



## **Metastudie zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich**

Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des  
BMWK

Leistungsabruf: durch Referat IIC1 am 18.11.2021

BMWK-Projekt-Nr.: 115/21-5

Berlin, München 2022

# Impressum

## **Autoren**

### *Hauptbearbeiter:*

Simon Becker, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Seniorexperte Analysen & Gebäudekonzepte  
Chausseestr. 128a, 10115 Berlin  
Tel. +49 30 667 77 676 | E-Mail: simon.becker@dena.de

### *Bearbeiter:*

Rico Krüger, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Christoph Sprengard, FIW München  
Benedikt Empl, FIW München  
Pia Fehr, FIW München  
Moritz Müller-Hübers, bbh  
Alexander Bartsch, bbh

### *Kapitel:*

Simon Becker, Institut Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	(Kapitel 1-7)
Rico Krüger, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	(Kapitel 1-7)
Christoph Sprengard, FIW München	(Kapitel 1-7)
Benedikt Empl, FIW München	(Kapitel 5-7)
Pia Fehr, FIW München	(Kapitel 5-7)
Moritz Müller-Hübers, bbh	(Kapitel 1, 5.3, 6.3, 7.3)
Alexander Bartsch, bbh	(Kapitel 1, 5.3, 6.3, 7.3)

### *Reviewer:*

Christoph Sprengard, FIW München  
Simon Becker, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Tobias Schall/Sina Biermann, jeweils EY Law

### *Formaler Review:*

Michael Müller, Nadja Däbritz, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

## **Auftraggeber**

Dr. Alexander Renner, BMWK, Abt. II, Ref. C1 unter fachlicher Mitzeichnung des Ref. IIB1

# Inhalt

Impressum .....	2
<b>1 Ergebniszusammenfassung .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Hintergrund .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Zielsetzung .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Methodisches Vorgehen .....</b>	<b>12</b>
<b>5 AP1: Recherche und Ermittlung aktuell verfügbarer methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich .....</b>	<b>13</b>
5.1 Hintergrund und Randbedingungen.....	13
5.1.1 Darstellung des Bedarfs an Informationen und Indikatoren für die Bewertung des Gebäudebestands.....	13
5.1.2 Untersuchung vorhandener Datenquellen auf Verwendbarkeit und Vollständigkeit..	14
5.2 Verfügbare und angewandte Methoden .....	17
5.2.1 Blick in EU Länder .....	17
5.2.2 Wärmemonitor Deutschland .....	25
5.2.3 B+L Sanierungsstudie.....	26
5.2.4 Energienutzungspläne .....	28
5.2.5 EPIQR - "Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit" .....	31
5.2.6 Gebäude-Check Verbraucherzentrale .....	32
5.2.7 Methode aus dem Projekt Wohnen und Sanieren (CO2-Online) .....	33
5.2.8 Fernerkundungsdaten zur Verbesserung der Daten zum Gebäudebestand.....	36
5.2.9 Methode aus dem Projekt ENOB:dataNWG.....	39
5.3 Datenschutzrechtliche Bewertung .....	45
5.3.1 Anwendbarkeit der datenschutzrechtlichen Vorgaben .....	45
5.3.2 Berechtigungsgrundlage .....	46
5.4