	87,16 %			85.543	31,65 %	173.309	64,11 %	
Durchschnittlicher wohnflächenbezogener Heizwärmebedarf unter Einbeziehung der Solarthermie [kWh/m²a]	184				58		118		

Tabelle 8.1: Auswertung des Vergleichsquartiers in Berlin-Neukölln durch *Open eQuarter MOLE* für die Beurteilung der Probeszenarien (VPT 2015)

Abbildung 8.7 und Abbildung 8.8 zeigen die Kartenausgabe von *Open eQuarter MOLE* für den wohnflächenbezogenen Transmissionswärmeverlust und den wohnflächenbezogenen Heizwärmebedarf im sanierten Zustand.



Abbildung 8.7: Mit *Open eQuarter MOLE* berechneter wohnflächenbezogener Transmissionswärmeverlust HT' für alle Gebäude des Quartiers nach der energetischen Sanierung (VPT 2015)



Abbildung 8.8: Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Heizenergiebedarf für alle Gebäude des Quartiers nach der energetischen Sanierung (VPT 2015)

8.5 Bewertung

Die für die Probeszenarien angesetzte flächendeckende Sanierung würde zu einer erheblichen Reduzierung des Heizwärmebedarfs für das Untersuchungsquartier führen.

Open eQuarter MOLE veranschlagt für den sanierten Zustand rund 125 GWh/a, was eine Verbesserung von rund 60% entspräche. Selbst ohne die aufwändige Dämmung der Aussenwände würde eine Reduktion von 31% erreicht.

8.5.1 Szenario 1: Fernwärmeausbau

In der graphischen Aufbereitung ergeben sich für Szenario 1 die in Abbildung 8.9 dargestellten Potentiale.

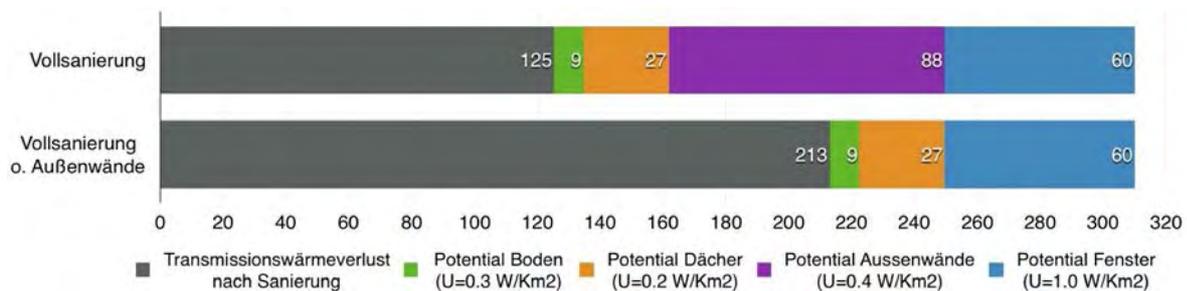


Abbildung 8.9: Mit *Open eQuarter MOLE* berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers (in GWh/a, VPT 2015)

Die deutliche Verminderung des Heizenergiebedarfes durch die Gebäudesanierung auf rund zwei Fünftel des Ursprungsbedarfes würde u.a. zu einer Entlastung des vorhandenen Netzes führen. Damit könnten bereits mit den bestehenden Trassen mehr Hausanschlüsse realisiert werden.

Die eigentliche Planung des Fernwärmeausbaus kann allerdings nun anhand von entsprechendem Kartenmaterial im Ist-Zustand erfolgen, das Aussagen über

- Gebäude mit FW-Anschluß und
- Trassenlage im Ist-Zustand

liefert.

Die Implementierung geeigneter Mechanismen zum Umgang mit Streckennetzen und zur Netzentflechtung ist in *Open eQuarter* zwar prinzipiell möglich und könnte ggf. in Form entsprechender Ergänzungsmodule umgesetzt werden, war jedoch nicht Bestandteil des Projekts.

8.5.2 Szenario 2: Solarthermie

Für die Berechnung der für Solarthermiekollektoren nutzbaren Fläche wurden zunächst Karten aus dem Solaratlas Berlin herangezogen. Für die Nutzung mit *Open eQuarter MOLE* erwies sich dieses Material jedoch als ungeeignet, da es pauschal für alle nutzbaren Dächern der Stadt die Eignung annimmt und von 100% nutzbarer Fläche ausgeht. Für die Ermittlung der nutzbaren Dachflächen und der installierbaren Solarflächen wurde daher ein einfaches empirisches Modell entwickelt (siehe 5.3.1).

In Abbildung 8.10 ist dargestellt, welchen Beitrag die flächendeckende Nutzung von Solarthermie zum Heizenergiebedarf der Einzelgebäude leisten könnte.



Abbildung 8.10: Mit *Open eQuarter MOLE* berechnete erreichbare solare Deckungsrate je Gebäude bei flächendeckender Nutzung von Solarthermie (VPT 2015)

Im Verbund eines solaren Wärmenetzes kalkuliert *Open eQuarter MOLE* für den angenommenen Sanierungszustand eine Deckungsrate von 32% (siehe Tabelle 8.1). Abbildung 8.11 zeigt die Potentiale für das Gesamtquartier unter Einbeziehung der flächendeckenden Nutzung von Solarthermie auf den Dächern.

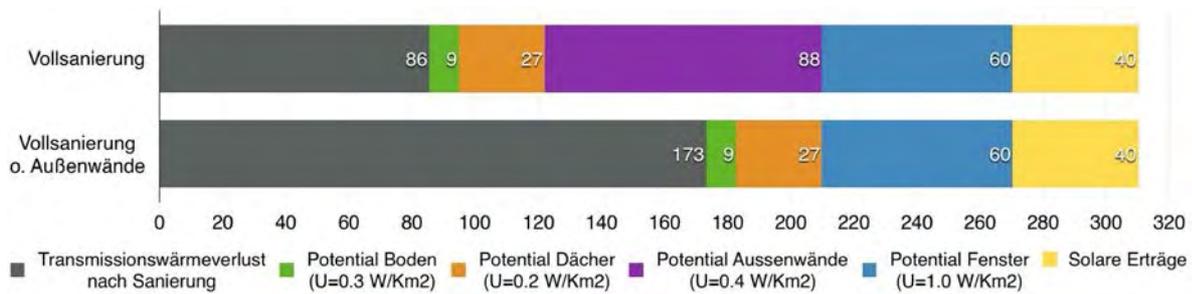


Abbildung 8.11: Mit Open eQuarter MOLE berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers unter Einbeziehung der Nutzung von Solarthermie (in GWh/a, VPT 2015)

Es konnte gezeigt werden, das Open eQuarter MOLE durch die Abschätzungen für

- die solar nutzbaren Fläche,
- die zu beheizenden Flächen und Volumen und
- die energetische Qualität der Gebäude in verschiedenen Sanierungsständen

wertvolle Hinweise zur Speicherplanung geben kann. Darüber hinaus könnten im GIS geeignete Freiflächen, wie sie auch in der "händische" Quartiersuntersuchungen vorgefunden wurden, auf ihre Eignung überprüft werden.

Bestimmte ursprünglich angedachte Berechnungsmodule wie Hilfestellungen zur Netzneuplanung/Trassenführung durch die Berücksichtigung von Kartenmaterial wie z.B. der

- Abwasser-Versorgung und Entsorgung,
- Informationstechnik (z.B. Glasfaserleitung),
- Elektroleitungen (Mittelspannung, Hochspannung, Bahnen)

müssen in die Zukunft verschoben werden, da dass vorrangige Ziel von Open eQuarter in der Entwicklung und Implementierung einer Methodik zur Datenerfassung und -analyse innerhalb einer GIS-Umgebung im Gebäudebereich lag.

9 Zusammenfassung

Open eQuarter zeigt neue Möglichkeiten zur Quartieranalyse und -bewertung auf. Die Nutzung eines Geoinformationssystems (GIS) ermöglicht die örtlich referenzierte Akquisition und Auswertung zahlreicher entsprechender Datenquellen. Es konnte nachgewiesen werden, dass das Konzept der Überlagerung georeferenzierter Datenquellen verschiedenster Art mit Hilfe der *Layered Information Akquisition (LIA)* und der anschließende *Needle Request (NR)* geeignet sind, eine gebäuedifferenzierte Informationsbasis ohne größeren Erhebungsaufwand zu generieren.

Deutlich wurde jedoch auch, dass die Qualität der erzielten Ergebnisse wesentlich von der Kategorisierung innerhalb der Quellen und der Güte ihrer Georeferenzierung abhängt.

Für die großräumliche Anwendung und den standardisierten Austausch von Daten fehlt ein einheitliches und allgemein anerkanntes Schlüsselssystem zur Erzeugung weltweit eindeutiger Gebäude-IDs.

9.1 Statistische Erzeugung generischer Eingangsdaten

Durch die Auswertung vorhandener statistischer Daten aus dem Zensus 2011 (Destatis 2012) und den Untersuchungen zu einer "Nationalen Gebäudetypologie" des Instituts für Wohnen und Umwelt (Diefenbach u. Loga 2011) konnte eine ganze Reihe korrelativer Zusammenhänge - wie etwa die Abhängigkeit der Geschossigkeit von der Bevölkerungsdichte - identifiziert werden. Für weitere Daten wie etwa der Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit vom Gebäudealter zeigten sich Zusammenhänge, die aufgrund von Singularitäten wie etwa historischen Ereignissen nicht funktional abgebildet werden konnten. Hier wurden Lookup-Tabellen erstellt.

Auf diese Weise werden bereits bei lückenhafter Datenlage differenzierte Berechnungen energetischer Kenndaten aus einer minimalen Anzahl von Mindestparametern (Grundrissgeometrie, Geschossigkeit, Baujahr und Bevölkerungsdichte) möglich.

9.2 Konnektivität und Interaktivität

Die exemplarische Implementierung eines grundfunktionalen internet-tauglichen Clients, der auch auf Mobilgeräten nutzbar ist, belegt die Interaktionsfähigkeit des Konzeptes. Es ermöglicht sowohl den Abruf der eingespeisten Geoinformationen, der berechneten Gebäudeparameter und der quartierbezogenen Summationen, wie auch die Erzeugung von Varianten und die mobile Erfassung von Gebäudeparametern.

9.3 Open Source Konzeption

Die Open Source Konzeption des Projektes eröffnet die Möglichkeit zur Weiterentwicklung von *Open eQuarter*. Hierzu wurde ein offenes Erweiterungs-System entwickelt, das über sogenannte *Open eQuarter Extension* die Einbindung vielfältiger Import-, Analyse- und Auswertungsmechanismen ermöglicht. Im Rahmen des Projektes wurden basierend auf den Ergebnissen der statistischen Auswertungen beispielhaft *Extensions* zur Berechnung energetischer Gebäudekenndaten implementiert.

9.4 Quartiers- und Querschnittanalyse

Projektbegleitend wurde eine konventionelle Quartiers- und Querschnittanalyse durchgeführt. Nach Sichtung zahlreicher Quellen wurden die Informationen im Geoinformationssystem *QGIS* aufgearbeitet und bewertet. So entstand ein umfassendes Bild des Untersuchungsgebietes in Berlin Neukölln (siehe Kapitel 6.2). Neben stadtplanerischen Aspekten wie Lage, Nutzung, Baukonstruktionen und Baualterstruktur konnten auch Erkenntnisse zu energetischen Aspekten (z.B. der Art der Heizenergieversorgung) gewonnen werden. Zusätzlich wurden sozioökonomischen Parameter wie etwa Eigentumsverhältnisse und Altersstruktur der Nutzer untersucht.

Für den Vergleich mit den Ergebnissen von *Open eQuarter* wurde es notwendig, möglichst viele Einzelgebäude genauer zu betrachten. Eine detaillierte bautechnisch-energetische Aufnahme sämtlicher 1.000 Gebäude im Quartier war jedoch angesichts des Aufwands für Begehungen und Erfassung von vornherein unrealistisch. Daher wurde eine *Querschnittsanalyse* durchgeführt. Mit der *Fuldastraße* wurde ein Straßenzug ausgewählt, der die baulichen, energetischen und demographisch-ökonomischen Verhältnisse des Gesamtgebietes gut repräsentiert. Als Ergebnis dieser Ausschnittsuntersuchung standen zahlreiche gebäudegenaue Daten zur Verfügung (siehe Kapitel 6.3).

Die parallel zur Programmentwicklung durchgeführte Quartiers- und Querschnittanalyse "von Hand" hat sich als wertvolle Ergänzung zur konzeptionellen Arbeit erwiesen. Zum einen konnten die Vor-Ort-Untersuchungen gezielt auf die Bedürfnisse der Implementierung und Validierung abgestimmt werden. Zum anderen lieferte die Arbeit im Quartier wichtige Impulse für die inhaltliche Ausgestaltung der Softwarelösung.

9.5 Variantenuntersuchung

Die entwickelte Software ist in der Lage, eine Quartieranalyse durchzuführen und darauf aufbauend verschiedene Sanierungsszenarien durchzuspielen. Im Projekt wurden exemplarisch zwei Szenarien betrachtet. Zum einen die Gebäudehüllensanierung und Fernwärmeausbau mit Anschlussverdichtung sowie zum anderen die quartiersbezogene Solarthermienutzung mit saisonalem Siedlungsspeicher.

9.6 Aufwandsbetrachtung

Die Querschnittanalyse *Fuldastraße* erforderte für 70 betrachtete Gebäuden rund 140 Arbeitsstunden bzw. 17 Personentage. Dennoch blieb das Ergebnis lückenhaft. Im Gegensatz dazu konnte mit *Open*

eQuarter MOLE bereits nach rund 1 Stunde ein erstes vollständiges und differenziertes Ergebnis geliefert werden.

Hochgerechnet auf das Gesamtquartier würde die manuelle Erfassung bei erheblichen Erhebungslücken damit etwa 1900 Arbeitsstunden bzw. ca 237 Personentage erfordern. *Open eQuarter* benötigte im Rahmen der Szenarienuntersuchung mit 5 Stunden für die Berechnung und etwa 2 Stunden Nebenaufwand insgesamt etwa einen Personentag.

Bei Ansatz des gesetzlichen Mindestlohns von 8,50 Euro netto, also rund 15,50 Euro Vollkosten ergibt der finanzielle Vergleich:

- Manuelle Quartiersanalyse:
 - 3100 Euro /100 Gebäude
 - lückenhaftes Ergebnis
- Erhebung mit *Open eQuarter*:
 - 11,50 Euro /100 Gebäude
 - vollständige Datenbasis

Selbst bei unvollständiger Quellenlage ist *Open eQuarter* damit deutlich wirtschaftlicher als die bekannten Ansätze (siehe hierzu Kapitel 2.1). Als konkurrenzfähig dürfte sich lediglich die Betrachtung mit Hilfe von Vergleichsquartieren erweisen - dies allerdings ohne die Möglichkeit, gebäudeweise aufzulösen.

9.7 Ausblick

Die Weiterentwicklung des *Open eQuarter* Projektes erscheint lohnenswert. Angesichts der offenen Architektur ergeben sich folgende Arbeitsfelder:

- Fortführung der statistischen Auswertung mit dem Ziel, weitere zuverlässige Zusammenhänge zu identifizieren.
- Definition von *Importextensions* zur Verarbeitung weiterer Quellenarten
- Implementierung weiterer *Open eQuarter Extensions* zur Auswertung und Aufbereitung
- Anbindung an weitere Geodatenstandards. Mit Blick auf umfassendere Projekte wie CityGML erscheint u.a. die Einbindung des GML-Formates wünschenswert.
- Entwicklung eines erweiterten Webclients, der die Möglichkeiten von *Open eQuarter* vollständig nutzt.
- Validierung an Hand gut dokumentierter größerer Planungsräume

Glossar

- ALK** Amtliche Liegenschafts-Karte. 35, 36, 39, 56, 58
- geoDjango** geodatenfähige Variante des Webseiten-Frameworks Django. 14
- geoJSON** geodatenfähige Variante des JSON-Formates. 14, 31
- GIS** Geo-Information-System. 3, 5, 9, 12, 21, 23, 24, 35, 36, 57, 76
- JSON** sehr kompaktes Format für den Austausch strukturierter Daten. 14
- Open eQuarter CROW** Internet-Client von Open eQuarter. 11, 12, 15, 32
- Open eQuarter Extension** Funktionserweiterung für das Open eQuarter Modul MOLE. 24–26, 28, 32, 33, 78, 79
- Open eQuarter FOX** Datenbankexport von Open eQuarter. 27
- Open eQuarter MOLE** Erfassungs- und Analysenmodul von Open eQuarter. 11, 23, 24, 27, 28, 53–55, 57, 60, 66, 71, 74–76, 78
- openLayers** Webseiten-Framework zum Umgang mit Geodaten. 15, 23
- PostgreSQL und PostGIS** zwei Datenbank-Anwendungen speziell für den Umgang mit Geodaten. 14
- QGIS** ehemals: Quantum GIS, Open-Source Geo-Information-System, siehe <http://www.qgis.org>. 15, 21, 23, 26–28, 36, 78
- SQL-Datenbank** Datenbank, die mit der Anfragesprache SQL abgefragt werden kann. 14
- SQLite** Einfaches Austauschformat für SQL-Datenbanken. 31, 54
- WMS** Web-Map-Service, liefert Kartenmaterial als georeferenzierte Rasterdaten. 9, 26, 56, 58, 59

Abbildungsverzeichnis

1.1	Untersuchungsgebiet *Open eQuarter* (VPT 2015)	1
1.2	Projektstruktur *Open eQuarter* (VPT 2015)	2
2.1	Quartiersbetrachtung durch Vergleich (Quelle: UdK Berlin)	5
2.2	Quartiersbetrachtung durch Typisierung (Quelle: UdK Berlin)	6
3.1	Anwendungsbereiche für *Open eQuarter* (VPT 2015)	10
3.2	Klassifizierung der potentiellen Nutzer (VPT 2015)	10
4.1	Anforderungen an die Softwareumgebung (VPT 2015)	13
4.2	Aufteilung der Arbeitsbereiche als Ergebnis der Anforderungsanalyse (VPT 2015)	13
4.3	*Open eQuarter* Anwendungsstruktur (VPT 2015)	15
5.1	Verteilung der Wohngebäude-Archetypen nach Einwohnerdichte (VPT 2015, Datenbasis: Zensus 2011/Statistisches Bundesamt Testats)	20
5.2	Typischer U-Wert-Verlauf über das Baualter (VPT 2015, Datenbasis Deutsche Gebäudetypologie, Institut für Wohnen und Umwelt/IWU)	20
5.3	Screenshot des Geo-Information-Systems *Quantum GIS* mit Plugin-Erweiterung Open eQuarterMOLE (VPT 2015)	21
5.4	Anzeige ortsbezogener Informationen in *Quantum GIS* (VPT 2015)	22
5.5	Überlagerung der georeferenzierten Quellen nach dem Layerkonzept (VPT 2015)	23
5.6	Mögliche Quellentypen für Informationslayer (VPT 2015)	24
5.7	Informationssammlung per Durchstichanalyse (VPT 2015)	25
5.8	Beispiele für Kartenmaterial in WMS-Rastergrafik (VPT 2015)	25
5.9	Darstellung der Dateninfrastruktur für Open eQuarter (VPT 2015)	27
5.10	Screenshot des exemplarischer Webclient Open eQuarter Crow (VPT 2015)	32
5.11	Python-Code einer typische *Open eQuarter* Extension (VPT 2015)	33
6.1	Untersuchungsgebiet in Berlin-Neukölln (Grundlage Geoportal Berlin/ DOP20RGB 2014)	37
6.2	Stadtraumtypen im Untersuchungsgebiet, nach SenStadt Berlin (DMSW 2015)	38
6.3	Gebäudealter im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015)	39
6.4	Gebäude mit Fernwärmeversorgung im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015; Büro PFE)	40
6.5	Eigentümerstruktur im Untersuchungsgebiet (DMS 2015)	41
6.6	Anteil der Einwohner über 65 Jahren im Untersuchungsgebiet (DMSW 2015, Amt für Statistik Berlin Brandenburg)	43
6.7	Stadtraumformen entlang der Fuldastraße (Grundlage Geoportal Berlin/ DOP20RGB 2014)	44
6.8	Stadträume entlang der Fuldastraße, Mischgebiet, Wohngebiet, Siedlung (1930 bzw. 1950), Großform (DMSW 2015)	45
6.9	Schemaschnitt für Gebäudealtersklassen von Volumen und Hüllflächen in der Fuldastraße (DMSW 2015)	46
6.10	Öffnungsanteile Fassaden Fuldastraße 19-23 – Ansicht von der Straße (DMSW 2015)	46

6.11	Ermittelte Anzahl von Eigentümern (DMSW 2015)	47
6.12	Anteil von 1-Personen-Haushalten (DMSW 2015, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg)	48
6.13	Gebäudeenergieversorgung Fuldastraße (DMSW 2015)	49
6.14	Ermittelter Heizenergieverbrauch Gebäude Fuldastraße (DMSW 2015)	51
7.1	Von Open Quarter ermittelte U-Werte für die Dächer des Querschnittsgebietes (VPT 2015)	55
7.2	Von *Open Quarter ermittelte HT'-Werte für das Querschnittsgebiet Fuldastraße (VPT 2015)	56
7.3	Problem der ungenauen Georeferenzierung am Beispiel der Baualterskarte (VPT 2015)	57
7.4	Validierungsmethodik *Open eQuarter* (VPT 2015)	59
7.5	Berechneter Heizwärmebedarf für die untersuchten Informationstiefen im Vergleich zum ermittelten Heizenergieverbrauch der Querschnittsanalyse (VPT 2015)	60
7.6	Mit Open eQuarter MOLE berechnete Verteilung der Gebäude des Quartiers nach Baujahr (VPT 2015)	61
7.7	Mit Open eQuarter MOLE berechnete U-Werte für die Außenwände des Quartiers (VPT 2015)	61
7.8	Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Heizenergiebedarf für alle Gebäude des Quartiers (VPT 2015)	62
7.9	Mit Open eQuarter MOLE berechnete durchschnittliche Anteile der Bauteile am Transmissionswärmeverlust der Gebäude des Quartiers (VPT 2015)	62
7.10	Mit Open eQuarter MOLE berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers bei moderater energetischer Sanierung (in GWh/a, VPT 2015)	64
8.1	Hüllensanierung, Fernwärme-Ausbau und Verdichtung in Mannheim (Quellen: http://www.malermeister-frank-fernandez.de und https://www.mvw-energie.de)	65
8.2	Solaratlas Berlin / Langzeitwärmespeicher unter einer Freifläche (Quellen: http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas und Stadtwerke Neckarsulm)	66
8.3	Mit Open eQuarter MOLE ermittelte Gebäudealter im untersuchten Quartier vor der energetischen Sanierung (VPT 2015)	67
8.4	Mit Open eQuarter MOLE ermittelte Gebäudehüllflächen im untersuchten Quartier (VPT 2015)	68
8.5	Mit Open eQuarter MOLE berechneter A/V-Verhältnisse für alle Gebäude des Quartiers (VPT 2015)	69
8.6	Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Transmissionswärmeverlust HT' für alle Gebäude des Quartiers vor der energetischen Sanierung (VPT 2015)	70
8.7	Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Transmissionswärmeverlust HT' für alle Gebäude des Quartiers nach der energetischen Sanierung (VPT 2015)	72
8.8	Mit Open eQuarter MOLE berechneter wohnflächenbezogener Heizenergiebedarf für alle Gebäude des Quartiers nach der energetischen Sanierung (VPT 2015)	73
8.9	Mit Open eQuarter MOLE berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers (in GWh/a, VPT 2015)	74
8.10	Mit Open eQuarter MOLE berechnete erreichbare solare Deckungsrate je Gebäude bei flächendeckender Nutzung von Solarthermie (VPT 2015)	75

- 8.11 Mit Open eQuarter MOLE berechnete Sanierungspotentiale für den Heizenergiebedarf des gesamten Quartiers unter Einbeziehung der Nutzung von Solarthermie (in GWh/a, VPT 2015)

Tabellenverzeichnis

3.1	Anforderungen an die Nutzerkompetenz (VPT 2015)	11
3.2	Technische Ausstattung relevanter Nutzergruppen (Quelle: UdK Berlin / VPT, Stichprobenbefragung)	11
4.1	Allgemeiner Arbeitsablauf für *Open eQuarter* (VPT 2015)	16
6.1	Berechnung Gebäudeausmaße (DMSW 2015)	50
7.1	Auswertung des Vergleichsquartiers in Berlin-Neukölln durch Open eQuarter MOLE bei moderater energetischer Sanierung (VPT 2015)	63
8.1	Auswertung des Vergleichsquartiers in Berlin-Neukölln durch Open eQuarter MOLE für die Beurteilung der Probeszenarien (VPT 2015)	71

Literaturverzeichnis

[BBSR 2011]

BBSR ; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.): *BBSR Homepage - Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ)*. Version: 2011. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2011/EnergieeffizienteQuartiere/01_Start.html, Abruf: 2014-01-14

[Blesl u. a. 2008]

Blesl, M. ; Kempe, S. ; Haigis, J.: *Digitale Wärmebedarfskarte - Ergebnis einer Pilotanwendung*,. Vortrag bei der „Wärmetechnik 2008“ vom 08.-10. April 2008 in Bremen, April 2008 2008

[BMBF 2010]

BMBF ; Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat 114, "Regionale Innovationsinitiativen; Neue Länder" (Hrsg.): *Unternehmen Region: effort - Verbundprojekt Energieeffizienz vor Ort - Jena, Project Website*. Version: 2010. <http://www.unternehmen-region.de/de/7701.php>, Abruf: 2014-01-15

[BMWi 2013]

BMWi ; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): *Forschung für Energieeffizienz, Projekt: EnEff:Stadt Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere, Project Website*. Version: 2013. <http://www.eneff-stadt.info/de/planungsinstrumente/projekt/details/eneffstadt-energiekonzept-berater-fuer-stadtquartiere/>, Abruf: 2014-01-15

[Climate Alliance 2010]

Climate Alliance ; Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder / Alianza del Clima e.V. (Hrsg.): *Climate Alliance: Energie und CO2 Monitoring – ECORegion, Project Website*. Version: 2010. <http://www.klimabuendnis.org/co2-monitoring0.html?&L=1>, Abruf: 2014-01-15

[Dallhammer u. a. 2010]

Dallhammer, E. ; Neugebauer, W. ; Novak, S. ; Schuh, B. ; Essig, S.: *EFES - Energieeffiziente Entwicklung von Siedlungen / Österr. Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG). 2010. – Forschungsbericht*

[Destatis 2012]

Destatis ; Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): *Zensus 2011*. https://www.zensus2011.de/DE/Home/home_node.html, [21.03.2013]. Version: 2012

[Diefenbach u. a. 2010]

Diefenbach, Nikolaus ; Cischinsky, Holger ; Rodenfels, Markus ; Clausnitzer, Klaus-Dieter ; Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt (Hrsg.): *Datenbasis Gebäudebestand: Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand / Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt. 2010. – Forschungsbericht*

[Diefenbach u. Loga 2011]

Diefenbach, Nikolaus ; Loga, Tobias ; Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt (Hrsg.): Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU / Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt. 2011. – Forschungsbericht

[Geiger u. Rouvel 1987]

Geiger, B ; Rouvel, L: Lüftung im Wohnungsbau-Fensterlüftung. In: *HLH* 4 (1987), Nr. 87, S. 185–190

[Geodatenportal Niedersachsen 2015]

Geodatenportal Niedersachsen: *Geodatenportal Niedersachsen*. <http://www.geodaten.niedersachsen.de/>. Version: 2015

[Geoportal Bayern 2015]

Geoportal Bayern: *Geoportal Bayern*. <https://geoportal.bayern.de/geodatenonline/>. Version: 2015

[Geoportal Berlin 2015]

Geoportal Berlin: *Geoportal Berlin*. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/>. Version: 2015

[GSW 2014]

GSW ; GSW Immobilien AG, Berlin (Hrsg.): *Wohnmarktreport Berlin 2014*. https://www.berlin.de/ba-charlottenburg-wilmersdorf/service/wirtschaftsfoerderung/gsw_wohnreport2014.pdf. Version: 2014

[Heidrich-Riske u. a. 2013]

Heidrich-Riske, Holger ; Scholz, Bettina ; Stepien, Halina: GIS-gestützte Ermittlung der „EU-Orte“ im Rahmen des Zensus 2011 für die Datenlieferungen an Eurostat. In: *Wirtschaft und Statistik* 7/2013 (2013), S. 467–475

[Hempel u. a. 2010]

Hempel, Hans-Jürgen ; Gersmeier, Olaf ; Kummel, Olivia ; Köppen, Lars: *Vorbereitende Untersuchungen zur Stadterneuerung Maybachufer - Elbestraße Berlin Neukölln*. Version: 2010. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadterneuerung/de/kottbusser/download/einladung_26_11_09.pdf, Abruf: 2015-10-02

[IBB 2014]

IBB ; Investitionsbank Berlin (IBB) (Hrsg.): *IBB Wohnungsmarktbericht 2014*. http://www.ibb.de/PortalData/1/Resources/content/download/ibb_service/publikationen/IBB_Wohnungsmarktbericht_2014.pdf. Version: 2014

[IKG 2008]

IKG ; Leibniz Universität Hannover, Institut für Kartographie und Geoinformatik (Hrsg.): *Digitale Wärmebedarfskarte, Ergebnis einer Pilotanwendung, Project Website*. Version: 2008. <http://www.ikg.uni-hannover.de/index.php?id=136>, Abruf: 2014-01-15

[Koziol 2011]

Koziol, Matthias ; Brandenburgische Technische Universität, Cottbus (Hrsg.): Plausibilitätscheck.

Vorgehensweise zur Ermittlung der Eignung von aktuellen und potenziellen zukünftigen Energieversorgungssystemen (Anleitung) / Brandenburgische Technische Universität, Cottbus. 2011. – Forschungsbericht

[LBH 2012]

LBH ; Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik (Hrsg.): *GemEB - Ein Softwarewerkzeug für den Energienutzungsplan zur Berechnung von Energiebedarfsdichten in Siedlungsgebieten*. Version: 2012. http://www.bk.ar.tum.de/fileadmin/w00bky/www/Forschung/Stadt_und_Energie/GemeindeEnergieBeratung_Bericht.pdf, Abruf: 2014-01-15

[Loga u. a. 2011]

Loga, T. ; Diefenbach, N. ; Born, R.: *Deutsche Gebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden* / Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. 2011. – Forschungsbericht

[Meinlschmidt u. a. 2004]

Meinlschmidt, Gerhard u. a. ; *Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz, Berlin* (Hrsg.): *Sozialstrukturatlas Berlin 2003*. 2004

[Schlör u. a. 2015]

Schlör, Holger ; Fischer, Wolfgang ; Hake, Jürgen-Friedrich: *The system boundaries of sustainability*. In: *Journal of cleaner production* 88 (2015), S. 52–60

[SenStadtUm Berlin 2013]

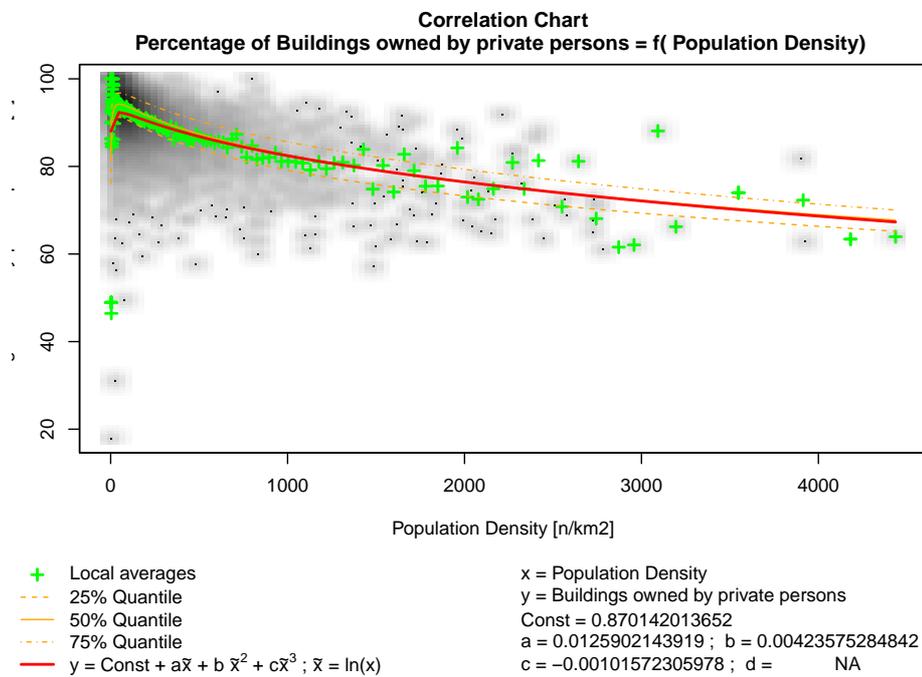
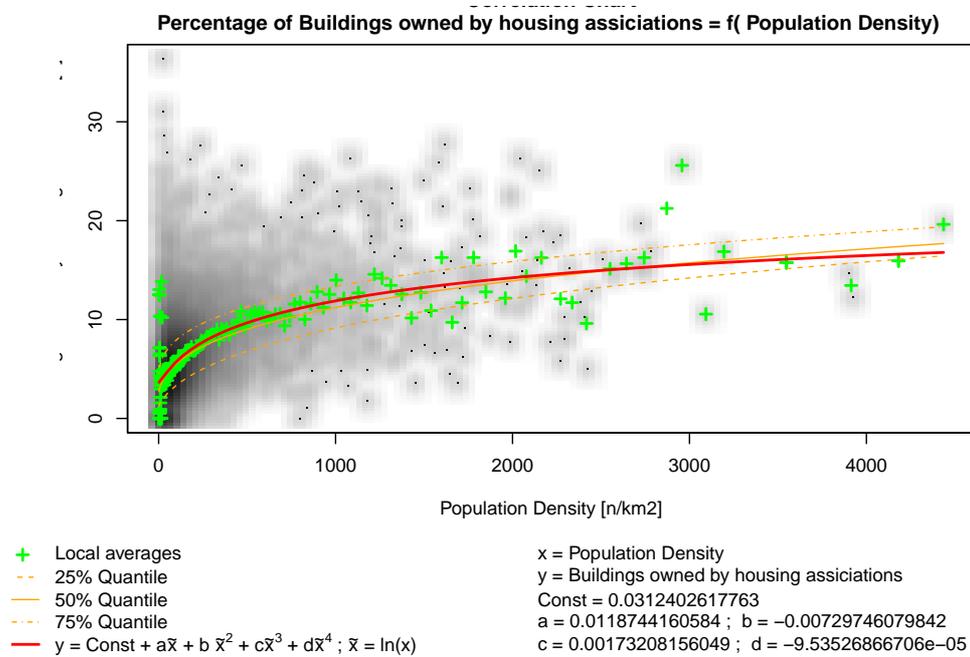
SenStadtUm Berlin: *Monitoring soziale Stadtentwicklung 2013*. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/monitoring/download/2013/MSS2013_Endbericht.pdf. Version: 2013

A Bestimmung der generischen Kenndaten Teil I Funktional

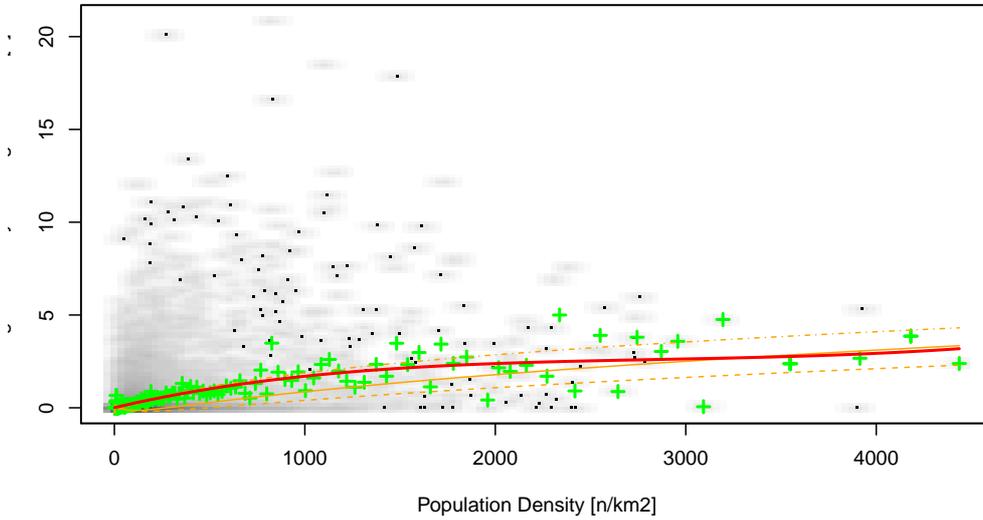
Hinsichtlich der Erzeugung generischer Gebäudekenndaten war erwartet worden, dass sich bei der Auswertung statistischer Erhebungen korrelative Zusammenhänge zwischen demographischen bzw. chronologischen Daten und spezifischen Gebäudeeigenschaften identifizieren lassen würden. Hierzu wurden die detaillierten Umfrageergebnisse des Zensus 2011 sowie die vom IWU für die Entwicklung der Deutschen Gebäudetypologie erhobenen Daten Diefenbach u. a. (2010) mit Hilfe des Open Source Softwarepaketes R statistisch untersucht, ausgewertet und in Beziehung gesetzt:

A.1 Korrelationen mit der Bevölkerungsdichte

A.1.1 Verteilung der Gebäude nach Art der Gebäudeeigentümer



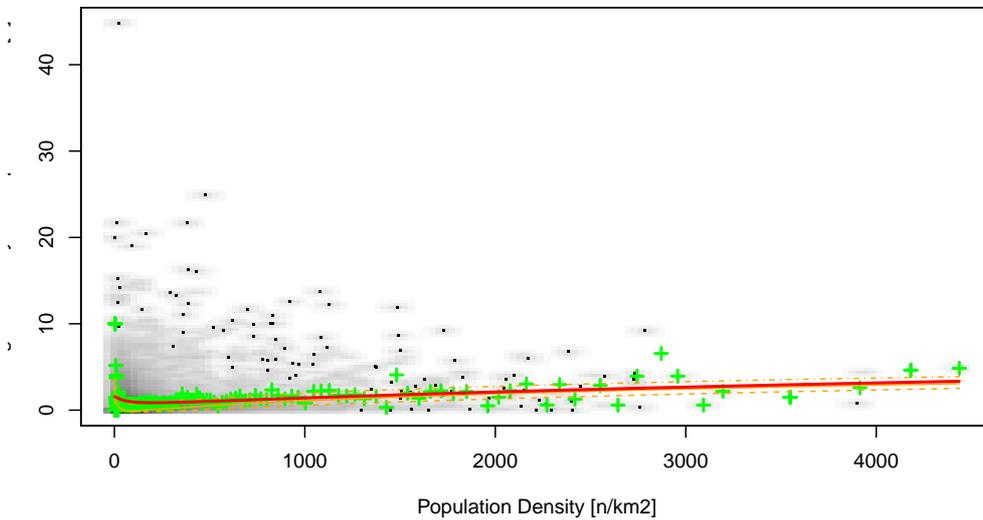
Correlation Chart
Percentage of Buildings owned by housing societies = f(Population Density)



- + Local averages
- - - 25% Quantile
- 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

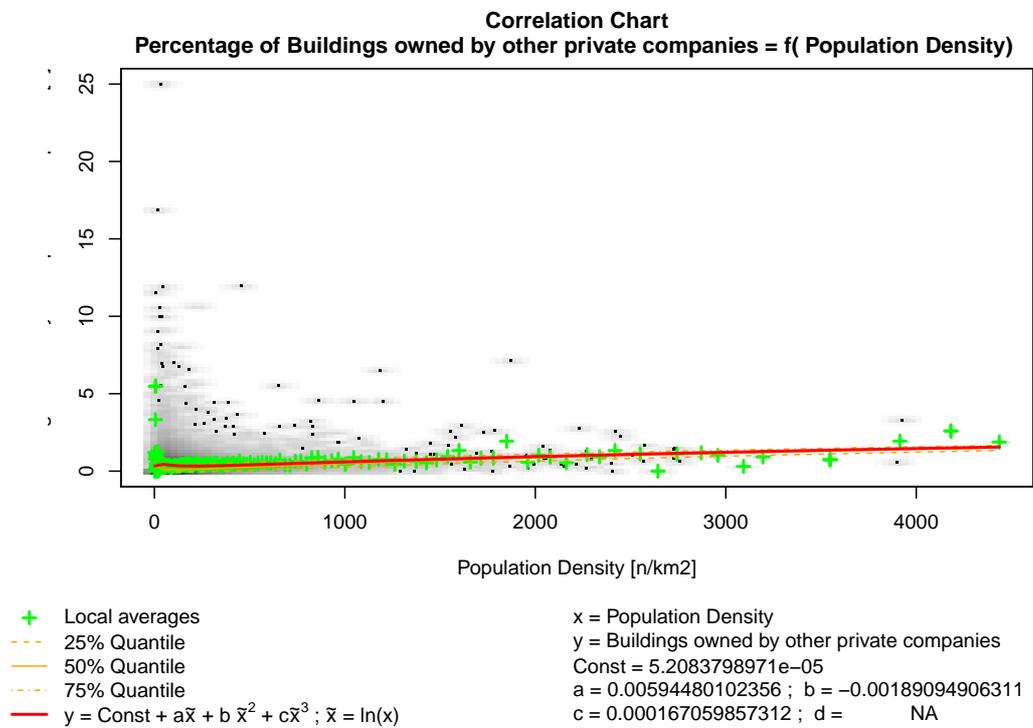
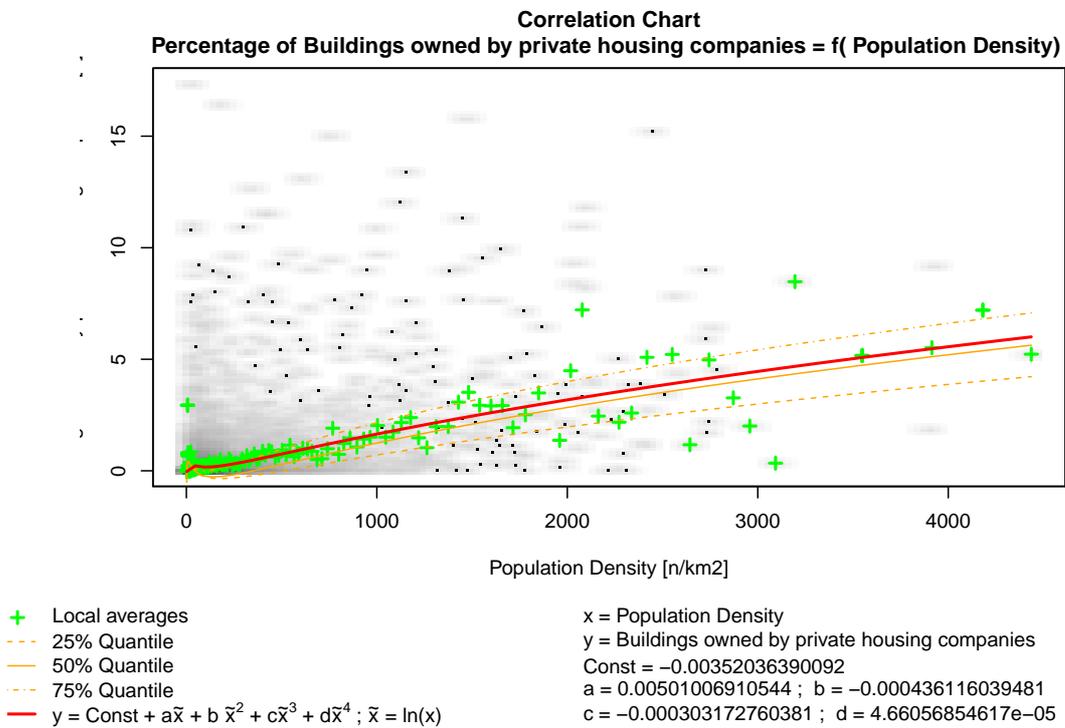
x = Population Density
 y = Buildings owned by housing societies
 Const = 7.05505520927e-05
 a = 2.41405868896e-05 ; b = -8.36861380787e-09
 c = 1.19731589642e-12 ; d = -3.91117785944e-17

Correlation Chart
Percentage of Buildings owned by municipal institutions = f(Population Density)

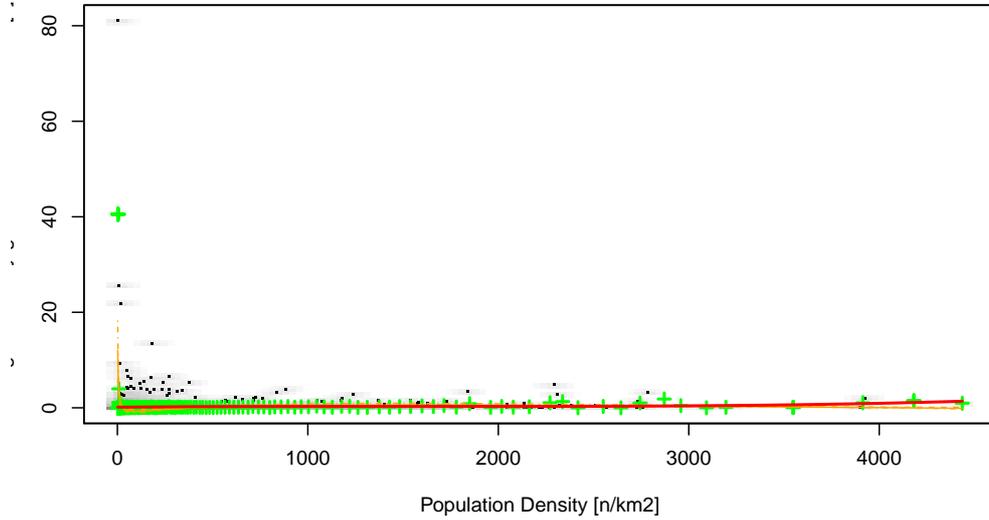


- + Local averages
- - - 25% Quantile
- 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- $y = \text{Const} + a\bar{x} + b\bar{x}^2 + c\bar{x}^3 ; \bar{x} = \ln(x)$

x = Population Density
 y = Buildings owned by municipal institutions
 Const = 0.0119495453475
 a = 0.00711820124277 ; b = -0.00303579094598
 c = 0.000296825110286 ; d = NA



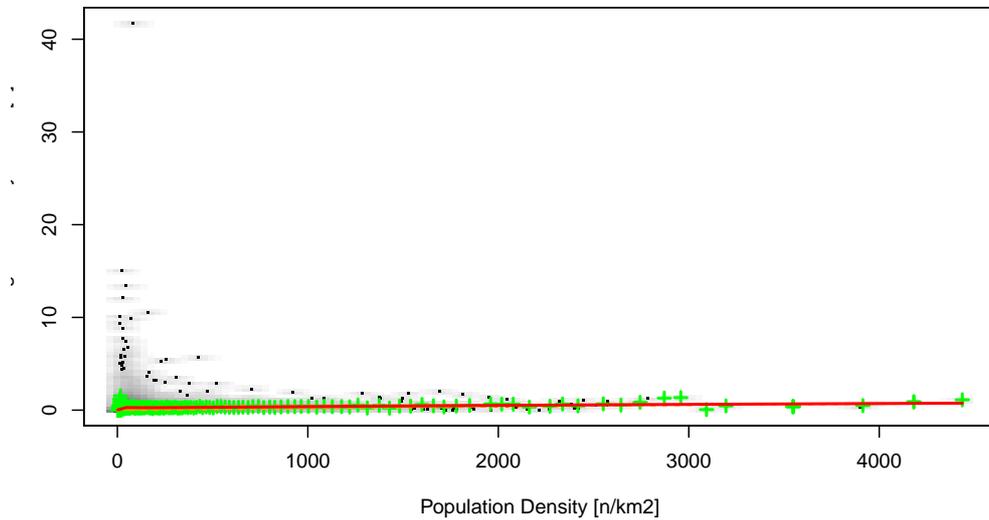
Correlation Chart
Percentage of Buildings owned by governmental institutions = f(Population Density)



- + Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- - - $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3$

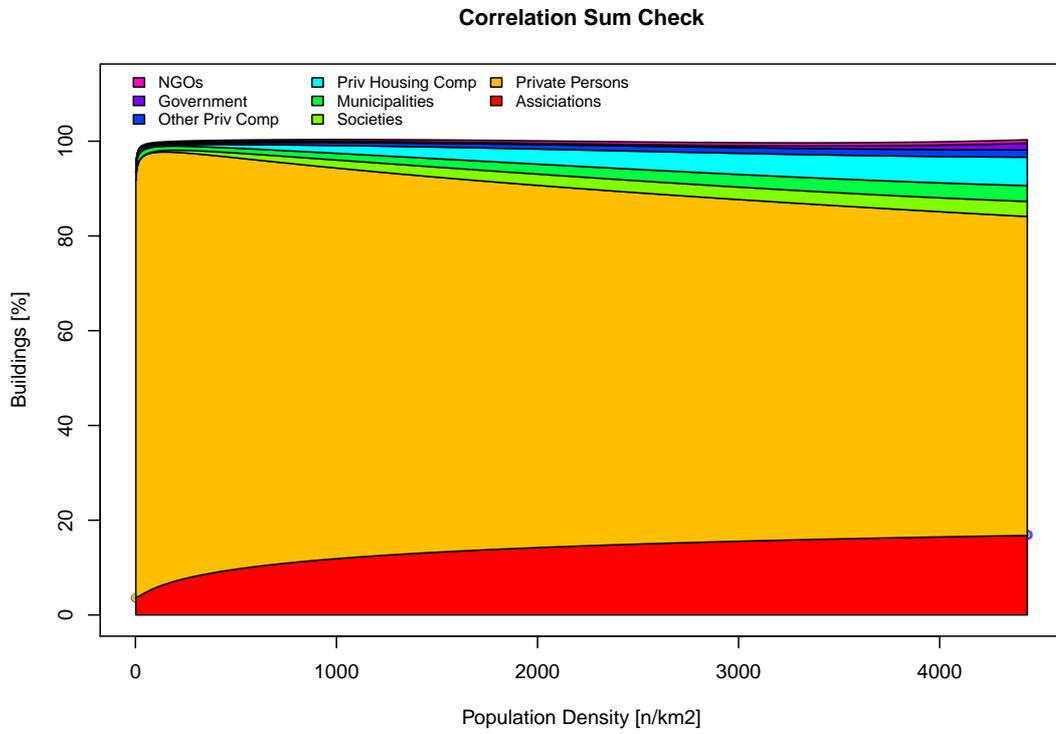
x = Population Density
 y = Buildings owned by governmental institutions
 Const = 0.00125717232549
 a = 3.53179848584e-06 ; b = -2.32282383087e-09
 c = 4.87405593612e-13 ; d = NA

Correlation Chart
Percentage of Buildings owned by NGOs = f(Population Density)

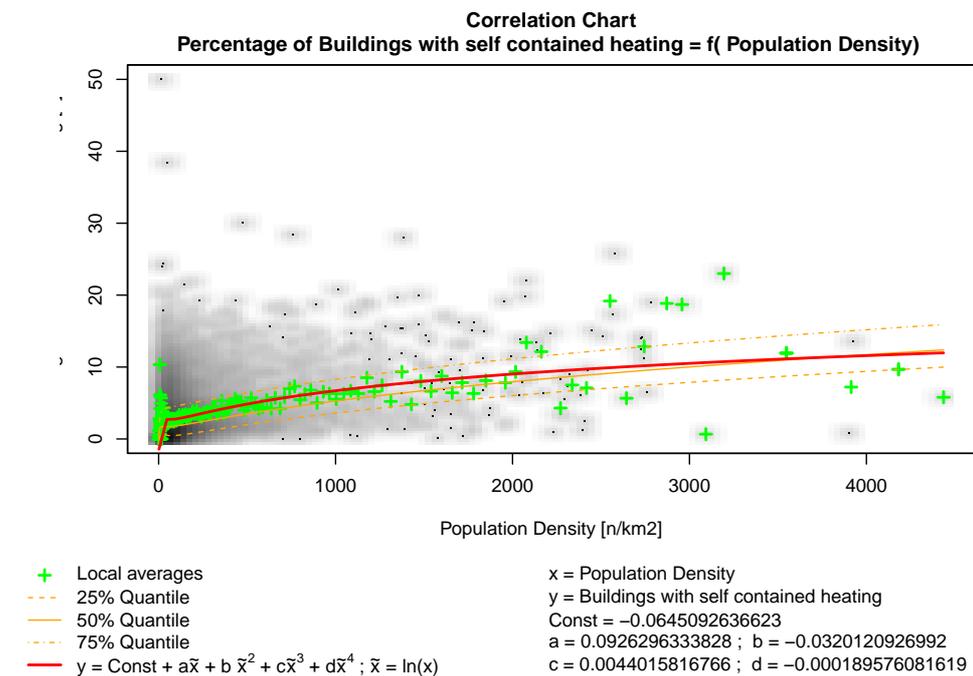
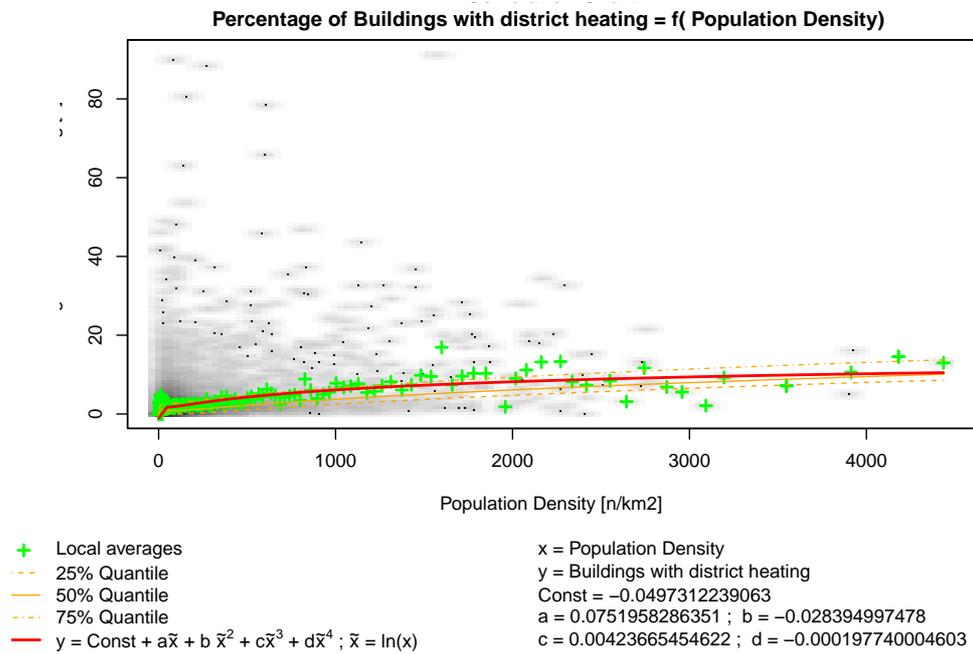


- + Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- - - $y = \text{Const} + a\bar{x} + b\bar{x}^2 + c\bar{x}^3 ; \bar{x} = \ln(x)$

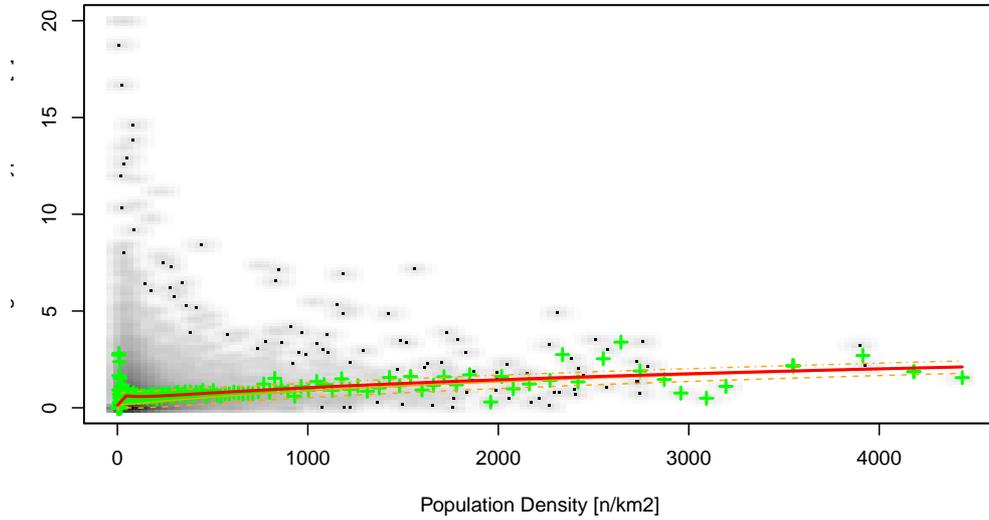
x = Population Density
 y = Buildings owned by NGOs
 Const = -0.00178904938759
 a = 0.00356828920262 ; b = -0.000892835212844
 c = 7.13734965882e-05 ; d = NA



A.1.2 Verteilung der Gebäude nach Art der Beheizung (Gebäude)

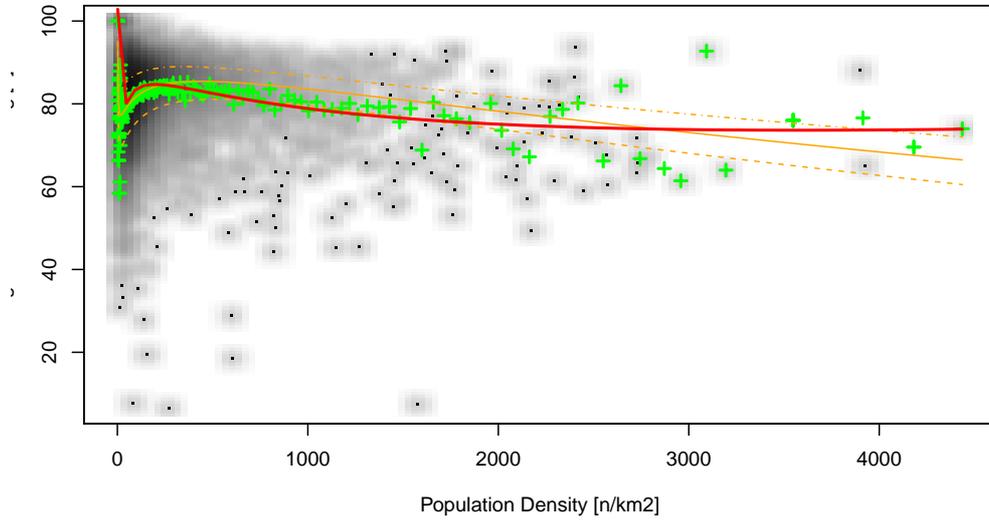


Correlation Chart
Percentage of Buildings with block-type CHPs = f(Population Density)

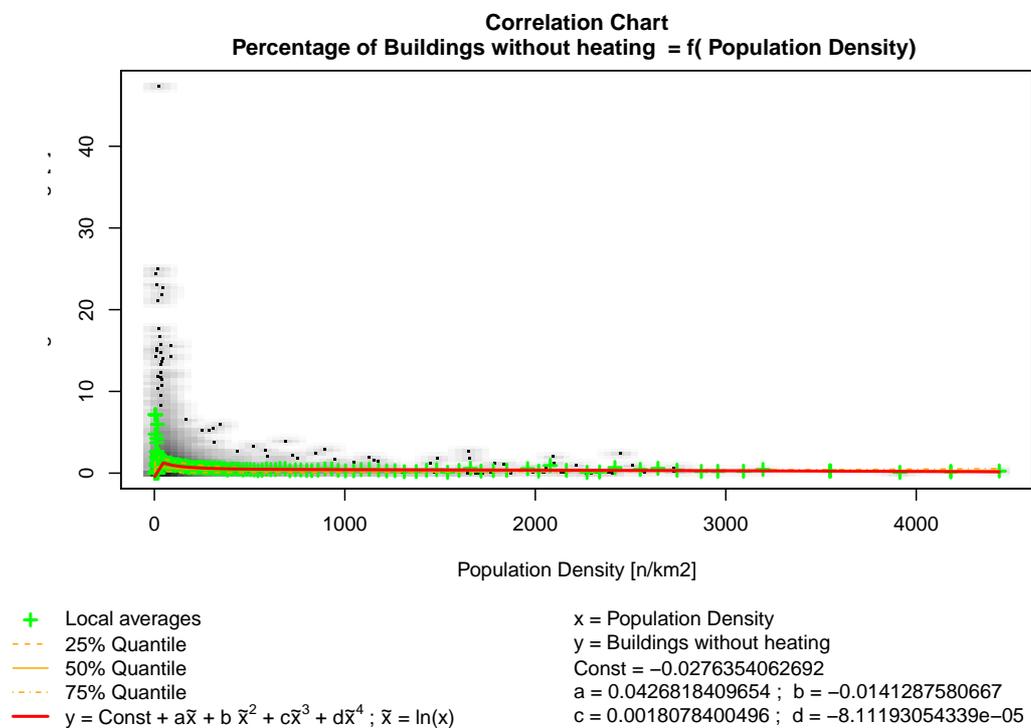
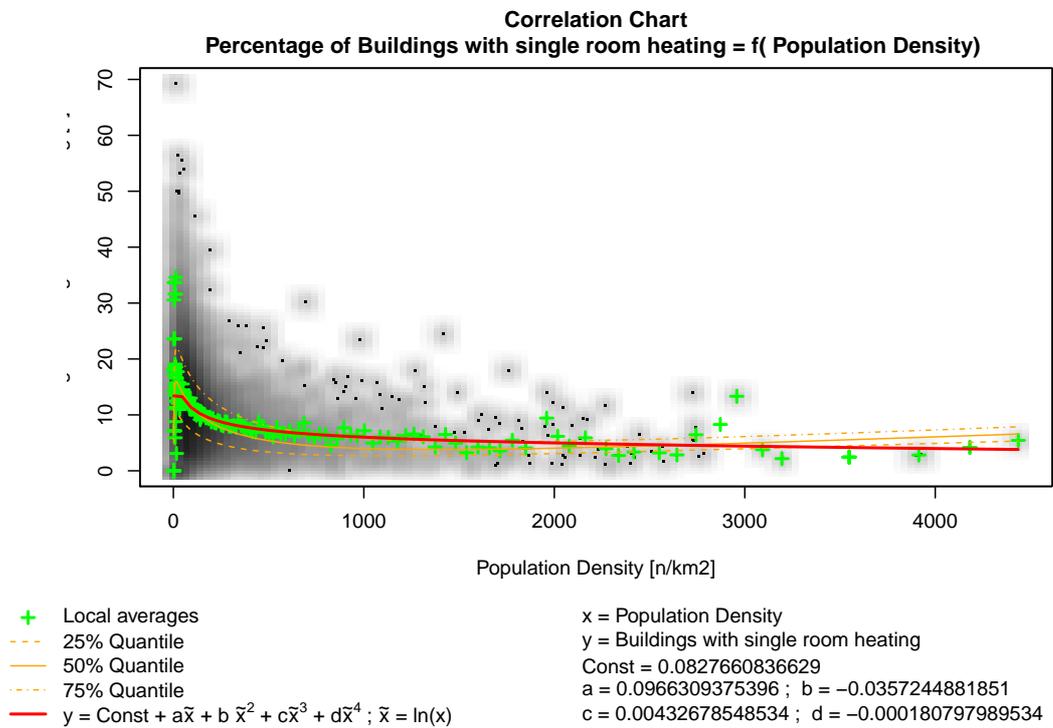


<ul style="list-style-type: none"> + Local averages --- 25% Quantile --- 50% Quantile --- 75% Quantile --- $y = \text{Const} + a\bar{x} + b\bar{x}^2 + c\bar{x}^3 + d\bar{x}^4$; $\bar{x} = \ln(x)$ 	<p>x = Population Density y = Buildings with block-type CHPs Const = -0.00464954316969 a = 0.0109703900193 ; b = -0.00348569366698 c = 0.000400127580116 ; d = -1.15620456969e-05</p>
---	---

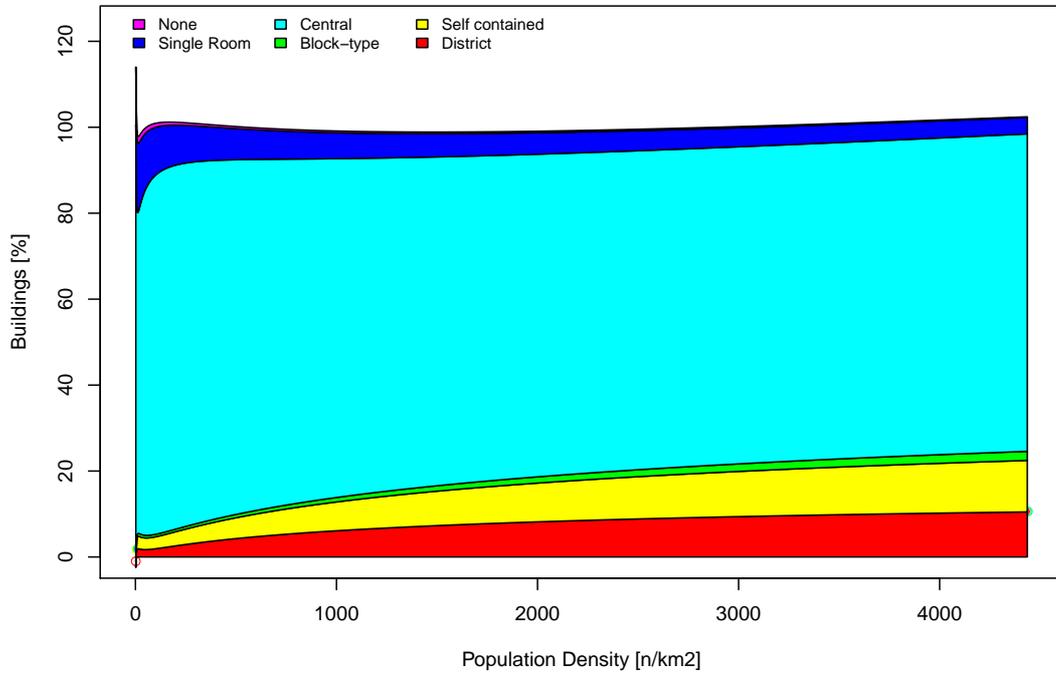
Correlation Chart
Percentage of Buildings with central heating = f(Population Density)



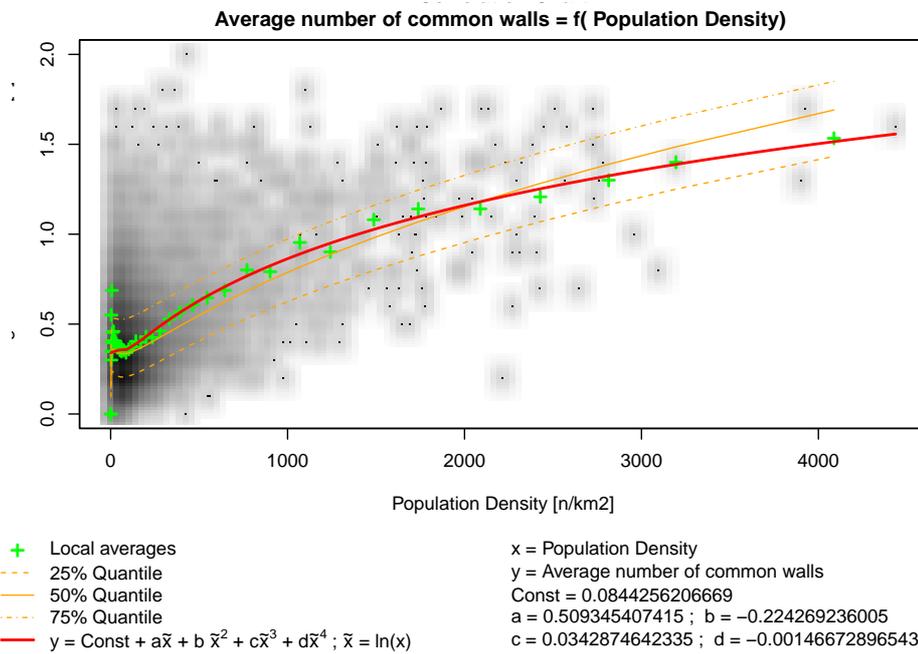
<ul style="list-style-type: none"> + Local averages --- 25% Quantile --- 50% Quantile --- 75% Quantile --- $y = \text{Const} + a\bar{x} + b\bar{x}^2 + c\bar{x}^3 + d\bar{x}^4$; $\bar{x} = \ln(x)$ 	<p>x = Population Density y = Buildings with central heating Const = 1.39552942759 a = -0.68286525874 ; b = 0.24404894017 c = -0.0338635816392 ; d = 0.00159286982264</p>
---	---



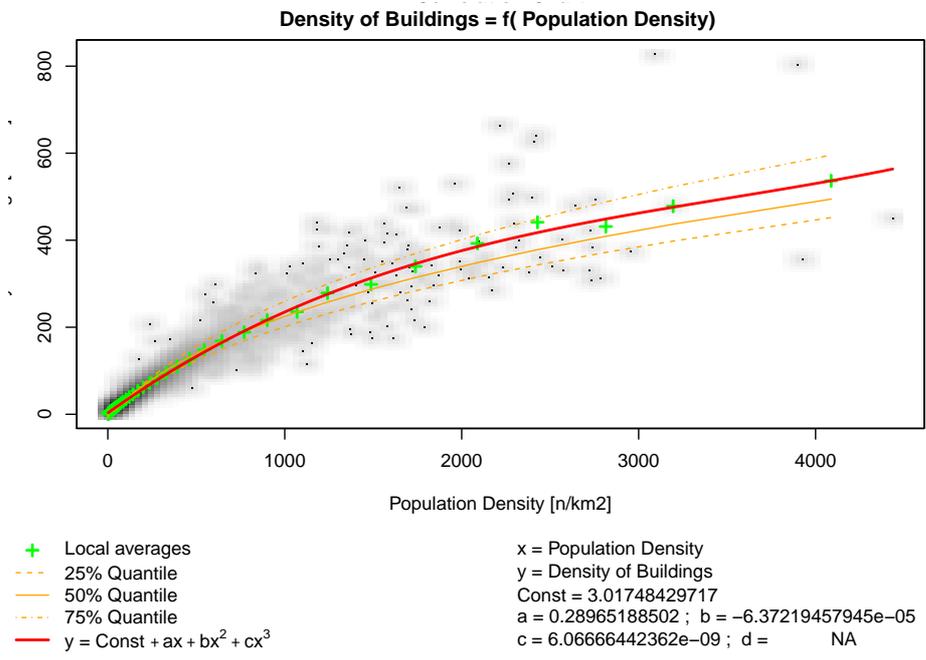
Correlation Sum Check



A.1.3 Anzahl angebaute Wände

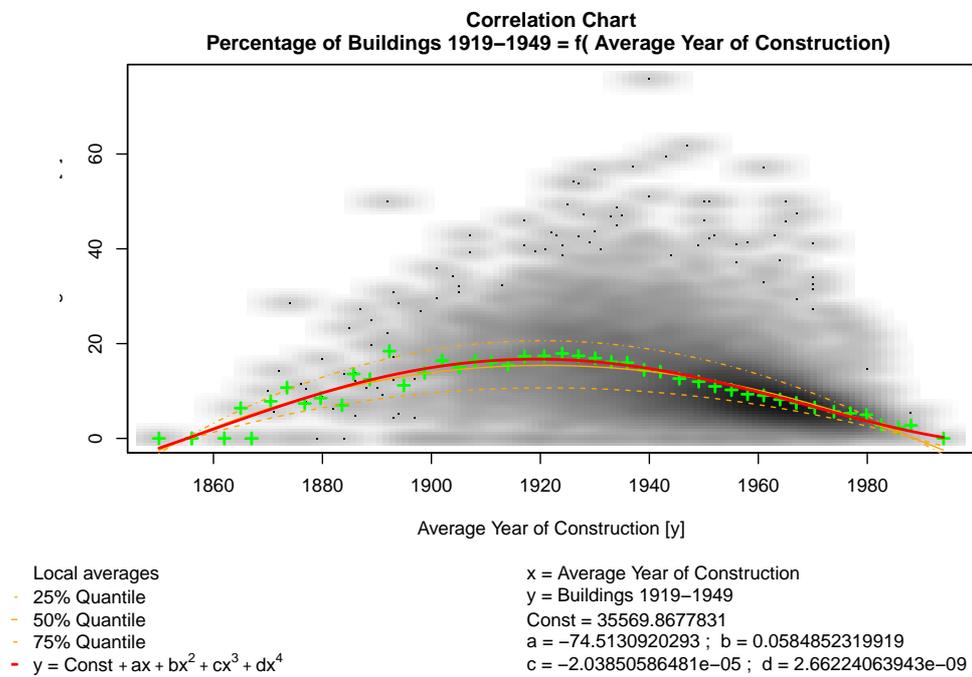
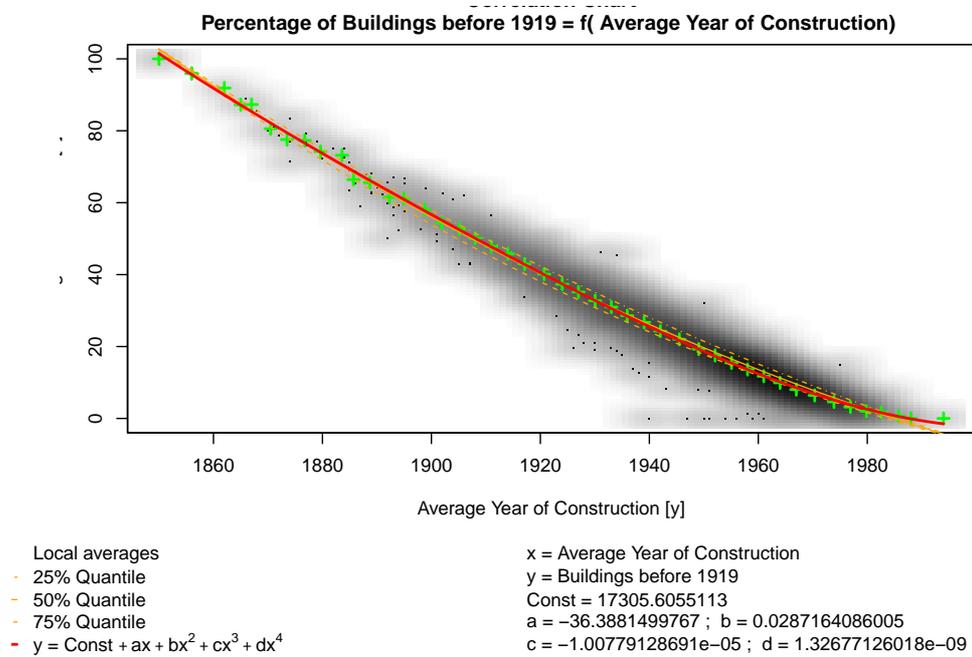


A.1.4 Bebauungsdichte

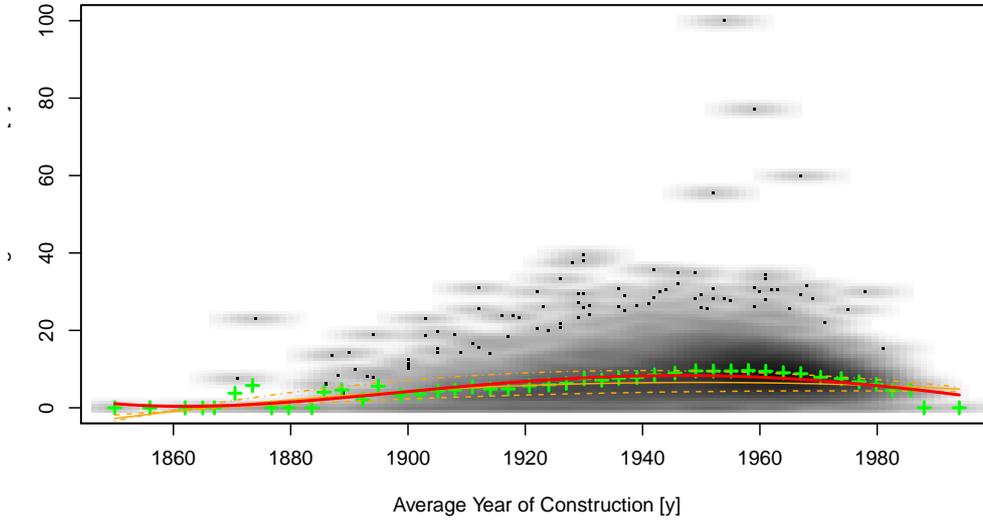


A.2 Korrelationen mit dem Gebäudealter

A.2.1 Verteilung der Gebäude auf Altersklassen



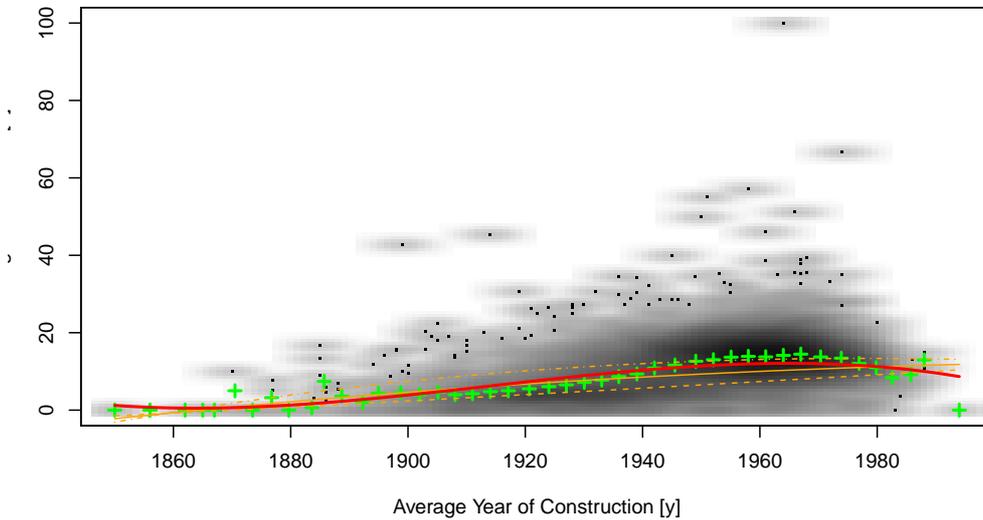
Correlation Chart
Percentage of Buildings 1950–1959 = f(Average Year of Construction)



+ Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
— $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

$x = \text{Average Year of Construction}$
 $y = \text{Buildings 1950–1959}$
 $\text{Const} = 19634.851143$
 $a = -40.3139110208$; $b = 0.0310158404272$
 $c = -1.0597324233e-05$; $d = 1.35676404023e-09$

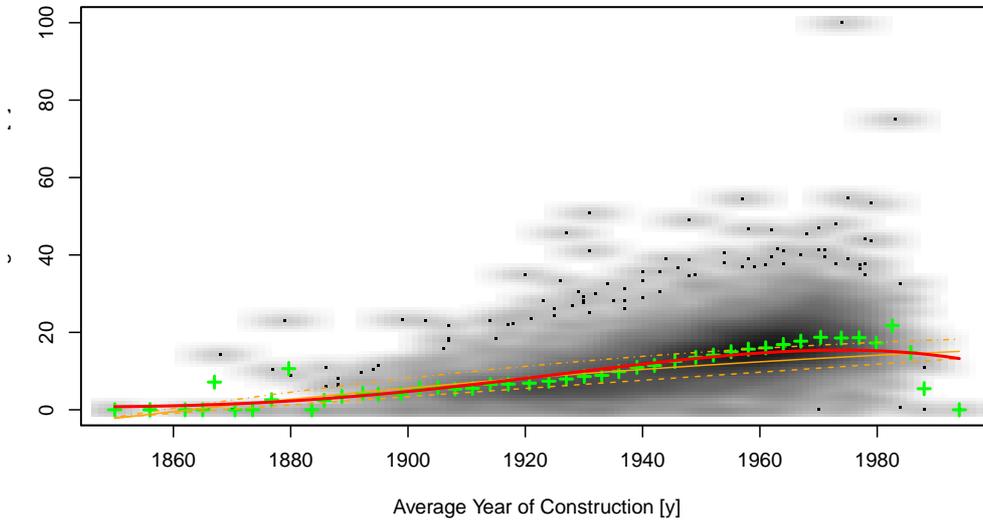
Correlation Chart
Percentage of Buildings 1960–1969 = f(Average Year of Construction)



+ Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
— $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3$

$x = \text{Average Year of Construction}$
 $y = \text{Buildings 1960–1969}$
 $\text{Const} = 1565.83829057$
 $a = -2.45714853733$; $b = 0.00128442363581$
 $c = -2.2364578333e-07$; $d = \text{NA}$

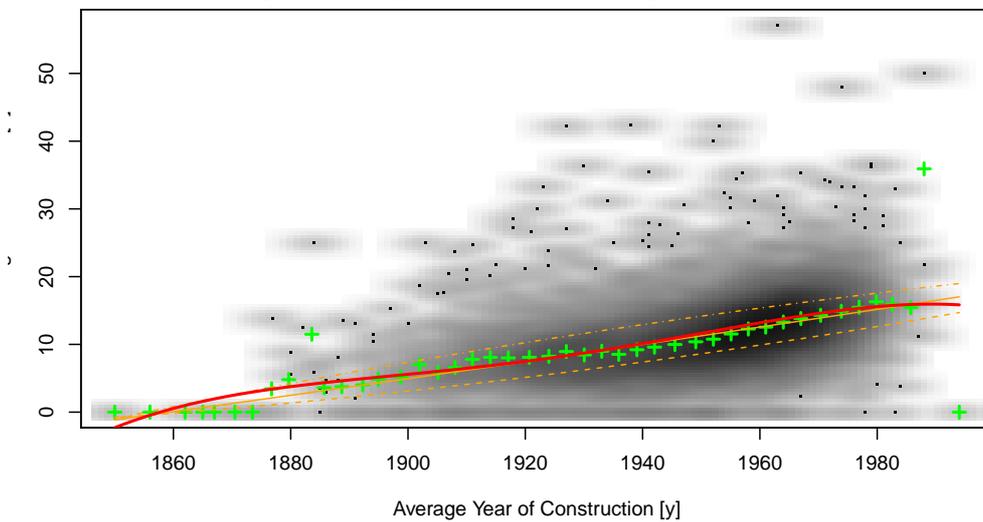
Correlation Chart
Percentage of Buildings 1970–1979 = f(Average Year of Construction)



+ Local averages
- - - 25% Quantile
— 50% Quantile
- - - 75% Quantile
— $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

$x = \text{Average Year of Construction}$
 $y = \text{Buildings 1970–1979}$
 $\text{Const} = -13807.4794397$
 $a = 29.4456917826$; $b = -0.0235344705472$
 $c = 8.3548190733e-06$; $d = -1.11152868813e-09$

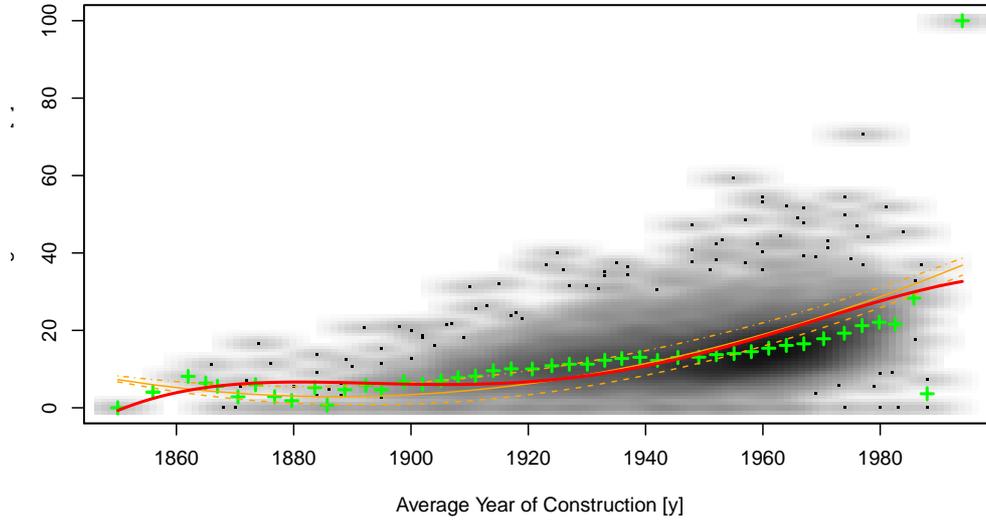
Correlation Chart
Percentage of Buildings 1980–1989 = f(Average Year of Construction)



+ Local averages
- - - 25% Quantile
— 50% Quantile
- - - 75% Quantile
— $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

$x = \text{Average Year of Construction}$
 $y = \text{Buildings 1980–1989}$
 $\text{Const} = -30975.4127214$
 $a = 64.4257617573$; $b = -0.0502414455583$
 $c = 1.74102147726e-05$; $d = -2.26199334127e-09$

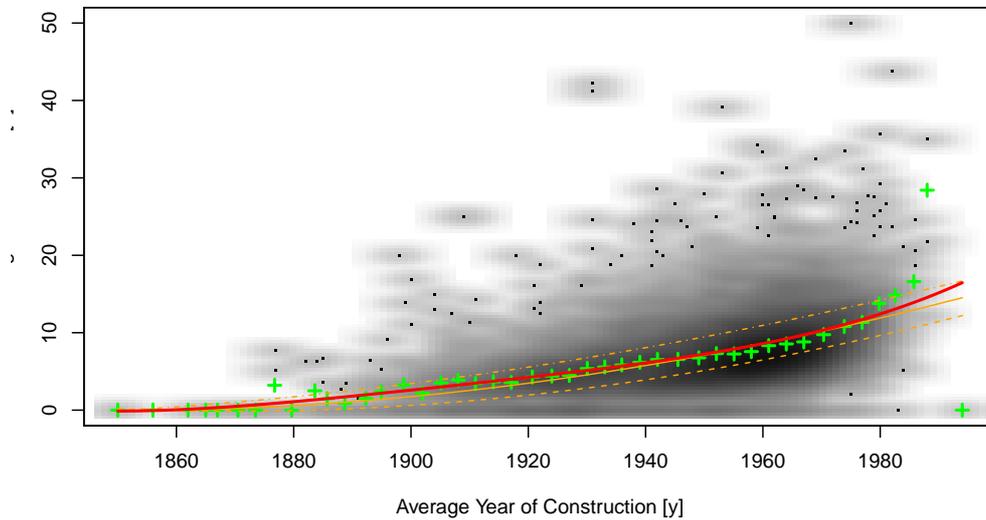
Correlation Chart
Percentage of Buildings 1990–1999 = f(Average Year of Construction)



- + Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- - - $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

x = Average Year of Construction
 y = Buildings 1990–1999
 Const = -78927.6111133
 a = 163.688015644 ; b = -0.127255654658
 c = 4.39532475707e-05 ; d = -5.69071518752e-09

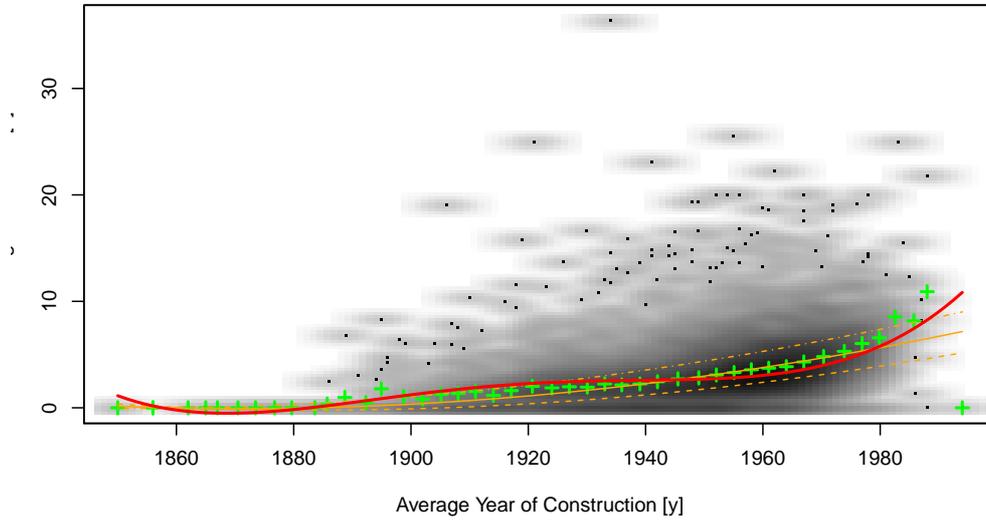
Correlation Chart
Percentage of Buildings 2000–2005 = f(Average Year of Construction)



- + Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- - - $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

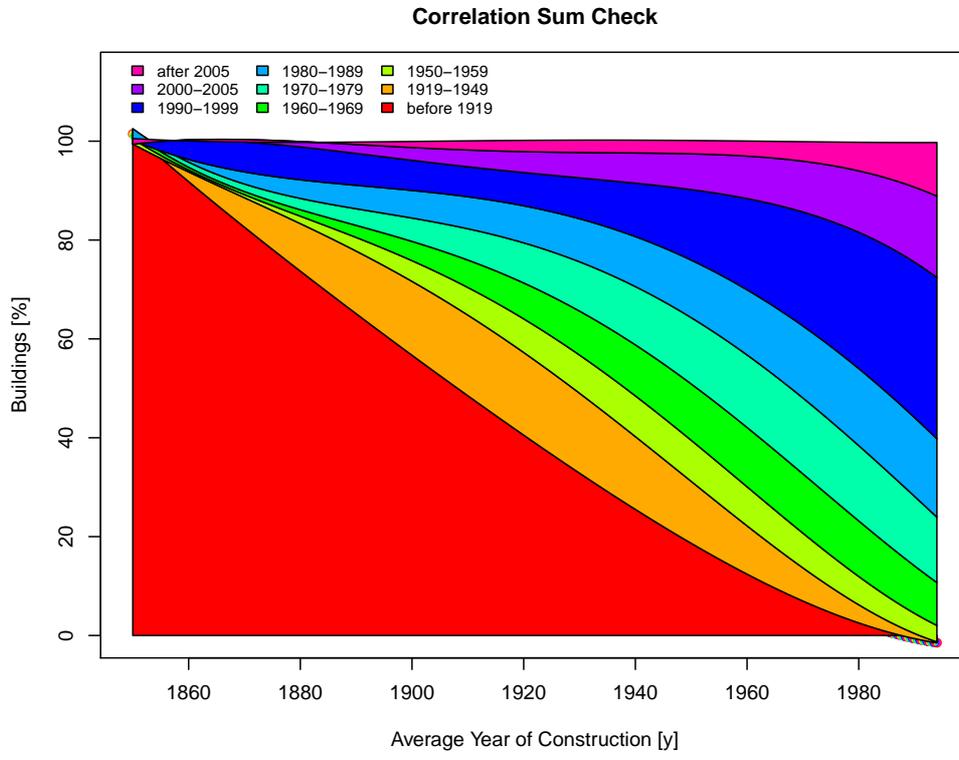
x = Average Year of Construction
 y = Buildings 2000–2005
 Const = 11766.6009045
 a = -24.6792191619 ; b = 0.0194109659543
 c = -6.78574716302e-06 ; d = 8.89633599806e-10

Correlation Chart
Percentage of Buildings after 2005 = f(Average Year of Construction)

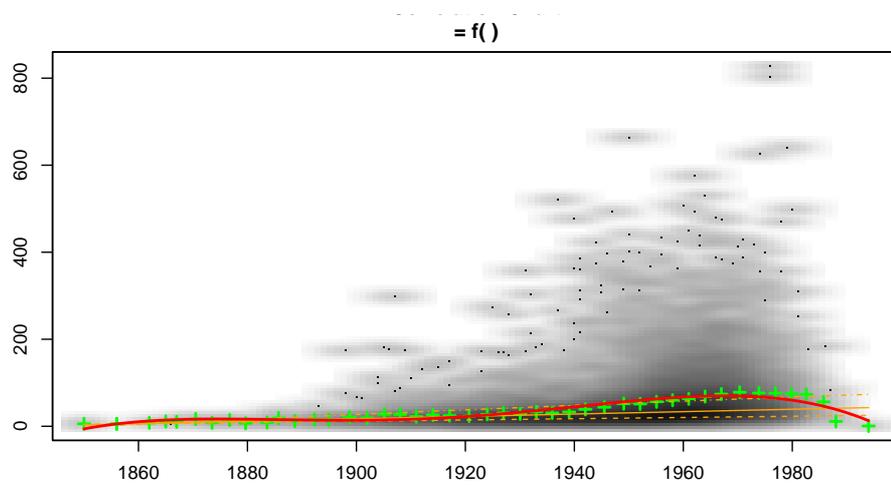


- + Local averages
- - - 25% Quantile
- - - 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- - - $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

x = Average Year of Construction
 y = Buildings after 2005
 Const = 44628.2541018
 a = -93.1984482031 ; b = 0.0729744813998
 c = -2.53912946008e-05 ; d = 3.31257598651e-09



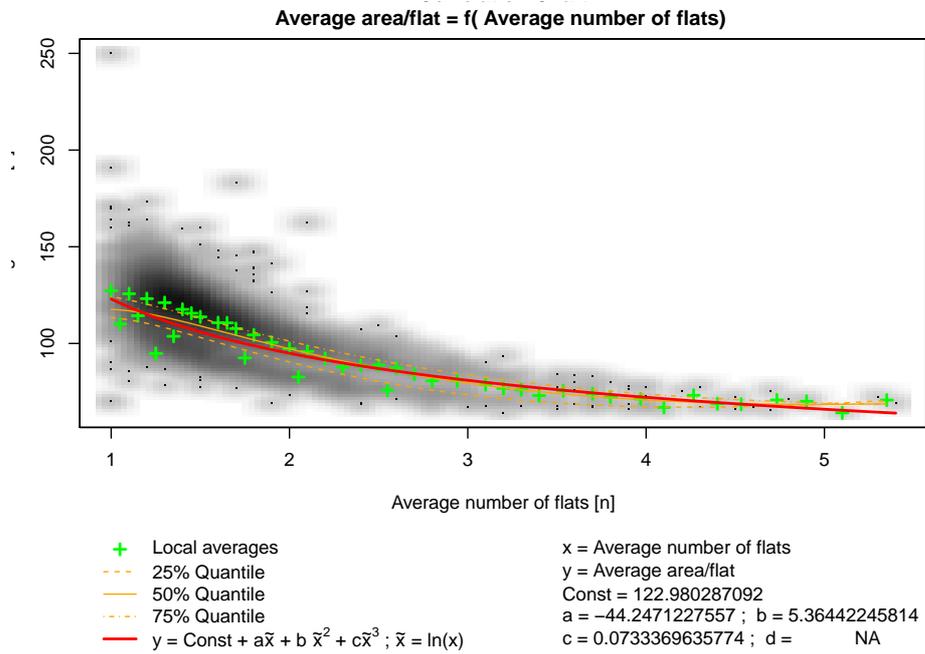
A.2.2 Bebauungsdichte



- + Local averages
- - - 25% Quantile
- 50% Quantile
- - - 75% Quantile
- $y = \text{Const} + ax + bx^2 + cx^3 + dx^4$

x =
y =
Const = -57059003.0389
a = 119356.693679 ; b = -93.607703522
c = 0.0326214340456 ; d = -4.2621916339e-06

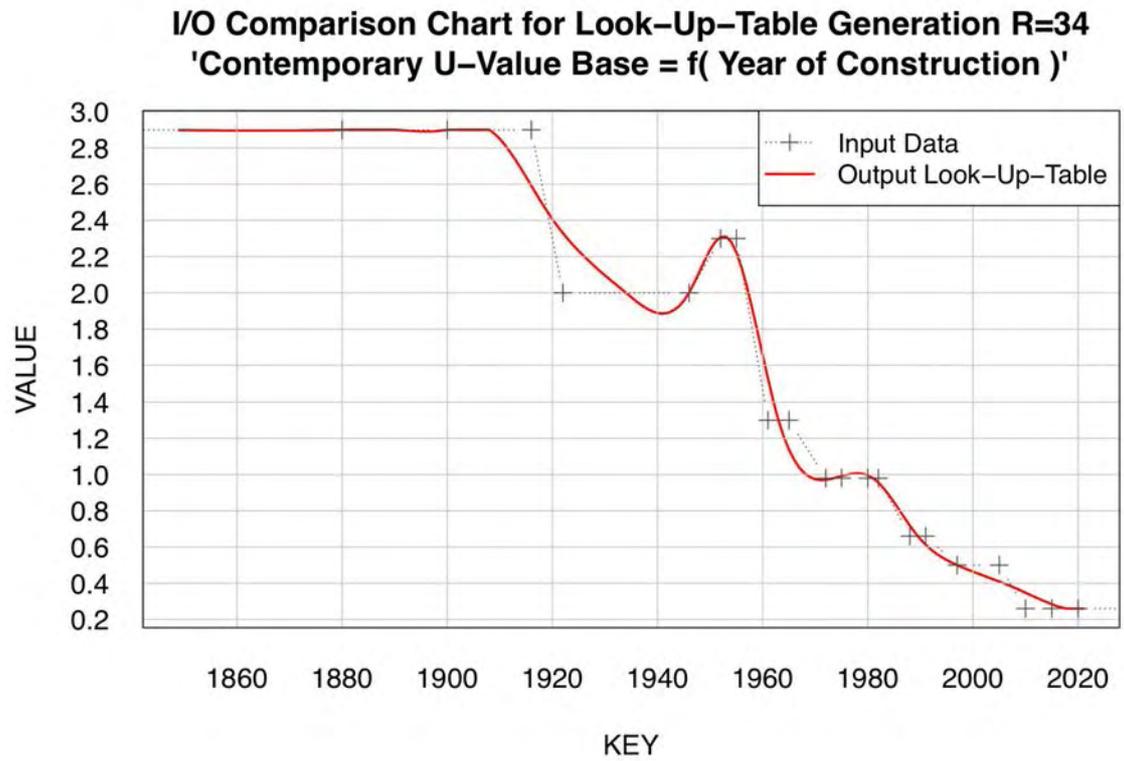
A.3 Verteilung der Gebäude nach Bebauungsdichte



B Bestimmung der generischen Kenndaten Teil I LookUp-Tabellen

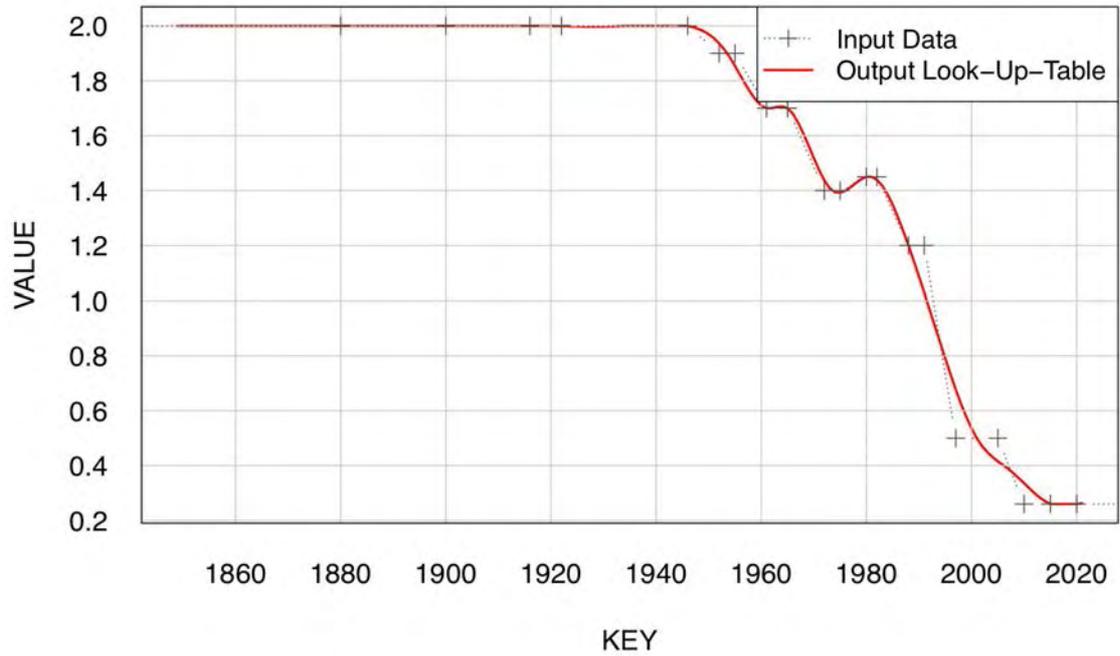
B.1 U-Werte zur Bauzeit (Durchschnitt aller Gebäude)

B.1.1 Boden



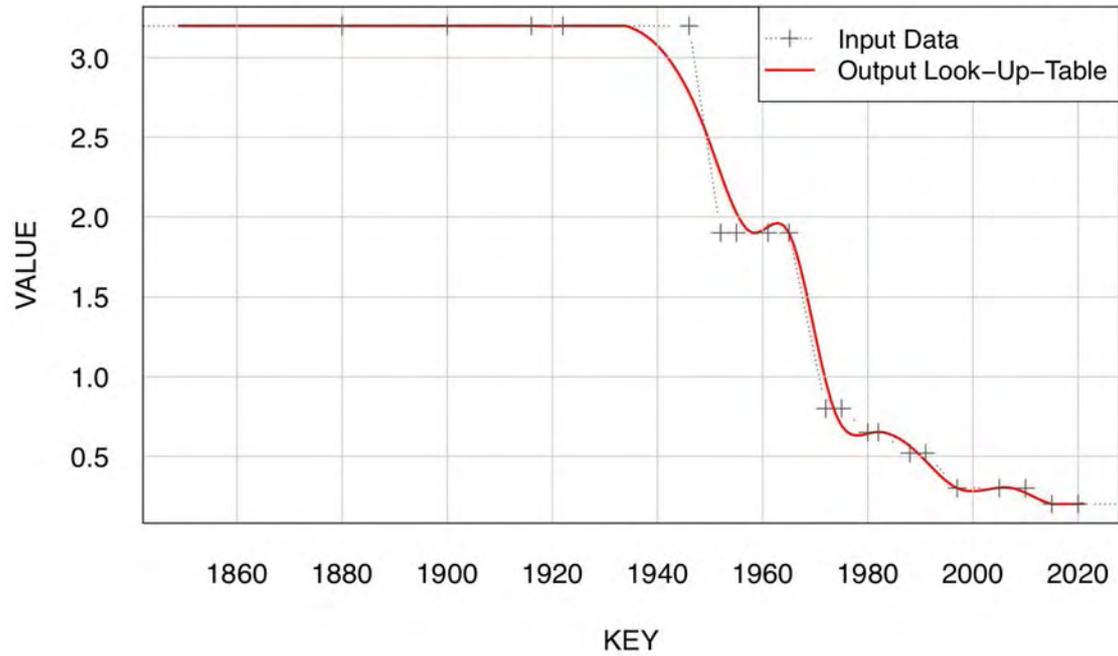
B.1.2 Wand

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=44
'Contemporary U-Value Wall = f(Year of Construction)'**



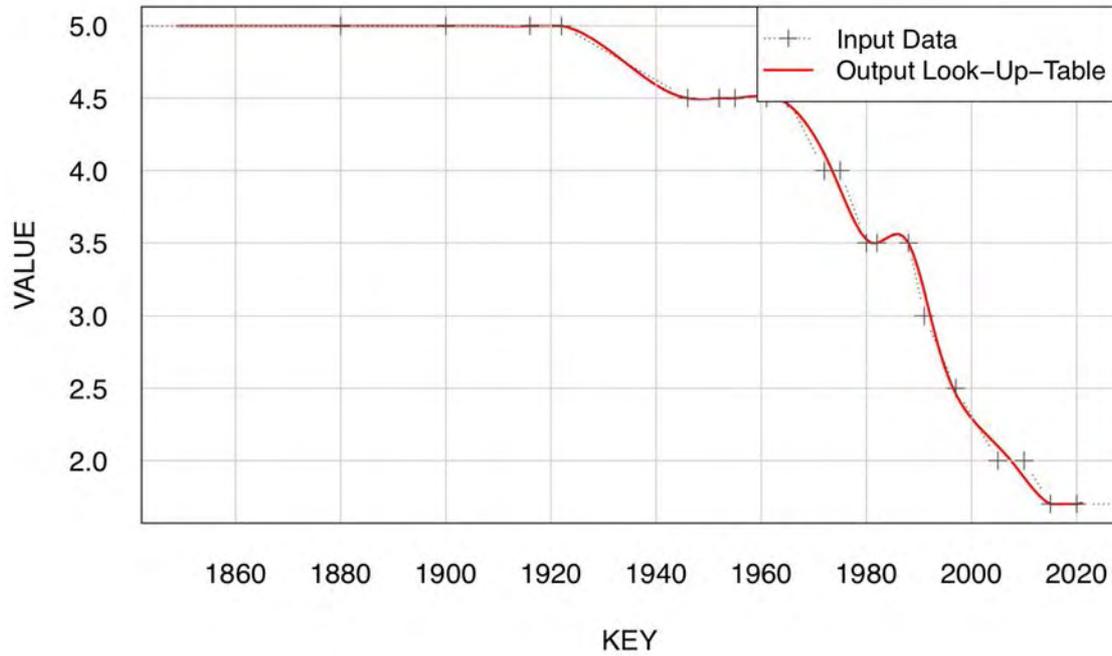
B.1.3 Dach

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=37
'Contemporary U-Value Roof = f(Year of Construction)'

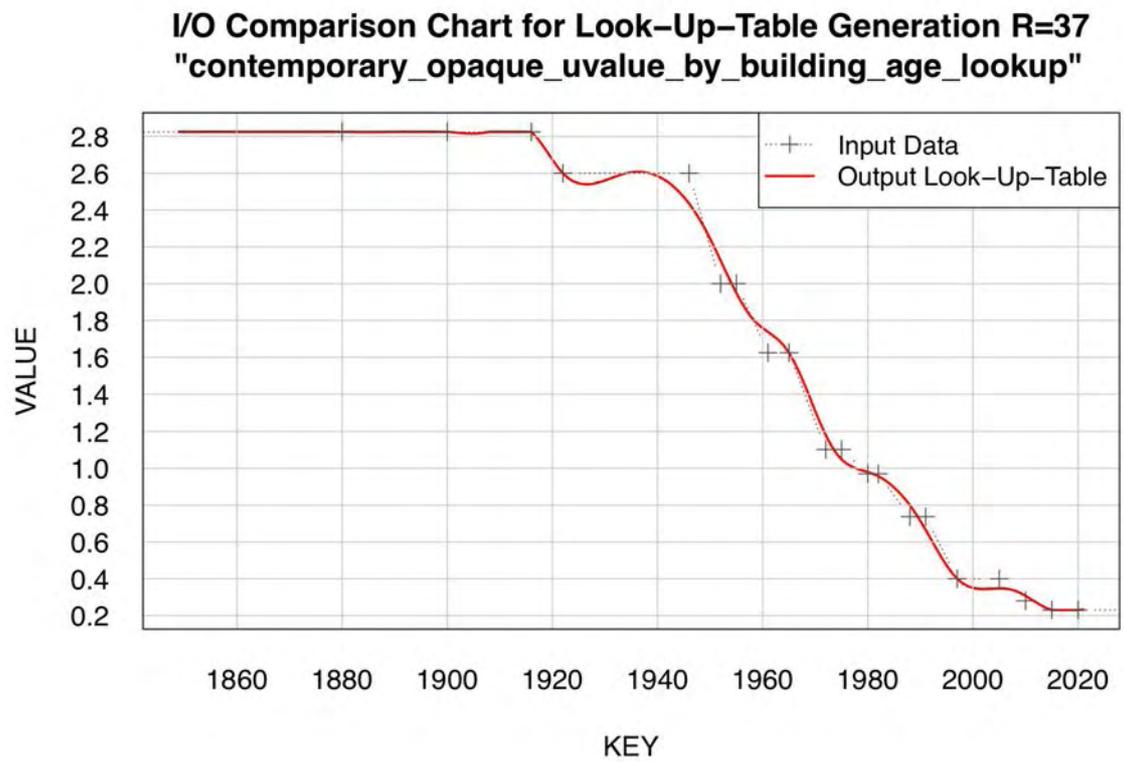


B.1.4 Fenster

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=41
'Contemporary U-Value Window = f(Year of Construction)'**

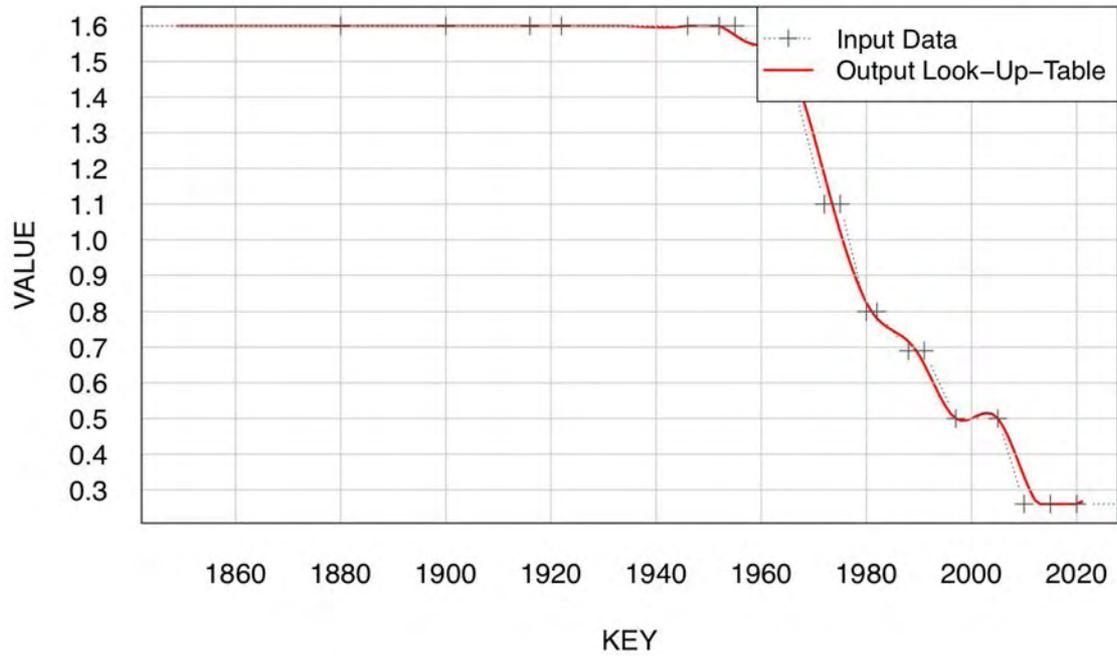


B.1.5 Durchschnitt aller opaken Bauteile



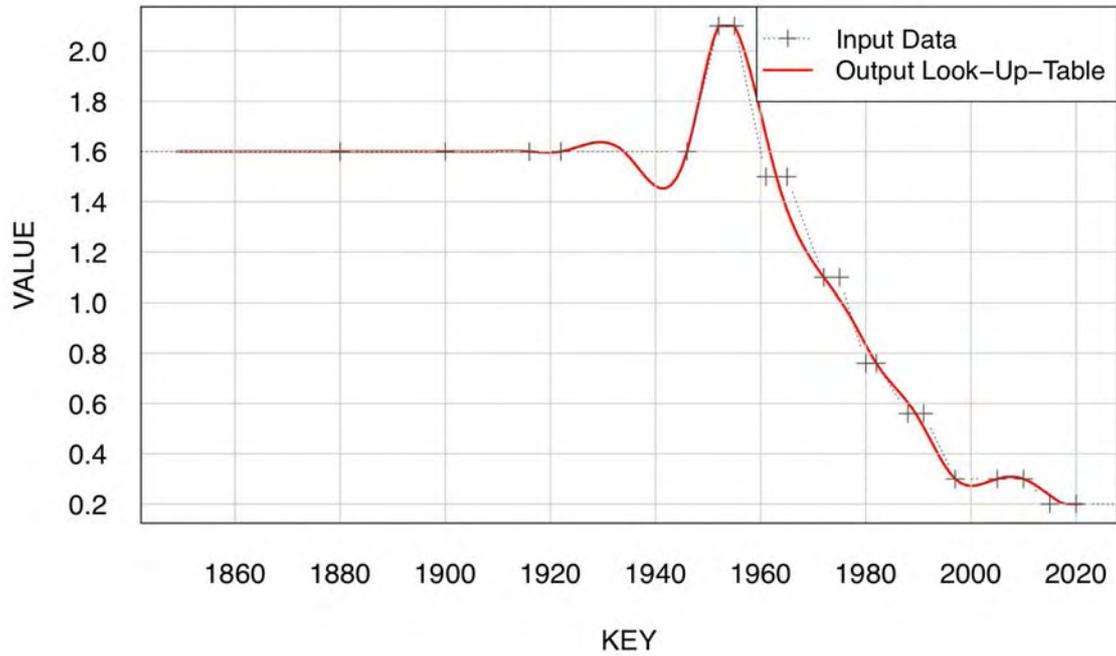
B.1.6 Kellerdecke

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=39
'Contemporary U-Value Base Ceiling = f(Year of Construction)'



B.1.7 Oberste Geschossdecke

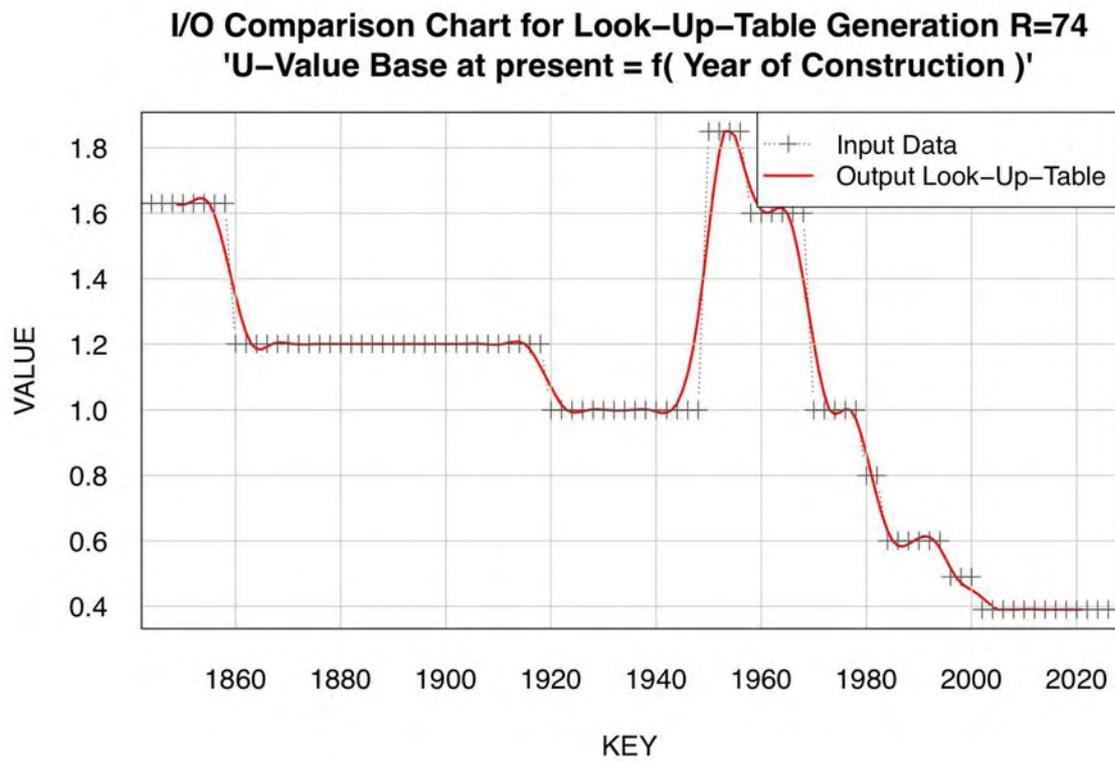
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=45
'Contemporary U-Value Top Ceiling = f(Year of Construction)'**



B.2 U-Werte heute bei durchschnittlichem Sanierungsstand

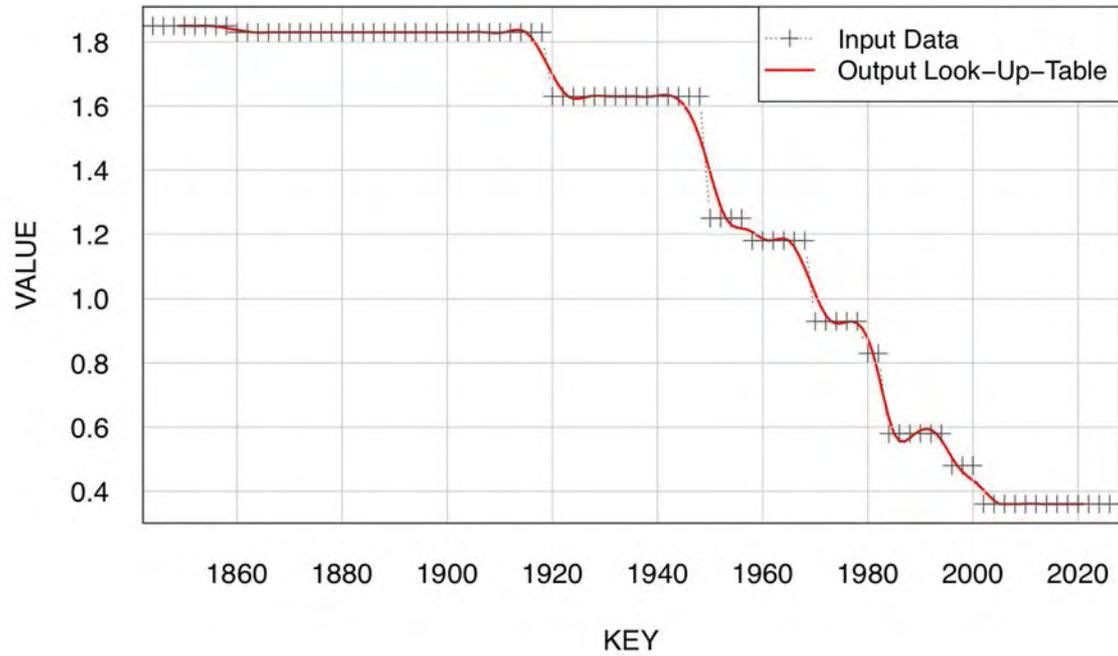
B.2.1 Durchschnitt aller Gebäude

Boden



Wand

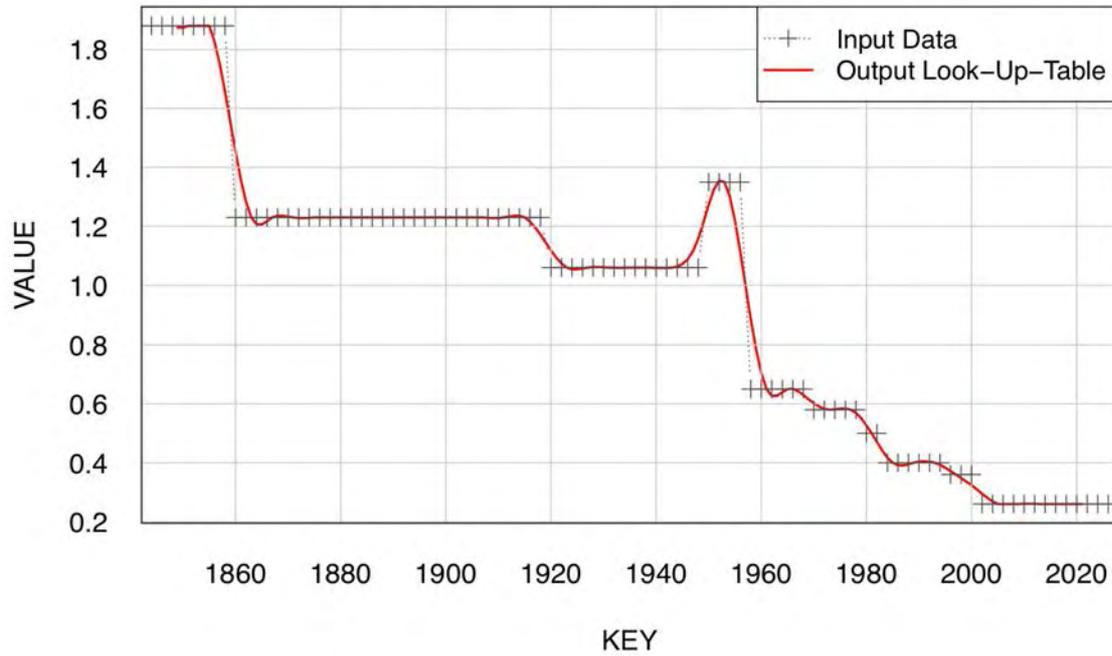
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Wall at present = f(Year of Construction)'**



B-12

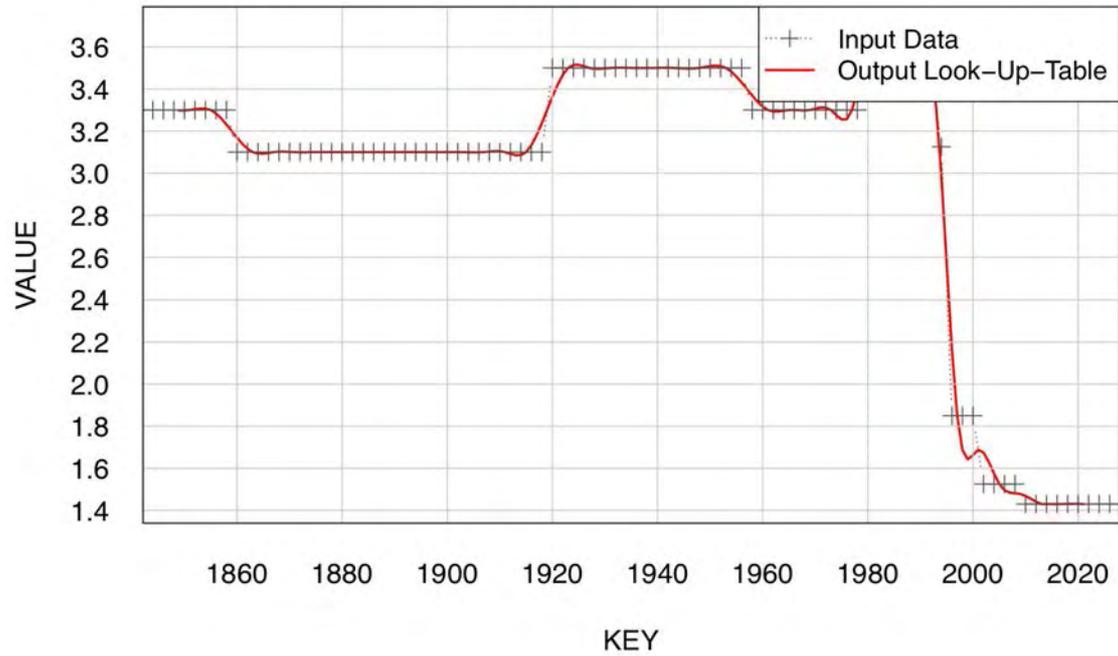
Dach

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Roof = f(Year of Construction)'



Fenster

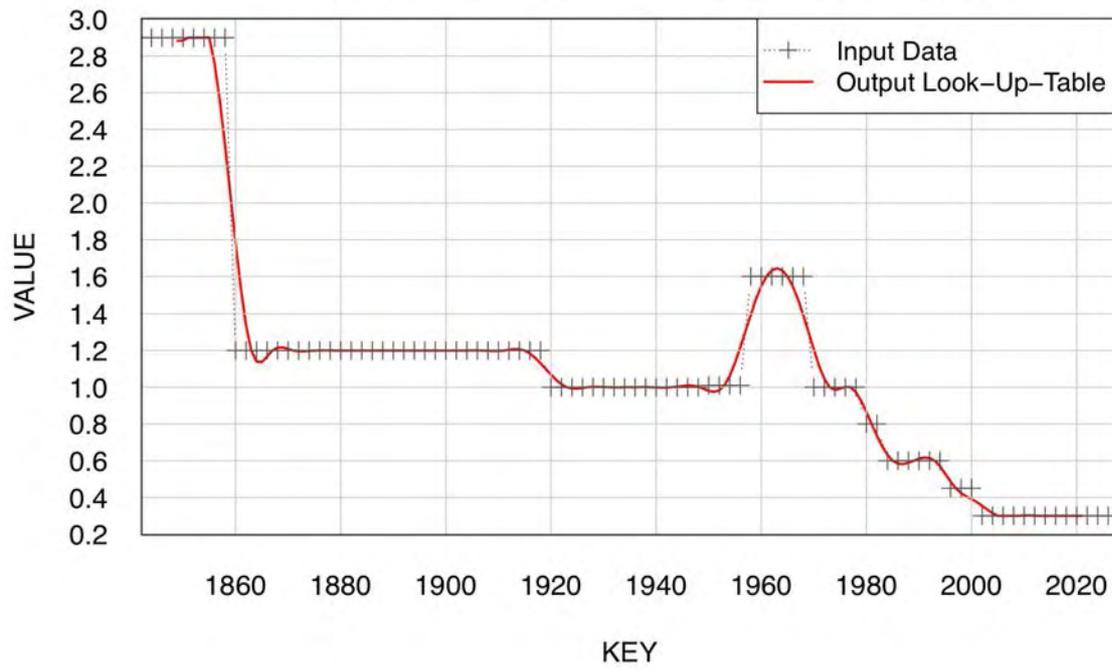
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Window at present = f(Year of Construction)'**



B.2.2 Einfamilienhäuser

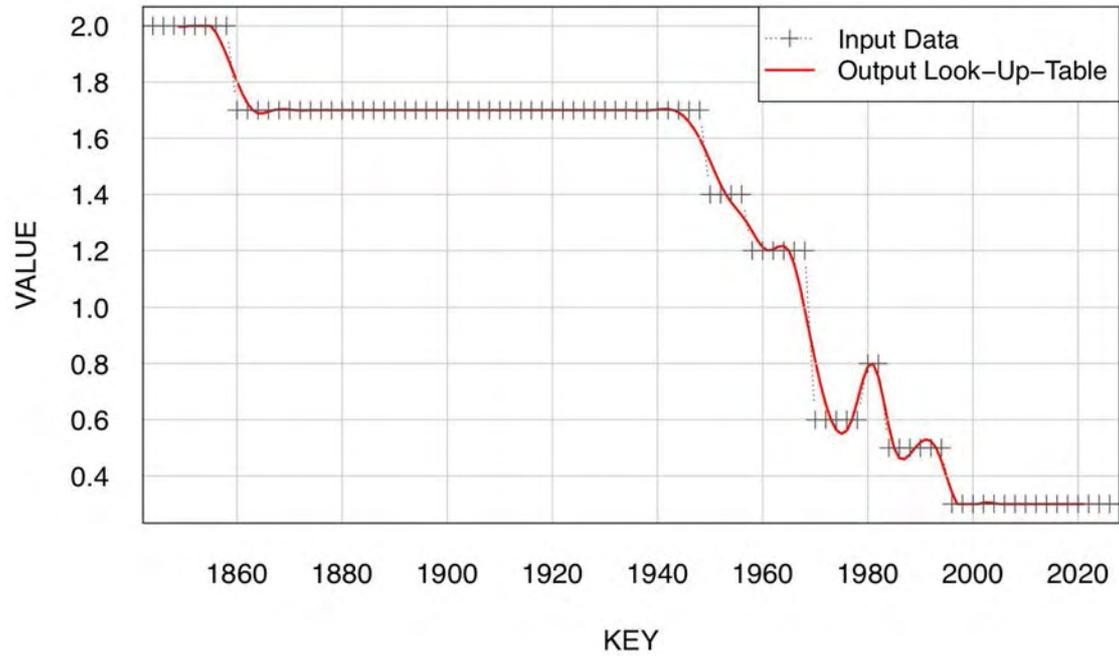
Boden

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Base at present = f(Year of Construction)'

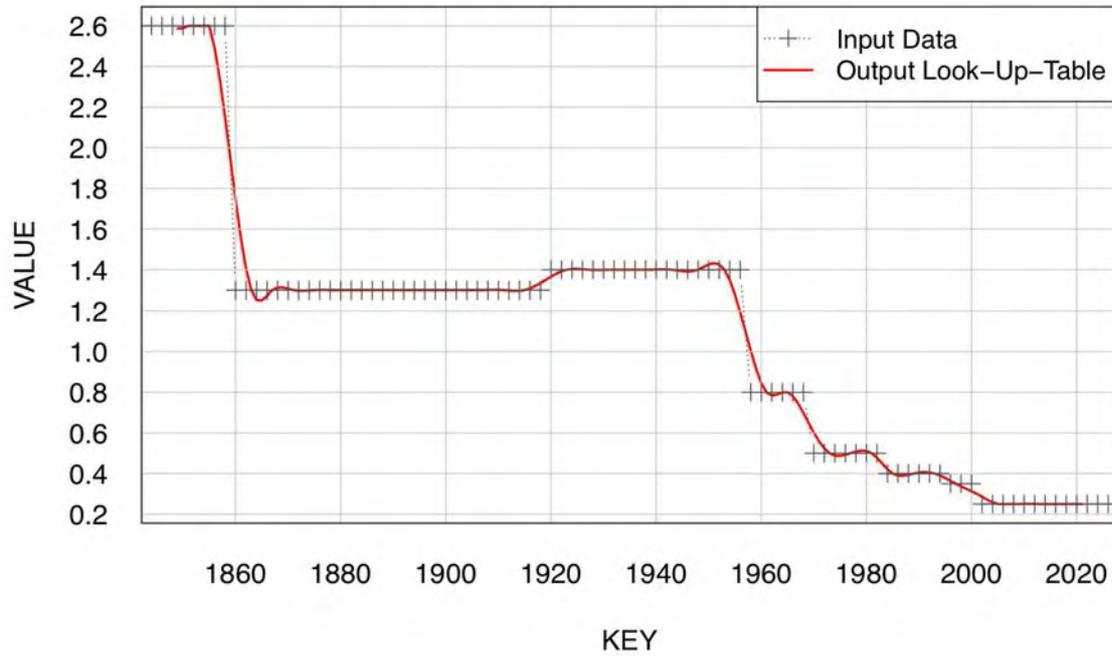


Wand

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Wall at present = f(Year of Construction)'

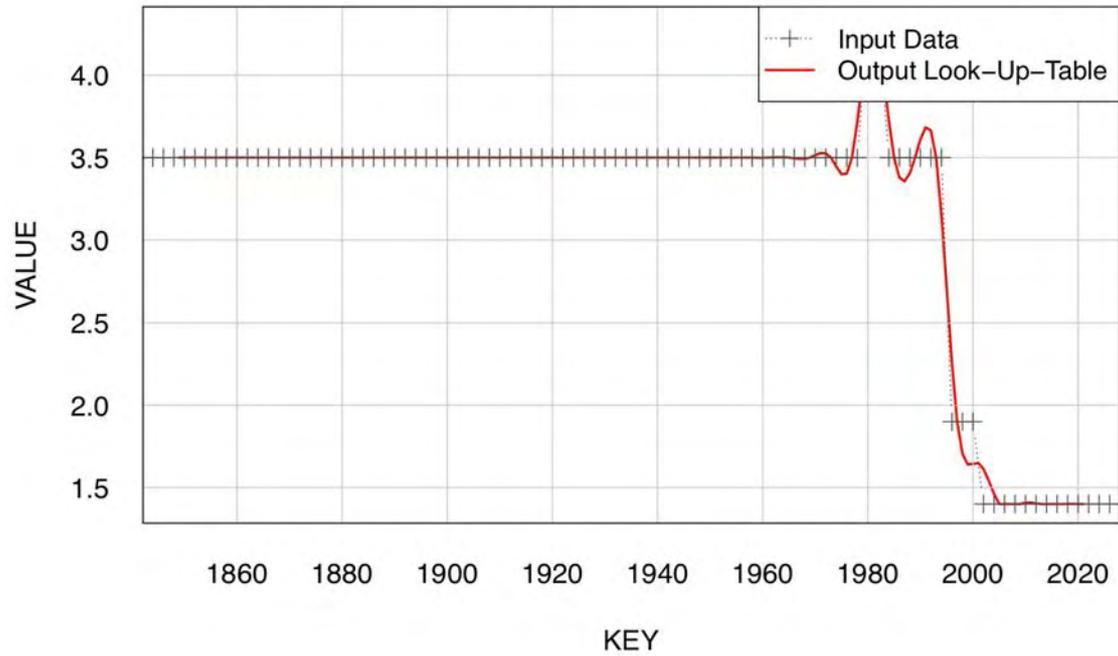


I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Roof = f(Year of Construction)'



Fenster

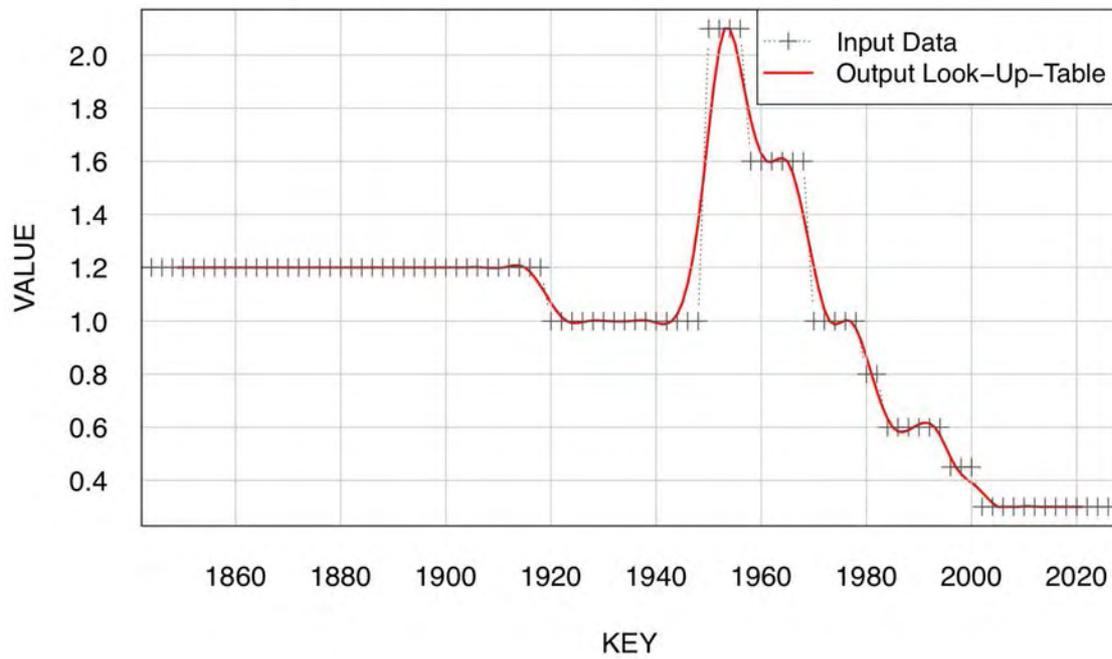
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Window at present = f(Year of Construction)'**



B.2.3 Doppel-\slash Reihenhäuser

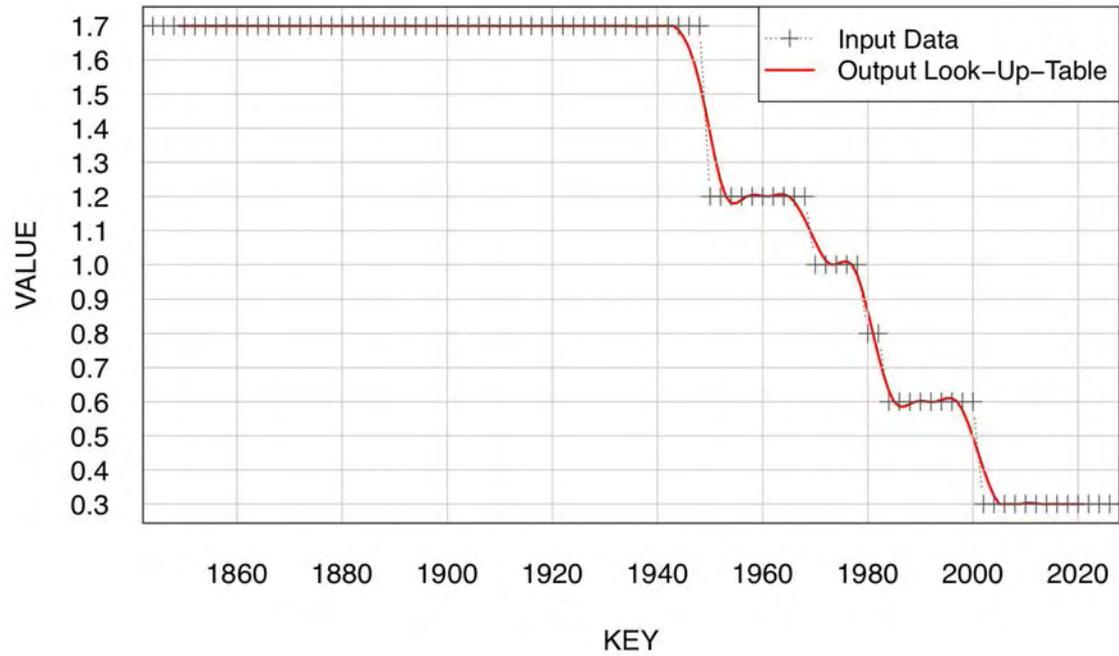
Boden

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Base at present = f(Year of Construction)'

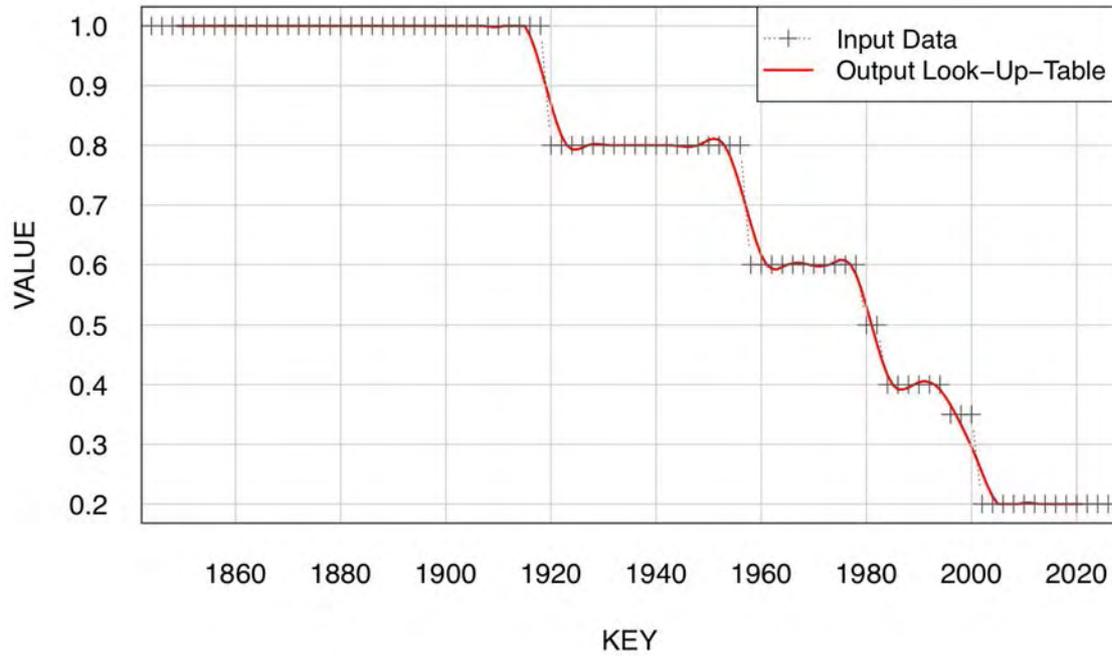


Wand

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Wall at present = f(Year of Construction)'

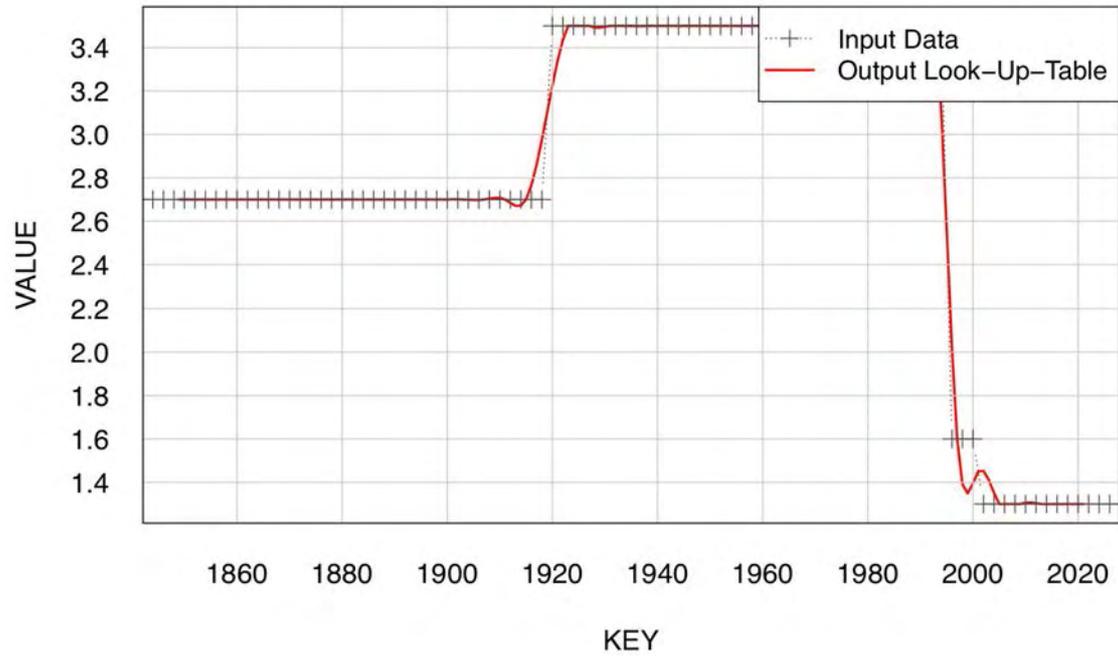


I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Roof = f(Year of Construction)'



Fenster

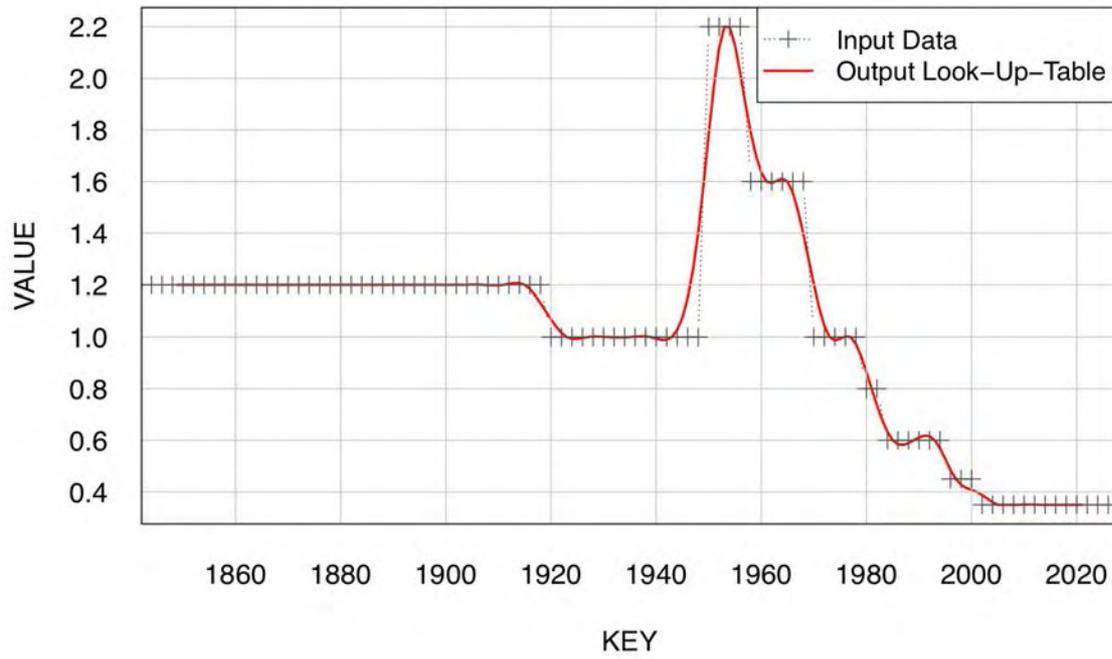
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Window at present = f(Year of Construction)'**



B.2.4 Mehrfamilienhäuser

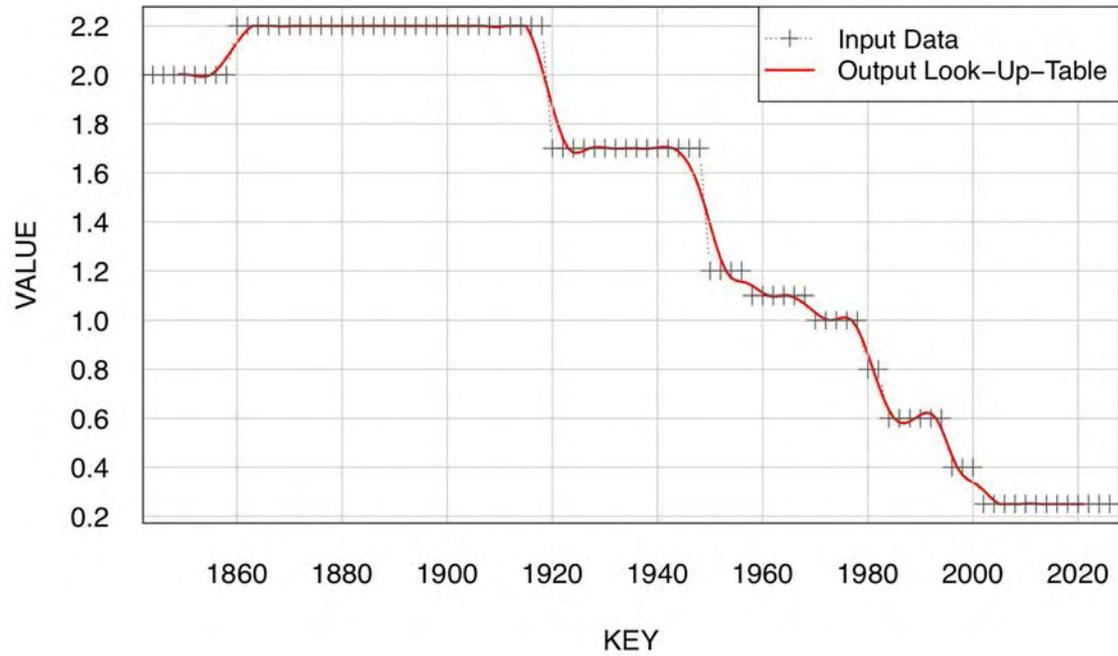
Boden

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Base at present = f(Year of Construction)'

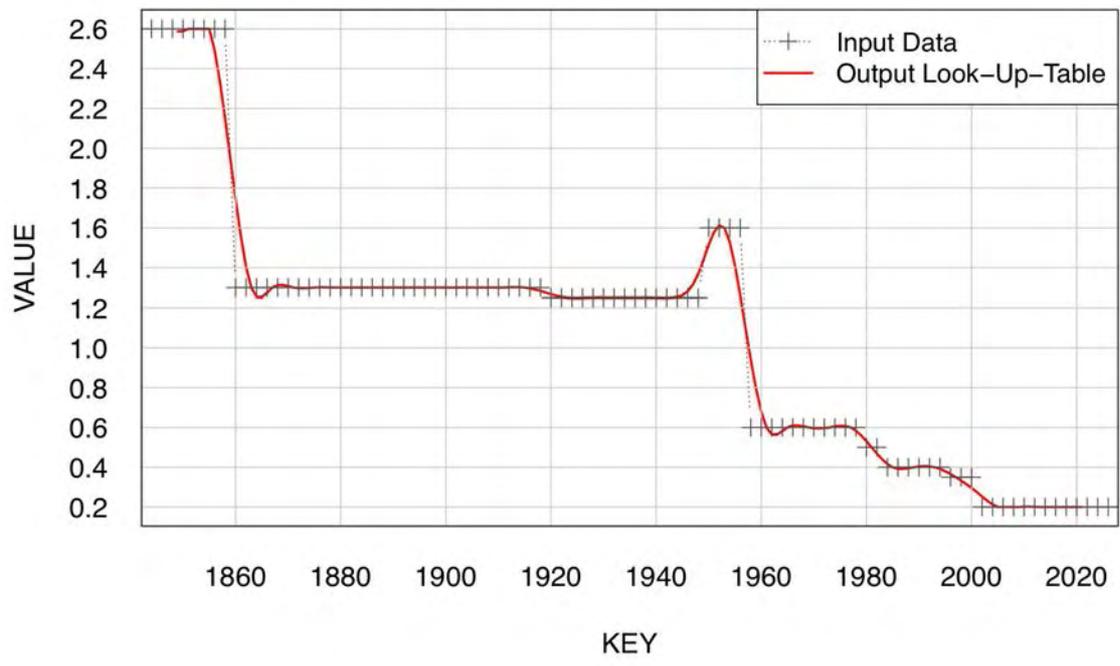


Wand

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Wall at present = f(Year of Construction)'**

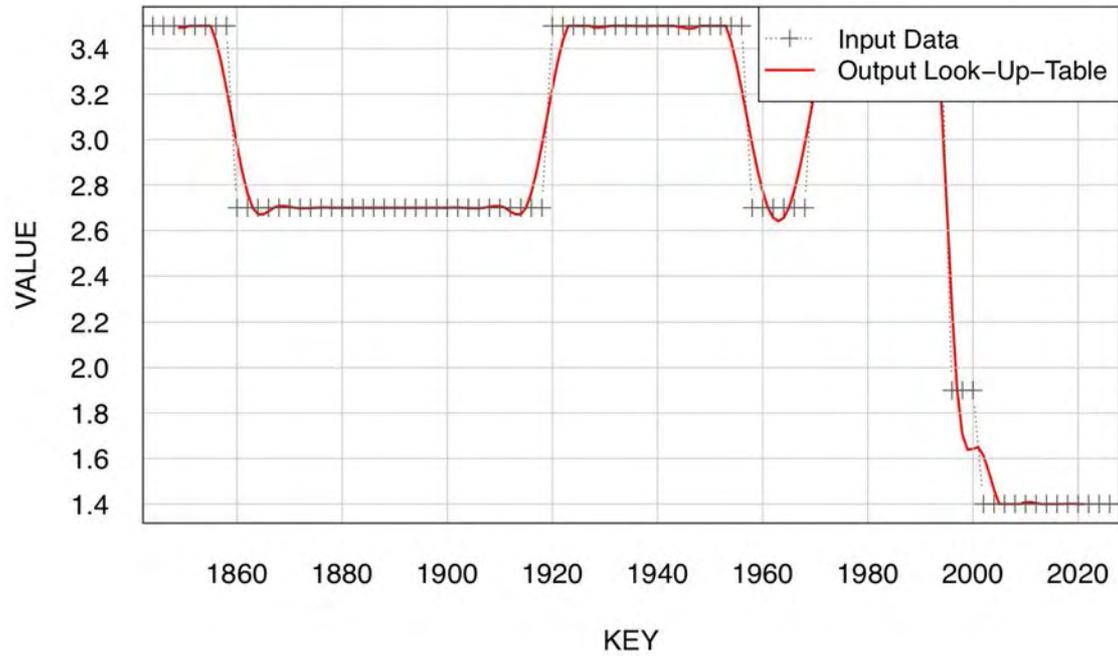


I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Roof = f(Year of Construction)'



Fenster

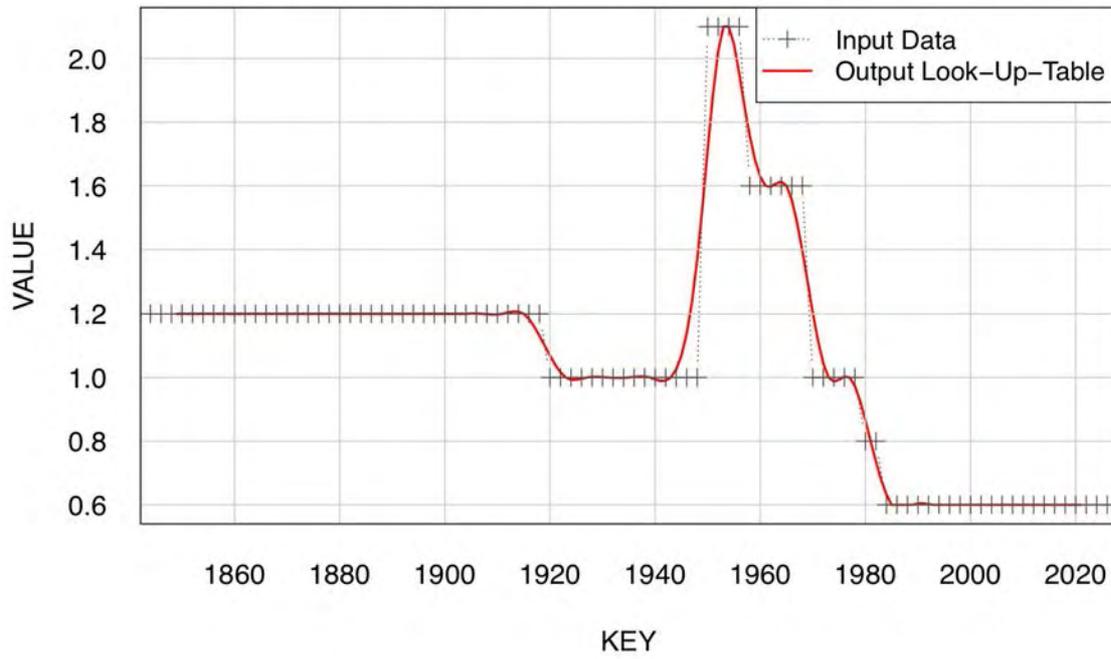
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Window at present = f(Year of Construction)'**



B.2.5 Große Mehrfamilienhäuser

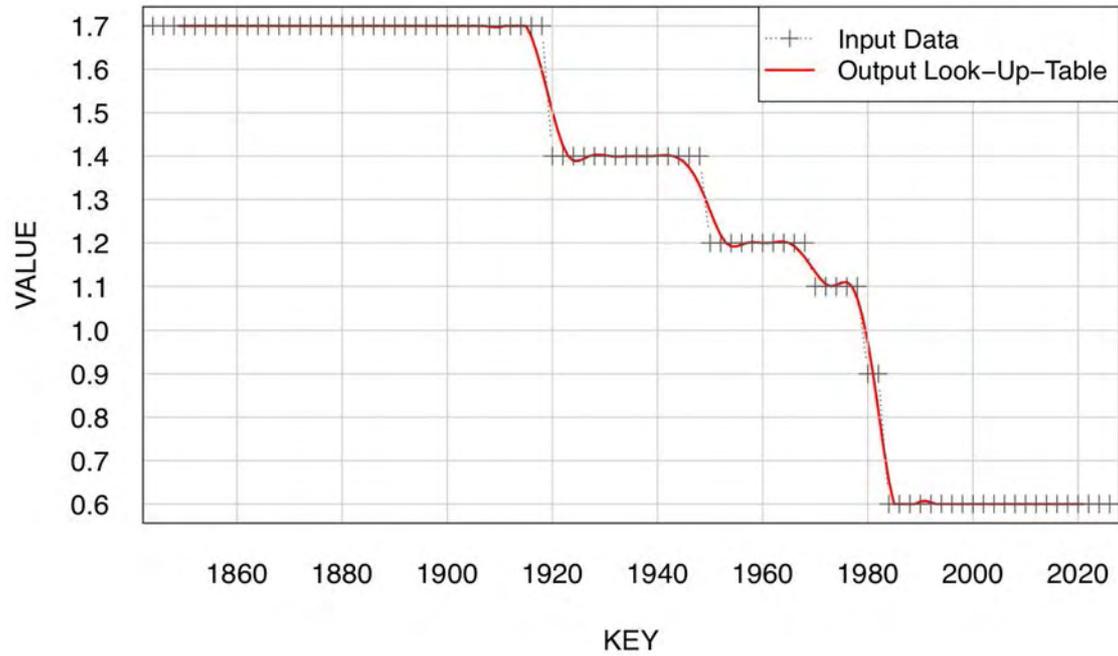
Boden

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Base at present = f(Year of Construction)'**

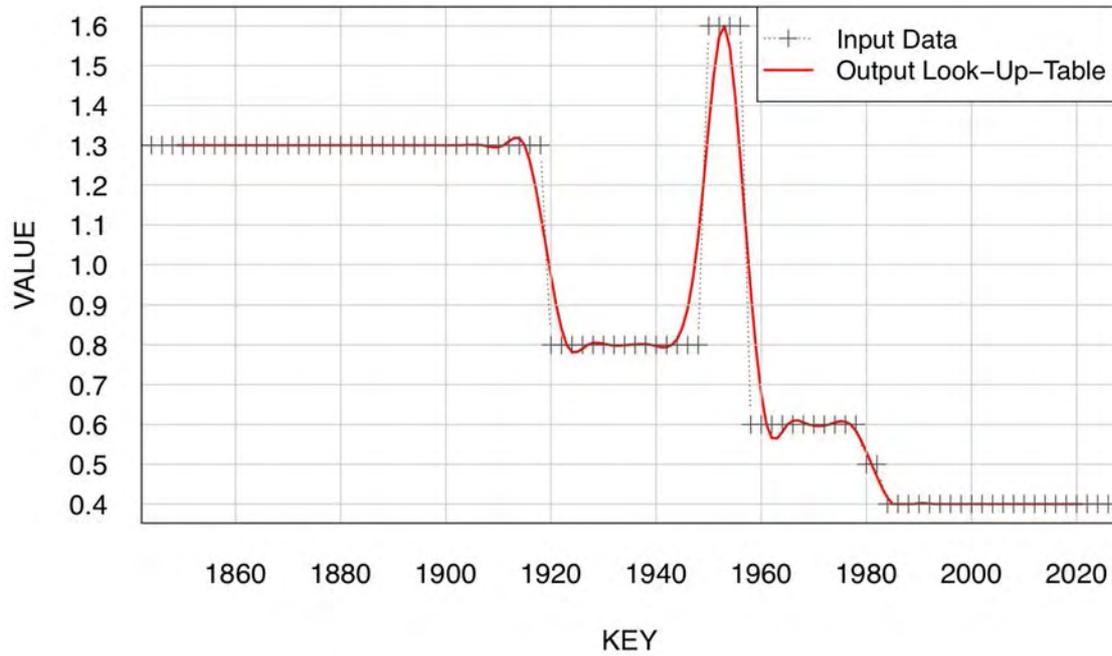


Wand

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Wall at present = f(Year of Construction)'**

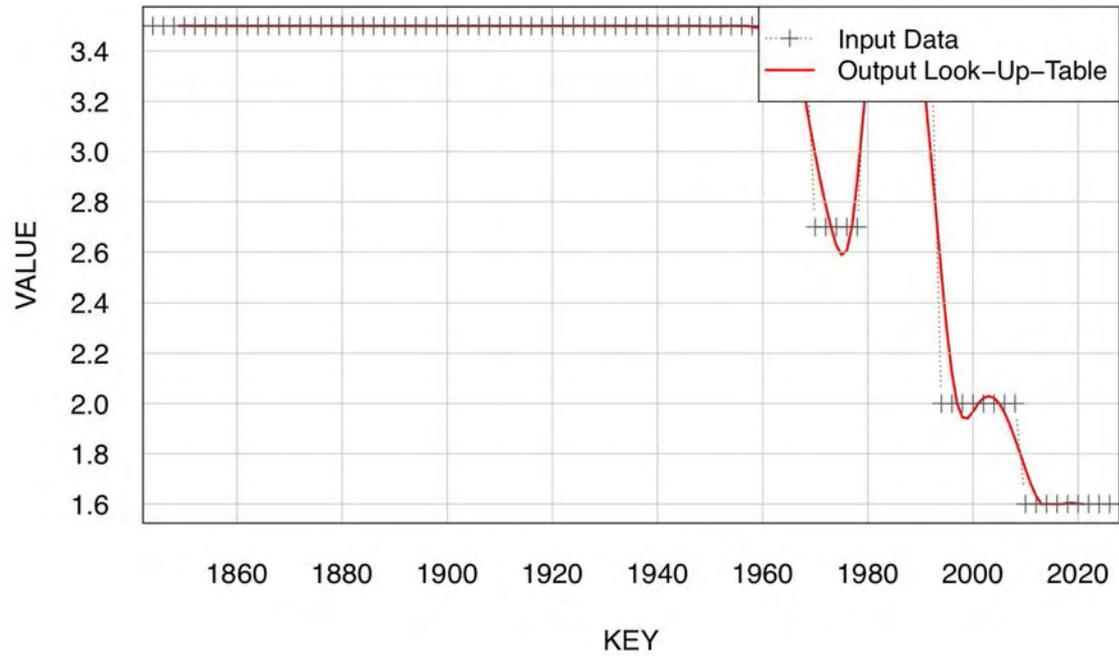


I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Roof = f(Year of Construction)'



Fenster

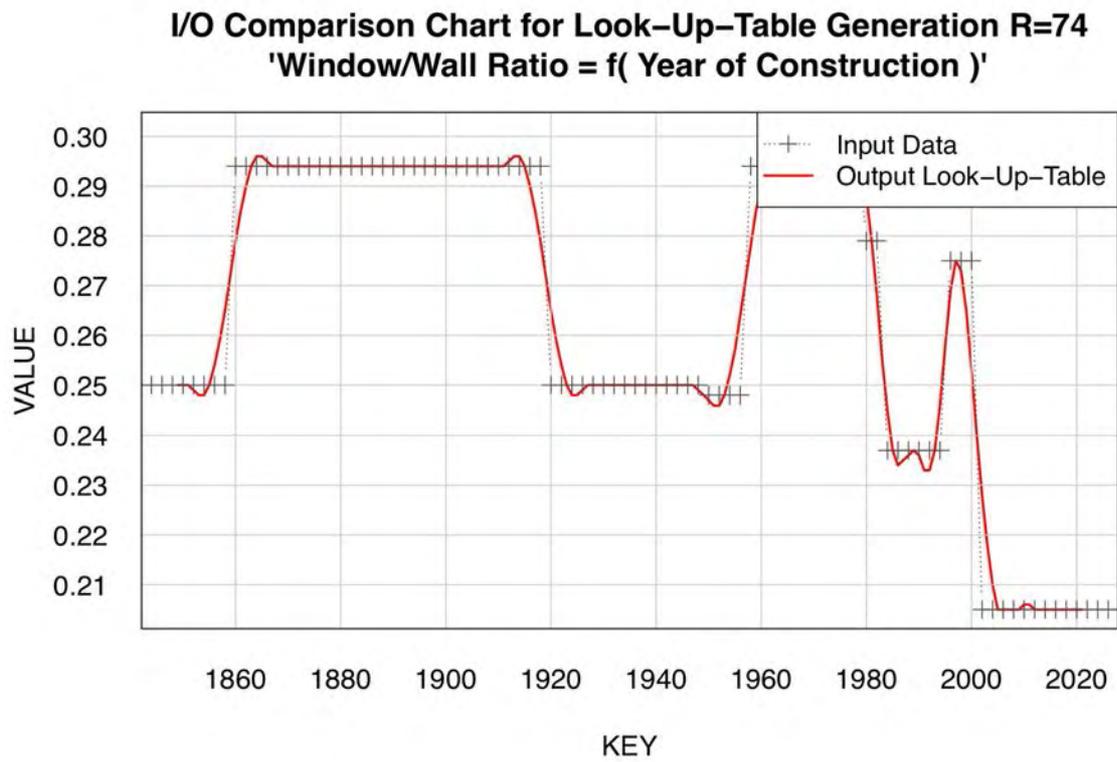
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'U-Value Window at present = f(Year of Construction)'**



B.3 Fensteranteil

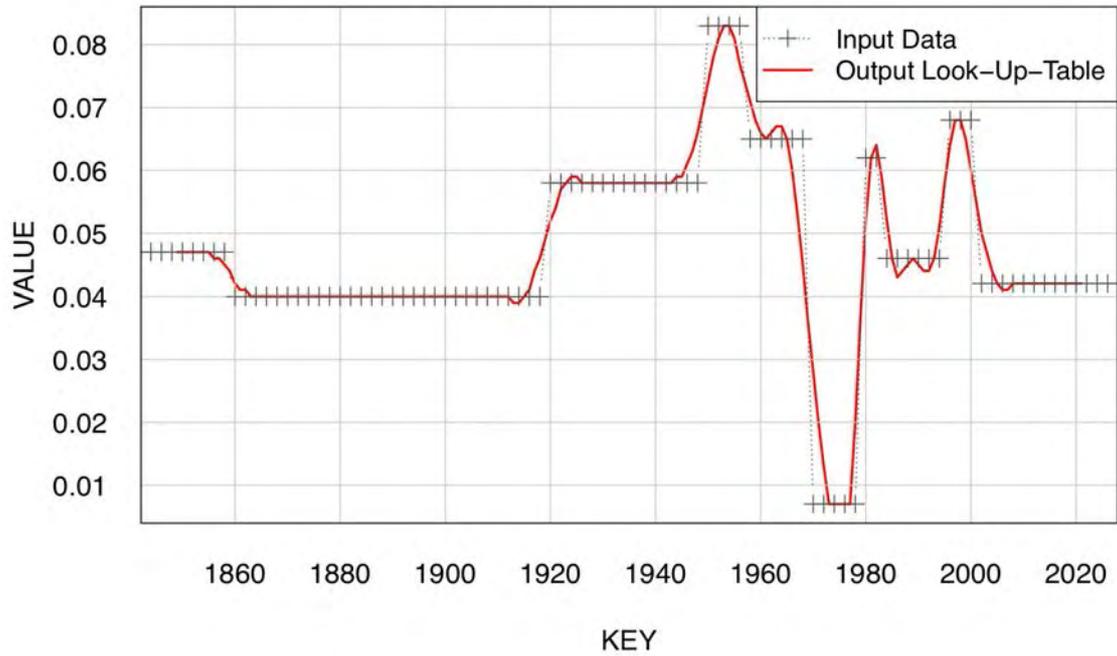
B.3.1 Durchschnitt aller Gebäude

Durchschnitt aller Himmelsrichtungen

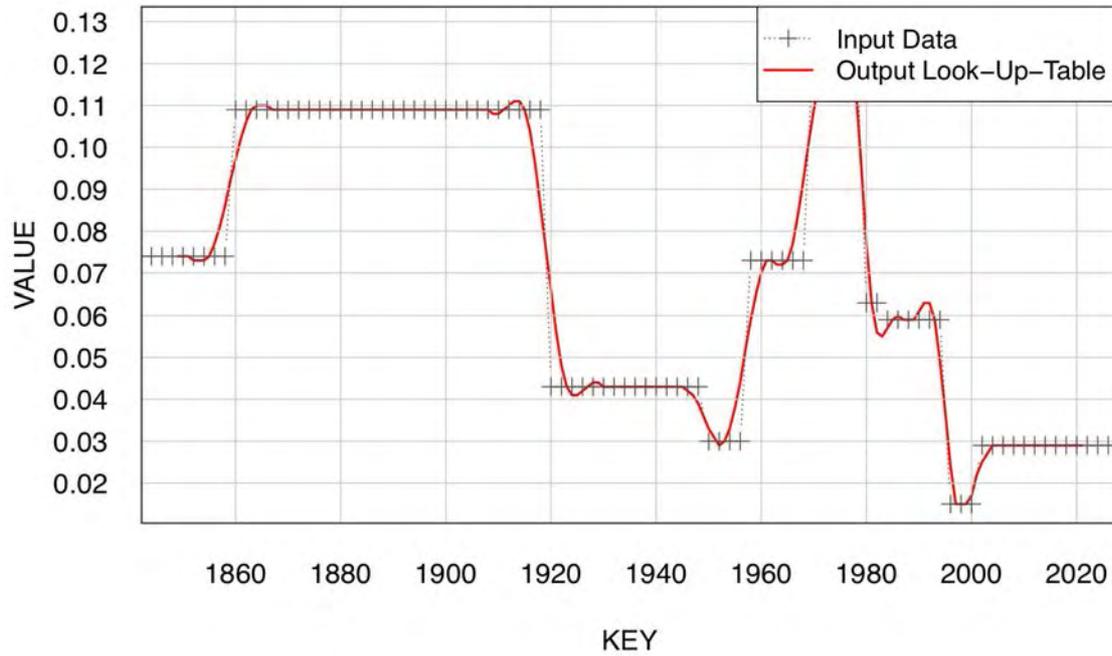


Nord

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (NORTH) = f(Year of Construction)'

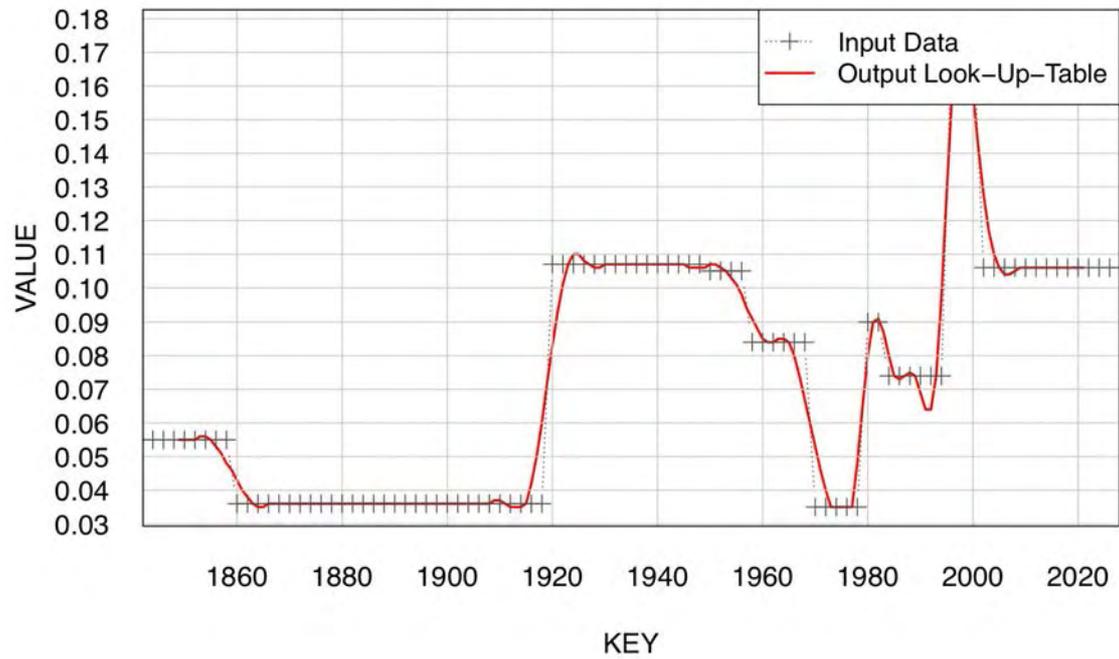


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio EAST = f(Year of Construction)'**



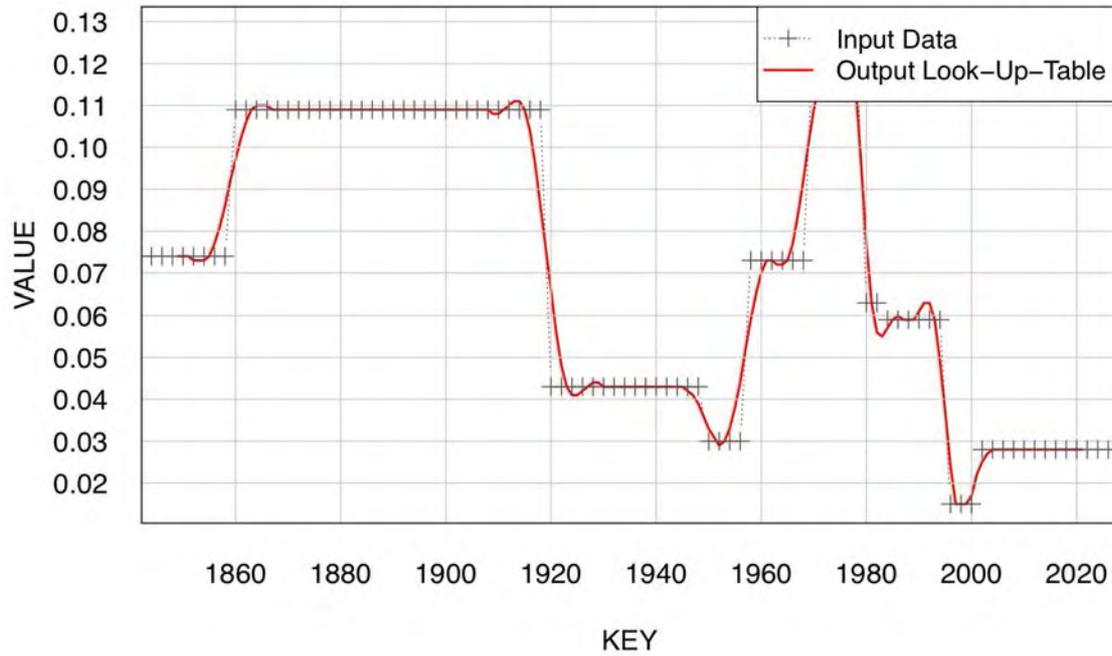
Süd

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (SOUTH) = f(Year of Construction)'**



West

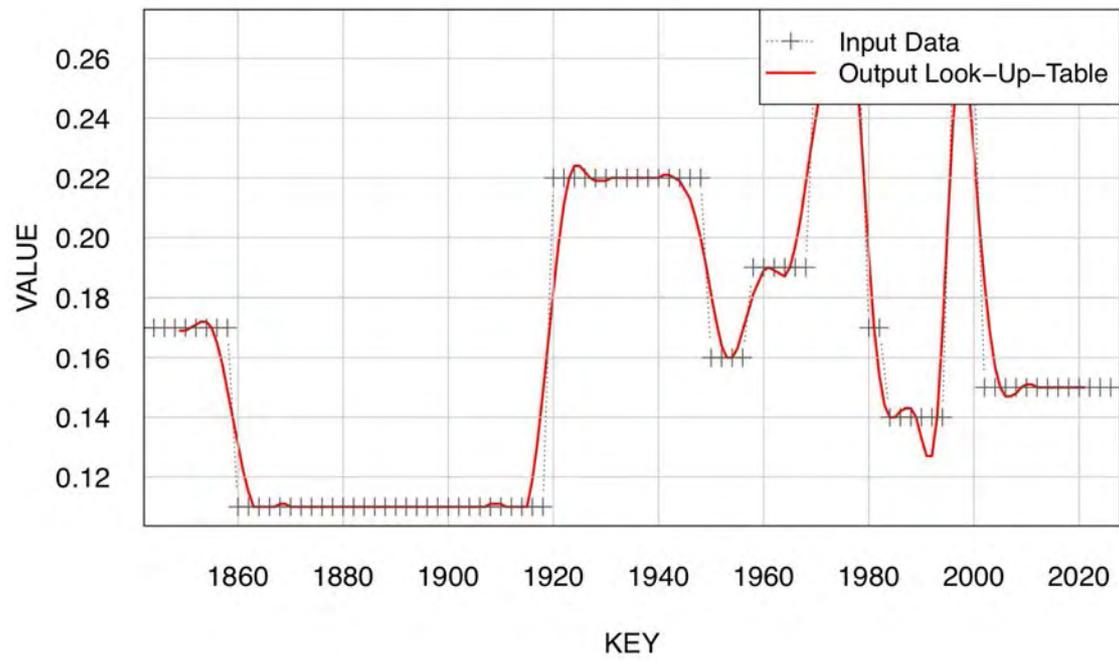
I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (WEST) = f(Year of Construction)'



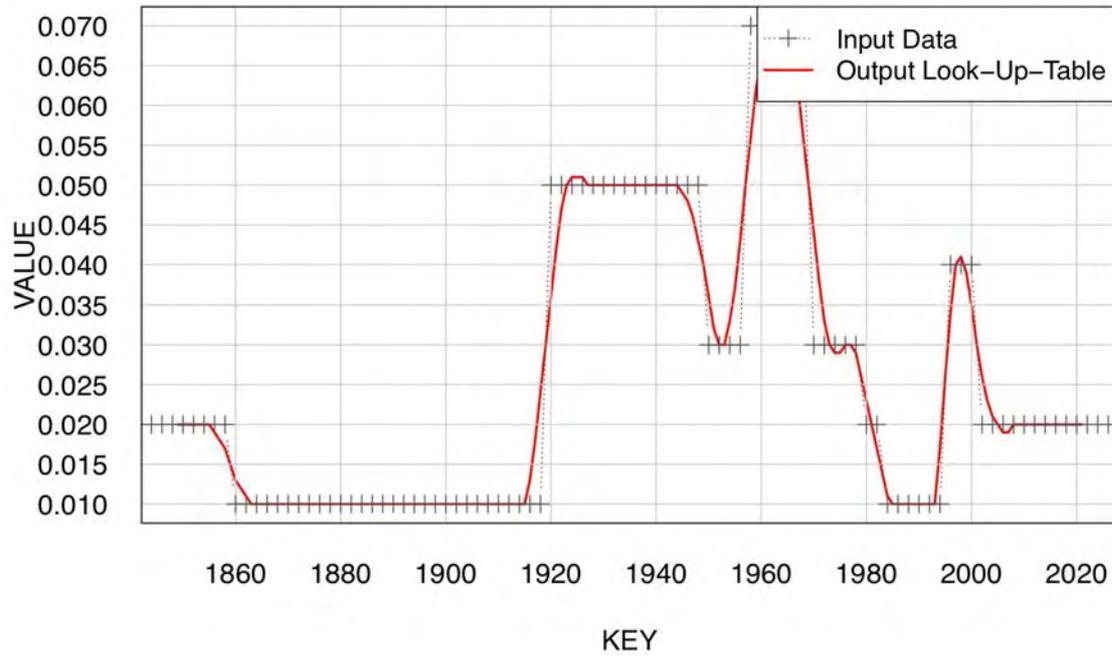
B.3.2 Einfamilienhäuser

Durchschnitt aller Himmelsrichtungen

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio = f(Year of Construction)'**

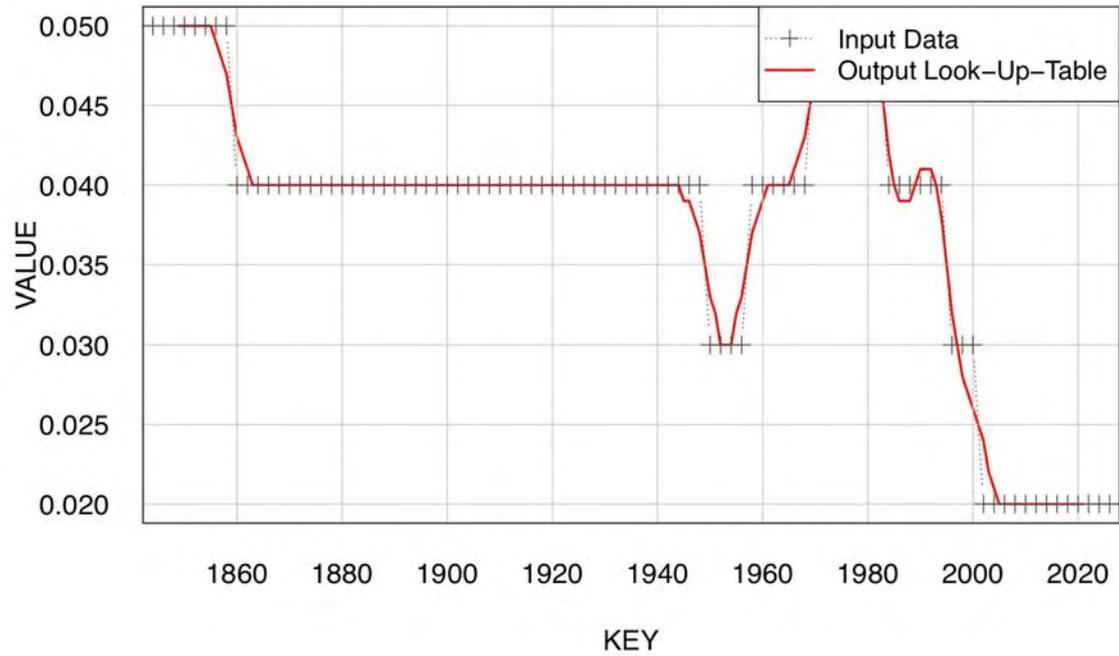


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (NORTH) = f(Year of Construction)'**

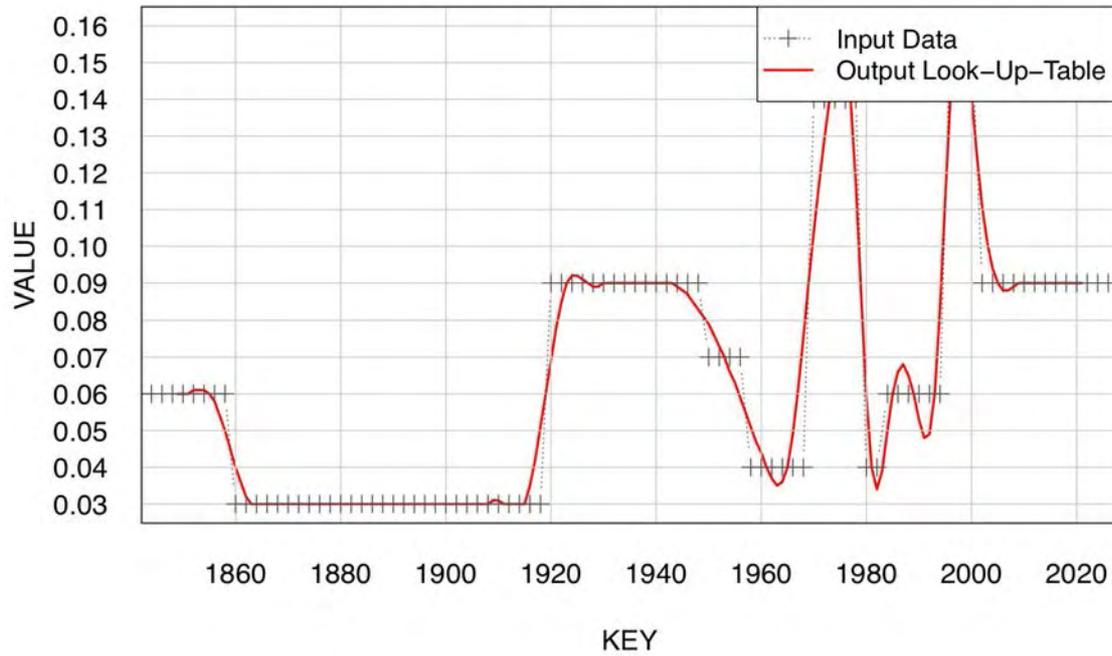


Ost

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio EAST = f(Year of Construction)'

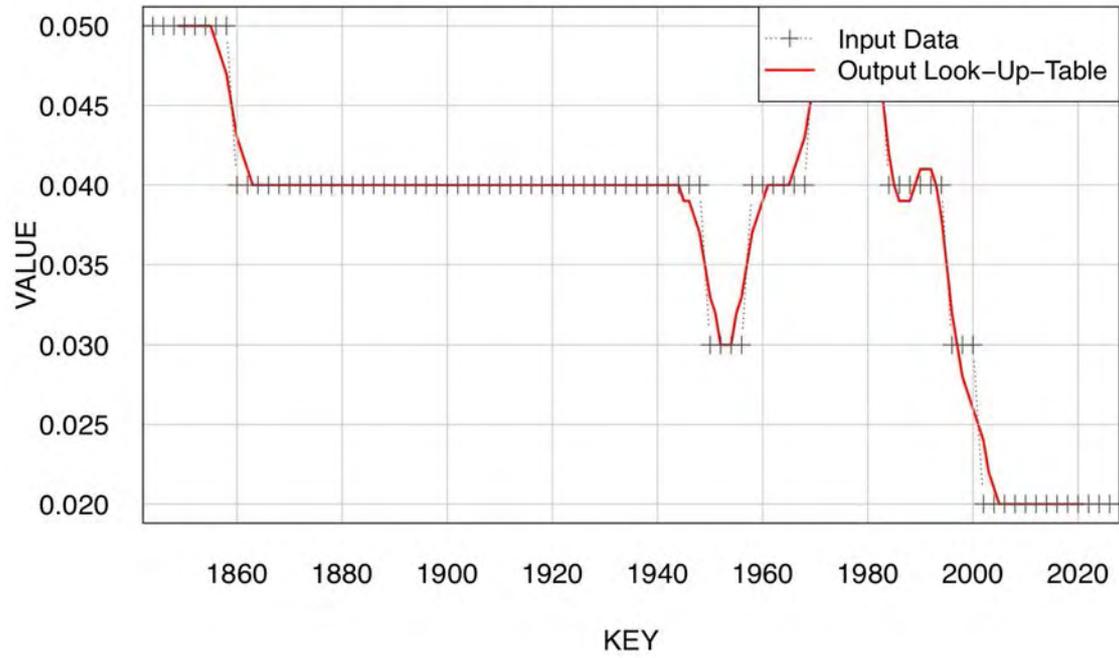


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (SOUTH) = f(Year of Construction)'**



West

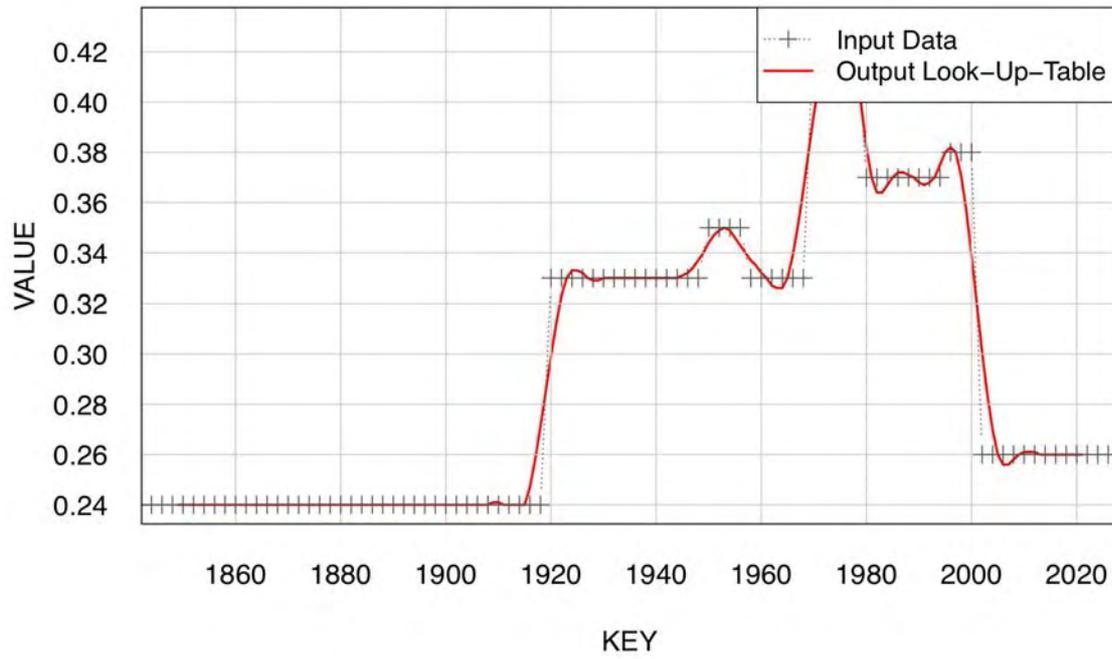
I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (WEST) = f(Year of Construction)'



B.3.3 Doppel-/Reihenhäuser

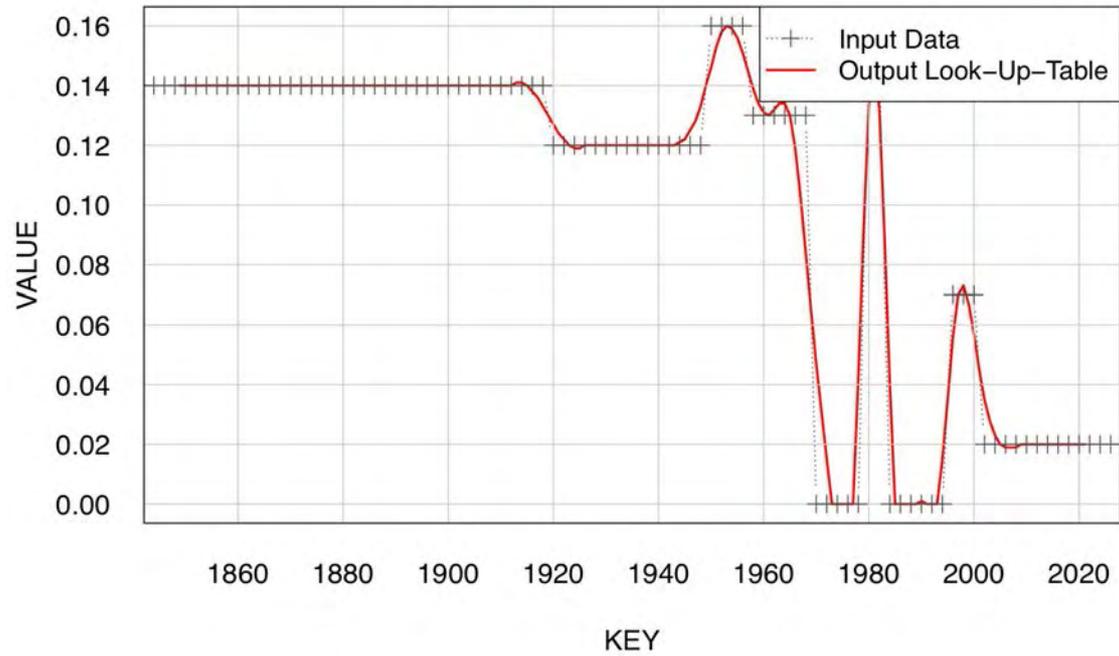
Durchschnitt aller Himmelsrichtungen

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio = f(Year of Construction)'**

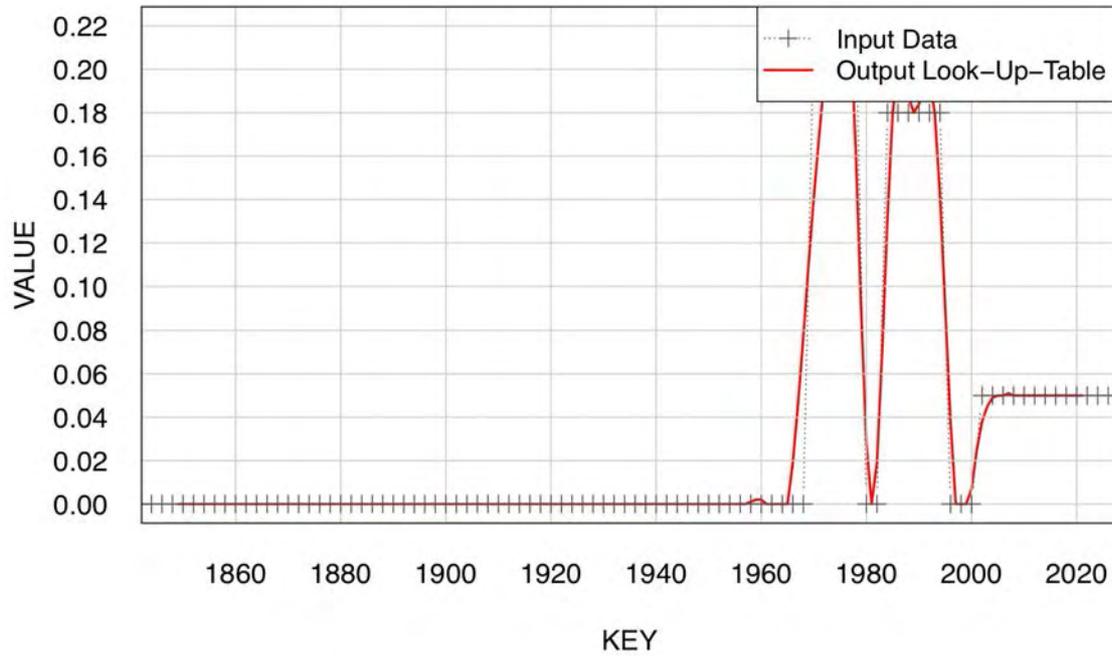


Nord

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (NORTH) = f(Year of Construction)'**

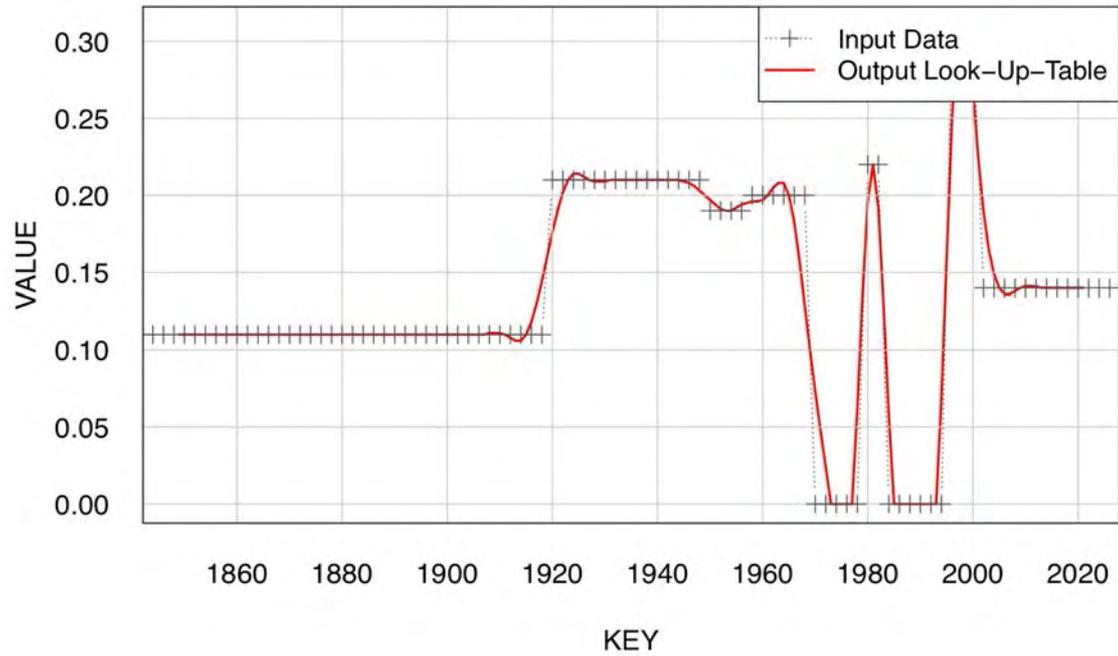


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio EAST = f(Year of Construction)'**



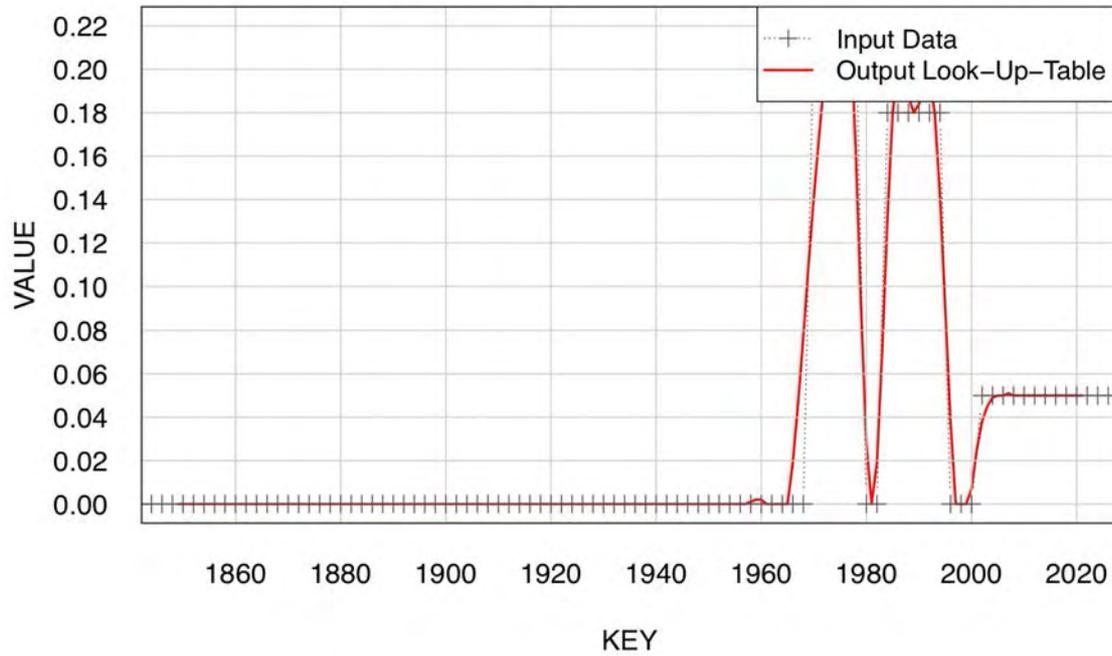
Süd

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (SOUTH) = f(Year of Construction)'



West

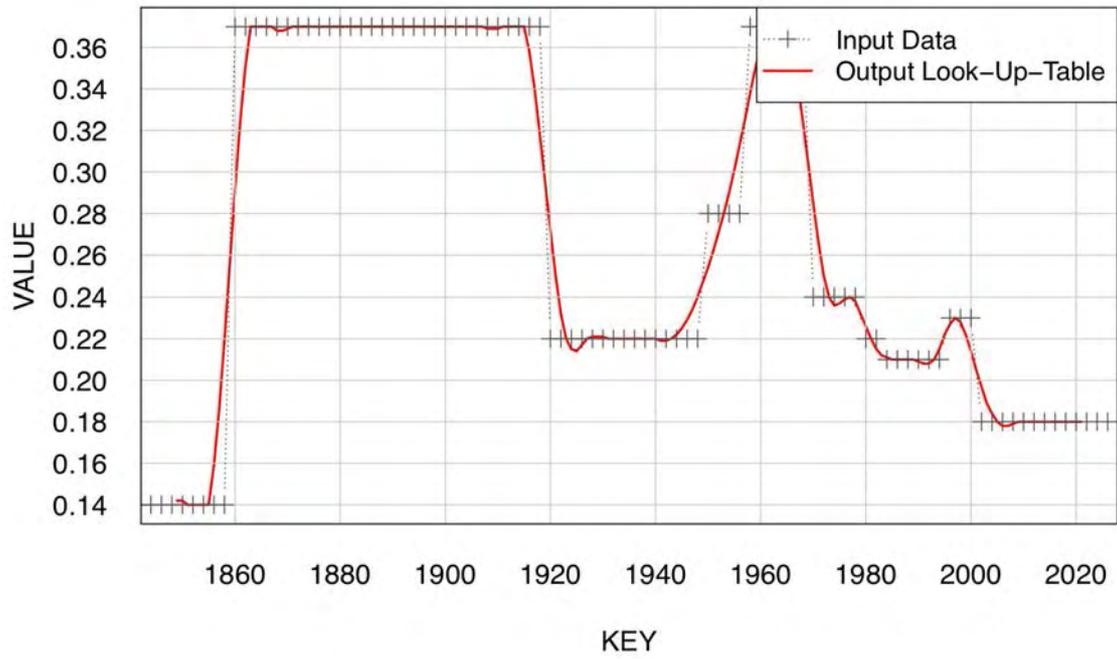
I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (WEST) = f(Year of Construction)'



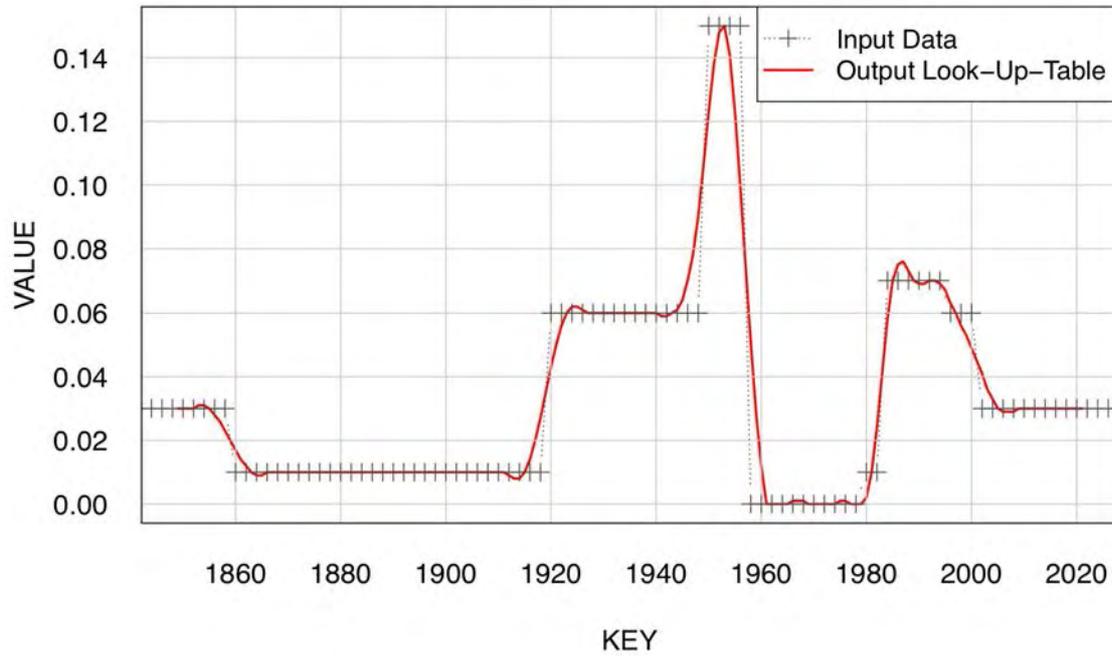
B.3.4 Mehrfamilienhäuser

Durchschnitt aller Himmelsrichtungen

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio = f(Year of Construction)'

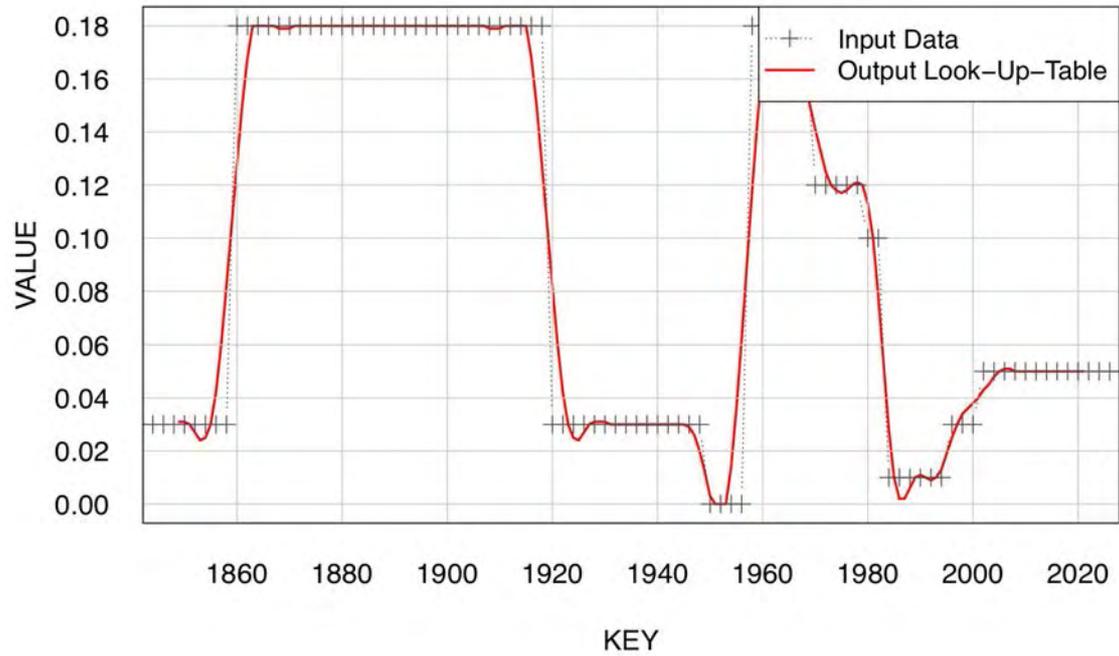


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (NORTH) = f(Year of Construction)'**

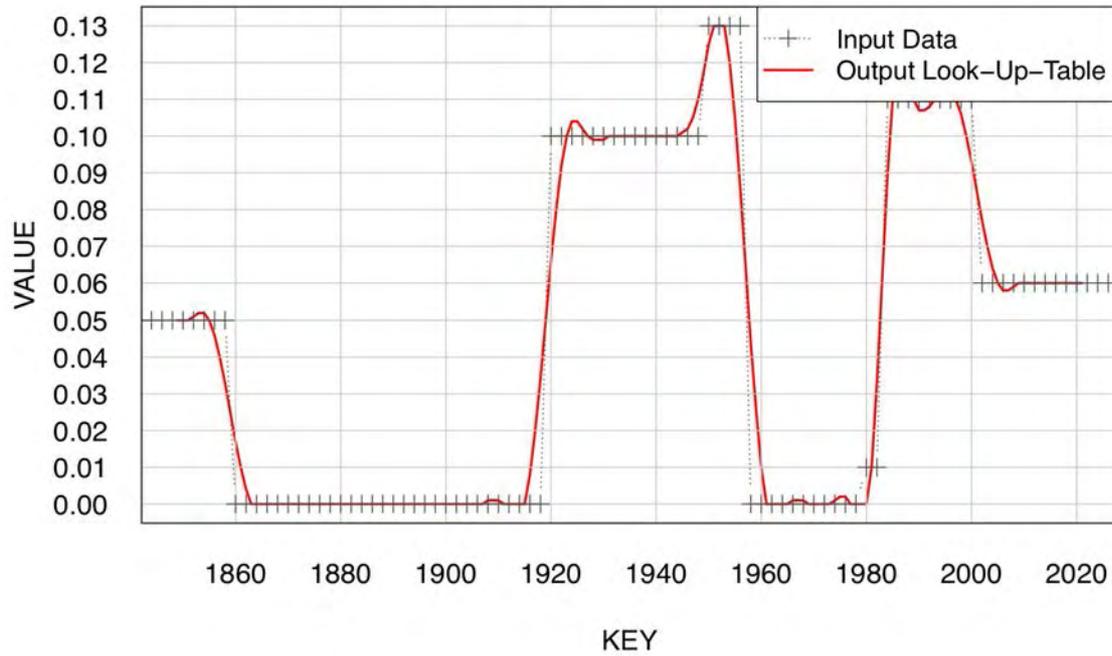


Ost

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio EAST = f(Year of Construction)'**

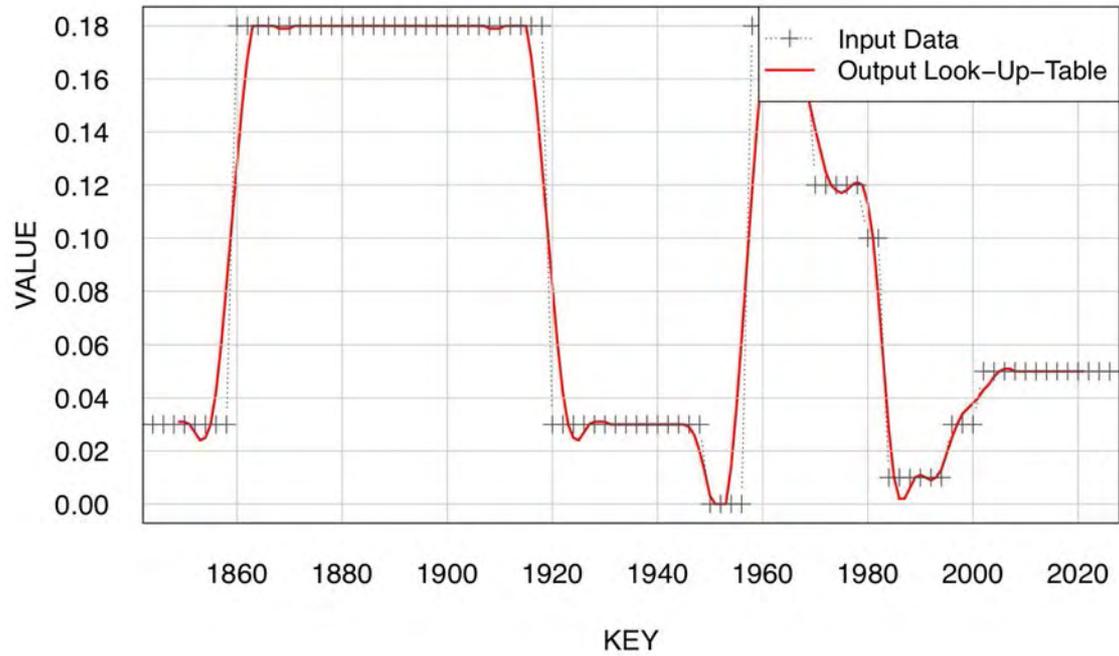


**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (SOUTH) = f(Year of Construction)'**



West

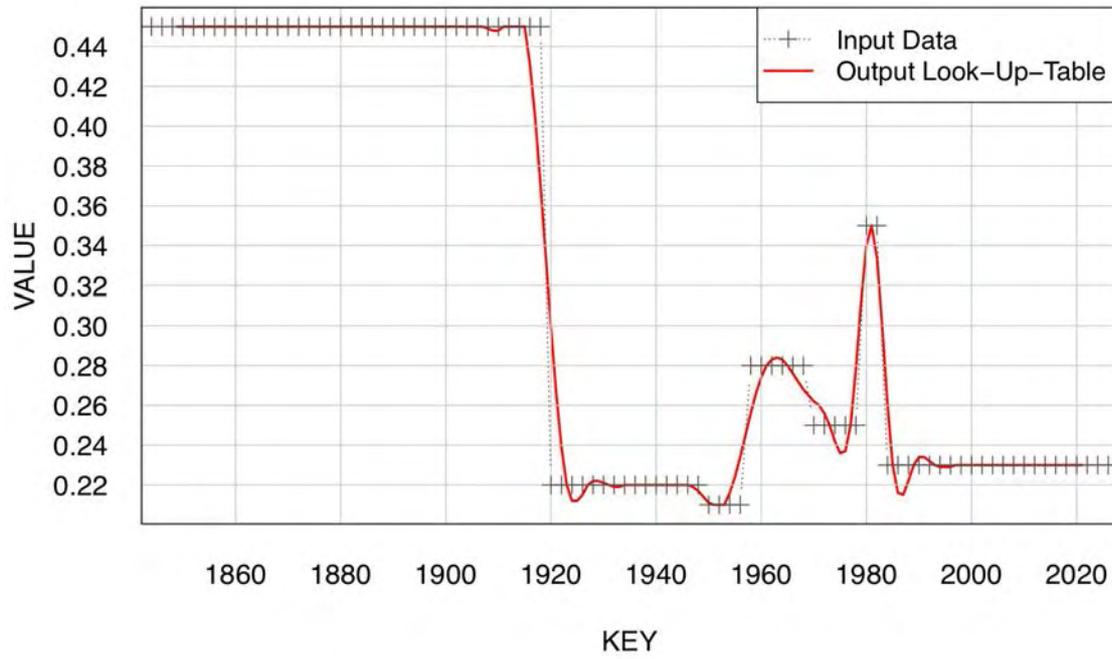
**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (WEST) = f(Year of Construction)'**



B.3.5 Große Mehrfamilienhäuser

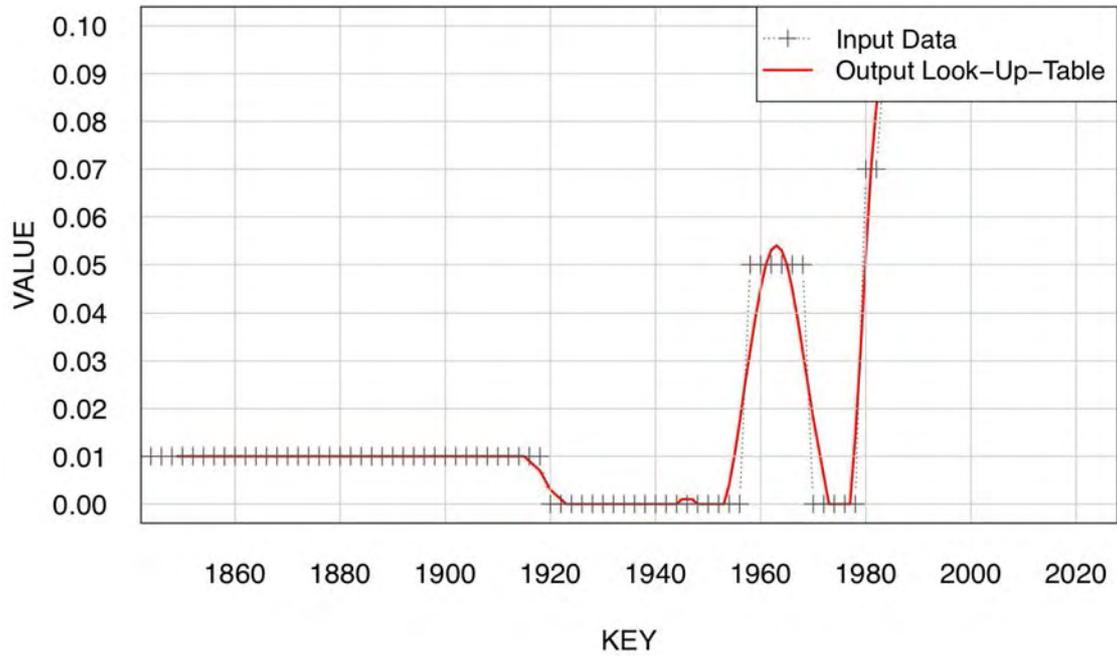
Durchschnitt aller Himmelsrichtungen

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio = f(Year of Construction)'**

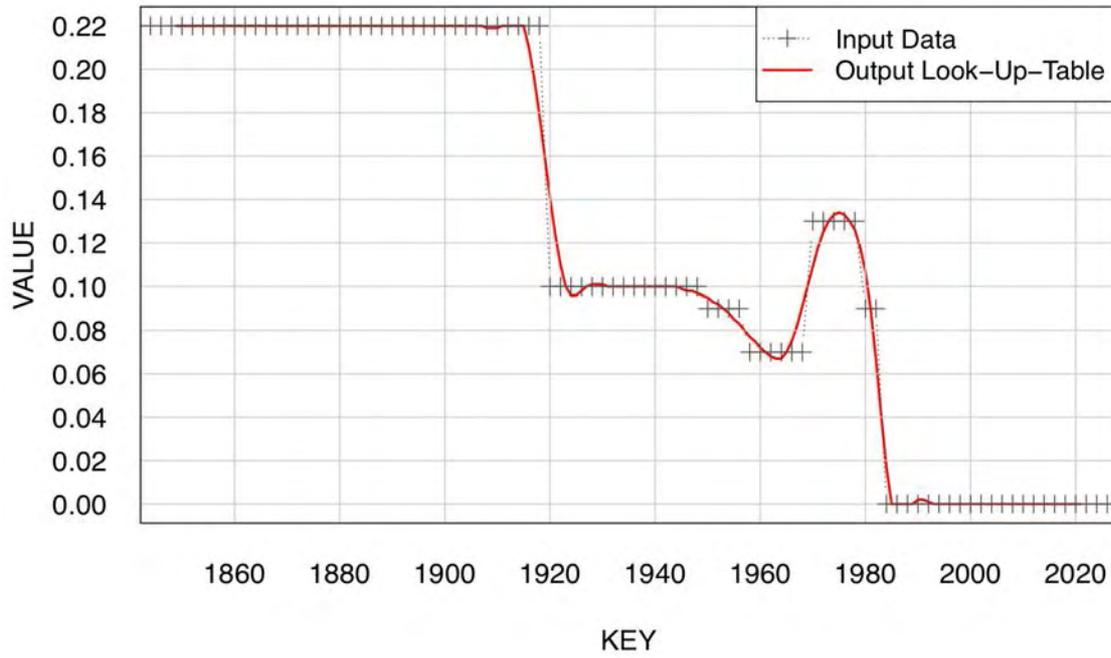


Nord

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (NORTH) = f(Year of Construction)'**

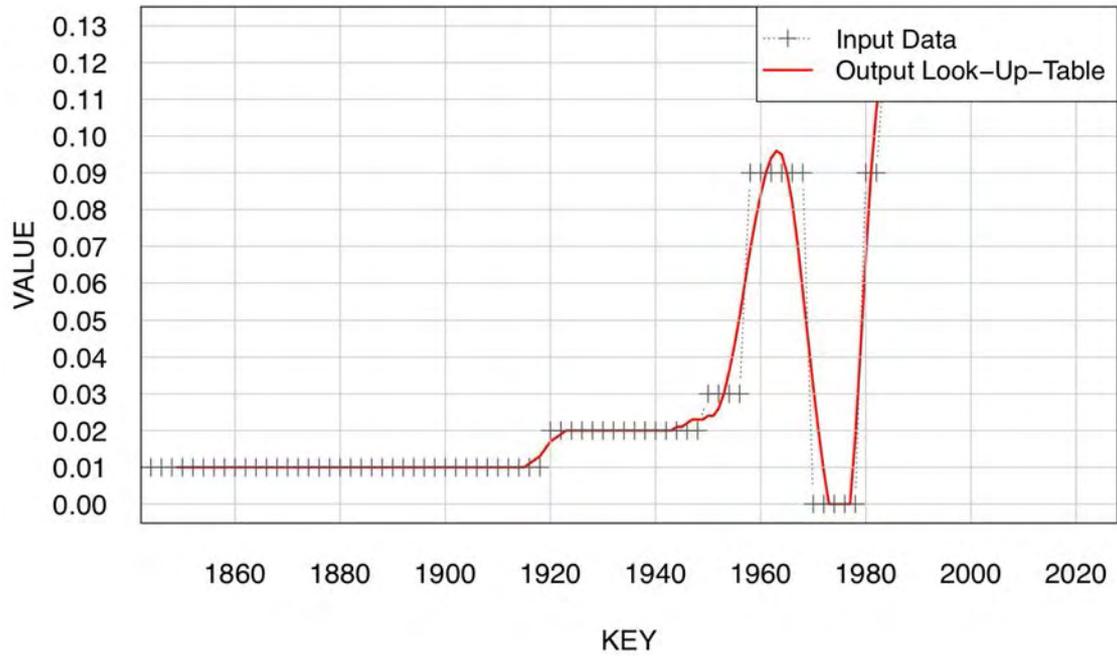


I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio EAST = f(Year of Construction)'



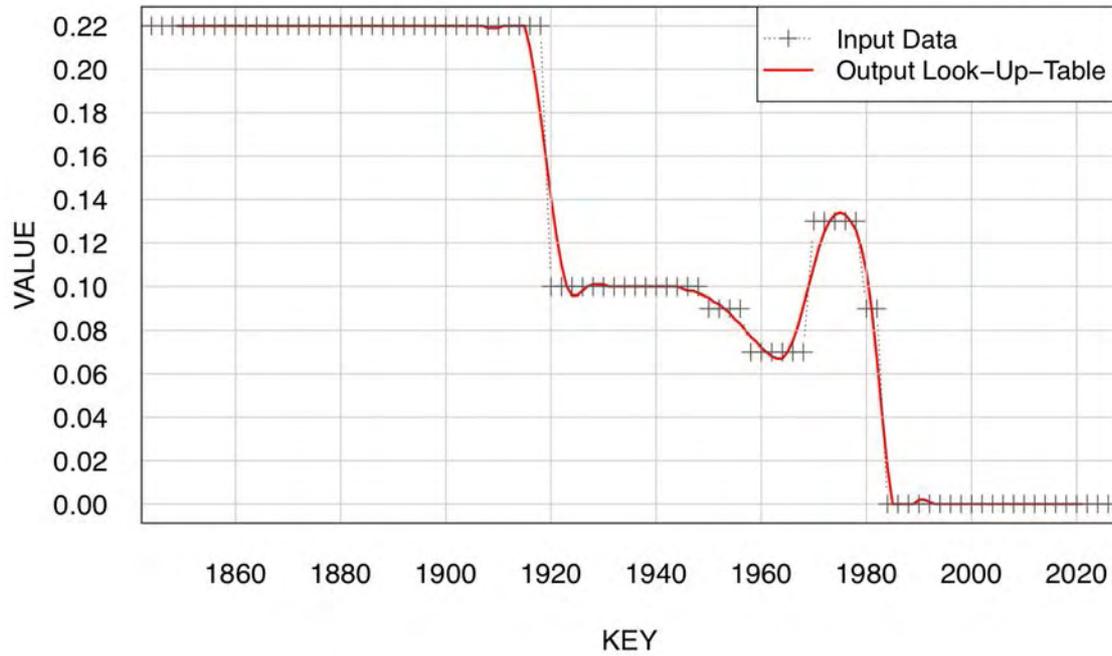
Süd

**I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (SOUTH) = f(Year of Construction)'**



West

I/O Comparison Chart for Look-Up-Table Generation R=74
'Window/Wall Ratio (WEST) = f(Year of Construction)'



C Öffentlichkeitsarbeit

C.1 Veranstaltungen

C.1.1 Akteursveranstaltung, Berlin, 6.3.2015



Open eQuarter – Akteursveranstaltung, Berlin, 6.3.2015, Protokoll, Michael Färber

Im Rahmen des Zukunft Bau Projekts "Open eQuarter" fand am 6.3.2015 ein lokales Akteurstreffen statt, zu dem Wohnungsunternehmen, Eigentümer und Verwaltung eingeladen waren. Thema war die Vorstellung des Projektansatzes und die bis dato erzielten Projektergebnisse in der Entwicklung des angestrebten GIS-Tools. Gemeinsam mit den Akteuren sollte anschließend über die Anwendungsmöglichkeiten des Tools sowie über Fragen und Vorschläge für die letzten Entwicklungsschritte diskutiert werden.

Gegen 10 Uhr begann das Treffen in den Räumlichkeiten des City Managements der „Aktion Karl-Marx-Straße“. Damit traf man sich lokal gelegen im Berliner Stadtteil Neukölln, den sprichwörtlichen Steinwurf vom Untersuchungsgebiet entfernt. Der Einladung kamen Vertreter der Berliner Wohnungsbaugesellschaft Stadt und Land GmbH, der Wohnungsgenossenschaften IDEAL e. G. und Wohnungsbaugenossenschaft Neukölln e. G., der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Referat Klimaschutz und Energie sowie Vertreter des Bezirksamts Neukölln und der Sanierungsbeauftragten BSG GmbH nach. Die Projektpartner UdK (Prof. Nytsch-Geusen, Werner Kaul, Kim Gülle) und DMSW (Philipp Wehage, Michael Färber) gestalteten abwechselnd die dreistündige Veranstaltung mit den Inhalten der Arbeitsergebnisse.

Nach einer Begrüßung, der Vorstellung des Projektkonsortiums und dem Projektansatz durch Prof. Nytsch-Geusen, stellte Herr Wehage die Ergebnisse und Herausforderungen in der Quartiersanalyse und der Detailuntersuchung am Beispiel der Fuldastraße vor. Ziel der Quartiersanalyse in Neukölln war es, Grundlagen für die Toolentwicklung zu liefern und verifizierte Daten zu Energieverbräuchen zu erarbeiten, an denen die Ergebnisse des Tools abgeglichen werden können. Schwierigkeiten stellten in dem innerstädtischen Wohngebiet insbesondere die Akquirierung von Energieverbrauchsdaten dar, die zur Verifizierung des Tools benötigt werden. Anschließend erklärte Herr Kaul die verfolgte Herangehensweise zur Bündelung frei verfügbarer Geodaten, deren Auswertung und die anschließende Ausgabe als Kartenmaterial über Geoinformationssysteme und Webserver. Ein Angelpunkt stellt dabei die „Durchstichsystematik“ dar, bei der z.B. für jedes Gebäude unterschiedliche Informationen in Schichten gesammelt werden, zur Potentialabschätzung ähnlich einer Lochung durchstoßen und mit Hilfe von Algorithmen ausgewertet werden. In der Gesamtsicht aller räumlich verorteten Gebäude können darauf aufbauend



energetische Potentiale in Quartieren lokalisiert werden. Zur Veranschaulichung der späteren Handhabung zeigte eine Videoanimation das avisierte Plug-In und kommentierte benötigte Handhabungsschritte, Basisdaten und Ergebniskarten.

Nach der Erläuterung des Projekts und dessen Inhalte wurde die Akteursrunde geöffnet für Fragen und Meinungen der eingeladenen Gäste. Der Ansatz und die bisher erzielten Ergebnisse wurden sehr positiv von der Diskussionsrunde aufgenommen. Die Diskussion drehte sich wie erhofft um die Anwendbarkeit des Tools, weitere integrierbare Aspekte und Entwicklungsperspektiven.



Wie ist die Denkmalproblematik in dem Tool erfasst?

Denkmalschutzaspekte sind bedeutsam für die energetische Gebäudesanierung hinsichtlich anwendbarer Maßnahmen und damit verbundener Kosten. Da diese Informationen von großer Bedeutung für die Potentialbewertung durch das Tool sind, sind diese bereits in der Layerstruktur integriert und mit Hilfe der Durchstichsystematik erfasst.

Ist die Fragestellung der Akzeptanz von Maßnahmen in dem Tool integriert, z. B. Akzeptanz reflektierender Solaranlagen für Anwohner?

Das genannte Beispiel zeigt bereits auf, dass eine Akzeptanzabschätzung hohe Anforderungen stellt. So sind Maßnahmen wie Solaranlagen in der Nachbarschaft kaum rechtlich anfechtbar. Zudem kann vermutet werden, dass durch die technische Weiterentwicklungen zukünftig Lösungen angeboten werden. Dennoch zeigen derzeitige gesellschaftliche Entwicklungen, dass partizipative Prozesse in Erneuerungs- und Umbauprozessen wichtige Einflussfaktoren darstellen können – ein Tool auf Quartiersebene jedoch nicht die jeweilige Objektplanung ersetzen kann. Eine Sensibilisierung von/ für Akzeptanzinhalte sollte daher für die Projektentwicklung mitgedacht werden.



In wie fern spielen Themen der Aufwertung und Gentrifizierung in dem Tool eine Rolle?

In einigen Städten und Stadtteilen werden Aufwertungsstrategien und die Sanierung des Gebäudebestandes mit Gentrifizierungstendenzen in Verbindung gebracht, die sich u.a. durch die Verdrängung der angestammten Bevölkerung äußert. Daher integriert das Tool bereits sozioökonomische Daten, um energetische Potentiale auch abgestimmt auf die vorhandenen Einwohnerstrukturen und deren Potentialen aufzuzeigen. Denkbar ist auch das Hinzuziehen von Wanderungsdaten der Bevölkerung.



Wer profitiert von den Ergebnissen des Open eQuarter-Projekts? Was ist der Mehrwert aus Eigentümersicht, denn als Eigentümer sollten Potentiale des eigenen Bestandes bekannt sein?

Bei dem derzeitigen frühen Entwicklungsstand des Tools wird ein generell offen gestaltetes Tool verfolgt, dass für eine möglichst breite Anwenderschaft verfügbar sein soll. Dabei werden stadtplanerische Ansätze für das Gesamtquartier, dessen Energieversorgung und Effizienz, aber auch Einzelsichtweisen von Gebäudeeigentümern bedient. In zukünftigen Entwicklungsstadien können spezielle Anwenderbedürfnisse ausgearbeitet werden. Das Potential des Tools steckt bisher vor allem in der Quartierssicht, weniger in einer einzelgebäudegenauen Sanierungsabschätzung.

Eigentümer mit größeren Beständen von Wohngebäuden erhalten darüber einen einfachen, schnellen und kostengünstigen Weg der Datenerfassung (nützlich z.B. bei Kaufabsichten). Kleinere Bestände profitieren von dem Tool, wenn darüber energetische Potentiale in der Nachbarschaft identifiziert werden und innovative Sanierungs- und Energieversorgungsstrategien erkannt und umgesetzt werden können (z.B. BHKW-Zusammenschlüsse).



Welche Bedeutung hat der Quartiersansatz des Tools? Ist die Einzelgebäudesicht nicht geeigneter für alle Akteure?

Die Herangehens- und Auswertungsweise im Hinblick auf das umgebende Quartier stellt einen zukunftsgerichteten Ansatz dar. Gegenüber dem heute dominierenden Einzelgebäudeansatz in der Sanierung und Energieversorgung können mit dem Quartiersansatz wichtige Synergien gehoben werden. Das Tool hilft diese sichtbar zu machen und ist damit wichtiger Baustein für zukünftige Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbarer Energien. Auch bei neueren Fördermodellen auf EU- und Landesebene steigt die Bedeutung des Quartiers und wird zunehmend zur Förderbedingung, wofür das Tool einen wichtigen Beitrag leisten könnte.



Übergeht das Tool nicht die lokalen Akteure? Müssen „errechnete“ Maßnahmen später umgesetzt werden?

Auf der Maßnahmen- und Umsetzungsebene wird auch weiterhin das Wissen und Können von Experten benötigt werden. Die Stärken des Tools liegen im schnellen unkomplizierten Aufzeigen und Visualisieren von energetischen Potentialen, damit zusammenhängenden Problemen und ersten Ansätzen zur Nutzung der energetischen Potentiale. Spezifische Lösungen für die Vor-Ort-Situation sollten darauf aufbauend erarbeitet werden, mit den Akteuren abgestimmt werden und gemeinsam umgesetzt werden. Wichtig ist auch hier, dass es das Ziel des Tools ist, vorhandene Potentiale aufzuzeigen, Einschätzungsgrundlagen zu liefern und Synergien in Nachbarschaften zu ermöglichen.



Wie könnte das Tool mit bisherigen Förderungen verknüpft werden?

Denkbar wäre, die Ergebnisse des Tools für die Ausrichtung von Förderprogrammen zu nutzen. Da auch soziale und sozioökonomische Daten in das Tool einfließen, wäre es denkbar, dass genau dort Mittel hinfließen, wo eine sozioökonomisch schwache Bewohnerschaft damit unterstützt werden kann. Förderung könnte wirken, wo sie wirklich gebraucht wird. Z. B. können geringverdienende Bevölkerungsschichten Umlagen für Sanierungen oft nicht bezahlen, haben aber häufig höhere Energieverbräuche durch längere Aufenthaltszeiten zu Hause. Wohlhabendere Bewohner hingegen könnten Umlagen für Sanierungen oftmals bezahlen - sind aber weniger zu Hause und verbrauchen weniger Energie.


Können von Bewohnern aufgenommene Daten des Quartiers (z.B. über Smartphones) durch das Tool verarbeitet werden?

Das Tool ist auf die Verarbeitung von frei verfügbaren Geodaten konzipiert. Insofern Daten der Anwohner in generell verfügbares Kartenmaterial überführt wird, sind diese auch für das Tool verwendbar. Direkte Schnittstellen für Daten von Smartphones sind bisher nicht angedacht. Vielmehr sollen die generierten Daten des Tools mittels Web-Server auf portablen Geräten darstellbar werden und so direkt im Quartier nachvollziehbar sein. Darauf aufbauend können vor Ort z.B. durch Verwaltungsmitarbeiter Daten spezifiziert werden.


Was muss der Anwender wissen bzw. in das Tool eingeben?

Für eine erste Aussage des Tools reichen die Gebäudegeometrien (Flächenmaße und Höhe), das Gebäudealter und die Bevölkerungsdichte im Quartier. Das Tool liefert dann benötigte Algorithmen, um energetische Potentiale aufzuzeigen. Ferner unterstützt das Tool bei der Validierung von Geodaten, da z. B. der Abgleich von Daten des Gebäudealters mit Daten über Kriegsschäden falsche Angaben aufdecken kann.

Wie könnten Weiterentwicklungen aussehen? Kann auch Neubau integriert werden?

Entwicklungsperspektiven des Tools sind vorstellbar zum einen in Richtung einer breiteren Anbindung verschiedener vorhandener Daten. Zum anderen stellen die Kombination von Maßnahmen und ein spielerischer Umgang mit Sanierungsoptionen eine weitere Entwicklungsoption dar.

Denkbar ist, dass das Tool weiterentwickelt werden kann als Unterstützung für den Neubau im Quartier und über die Analyse des städtischen Umfelds und daraus gewonnenen „Umgebungsinformation“ eine Orientierungsmöglichkeit für die Gebietsentwicklung bietet.



Forschungsprojekt
Open eQuarter

Unterschriftenliste

Akteurstreffen 6.3.2015
Reuterstr. 5

Lfd. Nr.	Name	Vorname	Institution	Unterschrift
1	Beccard	Annette	Haus, Wohnungs- und Grundeigentümerverein Berlin-Neukölln e.V.	
2	Färber	Michael	DMSW Architekten	
3	Gülle	Ulrich	UdK, FG Versorgungsplanung und Versorgungstechnik	
4	Hein	Patrick	Baugenossenschaft IDEAL eG, Service	
5	Kasat	Torsten	Bezirksamt Neukölln, Sanierungsgebiet Sonnenallee	
6	Kaul	Werner	UdK, FG Versorgungsplanung und Versorgungstechnik	
7	Marx-Gedies	Roswitha	Bezirksamt Neukölln, Sanierungsgebiet Sonnenallee	
8	Matthes	Alexander	BSG mbH, Sanierungsbeauftragter	
9	Nytsch-Geusen	Christoph, Prof. Dr.	UdK, FG Versorgungsplanung und Versorgungstechnik	
10	Schlopsnies	Udo	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Sonderreferat Klimaschutz und Energie	

1

Forschungsprojekt
Open eQuarter

Unterschriftenliste

Akteurstreffen 6.3.2015
Reuterstr. 5

Lfd. Nr.	Name	Vorname	Institution	Unterschrift
11	Wehage	Philipp	DMSW Architekten	
12	Würz	Cornelia	STADT UND LAND Wohnbauten-Gesellschaft mbH, Bestandsmanagement / Servicebüro Neukölln	
13	Saupe	Michael	Wohnungsseauern rehalt Neukölln eG	
14	Fischer	Uwe	Stadt und Land	
15				
16				
17				
18				
19				

2

C.1.2 Make City Festival, Berlin, 16.06.2015

Beitrag Open eQuarter zum Make City Festival Berlin 2015 am 16.06.2015 in Berlin Neukölln

Das Projekt Open eQuarter nutzt frei zugängliche Daten und open-source-Software, um Potentiale für energetische Maßnahmen auf Quartiersebene zu identifizieren. Auf einem Stadtspaziergang durch die Neuköllner Fuldastraße wurde das Open eQuarter-Tool erklärt, das verortete Gebäude-, Struktur- und Nutzungsdaten analysiert. Daraus werden Vorschläge entwickelt, wie im Dreieck aus Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz und Sozialverträglichkeit energetische Maßnahmen umgesetzt werden können.

Bericht zu MakeCity Festivalsbeitrag (lang)

Das Make City Festival fand erstmalig 2015 in Berlin statt und zeigte mit über 100 Partnern und einer Fülle verschiedener Veranstaltungen eine breite Palette Architektur und Städtebau. Make City brachte verschiedene Prozesse der Neuverhandlung zusammen mit vielen Gelegenheiten, urbanen Raum und Stadt neu und anders zu denken. Der Schwerpunkt lag 2015 auf den konkreten Umsetzungen, der praktischen Anschauung dessen, was Urban Design leistet.

Das Projekt Open eQuarter wurde in dem Themenfeld "Entdecken und die Optimierung von urbanen Ressourcen" eingebracht und mit einem Stadtspaziergang vorgestellt, an dem sich Interessierte über die Logik und Potentiale des Tools informieren konnte. 13 Teilnehmer interessierten sich und nahmen an der zweistündigen Begehung durchs Projektgebiet teil. Auf dem Stadtspaziergang wurden Themen und Zusammenhänge energetischer Beschaffenheit von Gebäuden und Quartieren anhand vor Ort erfahrbare Gebäude-, Energie-, und Sozialstruktur den Teilnehmern erklärt. Die Umsetzung im Rahmen der Toolentwicklung wurde auf iPads erläutert und Fragen der Besucher konnten in großer Runde diskutiert werden. Die Route führte durch das Untersuchungsgebiet des Forschungsprojekts entlang der Fuldastraße, für die auch interessante Ergebnisse einer Detailuntersuchung zu Energieverbräuchen und genutzten Energietechniken vorlagen.

Zu Beginn informierte am Neuköllner Weichselplatz Philipp Wehage vom Büro DMSW Partnerschaft von Architekten über das Projektteam, den generellen Ansatz des Projekts und mitwirkende Kooperationspartner wie das örtliche Stadtplanungsamt. Während das Architekturbüro die Themen Gebäude und Stadtplanung bearbeitete, brachte das Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik der Universität der Künste um Professor Christoph Nytsch-Geusen Ideen zur Konzeption und Entwicklung des Tools ein. Ziel ist, ein softwarebasiertes und open-source-basiertes Tool zu entwickeln, das frei zugängliche Daten nutzt, um Potentiale für energetische Maßnahmen auf Quartiersebene zu identifizieren.

An der ersten Station wurden anhand zweier Wohnsiedlungsbauten Einflüsse von Stadtstrukturen und Eigentumsverhältnissen auf die energetische Beschaffenheit erläutert. Von Interesse für die Teilnehmer war vor allem, wie aktuelle Energieverbräuche erhoben und für energetische Analysen genutzt werden können. Unter anderem werden dafür Wahrscheinlichkeiten genutzt, die aus dem Zensus 2011 generiert wurden. An Station zwei wurden die Einflüsse von Gebäudealter und Sanierungsstand anhand von Gebäuden aus der Gründerzeit, den Zwischenkriegsjahren und den späten 70er Jahren erläutert. Spannend diskutiert wurden hier die Aufnahme passiver Solareinträge als Zukunftsfeld des Tools sowie die Auswirkungen von Gebäude- bzw. Quartierssicht bei der Verbrauchswertstellung. Schließlich wurden an der letzten Station die Einflüsse von Sozialdaten und den diversen Wärmeerzeugungstechniken dargestellt und die Einbindung im Tool erläutert. Fragen der Teilnehmer drehten sich hier vor allem um die unterschiedlichen Sozialdaten wie

Haushaltsgröße oder –alter und deren unterschiedlich intensive Auswirkung auf den Energieverbrauch.

Schließlich verabschiedete sich die Runde nach dem zweistündigen intensiven Stadtpaziergang und guten Gesprächen mit der Erkenntnis, dass bereits ein Fülle an Daten zu stadt- und energierelevanten Themen vorhanden und zugänglich sind - eine Verknüpfung wie in Open eQuarter ist eigentlich eine logische Schlussfolgerung. Im Falle vom Open eQuarter Tool sind „der Treibstoff und Motor praktisch öffentlich zugänglich“ und das Tool zeigt im Entwicklungsstand bereits sehr realitätsnahe Werte an.





C.2 Konferenzbeiträge

C.2.1 BauSIM 2014, Aachen, 22.–24.9.2014

TEILAUTOMATISIERTE AKQUISE ENERGETISCHER GEBÄUDEDATEN FÜR DIE QUARTIERSANALYSE UND -SIMULATION DURCH DEN EINSATZ VON GEO-INFORMATIONSSYSTEMEN (GIS)

W. Kaul¹, C. Nytsch-Geusen¹, P. Wehage² und M. Färber²

¹Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik,
Institut für Architektur und Städtebau, University of Arts Berlin, Germany

²dmsw architecture & landscape, Berlin, Germany

KURZFASSUNG

Das von der Initiative „Zukunft Bau“ geförderte Forschungsvorhaben „Open eQuarter“ beschäftigt sich mit der Entwicklung eines grundlegenden Open-Source-Werkzeuges für die energetische Quartiersanalyse und -simulation, mit dessen Hilfe quantitative Konzepte zur energetischen Sanierung von Quartieren erstellt werden können. Wesentlicher Teil des Projektes ist die Untersuchung der diesbezüglichen Einsatzmöglichkeiten eines skriptfähigen Geo-Informationssystems (GIS). GIS verfügen neben den Werkzeugen zur graphischen Aufbereitung und Visualisierung georeferenzierter Informationen auch umfangreiche Analysefähigkeiten. Im Verlauf der Forschungsarbeiten zeigte sich, dass hier ein erhebliches Potential für die halbautomatische Akquise großer Mengen zuverlässiger energetischer Gebäudedaten vorhanden ist. Der vorliegende

geographic information system (GIS). Apart from visualizing georeferenced informations in maps GIS include a considerable map analysis toolset. It became obvious during the research that this might offer a new approach to collect larger quantities of fairly solid energetic building data. The paper at hand is giving a review of the potentials, the methods and the preliminary findings .

DAS PROJEKT „OPEN E QUARTER“

Eines der meist diskutierten Themen im Zusammenhang mit der energetischen Gebäudesanierung ist die Ausweitung des Untersuchungs- und Simulationsraumes vom einzelnen Gebäude auf ganze Komplexe, Siedlungen und Quartiere. Entsprechende Werkzeuge wurden im Forschungsumfeld bereits erfolgreich erprobt und könnten einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung übergreifender energetischer

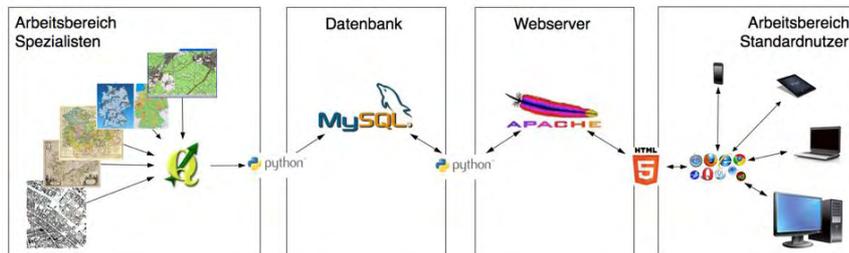


Abb. 1: Grundstruktur des Open eQuarter Projektes (Quelle: VPT)

Beitrag gibt einen Überblick über Konzept, Methodik und erste Ergebnisse dieses Ansatzes.

ABSTRACT

The research project „Open eQuarter“ - granted by the Initiative „Zukunft Bau“ - is targeting on the development of a set of open-source-based software tools for the energetic analysis and simulation of building complexes up to complete city quarters, which can be used creating quantitative concepts for energetic district refurbishment. In this context, one of the essential approaches is the use of a scriptable

Sanierungskonzepte im Siedlungs- und Quartiersmaßstab leisten.

Auch das Projekt "Open eQuarter" setzt hier an, fokussiert aber weniger auf die Entwicklung neuer Algorithmen und Simulationsansätze, als auf die Bereitstellung eines universellen, plattformunabhängigen, nach dem Open-Source-Prinzip kostenfreien und allgemein verfügbaren Werkzeugkastens zur Lösung derartiger Aufgaben im Umfeld eines skriptfähigen Geo-Informationssystems¹.

Das Konzept stützt sich im Wesentlichen auf eine viergliedrige Struktur (vgl. Abb. 1), in deren Zentrum

¹ Geoinformationssystem: QGIS (s. hierzu QGIS, 2014), Datenbank: MySQL (s. hierzu MySQL, 2014), Webserver: Apache HTTPD (s. hierzu Apache, 2014), Kommunikationssprache zum Internet: HTML5 (s. hierzu WWW-Org, 2014), Glue-Language: Python (s. hierzu Python, 2014)

eine Gebäudedatenbank (s. hierzu [mysql, 2014](#)) steht. Flankiert wird diese Datenbank durch ein Geo-Informationssystem (Arbeitsbereich Spezialisten) (s. hierzu [QGIS, 2014](#)) für die Datenakquise und einen Webserver (s. hierzu [Apache, 2014](#)), der die Auswertungsfunktionalität und deren Ergebnisse im Internetbrowser als HTML5-Anwendung (Arbeitsbereich Standardnutzer) (s. hierzu [WWW-Org, 2014](#)) zur Verfügung stellt.

Die interne Kommunikation sowie Datenbankpflege und Auswertungen werden durch ein Paket von Python-Skripten (s. hierzu [Python, 2014](#)) bewerkstelligt.

Parallel zur Software-Entwicklung wird "von Hand" ein Quartier in Berlin-Neukölln untersucht, dass sich aufgrund seiner inhomogenen Struktur gut für Test- und Validierungszwecke eignet.

Problemfeld Datenerhebung

Bereits während der Evaluation des aktuellen Forschungsstandes zeigte sich, dass die größten Hindernisse für den alltäglichen Einsatz rechnergestützter Quartiersanalyse/-simulation nicht etwa in der physikalisch-mathematische Lösungsfindung oder der Erstellung einer einfach zu handhabenden Benutzeroberfläche liegen, sondern in der Erfassung und Aufbereitung qualitativ zuverlässiger Grunddaten für eine so große Anzahl von Bauwerken.

Betrachtet man ein Einzelgebäude, so ist es mit relativ überschaubarem Zeitaufwand möglich, die notwendigen spezifischen Informationen für eine zuverlässige energetische Beurteilung zusammenzutragen. Handelt es sich dagegen um hunderte oder sogar tausende von Gebäuden, so wird diese detaillierte Eingangsdatenakquise spätestens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zum unlösbaren Problem.

Lösungsansätze

Die bisherigen Ansätze setzen das Vorhandensein entsprechender gebäudespezifischer Daten einfach voraus² oder begegnen dieser Schwierigkeit durch:

- Abstraktion³,
- Typisierung (s. [Loga et al., 2011](#))⁴ oder
- Vergleichsdaten⁵.

Diese Vorgehensweisen führen jedoch zwangsläufig zu einer deutlichen Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten oder zu einer erheblichen Verminderung der erreichbaren Präzision und/oder der räumlichen Auflösung.

Nutzung von Geo-Informationssystemen (GIS)

Geo-Informationssysteme (GIS) finden im Planungsbereich zunehmend Verbreitung, da mit ihrer Hilfe beliebige georeferenzierte Informationen auf Grund ihres Raumbezuges relativ einfach zu übersichtlichen Karten aufbereitet werden können. Daneben verfügen GIS jedoch auch über Werkzeuge, um aus beliebigem Kartenmaterial ortsbezogene Informationen zu extrahieren. Allerdings machen nur wenige Projekte zur Quartiersanalyse von dieser Möglichkeit Gebrauch (Gebäudegeometrie und/oder Gebäudealter⁶, Fernerkundung und Wärme-Luftbilder⁷).



Abb. 2: Beispielkarte Gebäudealter für das Untersuchungsgebiet Berlin-Neukölln, Quelle: [Geoportal Berlin \(GeoBerlin, 2014\)](#)

Relevantes Kartenmaterial steht in block- oder sogar gebäudeweiser Auflösung je nach Region in immer größerem Umfang und zu immer mehr Themenbereichen öffentlich und frei zur Verfügung (s. beispielhaft in [Abb. 2](#)), z.B.:

²EQ - Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere ([Malottki et al., 2013](#)); EnEff:Stadt-Bilanzierungstool (s. [EnEff:Stadt, 2012](#)); EFES - Energieeffiziente Entwicklung von Siedlungen ([Dallhammer et al., 2010](#));

³ Verfahren zur Entwicklung einer digitalen Wärmebedarfskarte (s. [Blesl et al., 2008](#)); ECO-Region, Treibhausgasbilanzierung für Städte und Gemeinden (s. [ECO, 2014](#));

⁴effort - Energieeffizienz vor Ort (s. [Effort, 2014](#)); Energetischer Plausibilitätscheck (s. [ExWostSt, 2013](#)); Gemeindebilanzierungssoftware Gem-EB (s. [Gem-EB, 2013](#)); District ECA, EnEff:Stadt Energiekonzept-Berater (s. [District ECA, 2013](#))

⁵ECO-Region, Treibhausgasbilanzierung für Städte und Gemeinden (s. [ECO, 2014](#));

⁶ effort - Energieeffizienz vor Ort (s. [Effort, 2014](#)); Gemeindebilanzierungssoftware Gem-EB (s. [Gem-EB, 2013](#))

⁷ Verfahren zur Entwicklung einer digitalen Wärmebedarfskarte (s. [Blesl et al, 2008](#));

- Gebäudealter,
- Gebäudeklasse,
- Art der Beheizung,
- Sanierungsstand,
- Versorgungsnetze,
- Solare Nutzbarkeit peripherer Gebäudeflächen,
- Kriegsschäden,
- Verbrauchsdaten,
- Nutzungsstruktur,
- Nutzerstruktur,
- Sozialstruktur
- Verkehrsaufkommen,
- Wetter- und Strömungsdaten,
- Mikroklimatische Daten,
- Vegetation.

„Open eQuarter“ macht sich diesen georeferenzierten Informationspool für die Datenakquise durch die halbautomatisierte Auslesung an den Gebäudepositionen nutzbar.

METHODIK

Layerkonzept

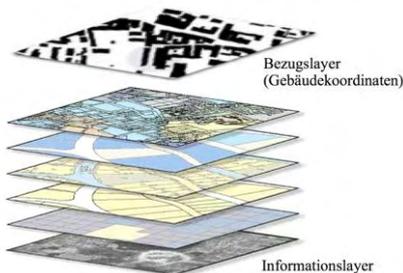


Abb. 3: Layerkonzept mit Bezugslayer und Informationslayern

Die räumlichen Lagedaten der vom Untersuchungsraum umfassten Bauwerke werden in Form von Hauskoordinaten⁸ als Punktobjekte auf einem Bezugslayer (Definitionsebene) im GIS angelegt. Im Anschluss werden die verfügbaren Karten, die für die energetische Beurteilung der Gebäude möglicherweise relevant sein könnten, georeferenziert unter diese Schicht gelegt und ggf. mit inhaltsspezifischen Aus- und Bewertungsalgorithmen verknüpft. Im Ergebnis steht für die zu untersuchende Landfläche eine in Informationslayer diskretisierte dritte Dimension zur Verfügung (vgl. Abb. 3).

Die Informationsabfrage gestaltet sich jetzt einfach. Bildlich gesprochen setzt man eine Nadel auf der Hauskoordinate jedes einzelnen Gebäudes an und

durchsticht den gesamten Ebenenstapel senkrecht zur Oberfläche. Die am Durchstichpunkt auf den Informationslayern gefundenen Eigenschaften werden dabei durch Anwendung der hinterlegten Rechenvorschriften quantifiziert und als Attribut an das entsprechende Hauskoordinaten-Objekt angehängt. Da jedes dieser Punktobjekte ein Gebäude repräsentiert, enthält der Bezugslayer im Anschluss eine vollständige Gebäudedatenbank, die für die statische Auswertung ebenso genutzt werden kann wie für die Erzeugung von Eingangsparametersätzen für die Simulation.

Erzeugung des Bezugslayers

Die digitale Erfassung von Raum- und Katasterdaten ist in der Landesvermessung bereits so verbreitet (digitale Kataster, Raumplanung), dass in der Regel georeferenzierte Gebäudeumrisse (Umringe) zur Verfügung stehen. Für den Bezugslayer wird pro Gebäude oder Gebäudeteil jedoch lediglich eine sogenannte Gebäudekoordinate benötigt. Sie gibt einen sicher innerhalb des Grundrisses liegenden Punkt an, an dem die „virtuelle Nadel“ bei der Informationsextraktion angesetzt werden kann. Liegen diese Gebäudekoordinaten nicht direkt vor (z. B. als amtliche Hauskoordinaten), so können diese leicht manuell oder teilautomatisiert anhand der Umringe erzeugt werden.

Einbindung der Informationslayer

Ähnlich vielfältig wie das Angebot an themenbezogenen Karten und Dateien ist unglücklicherweise auch die Anzahl der unterschiedlichen Formate in denen sie vorliegen. Es handelt sich im wesentlichen um:

- Vektordaten
 - Shape Formate aus GIS-Anwendungen
 - Herstellerspezifische Formate aus CAD-Anwendungen
 - Webgestützte Formate von Geoservern
- Rasterdaten
 - Allgemeine Bildformate wie JPG oder PNG
 - GeoTIFF
 - Karten auf Papier
 - Webgestützte Formate von Geoservern
- Tabellen
 - Tabellarische Zusammenstellung von Informationen, die durch Angabe des Gebäudes oder der Koordinaten referenzierbar sind. Alle gängigen Tabellenformate (XLS, CSV, etc.)
- Datenbanken
 - Jede Datenbank, die zusätzlich zur eigentlichen Information jeweils auch eine eindeutige Ortsangabe beinhaltet. Alle gängigen Datenbankformate

⁸ Die Hauskoordinate beschreibt die Lage eines sicher innerhalb der jeweiligen Gebäudegrundfläche liegenden Punktes.

Die Einbindung dieser heterogenen Quellen scheint auf den ersten Blick kaum handhabbar. Doch auch dafür stellen GIS geeignete Hilfsmittel zur Verfügung. Verglichen mit der Erfassung hunderter oder tausender einzelner Gebäude bleibt der Zeitaufwand in der Praxis gering.

Nachträgliche Georeferenzierung

Ein Teil der einzubindenden Informationsquellen wird im Original nicht georeferenziert sein. Dieser globale Bezug muss hier durch Verschiebung, Skalierung und Verzerrung manuell hergestellt werden. Das GIS hilft dabei mit definierten Arbeitsabläufen.

Aufbereitung von Vektordaten

Die Zeichnungselemente in vektoriiell vorliegendem Kartenmaterial werden üblicherweise durch die Koordinaten und zusätzliche Attribute wie Farbe, Linienbreite, Linienart etc. beschrieben. In nahezu allen Datenformaten ist es darüber hinaus möglich, diese Elementstruktur um weitere Eigenschaften zu ergänzen. Handelt es sich bei den Einzelelementen um geschlossene Linienzüge, so stehen diese Informationen bei der Durchstichabfrage im GIS unmittelbar als Attributdatensatz des den Durchstichpunkt umgebenden Polygons zur Verfügung.

Aufbereitung von Rasterdaten

Karten, die in Form von Rasterdaten oder Bilddateien vorliegen, sind nicht wie vektorisierte Quellen direkt auszuwerten. Zum einen fehlt der Lagebezug⁹, zum anderen bestehen sie in der Regel aus einer Matrix einzelner Bildpunktbeschreibungen, die lediglich Farb- und ggf. Helligkeitsinformationen enthalten. Die inhaltlichen Bedeutung der Farbgebung wird in einer Legende definiert, die in den meisten Fällen Teil des Bildes selbst ist.

Um Rasterdaten sinnvoll auszuwerten, müssen sie zunächst mit Hilfe der entsprechenden GIS-Werkzeuge georeferenziert werden. Darüber hinaus ist eine Look-Up-Tabelle notwendig, die die Farbwerte entsprechend der Legende mit Attributen verknüpft. Über diesen Umweg werden auch Karten in Rasterformaten für die Durchstichabfrage verwertbar.

Umgang mit Ortsinformationen

Planer und Ingenieure sind es gewohnt, ohne globales Bezugssystem zu arbeiten und den Erdboden als einfache zweidimensionale Fläche anzunehmen. Geo-Informationssysteme sind jedoch Werkzeuge aus dem Umfeld der Geodäsie. Als universelle Vermessungswissenschaft beschränkt sie sich nicht auf die geometrische Beschreibung einzelner Teile der Erdoberfläche. Diese großräumliche Betrachtungsweise macht es notwendig, die Erdkrümmung einzubeziehen. Die Ortsbeschreibung erfolgt durch Angabe von Längen- und Breitengraden auf der Hüllfläche eines der Erdform möglichst ähnlichen Referenzellipsoiden (z.B. im World Geodetic System 1984, kurz: WGS84 (s. WGS. 1984)).

⁹ mit Ausnahme des ortreferenzierbaren GeoTIFF-Formates

Für Planungszwecke wird die Übertragung auf zweidimensionale Medien notwendig. Diese erfolgt in der Landesvermessung durch Projektion auf eine zur Erdachse senkrechte Zylinderform (transversale Mercator-Projektion). Es ist offensichtlich, dass Längen- und Winkelverzerrungen um so größer werden, je größer der Abstand des betrachteten Areal vom der Berührungslinie zwischen Erdellipsoid und Projektionszylinder (Großkreis) ist (s. Schmidt, 1996 und Abb. 4). Daher wird stets nur ein wenige Breitengrade umfassender Meridianstreifen betrachtet - das Koordinatenbezugssystem (KBS).



Abb. 4: Transversale Mercator Projektion, schematisch.
Quelle: Wikipedia (s. Wiki Mercator, 2014)

Historisch bedingt werden Bezugskörper, Projektionsalgorithmus, Notation und Streifenbreite lange Zeit nicht weltweit einheitlich gehandhabt. Der deutsche Kartenbestand etwa bezieht sich neben lokalen Sonderlösungen überwiegend auf die Gauss-Krüger-Systematik (s. Schmidt, 1996). Neuere deutsche Kartenwerke werden jedoch im Rahmen der Internationalisierung in Universal-Transversal-Mercator-Systematik (UTM) (Schmidt, 1996, S.99f) erarbeitet.

Für die Arbeit in GIS ergibt sich daraus die Notwendigkeit, für jede georeferenzierte Quelle das entsprechende KBS zu kennen, zu benennen und in das KBS des Bezugslayers umzurechnen. Das GIS hält auch hier umfangreiche Funktionalität bereit. Dessen korrekte Nutzung erfordert allerdings tiefere Kenntnisse über den Umgang mit unterschiedlichen KBS in der Geodäsie.

Aufbereitung der ermittelten Eigenschaften

Der Blick auf die Vielfalt des Quellenkatalog zeigt, dass jedem Informationslayer eine inhaltspezifische Bewertungsvorschrift beigelegt werden muss, die die Auswirkungen der betreffenden Eigenschaft auf die energetischen Kenngrößen und Bauteileigenschaften möglichst zuverlässig beschreibt.

ANWENDUNGSBEISPIEL

Im Folgenden soll das Vorgehen am Beispiel einer Gebäudezeile aus dem Untersuchungsgebiet und einiger grundlegender Karten gezeigt werden. Um die Auswirkungen jeder einzelnen Quelle zu verdeutlichen wird die Durchstichabfrage nicht erst nach Einbinden aller Karten, sondern nach jedem Hinzufügen jedes einzelnen Informationslayers durchge-



Abb. 5: Analyzierte Gebäudezeile Beispiel, Quelle: Karten/Apple

führt. Die jeweilige Ergebnisgrafik zeigt den zu erwartenden jährlichen Transmissionswärmeverlust durch die Hauptbauteile der Hülle jedes einzelnen Gebäudes¹⁰.

Das Kartenmaterial besteht aus:

- A. Hausumringen („Katasterkarte“, vektoruell)
- B. Hauskoordinaten (vektoriell)
- C. Geschosshöhen (Rasterdaten)
- D. Baualter (vektoriell)
- E. Kriegsschäden (Bilddatei)

Notwendige Layer

Für die Bearbeitung eines Quartiers in Open eQuarter reichen zunächst die Hausumringe (A.) und Hauskoordinaten (B.), die üblicherweise amtlicherseits verfügbar sind¹¹.

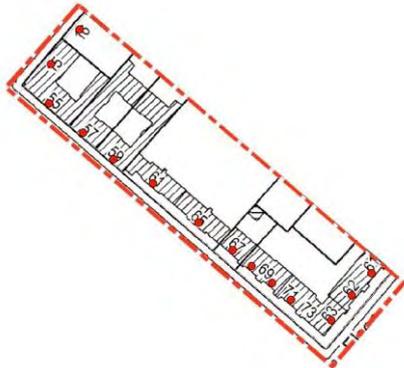


Abb. 6: Hauskoordinaten als Bezugslayer

Die Hauskoordinaten werden in das GIS geladen und als Bezugslayer genutzt.

Als erster Informationslayer werden die Hausumringe (A.) importiert. Sie liefern die grundlegenden zweidimensionalen Kenndaten wie Grundflächen und Umlaufängen der einzelnen Gebäude.



Abb. 7: Hausumringe mit Gebäude-ID sowie vom GIS kalkulierten Grundflächen und Perimeterlängen

Kategorisierung des Quartiers

Das Quartier wird nun einer Quartierskategorie¹² zugeordnet, die einen statistisch ermittelten Satz von Grundeigenschaften und baualtersbezogener Kennkurven liefert (s. Tab. 1 und Abb. 8). Damit wird eine erste energetische Beurteilung der Einzelgebäude allein auf Grund ihrer zweidimensionalen Geometrie möglich. Die betrachtete Gebäudezeile liegt im inne-

¹⁰ Die Ermittlung der Transmissionswärmeverluste erfolgte in diesem Fall vereinfacht über das Gradstundenverfahren.

¹¹ Natürlich können auch andere Quellen herangezogen werden. Auch die manuelle Erstellung im GIS ist möglich.

¹² Die Kategorisierung für Open e Quarter wird im Rahmen des Projektes entwickelt und umfasst zur Zeit drei Kenndatensätze: SU1.D (Vorstädtisch/Suburban 1, Deutschland) oder R1.D (Ländlich/Rural 1, Deutschland). Die Parametrisierung erfolgt durch Auswertung frei verfügbarer statistischer Daten. Die im Beispiel verwendeten Kenndaten und -kurven repräsentieren den aktuellen Projektstand und berücksichtigen zunächst nur die Hauptbauteile Boden, Wand und Dach.

ren Stadtraum von Berlin und gehört damit zur Kategorie U1.D „Urban 1 Deutschland“.

Category	U1.D	SU1.D	R1.D
Typical No. of Floors	4,5	2,5	2
Typical Height between Floors	3	3	3
Typical No. of Detached Walls	1,5	1	0,5
Typical U Base [W/(m2K)]	0,99	0,91	0,87
Typical U Wall [W/(m2K)]	1,21	1,16	1,21
Typical U Roof(Vert) [W/(m2K)]	1,16	1,05	0,97
U-Value Weighted Average	1,17	1,10	1,12

Tab. 1: Vorläufige Quartierskategorien in Open eQuarter¹²



Abb. 8: U-Wert Kennkurven für die Q-Kategorie U1-D¹²

Nach der Durchstichabfrage enthält der Bezugslayer eine rudimentäre Gebäudedatenbank. Die Datensätze geben Auskunft über

- die Lage,
- die ID,
- die Grundfläche,
- die Umlauf- bzw. Perimeterlänge,

des jeweiligen Gebäudes. Die Kennwerte der Quartierskategorie (s. Tab. 1) erlauben nun trotz unvollständiger Geometrie bereits eine erste gebäudeweise Abschätzung energetischer Kennwerte wie z. B. der jährlichen Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehüllen¹³ (s. Abb. 9):

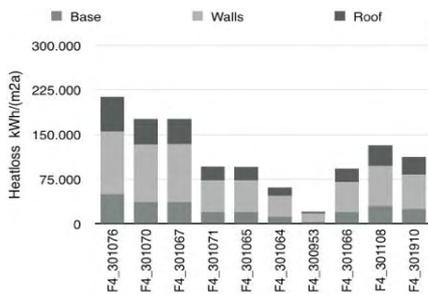


Abb. 9: Hüllenbezogene Transmissionswärmeverluste nach Gebäudegrundriss und Quartierskategorie¹³

¹³ Die Ermittlung der Transmissionswärmeverluste erfolgte in diesem Fall vereinfacht über das Gradstundenverfahren.

Erweiterung der Informationsbasis

Mit der Ergänzung eines Informationslayers zur Geschossigkeit (C.) der Gebäude ist eine ungefähre Höheninformation verfügbar (s. Abb. 10). Die Datensätze sehen nun so aus:

- Lage,
- ID,
- Grundfläche,
- Umlauf- bzw. Perimeterlänge,
- Gebäudehöhe des jeweiligen Gebäudes.

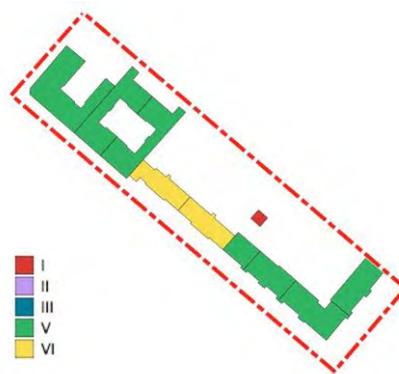


Abb. 10: Geschossigkeitskarte

Da die zunächst angesetzten durchschnittlichen Gebäudehöhen aus der Quartierskategorie nun durch konkretere Werte ersetzt werden, liefert die Durchstichabfrage bereits ein differenzierteres Bild (Abb. 11):

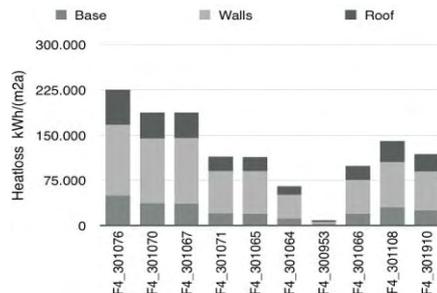


Abb. 11: Hüllenbezogene Wärmeverluste nach Geometrie und Quartierskategorie¹³

Abschliessend wird die Baualterskarte (D.) einbezogen (s. Abb. 12). Zusätzlich wird ein Informations-

layer für Kriegsschäden (E.) importiert (s. Abb. 13), so dass auch Wiederaufbauten sicher identifiziert werden. Damit erweitern sich die Datensätze zu:

- Lage,
- ID,
- Grundfläche,
- Umlauf- bzw. Perimeterlänge,
- Gebäudehöhe des jeweiligen Gebäudes,
- Baualter.

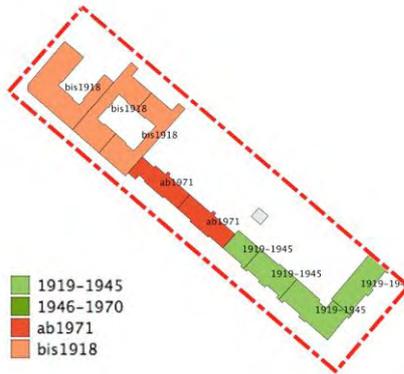


Abb. 12: Baualterskarte

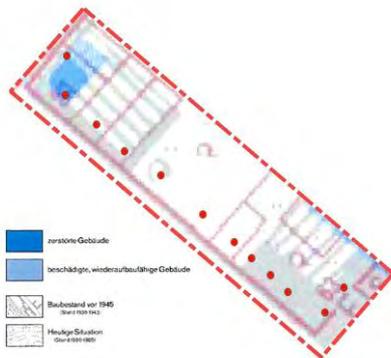


Abb 13: Kriegsschäden als Informationslayer

Durch die Berücksichtigung des Kriegsschadenlayers (s. Abb. 13) kann die fehlerhafte Baualtersangabe des Gebäudes F4_301076 identifiziert und korrigiert werden. Damit ergibt sich als Gesamtergebnis:

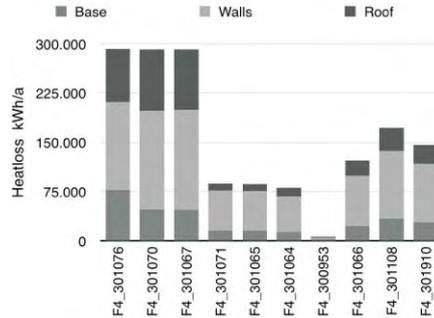


Abb 14: Hüllenbezogene Wärmeverluste nach Geometrie, Quartierskategorie und Gebäudealter unter Einbeziehung von Kriegsschäden

Das Beispiel zeigt deutlich, dass die prognostizierten hüllenbezogene Wärmeverluste mit jedem zusätzlichen Informationslayer differenzierter werden. Die vorläufige Parametrisierung der Quartierskategorien scheint im derzeitigen Projektstand jedoch noch nicht optimal. Die Auswertung zusätzlicher statistischer Quellen, Vergleichsanalysen im Rahmen der Validierung im Untersuchungsgebiet sowie die Einbeziehung weiterer Bauteile dürfte hier jedoch zu einer erheblichen Verbesserung führen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Nutzung skriptfähiger Geo-Informationssysteme eröffnet neue Möglichkeiten der Datenakquise für die energetische Analyse, Bewertung und Simulation umfangreicher Gebäudekomplexe und Quartiersstrukturen. Die Eigenschaftensätze aus der teilautomatisierte „Durchstichabfrage“ können bei Anwendung geeigneter Bewertungsalgorithmen zuverlässige gebäudespezifische energetische Kenndaten liefern. Damit ermöglicht die sich ergebende Gebäudedatenbank räumlich und quantitativ differenziertere energetische Analysen als die bisher üblichen Abstraktionen. Der zusätzliche Aufwand für die Bearbeitung beliebiger georeferenzierbarer Quellen im GIS ist deutlich geringer als der für die manuelle Erfassung jedes einzelnen Gebäudes.

Im Rahmen des Projektes „Open eQuarter“ wird die Datenakquise nach dem Layerkonzept in Form eines Arbeitsablaufes als Erweiterung in das GIS integriert und im Anschluss anhand des Untersuchungsgebietes in Berlin Neukölln validiert werden.

DANKSAGUNG

Das Projekt "Nachhaltige und energieeffiziente Bestandsentwicklung von Stadtquartieren - Entwicklung eines Analyse- und Planungstools zur energetischen Bewertung und Sanierung von Stadtquartieren (Open eQuarter)" wird vom BMUB innerhalb der Förderinitiative Zukunft Bau unter dem Förderkennzeichen II 3-F20-11-1-158 / SWD-10.08.18.7 - 12.51 gefördert.

LITERATUR

- Effort. 2014. effort - Energieeffizienz vor Ort
<http://www.unternehmen-region.de/de/7701.php>
 Bundesministerium für Bildung und Forschung
 Ref 114 "Regionale Innovationsinitiativen; Neue Länder"
 Stand: 24.06.2014
- Malotki, C. v.; Koch, T.; Vaché, M.:
 Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ), Werkstatt: Praxis Heft 81, Hrsg.: BMVBS, Berlin 2013 und <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/ExWoSt/42/exwost42.html>
 Stand: 24.06.2014
- ECO. 2014. ECO-Region - Treibhausgasbilanzierung für Städte und Gemeinden
<https://www.ecospeed.ch/eco2region/data/ECOREgion-2.pdf>
 ECOSPEED AG, Zürich CH
 Stand: 24.06.2014
- Blesl, M., Kempe, S., Dr. Haigis, J. 2008. Verfahren zur Entwicklung einer digitalen Wärmebedarfskarte
http://www2.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/pb_pdf/Blesl_Bremen_2008_04_10.pdf
 Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart
 Stand: 20.06.2014
- Dallhammer, E., Neugebauer, W., Novak, S., Schuh, B., Essig, S. 2010. EFES - Energieeffiziente Entwicklung von Siedlungen
http://www.energieeffizientesiedlung.at/sites/energieeffizientesiedlung.at/files/webfm/uploads/pdf/817609_EFES-WissEndbericht_0.pdf
 Österr. Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
 Stand: 22.06.2014
- ExWostSt. 2013. Energetischer Plausibilitätscheck im Rahmen des ExWost-Forschungsprojektes Energetische Stadterneuerung http://www.bbsr.bund.de/chn_032/nn_187666/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/ExWoSt/36/exwost36.html
 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
 Stand: 24.06.2014
- Gem-EB. 2013. Gemeindebilanzierungssoftware Gem-EB
<http://www.bk.ar.tum.de/index.php?id=139>
 TU München - Fakultät für Architektur - Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik
 Stand: 25.06.2014
- EnEff:Stadt. 2012. Leitfaden für EnEff:Stadt-Projektleiter
 EnEff:Stadt-Bilanzierungstool
<http://www.eneff-stadt.info/de/publikationen/publikation/details/leitfaden-fuer-eneffstadt-projektleiter/>
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) Stand: 25.06.2014
- District ECA. 2013. EnEff:Stadt Energiekonzept-Berater
<http://www.district-eca.de>
 Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart
 Stand: 25.06.2014
- QGIS. 2014. Quantum GIS geographic information system
<http://www.qgis.org>
 OSGeo Open Source Geospatial Foundation
 Stand: 21.06.2014
- Python. 2014. Python Project Home
<http://www.python.org>
 Stand: 22.06.2014
- mySQL. 2014. Mysql Project Home
<http://www.mysql.com>
 Oracle SSO
 Stand: 25.06.2014
- Apache. 2014. Apache HTTPD Project Home
<http://httpd.apache.org>
 Apache Software foundation
 Stand: 25.06.2014
- WWW-Org. 2014. HTML5 - A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML
<http://www.w3.org/TR/html5/>
 World Wide Web Consortium (W3C)
 Stand: 24.06.2014
- Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R. 2011. Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2011 ISBN-Nr.: 978-3-941140-21-9
- Geo Berlin. 2014. Geoportal der Stadt Berlin
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/>
 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Informationssystem Stadt und Umwelt
 Stand: 22.06.2014
- WGS. 1984. WGS 84 Implementation Manual EUROCONTROL – European Organization for the Safety of Air Navigation, Version 2.4; February 12, 1998
<http://www.dqts.net/files/wgsman24.pdf>
 Stand:27.06.2014
- Wiki Mercator. 2014.
 Wikipedia-Bertrag: „Mercator-Projektion“
<http://de.wikipedia.org/wiki/Mercator-Projektion>
 Stand:26.06.2014
- Schmidt, W.F. 1996. Leitfaden der Kartentwurflehre
 2.Aufl, Springer

C.3 Veröffentlichungen

C.3.1 PlanerIn 04/15

Michael Färber, Werner Kaul

Open eQuarter

Geodaten als Baustein für Energieeffizienz im Quartier

Der Quartiersansatz gewinnt in der energetischen Betrachtung und Modernisierung von Gebäuden und Städten zunehmend an Bedeutung. Über eine Einzelgebäudesicht hinaus können so neue Ansätze für CO₂-Einsparungen entwickelt und Synergien aus dem Gebäudezusammenhang z. B. in der Energieversorgung genutzt werden. Die Verortung in einem Quartier eröffnet zugleich lokale Möglichkeiten für die Ansprache und Aktivierung der Akteure. Dafür sind transparente, visuell aufbereitete und möglichst aktuelle Informationen über energetische Potenziale in Quartieren vonnöten. Schließlich greift auch der Aktionsplan Klimaschutz 2020 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) das Quartier als Handlungsebene auf, um hier energetische Potenziale des Gebäudebestands zu erschließen.

Das Forschungsprojekt „Open eQuarter“ untersucht eine automatisierte Erfassung energetischer Potenziale im Quartier und wird aus Mitteln der Initiative „ZukunftBau“ des BMUB finanziert. Das interdisziplinäre Forscherteam der



Abb. 1: Untersuchter Straßenzug in Berlin-Neukölln
(Quelle: DMSW 2015)

UdK Berlin und DMSW Architekten verfolgt eine geodatenbasierte Lokalisierung und Visualisierung energetischer Potenziale des Gebäudebestands. Kern ist die Entwicklung einer Software-Umgebung, die den energetischen Status eines Blocks oder Quartiers bei möglichst geringem Erfassungsaufwand zeit- und gebäudegenau abbildet. Die daraus entwickelten energetischen Potenzialanalysen können weitere Merkmale hinzuziehen und lassen Abschätzungen zu Auswirkungen baulicher, gebäudetechnischer und infrastruktureller Maßnahmen zu. Das Softwarepaket basiert auf der Nutzung eines Geo-Information-Systems (GIS) und soll plattformunabhängig und kostenfrei sein. In einem zweigliedrigen Projektansatz aus Softwareentwicklung und Quartiersanalyse wird ein Open-eQuarter-Plug-in für das kostenlos verfügbare Geo-Informationssystem QGIS entwickelt (www.qgis.org).

Rechnergestützte Quartiersanalyse

Verschiedene Instrumente und Tools befassen sich bereits mit der automatisierten Erfassung energetischer Potenziale, z. B. entwickelt im Projekt „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere“ (BMVBS 2013) oder das kommerzielle Bilanzierungstool „ECORegion“. Generell wird auch in diesen Tools der Ansatz verfolgt, über automatisierte Datenerfassung und Algorithmen schnell und einfach Aussagen über den Energieverbrauch eines Quartiers oder Stadtraums zu treffen. Diese sollen als Grundlagen für Entscheidungen dienen oder die Entwicklung energetischer Konzepte ermöglichen. Auch das Projekt „Open eQuarter“ zielt darauf ab, den Betrachtungswinkel von der Einzelgebäudeebene hin zu Siedlungen und Quartieren aufzuweiten. Dabei wird aber weniger auf die Entwicklung neuer Algorithmen und Simulationsansätze fokussiert. Ziel ist vielmehr die Bereitstellung eines universellen, plattformunabhängigen, nach dem Open-Source-Prinzip kostenfreien und allgemein verfügbaren Werkzeugkastens im Umfeld eines Geo-Information-Systems. Durch die Analyse der vielfältig vorhandenen georeferenzierten Daten und Karten in einem GIS soll vor allem der Aufwand für die Erfassung der Gebäudedaten reduziert werden.

Die größten Hindernisse für den alltäglichen Einsatz rechnergestützter Quartiersanalyse liegen in der Erfassung und Aufbereitung qualitativ zuverlässiger Grunddaten für eine so große Anzahl von Bauwerken. Betrachtet man ein Einzelgebäude, so ist es mit relativ überschaubarem Zeitaufwand möglich, die notwendigen spezifischen Informationen für eine zuverlässige energetische Beurteilung zusammenzutragen. Handelt es sich dagegen um Hunderte oder sogar Tausende von Gebäuden, so wird diese detaillierte Eingangsdatenakquise spätestens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zum unlösbaren Problem. Die bisherigen Ansätze setzen das Vorhandensein entsprechender gebäudespezifischer Daten einfach voraus oder begegnen dieser Schwierigkeit durch Abstraktion, Typisierung oder mit Vergleichsdaten. Diese Vorgehensweisen führen jedoch zwangsläufig zu einer deutlichen Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten oder zu einer erheblichen Verminderung der erreichbaren Präzision und/oder der räumlichen Auflösung.

Entwicklung und Aufbau des „Open eQuarter“-Tools

Geo-Information-Systeme (GIS) finden im Planungsbereich zunehmend Verbreitung und ermöglichen eine völlig neue Herangehensweise. Mit ihrer Hilfe können beliebige räumliche Informationen zu übersichtlichen Karten aufbereitet werden, und spezielle Werkzeuge ermöglichen es, ortsbezogene Informationen zu extrahieren. Relevantes Kartenmaterial steht in block- oder sogar gebäudeweiser Auflö-

1

SRL

. PLANERIN_02

Probelayout zur Kontrolle Textmenge, Korrekturversion

sung je nach Region in immer größerem Umfang und zu immer mehr Themenbereichen öffentlich und frei zur Verfügung (z. B. Daten zu Gebäudealter, Gebäudeklasse, solarer Nutzbarkeit, Kriegsschäden, Sozialstruktur etc.). Über eine halbautomatisierte Auslesung an den Gebäudepositionen macht sich „Open eQuarter“ diesen georeferenzierten Informationspool zunutze.

Das Verfahren ist auch auf ökonomische, soziologische und demografische Daten anwendbar. Dies ermöglicht nicht nur deutlich präzisere Analysen, sondern auch Vorhersagen über die wirtschaftliche und politische Durchsetzbarkeit von Sanierungsmaßnahmen im Quartierskontext.

Das Konzept des „Open eQuarter“-Tools (vgl. Abb. 2) stützt sich im Wesentlichen auf eine viergliedrige Struktur (Kaul 2014). In deren Zentrum steht eine Gebäudedatenbank. Flankiert wird diese Datenbank durch ein Geo-Informationssystem für die Datenakquise. Zusätzlich stellt ein Webserver die Auswertungsfunktionalität und deren Ergebnisse im Internetbrowser als HTML5-Anwendung (Arbeitsbereich Standardnutzer) zur Verfügung.

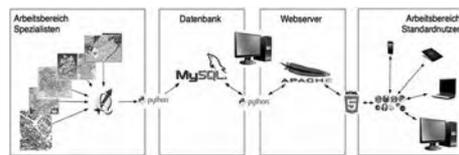


Abb. 2: Grundstruktur des „Open eQuarter“-Tools (Quelle: UdK 2015)

Parallel zur Entwicklung der Software-Tools stellt die Analyse eines typischen Stadtquartiers „von Hand“ eine zuverlässige, inhaltliche Referenz bereit. Die georeferenzierten Quartiersdaten dienen der Validierung der für das „Open eQuarter“-Tool erstellten Parameter und Berechnungen. Das Untersuchungsquartier befindet sich im Stadtteil Berlin-Neukölln und ist als heterogenes Innenstadtkquartier für eine Untersuchung besonders interessant. Charakteristisch sind großstädtische Blockrandstrukturen, aber auch gemischte Bebauungen und eine große Bandbreite unterschiedlicher Gebäudearten und -alter. Vorrangig vertreten im Wohnquartier sind gründerzeitliche Gebäude, mit vereinzelt, auch größeren Standorten von Nachkriegsbauten und neuerer Bebauung. So finden sich auf recht engem Raum vergleichsweise viele Stadtraumtypen, was sich auf die frühere Stadtrandlage an der Berliner Mauer zurückführen lässt. Wenngleich sich mehr als die Hälfte der heutigen Gebäude in einem guten Zustand befindet, ist ein relativ großes Erneuerungspotenzial vorhanden. Die heterogene Gebietsstruktur setzt sich auch in energetischen Themen fort: So ist die Energieversorgung sehr divers mit einem hohen Anteil Fernwärme und Gas-Etagenheizungen, aber auch vereinzelt Öl- sowie Kohleheizungen. Auch die Eigentümerstruktur ist geprägt durch ein heterogenes Bild aus Privateigentümern und größeren Wohnungsunternehmen. Aufbauend auf einer großräumigen Gebietsenerhebung, wurden erste Untersuchungsergebnisse anhand eines Straßenzuges detailliert und mit Telefoninterviews und schriftlichen Befragungen zum Stand von Ener-

gieversorgung und -verbrauch untermauert. Die detaillierte Abbildung der realen Wohnverhältnisse und Verbräuche dient sodann als Gegenstück in der Toolentwicklung.



Abb. 3: Untersuchungsquartier Berlin-Neukölln (Quelle: DMSW 2015)

Wie funktioniert das Tool konkret

Die räumlichen Lagedaten der im Untersuchungsraum befindlichen Bauwerke werden auf einem „Bezugslayer“ im GIS angelegt. Im Anschluss werden die verfügbaren Karten, die für die energetische Beurteilung der Gebäude relevant sein könnten, georeferenziert als „Informationslayer“ unter diese Schicht gelegt. Ggf. werden diese mit inhaltspezifischen Aus- und Bewertungsalgorithmen verknüpft (vgl. Abb. 4).

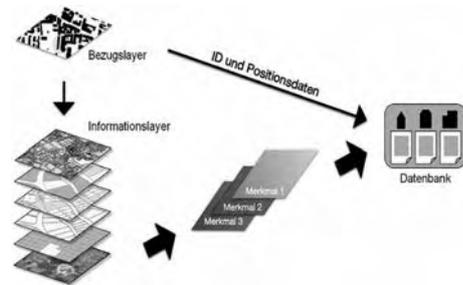


Abb. 4: Layerkonzept mit Bezugslayer und Informationslayern (Quelle: UdK 2015)

Die Informationsabfrage gestaltet sich jetzt einfach. Bildlich gesprochen setzt man eine Nadel an einem Punkt jedes einzelnen Gebäudes an und durchsticht den gesamten Ebenenstapel senkrecht zur Oberfläche. Die am Durchstichpunkt auf den Informationslayern gefundenen Eigenschaften werden dabei durch Anwendung der hinterlegten Rechenvorschriften quantifiziert und als Attribut an das entsprechende Objekt angehängt. Da jedes dieser Punktobjekte ein Gebäude repräsentiert, enthält der Bezugslayer im Anschluss eine vollständige Gebäudedatenbank, die für die statistische Auswertung ebenso genutzt werden kann, wie für die Erzeugung von Eingangsparametersätzen für eine Simulation.

Lassen sich Parameter für einzelne Gebäude oder das ganze Quartier nicht aus den Informationslayern extrahieren, werden sogenannte generische Kenndaten angesetzt. Diese werden anhand statistischer Zusammenhänge aus ein paar quartiersbezogenen Grunddaten ermittelt: etwa der Bevölkerungsdichte, des durchschnittlichen Gebäudealters und der klimatischen Lage. Die entsprechenden Algorithmen und Tabellen wurden im Rahmen des Projekts durch sorgfältige Analyse frei verfügbarer statistischer Quellen, wie etwa der gebäudebezogenen Daten des „Zensus 2011“, entwickelt. Auf diese Weise genügen bereits die wenigen quartiersbezogenen Grunddaten für eine erste gebäudeweise Abschätzung energetischer Kennwerte wie z. B. der jährlichen Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehüllen.

Für den Bezugslayer kommen digitale georeferenzierte Raum- und Katasterdaten zu Gebäudeumrissen sowie amtliche Gebäudekoordinaten in Betracht. Diese liegen z. B. bei Vermessungsämtern bereits vor. Im Beispiel wurden sie über den WMS-Service der Geodateninfrastruktur der Berliner Senatsverwaltung zur Verfügung gestellt. Die Informationslayer erstellen sich aus Daten mit einer ebenso breiten Themenpalette wie Formatvielfalt. Hier kommen Vektordaten aus Shape-Dateien oder CAD-Formate, Rasterdaten aus Bildern und Scans sowie Tabellendaten und Datenbanken in Betracht. Geo-Informations-Systeme halten dafür passende Einbindungsmöglichkeiten bereit. Für das Fallbeispiel des Projektgebiets wurden frei zugängliche Daten eingebunden und mit Daten aus der Quartiersuntersuchung ergänzt. Wichtiger Baustein des „Open eQuarter“-Tools ist eine inhaltspezifische Bewertungsvorschrift. Diese wird für jeden Informationslayer im Rahmen des jeweiligen Projekts erstellt und beschreibt die Auswirkungen der betreffenden Eigenschaft auf die energetischen Kenngrößen und Bauteileigenschaften. Schließlich zeigte sich im Abgleich der „von Hand“ recherchierten Energieverbrauchsergebnisse und der mit dem Arbeitsstand des „Open eQuarter“-Tools berechneten Energieverbrauchs eine starke Annäherung beider Ergebnisse.

Mehrwehrt für Nutzer und Quartiere

Im Tool-Entwicklungsprozess waren potenzielle Nutzergruppen über Vertreter von Stadt- und Landesverwaltungen, von Wohnungsbauunternehmen sowie von Privateigentümern eingebunden. Dabei stand die möglichst vielfältige Nutzbarkeit des Tools im Fokus, die durch eine offene Gestaltung und vielfältige Andockmöglichkeiten ermöglicht wird. Hauptaugenmerk ist dabei die Quartiersicht, weniger die genaue Sanierungsabschätzung für Einzelgebäude. Aus stadtplanerischer Sicht kann dies für die Entwicklung des Gesamtquartiers, dessen Energieversorgung und Effizienz von Nutzen sein. Dennoch werden auch Bedürfnisse von Einzelgebäudeeigentümern bedient. Eigentümer von größeren Wohnungsbeständen können mithilfe des Tools einen einfachen, schnellen und kostengünstigen Weg der Datenerfassung (nützlich z. B. bei Kaufabsichten) begehen. Kleinere Bestände profitieren von dem Tool, wenn darüber durch Einbezug der Nachbarschaft energetische Potenziale identifiziert werden können. Innovative Sanierungs- und

Energieversorgungsstrategien z. B. mit Zusammenschlüssen für eine BHKW-Lösung können damit ermittelt werden.

Eine Stärke des Tools ist damit auch die schnelle und unkomplizierte Möglichkeit, energetische Potenziale aufzuzeigen, zu visualisieren und dabei Raum für Lösungs-Nutzungsansätze zu schaffen. Nicht nur Experten können so in die Lage versetzt werden, mögliche Synergien schnell und einfach zu erkennen. Auch Fachfremde erfahren mehr über die Potenziale im Quartier. Dadurch könnte sich das Tool als wichtiger Baustein für Mitwirkung und Partizipation an zukünftigen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbarer Energien qualifizieren.

Wenngleich die Automatisierung die Arbeit erleichtert – das Know-how von Experten wird auch weiterhin insbesondere für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen benötigt werden. Das Tool unterstützt jedoch dabei, grundsätzliche Lösungen für die spezielle Vor-Ort-Situation zu finden und diese gemeinsam mit den Akteuren abzustimmen und weiterzuentwickeln.

Auch für die Ausrichtung von Förderprogrammen kann die Anwendung des „Open eQuarter“-Tools von Nutzen sein. In aktuellen Fördermodellen auf EU- und Landesebene steigt die Bedeutung des Quartiers. Da auch soziale und sozioökonomische Daten als Ebenen in das Tool einfließen, bietet sich das Tool für eine raum- und sozial-orientierte Ausrichtung von Fördermitteln an. Die Förderung für energetische Maßnahmen könnte dann beispielsweise so gestaltet werden, dass Mittel genau dorthin fließen, wo eine sozioökonomisch schwache Bewohnerschaft damit unterstützt werden kann.

Weiterentwicklungen des Tools könnten spezielle Anwenderbedürfnisse wie Neubebauungen im Quartierszusammenhang aufgreifen. Eine weitere spannende Perspektive ist die toolseitige Simulation von angedachten Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen, die einen neuen Umgang mit Sanierungsoptionen ermöglichen könnte. Szenarienhaft würden so Varianten zukünftiger energetischer Ausrichtungen von Quartieren konstruiert und unter den verschiedenen Akteuren kommuniziert und diskutiert werden.

Michael Färber, Dipl.-Ing., SRL, Mitarbeiter bei DMSW Architekten und beim Deutschen Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Lehrbeauftragter für GIS an der TU Berlin
Werner Kaul, Dipl.-Ing., Architekt, Mitarbeiter der UdK Berlin am Institut für Architektur und Städtebau – Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik

Quellen

- BMVBS (Hg.) (2013):** Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ). Werkstatt: Praxis, Heft 81. Berlin
- Kaul, Werner et al. (2014):** Teilautomatisierte Akquise energetischer Gebäudedaten für die Quartiersanalyse und -simulation durch den Einsatz von Geo-Informations-Systemen (GIS). Konferenzpapier der BauSIM 2014
- Open eQuarter (2015):** Forschungsinitiative ZukunftBau des BMUB, Förderkennzeichen II 3-F20-11-1-158 / SWD-10.08.18.7-12.51, Prof. Christoph Nitsch-Geusen, Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik, IAS der UdK Berlin, und Philipp Wehage, DMSW Architektur und Landschaft

C.3.2 greenbuilding 12/15

12 Planen

Open eQuarter

Geodaten als Baustein für Energieeffizienz im Quartier

Der Quartiersansatz gewinnt in der energetischen Betrachtung und Modernisierung von Gebäuden und Städten zunehmend an Bedeutung. Über die Einzelgebäudesicht hinaus können so neue Ansätze für CO₂-Einsparungen entwickelt und Synergien aus dem Gebäudezusammenhang z. B. in der Energieversorgung genutzt werden.

Text: Michael Färber, Werner Kaul



Geodaten als wichtige Informationsquelle für die Optimierung der Energieeffizienz im Quartier. Hier der untersuchte Straßenzug in Berlin-Neukölln.

Foto: DMSW

1

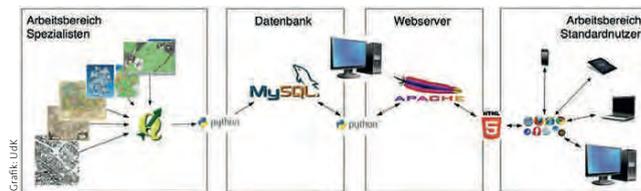
Die Verortung in einem Quartier eröffnet lokale Möglichkeiten für die Ansprache und Aktivierung der Akteure. Dafür sind transparente, visuell aufbereitete und möglichst aktuelle Informationen über energetische Potentiale in Quartieren von Nöten. Schließlich greift auch der Aktionsplan Klimaschutz 2020 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) das Quartier als Ebene auf, um energetische Potentiale des Gebäudebestands zu erschließen.

Das Forschungsprojekt „Open eQuarter“ untersucht eine automatisierte Erfassung energetischer Potentiale im Quartier und wird aus Mitteln der Initiative „ZukunftBau“ des BMUB finanziert. Das transdisziplinäre Forscherteam der UdK Berlin und DMSW Architekten verfolgt eine geodatenbasierte Lokalisierung und Visualisierung energetischer Potentiale des Gebäudebestandes. Kern ist die Entwicklung einer Software-Umgebung, die den energetischen Status eines Blocks oder Quartiers bei möglichst geringem Erfassungsaufwand zeit- und gebäudegenau abbildet. Die daraus entwickelten Potentialanalysen können weitere Merkmale hinzuziehen und lassen Abschätzungen über Auswirkungen baulicher, gebäudetechnischer und infrastruktureller Maßnahmen zu. Das Softwarepaket basiert auf der Nutzung eines Geo-Informationssystems (GIS) und soll plattformunabhängig und kostenfrei sein. In einem zweigliedrigen Projektansatz aus Softwareentwicklung und Quartiersanalyse wird ein Open eQuarter-Plug-in für das kostenlos verfügbare Geo-Informationssystem QGIS entwickelt.

Rechnergestützte Quartiersanalyse

Verschiedene Instrumente und Tools befassen sich bereits mit der automatisierten Erfassung energetischer Potentiale, z.B. entwickelt im Projekt „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere“ (BMVBS 2013) oder das kommerzielle Bilanzierungstool „ECORegion“. Generell wird auch darin der Ansatz verfolgt, über automatisierte Datenerfassung und Algorithmen schnell und einfach Aussagen über den Energieverbrauch eines Quartiers oder Stadtraums zu treffen. Diese sollen als Grundlagen für Entscheidungen dienen oder die Entwicklung energetischer Konzepte ermöglichen. Auch das Projekt „Open eQuarter“ zielt darauf ab, den Betrachtungswinkel von der Einzelgebäudeebene hin zu Siedlungen und Quartieren aufzuweiten. Dabei wird aber weniger auf die Entwicklung neuer Algorithmen und Simulationsansätze fokussiert. Ziel ist die Bereitstellung eines universellen, plattformunabhängigen, nach dem Open-Source-Prinzip kosten-

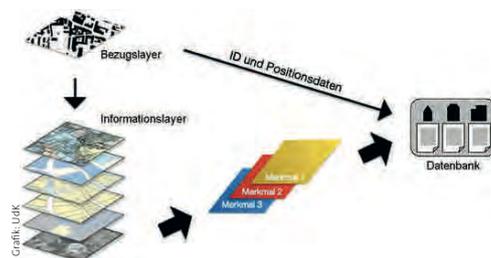
- 2 Grundstruktur des „Open eQuarter“-Tools
- 4 Layerkonzept mit Bezugslayer und Informationslayern



2

freien und allgemein verfügbaren Werkzeugkastens im Umfeld eines Geo-Informationssystems. Durch die Analyse der vielfältig vorhandenen georeferenzierte Daten und Karten in einem GIS soll vor allem der Aufwand für die Erfassung der Gebäudedaten reduziert werden.

Die größten Hindernisse für den alltäglichen Einsatz rechnergestützter Quartiersanalyse liegen in der Erfassung und Aufbereitung qualitativ zuverlässiger Grunddaten für eine so große Anzahl von Bauwerken. Betrachtet man ein Einzelgebäude, so ist es mit relativ überschaubarem Zeitaufwand möglich, die notwendigen spezifischen Informationen für eine zuverlässige energetische Beurteilung zusammenzutragen. Handelt es sich dagegen um Hunderte oder sogar Tausende von Gebäuden, so wird diese detaillierte Eingangsdatenakquise spätestens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zum unlösbaren Problem. Die bisherigen Ansätze setzen das Vorhandensein entsprechender gebäudespezifischer Daten einfach voraus oder begegnen dieser Schwierigkeit durch Abstraktion, Typisierung oder Vergleichsdaten. Diese Vorgehensweisen führen jedoch zwangsläufig zu einer deutlichen Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten oder zu einer erheblichen Verminderung der erreichbaren Präzision und/oder der räumlichen Auflösung.



4

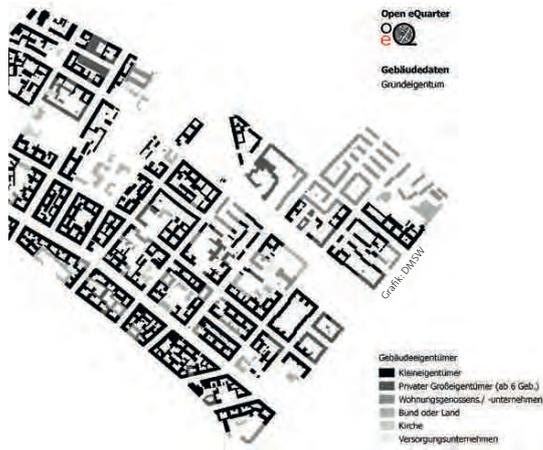
Entwicklung und Aufbau des Open eQuarter-Tools

Geo-Informationssysteme (GIS) finden im Planungsbereich zunehmend Verbreitung und ermöglichen eine völlig neue Herangehensweise. Mit ihrer Hilfe können beliebige räumliche Informationen zu übersichtlichen Karten aufbereitet werden und spezielle Werkzeuge ermöglichen, ortsbezogene Informationen zu extrahieren. Relevantes Kartenmaterial steht in block- oder sogar gebäudeweiser Auflösung je nach Region in immer größerem Umfang und zu immer mehr Themenbereichen öffentlich und frei zur Verfügung (z.B. Daten zu Gebäudealter, Gebäudeklasse, solare Nutzbarkeit, Kriegsschäden, Sozialstruktur etc.). Über eine halbautomatisierte Auslesung an den Gebäudepositionen macht sich „Open eQuarter“ diesen georeferenzierten Informationspool nutzbar. Das Verfahren ist auch auf ökonomische, soziologische und demographische Daten anwendbar. Dies ermöglicht nicht nur deutlich präzisere Analysen, sondern auch Vorhersagen über die wirtschaftliche und politische Durchsetzbarkeit von Sanierungsmaßnahmen im Quartierskontext.

Das Konzept des Open eQuarter-Tools (vgl. Abb. 2) stützt sich im Wesentlichen auf eine viergliedrige Struktur (Kaul 2014). In deren Zentrum steht eine Gebäudedatenbank. Flankiert wird diese Datenbank durch ein Geo-Informationssystem für die Datenakquise. Zusätzlich stellt ein Webserver die Auswertungsfunktionalität und deren Ergebnisse im Internetbrowser als HTML5-Anwendung (Arbeitsbereich Standardnutzer) zur Verfügung.

Parallel zur Entwicklung der Software-Tools stellt die Analyse eines typischen Stadtquartiers „von Hand“ eine zuverlässige inhaltliche Referenz bereit. Die georeferenzierten Quartiersdaten dienen der Validierung der für das „Open eQuarter“-Tool erstellten Parameter und Berechnungen. Das Untersuchungsquartier befindet sich im Stadtteil Berlin-Neukölln und ist als heterogenes Innenstadtquartier für eine Untersuchung besonders interessant. Charakteristisch sind großstädtische Blockrandstrukturen aber auch gemischte Bebauungen und eine große Bandbreite unterschiedlicher Gebäudearten und -alter. Vorrangig vertreten sind gründerzeitliche Gebäude in dem Wohnquartier, mit vereinzelt auch größeren Standorten von Nachkriegszeitbauten und neuerer Bebauung. So finden sich auf recht engem Raum vergleichsweise viele Stadtraumtypen, was sich auf die frühere Stadtrandlage an der Berliner Mauer zurückführen lässt. Wenngleich mehr als die Hälfte der heutigen Gebäude sich in einem guten Zustand befinden, ist ein relativ großes Erneuerungspotential vorhanden. Die heterogene Gebietsstruktur setzt sich auch in energetischen Themen fort: so ist die Energieversorgung sehr divers mit einem hohen Anteil Fernwärme und Gas-Etagenheizungen aber auch vereinzelt Öl- sowie Kohleheizungen. Ebenfalls die Eigentümer-

14 Planen



struktur zeichnet ein heterogenes Bild aus Privateigentümern und größeren Wohnungsunternehmen. Aufbauend auf einer großräumigen Gebietserhebung wurden erste Untersuchungsergebnisse anhand eines Straßenzuges detailliert und mit Telefoninterviews und schriftlichen Befragungen zum Stand von Energieversorgung und -verbrauch untersucht. Die detaillierte Abbildung der realen Verhältnisse und Verbräuche diente sodann als Gegenstück in der Toolentwicklung.

Wie funktioniert das Tool konkret?

Die räumlichen Lagedaten der vom Untersuchungsraum umfassten Bauwerke werden auf einem „Bezugslayer“ im GIS angelegt. Im Anschluss werden die verfügbaren Karten, die für die energetische Beurteilung der Gebäude relevant sein könnten, georeferenziert als „Informationslayer“ unter diese Schicht gelegt. Ggf. werden diese mit inhaltspezifischen Aus- und Bewertungsalgorithmen verknüpft (vgl. Abb. 4). Die Informationsabfrage gestaltet sich jetzt einfach. Bildlich gesprochen setzt man eine Nadel an einem Punkt jedes einzelnen Gebäudes an und durchsticht den gesamten Ebenenstapel senkrecht zur Oberfläche. Die am Durchstichpunkt auf den Informationslayern gefundenen Eigenschaften werden dabei durch Anwendung der hinterlegten Rechenvorschriften quantifiziert und als Attribut an das entsprechende Objekt angehängt. Da jedes dieser Punktobjekte ein Gebäude repräsentiert, enthält der Bezugslayer im Anschluss eine vollständige Gebäudedatenbank, die für die statische Auswertung ebenso genutzt werden kann wie für die Erzeugung von Eingangsparametern für eine Simulation.



3 Untersuchungsquartier Berlin-Neukölln

5 „Open eQuarter“-Plug-in

6 Toolvorstellung beim Akteurstreffen „Open eQuarter“



Lassen sich Parameter für einzelne Gebäude oder das ganze Quartier nicht aus den Informationslayern extrahieren, werden sogenannte generische Kenndaten angesetzt. Diese werden anhand statistischer Zusammenhänge aus einer Hand voll quartiersbezogener Grunddaten – etwa der Bevölkerungsdichte, des durchschnittlichen Gebäudealters und der klimatischen Lage – ermittelt. Die entsprechenden Algorithmen und Tabellen wurden im Rahmen des Projekts durch sorgfältige Analyse frei verfügbarer statistischer Quellen wie etwa der gebäudebezogenen Daten der Volkszählung „Zensus 2011“ entwickelt. Auf diese Weise genügen bereits die wenigen quartiersbezogenen Grunddaten für eine erste gebäudeweise Abschätzung energetischer Kennwerte wie z. B. der jährlichen Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehüllen.

Für den Bezugslayer kommen digitale georeferenzierte Raum- und Katasterdaten zu Gebäudeumrissen sowie amtliche Gebäudekoordinaten in Betracht. Diese liegen z. B. bei Vermessungsämtern bereits vor. Im Beispiel wurden sie über den WMS-Service der Geodateninfrastruktur der Berliner Senatsverwaltung zur Verfügung gestellt. Die Informationslayer erstellen sich aus Daten mit einer ebenso breiten Themenpalette wie Formatvielfalt. Hier kommen Vektordaten aus Shape-Dateien oder CAD-Formate, Rasterdaten aus Bildern und Scans sowie Tabellendaten und Datenbanken in Betracht. Geo-Informationssysteme halten dafür passende Ein-

bindungsmöglichkeiten bereit. Für das Fallbeispiel des Projektgebietes wurden frei zugängliche Daten eingebunden und mit Daten aus der Quartiersuntersuchung ergänzt. Wichtiger Baustein des „Open eQuarter“-Tools ist eine inhaltspezifische Bewertungsvorschrift. Diese wird für jeden Informationslayer im Rahmen des jeweiligen Projekts erstellt und beschreibt die Auswirkungen der betreffenden Eigenschaft auf die energetischen Kenngrößen und Bauteileigenschaften. Schließlich zeigte sich im Abgleich der „Von Hand“ recherchierten Energieverbrauchsergebnisse und der mit dem Arbeitsstand des „Open eQuarter“-Tools berechneten Energieverbrauchs eine starke Annäherung beider Ergebnisse.

Mehrwert für Nutzer und Quartiere

Im Tool-Entwicklungsprozess waren potentielle Nutzergruppen über Vertreter von Stadt- und Landesverwaltungen, von Wohnungsbaunternahmen sowie von Privateigentümern eingebunden. Dabei stand die möglichst vielfältige Nutzbarkeit des Tools im Fokus, die durch eine offene Gestaltung und vielfältige Andockmöglichkeiten ermöglicht wird. Hauptaugenmerk ist dabei die Quartiersicht, weniger die genaue Sanierungsabschätzung für Einzelgebäude. Aus städteplanerischer Sicht kann dies für die Entwicklung des Gesamtquartiers, dessen Energieversorgung und Effizienz von Nutzen sein. Dennoch werden auch Bedürfnisse von Einzelgebäudeeigentümern bedient. Eigentümer von größeren Wohnungsbeständen können mit Hilfe des Tools einen einfachen, schnellen und kostengünstigen Weg der Datenerfassung (nützlich z.B. bei Kaufabsichten) begehen. Kleinere Bestände profitieren von dem Tool, wenn darüber durch Einbezug der Nachbarschaft energetische Potentiale identifiziert werden können. Innovative Sanierungs- und Energieversorgungsstrategien z.B. mit Zusammenschlüssen für eine BHKW-Lösung können damit ermöglicht werden.

Eine Stärke des Tools ist damit auch die schnelle und unkomplizierte Möglichkeit energetische Potentiale aufzuzeigen, zu visualisieren und dabei Raum für Lösungs-Nutzungsansätze zu schaffen. Nicht nur Experten können so in die Lage versetzt werden, mögliche Synergien schnell und einfach zu erkennen. Auch Fachfremde erfahren mehr über die Potentiale im Quartier. Dadurch könnte sich das Tool als wichtiger Baustein für Mitwirkung und Partizipation an zukünftigen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbarer Energien qualifizieren.

Wenngleich die Automatisierung die Arbeit erleichtert - das Wissen und Können von Experten wird auch weiterhin insbesondere für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen benötigt werden. Das Tool unterstützt jedoch dabei, grundsätzliche Lösungen für die spezielle Vor-Ort-Situation zu finden und diese gemeinsam mit den Akteuren abzustimmen und weiterzuentwickeln.

Auch für die Ausrichtung von Förderprogrammen kann die Anwendung des Open eQuarter Tools von Nutzen sein. In aktuellen Fördermodellen auf EU- und Landesebene steigt die Bedeutung des Quartiers und wird zunehmend zur Förderbedingung. Da



Michael Färber

Dipl. Ing., Mitarbeiter bei DMSW Architekten und beim Deutschen Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Lehrbeauftragter für GIS an der TU Berlin



Werner Kaul

Dipl. Ing., Architekt, Mitarbeiter der UdK Berlin am Institut für Architektur und Städtebau – Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik

auch soziale und sozioökonomische Daten als Ebenen in das Tool einfließen, bietet sich das Tool für eine raum- und sozial-orientierte Ausrichtung von Fördermitteln an. Die Förderung für energetische Maßnahmen könnte dann beispielsweise so gestaltet werden, dass Mittel genau dort hinfließen, wo eine sozioökonomisch schwache Bewohnerschaft damit unterstützt werden kann.

Weiterentwicklungen des Tools könnten spezielle Anwendungsbedürfnisse wie Neubebauungen im Quartierszusammenhang aufgreifen. Eine weitere spannende Perspektive ist die toolseitige Simulation von angedachten Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen, die einen neuen Umgang mit Sanierungsoptionen ermöglichen könnte. Szenarienhaft würden so Varianten zukünftiger energetischer Ausrichtungen von Quartieren konstruiert und unter den verschiedenen Akteuren kommuniziert und diskutiert werden. ■

LITERATUR

BMVBS (Hrsg.) (2013): Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ), Werkstatt: Praxis, Heft 81, Berlin

Kaul, Werner et al. (2014): Teilautomatisierte Akquise energetischer Gebäudedaten für die Quartiersanalyse und -simulation durch den Einsatz von Geo-Informationssystemen (GIS), Konferenzpapier der BauSIM 2014

Open eQuarter (2015): Forschungsinitiative ZukunftBau des BMUB, Förderkennzeichen II 3-F20-11-1-158 / SWD-10.08.18.7-12.51, Prof. Christoph Nytsch-Geusen, Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik, IAS der UdK Berlin und Philipp Wehage, DMSW Architektur und Landschaft

Anzeige

bauingenieur(24).de
Online-Magazin mit Stellenmarkt für Bauingenieure (seit 2003)

»Ich bin gern Bauingenieur und finde meine Jobangebote im Stellenmarkt von bauingenieur24.de«
Matthias Buchholz
 Matthias Buchholz

Finden Sie attraktive Jobangebote und bewerben Sie sich darauf online mit Ihrem Stellengesuch, auch plattformunabhängig. Perspektive für Sie: www.bauingenieur24.de/stellenmarkt

C.3.3 Die Wohnungswirtschaft, Anfang 2016

Schnelle Analysen dank Geodaten – Open eQuarter unterstützt energetische Planungen auf Quartiersebene

Das Forschungsprojekt "Open eQuarter" nutzt die Möglichkeiten moderner Geo-Informations-Systeme (GIS) zur teilautomatisierten Erfassung und Auswertung georeferenzierbarer Informationsquellen verschiedenster Art. Im Zentrum steht die Entwicklung einer Software-Umgebung, die den energetischen Status eines Blocks oder Quartiers bei möglichst geringem Erfassungsaufwand zeit- und gebäudegenau abbildet.

In einem zweigliedrigen Projektansatz aus Softwareentwicklung und Quartiersanalyse verfolgt das transdisziplinäre Forscherteam der Universität der Künste Berlin und DMSW Architekten die Entwicklung einer freien und kostenlosen Open-Source-Lösung. Das Projekt wird mit Mitteln der Initiative "ZukunftBau" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit BMUB gefördert.

Hilfsmittel Geoinformation

Die größten Hindernisse für den alltäglichen Einsatz einer rechnergestützten Quartiersanalyse zur energetischen Bewertung liegen in der Erfassung und Aufbereitung qualitativ zuverlässiger Grunddaten für eine große Anzahl von Bauwerken. Betrachtet man ein Einzelgebäude, so ist es mit relativ überschaubarem Zeitaufwand möglich, die notwendigen spezifischen Informationen für eine zuverlässige energetische Beurteilung zusammenzutragen. Handelt es sich dagegen um hunderte oder sogar tausende von Gebäuden, so wird diese detaillierte Eingangsdatenakquise spätestens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zum unlösbaren Problem.

Bisherige Ansätze rechnergestützter Quartiersanalyse setzen das Vorhandensein entsprechender gebäudespezifischer Daten einfach voraus oder begegnen dieser Schwierigkeit durch Abstraktion, Typisierung oder Vergleichsdaten. Diese Vorgehensweisen führen jedoch zwangsläufig zu einer deutlichen Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten oder zu einer erheblichen Verminderung der erreichbaren Präzision und/oder der räumlichen Auflösung.

Geo-Informations-Systeme (GIS) finden im Planungsbereich zunehmend Verbreitung und ermöglichen eine völlig neue Herangehensweise. Mit ihrer Hilfe können beliebige räumliche Informationen zu übersichtlichen Karten aufbereitet werden und spezielle Werkzeuge ermöglichen, ortsbezogene Informationen zu extrahieren. Relevantes Kartenmaterial steht in block- oder sogar gebäudeweiser Auflösung je nach Region in immer größerem Umfang und zu immer mehr Themenbereichen öffentlich und frei zur Verfügung (z.B. Daten zu Gebäudealter, solare Nutzbarkeit, Sozialstruktur etc.).

Die Open eQuarter Erweiterung für das Open-Source-GIS QGIS (www.qgis.org) nutzt dieses Potential in erster Linie zur energetischen Status-Quo-Analyse. Die Ergebnisse werden in einer Gebädedatenbank festgehalten und visualisiert. Sie können so direkt für Prognosen über die Auswirkungen baulicher, gebäudetechnischer und infrastruktureller Maßnahmen genutzt werden. Das zu diesem Zweck neu entwickelte „Pin-Piercing-Verfahren“ ist auch auf ökonomische, soziologische und demographische Daten anwendbar. Damit werden über die energetischen Aspekte hinaus auch Vorhersagen über die

wirtschaftliche und politische Durchsetzbarkeit entsprechender Sanierungsmaßnahmen im Quartierskontext möglich.

Aufbau und Funktionsweise

Das Konzept des Open eQuarter-Tools stützt sich im Wesentlichen auf eine viergliedrige Struktur, in deren Zentrum eine Gebäudedatenbank steht. Flankiert wird diese Datenbank durch ein GIS für die Datenakquise. Zusätzlich stellt ein Webserver die Auswertungsfunktionalität und deren Ergebnisse im Internetbrowser zur Verfügung.

Im GIS werden räumliche Lagedaten der vom jeweiligen Untersuchungsraum umfassten Bauwerke auf einem "Bezugslayer" angelegt. Dafür kommen z.B. digitale georeferenzierte Raum- und Katasterdaten zu Gebäudeumrissen sowie amtliche Gebäudekoordinaten in Betracht.

Alle verfügbaren Informationsquellen, die für die energetische Beurteilung der Gebäude relevant sein könnten, werden als „Informationslayer“ in das GIS importiert, ggf. georeferenziert und mit inhaltspezifischen Aus- und Bewertungsalgorithmen verknüpft. Die Themenpalette möglicher Quelldaten ist dabei ebenso breit wie die Vielfalt verwendbarer Formate (Vektordaten, Rasterdaten, Tabellendaten, Datenbanken). Heutige Geo-Informationssysteme verfügen über umfangreiche Import- bzw. Einbindungsmöglichkeiten, dass nahezu jede georeferenzierbare Quelle genutzt werden kann. Im Anschluss wird das Pin-Piercing-Verfahren auf jedes einzelne Gebäude angewandt und die Gebäudedatenbank aufgebaut. Sie dient als Basis für die Open-eQuarter-typischen Quartiersanalysen und -prognosen, kann aber auch durch externe Anwendungen wie etwa Simulations- oder Statistikprogramme abgefragt werden.

Parallel zur Entwicklung der Software-Tools stellte die Analyse eines typischen Stadtquartiers "von Hand" eine zuverlässige inhaltliche Referenz im Rahmen des Projekts bereit. Die georeferenzierten Quartiersdaten über Energieversorgung und -verbrauch dienten der Validierung der für das "Open eQuarter"-Tool erstellten Parameter und Berechnungen. Das Untersuchungsquartier im Stadtteil Berlin-Neukölln war als heterogenes Innenstadtquartier mit großstädtischen Blockrandstrukturen, gemischten Bebauungen und einer großen Bandbreite unterschiedlicher Gebäudearten und -alter für eine Untersuchung besonders interessant. Der Abgleich der "von Hand" recherchierten Energieverbrauchsergebnisse mit den im jeweiligen Arbeitsstand des "Open eQuarter"-Tools berechneten Energieverbräuche zeigte bereits früh starke Annäherungen beider Ergebnisse und floss in die weitere Toolentwicklung ein.

Nutzen für Quartiere

Das Projekt band potentielle Nutzergruppen wie etwa Vertreter von Stadt- und Landesverwaltungen, von Wohnungsbauunternehmen oder auch von Privateigentümern mit ein. Dabei stand die möglichst vielfältige Nutzbarkeit des Tools im Fokus. Aus gesamtstädtischer Sicht steht der Nutzen für die Entwicklung des Gesamtquartiers, dessen Energieversorgung und Effizienz im Interesse. Gleichzeitig können auch Bedürfnisse von Einzelgebäudeeigentümern bedient werden. Eigentümer von größeren Wohnungsbeständen können mit Hilfe des Tools einen einfachen, schnellen und kostengünstigen Weg der Datenerfassung begehen. Kleinere Bestände profitieren von dem Tool, wenn darüber durch Einbezug der Nachbarschaft energetische Potentiale identifiziert werden können. Innovative Sanierungs- und Energieversorgungsstrategien z.B. mit Zusammenschlüssen für eine BHKW-Lösung können damit ermöglicht werden.

Eine Stärke des Tools ist die schnelle und unkomplizierte Möglichkeit energetische Potentiale aufzuzeigen, zu visualisieren und dabei Raum für Lösungs- und Nutzungsansätze zu schaffen. Nicht nur Experten können so in die Lage versetzt werden, mögliche Synergien schnell und einfach zu erkennen. Auch für Fachfremde ergibt sich hier die Möglichkeit, mehr über die energetischen Potentiale im Quartier zu erfahren. Dadurch könnte sich Open eQuarter als wichtiger Baustein für Mitwirkung und Partizipation an zukünftigen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbarer Energien qualifizieren. Denn das Tool unterstützt dabei, grundsätzliche Lösungen für die spezielle Vor-Ort-Situation zu finden und diese gemeinsam mit den Akteuren abzustimmen und weiterzuentwickeln.

Da das Projekt Open eQuarter von vornherein als Open Source Paket konzipiert wurde, ist die Entwicklung nicht auf die Projektlaufzeit beschränkt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die freie Programmierergemeinde weitere Module in das Projekt einbringen wird, die etwa die Simulation weiterer Maßnahmenzenarien oder die Erfüllung spezieller Anwenderbedürfnisse (z.B. Projektierungshilfen für Neubebauungen im Quartierszusammenhang) zum Inhalt haben könnten. Mit Hilfe der szenarienhaften Variantenanalysen in Open eQuarter könnte so die zukünftige energetische Ausrichtung von Quartieren deutlich zuverlässiger konstruiert und unter den verschiedenen Akteuren kommuniziert und diskutiert werden.

Zeichen: 7.992 (ohne Literatur, Autorengaben, Bildunterschriften)

Literatur

BMVBS (Hrsg.) (2013): Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ), Werkstatt: Praxis, Heft 81, Berlin

Kaul, Werner et al. (2014): Teilautomatisierte Akquise energetischer Gebäudedaten für die Quartiersanalyse und -simulation durch den Einsatz von Geo-Informationssystemen (GIS), Konferenzpapier der BauSIM 2014

Open eQuarter (2015): Forschungsinitiative ZukunftBau des BMUB, Förderkennzeichen II 3-F20-11-1-158 / SWD-10.08.18.7-12.51, Prof. Christoph Nytsch-Geusen, Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik, IAS der UdK Berlin und Philipp Wehage, DMSW Architektur und Landschaft

Autorengaben

Michael Färber, Dipl. Ing., Mitarbeiter bei DMSW Architekten und beim Deutschen Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Lehrbeauftragter für GIS an der TU Berlin

Werner Kaul, Dipl. Ing., Architekt, Mitarbeiter der UdK Berlin am Institut für Architektur und Städtebau - Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik



Färber



Kaul

Abbildungen



Abb.: Untersuchter StraÙenzug in Berlin Neukölln, Quelle: DMSW 2015



Abb.: Untersuchter StraÙenzug in Berlin Neukölln, Quelle: DMSW 2015

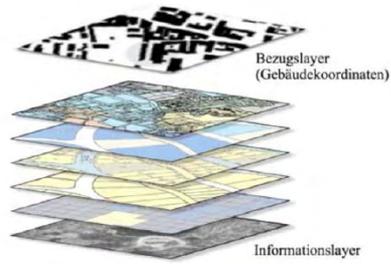


Abb.: Layerkonzept mit Bezugslayer und Informationslayern, Quelle: UdK 2015

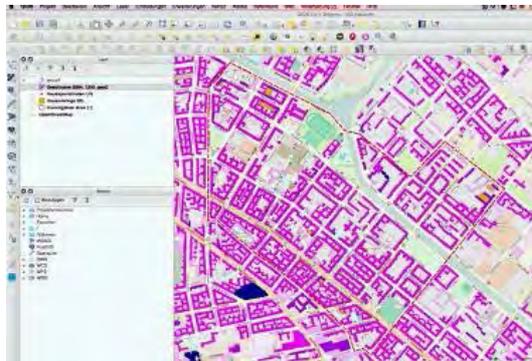


Abb.: Open eQuarter-Plug-in, Quelle: UdK 2015

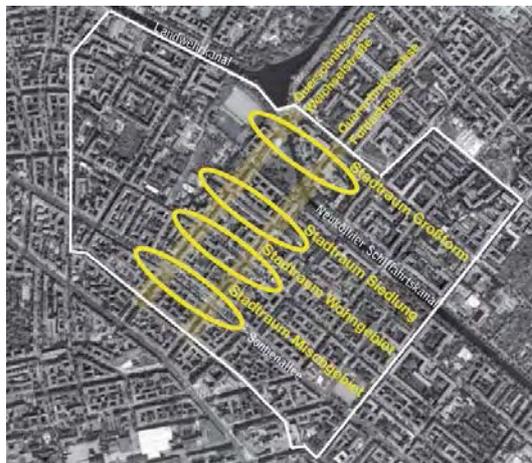


Abb.: Diverse Stadtstruktur im Untersuchungsgebiet, Quelle: DMSW 2015

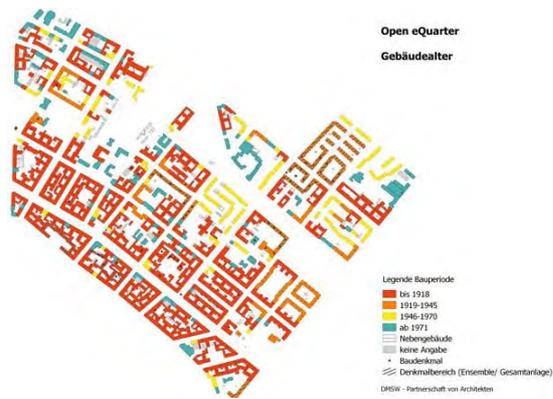


Abb.: Gebäudealter im Untersuchungsquartier Berlin-Neukölln, Quelle: DMSW 2015



Abb.: Toolvorstellung beim Akteurstreffen Open eQuarter, Quelle: DMSW 2015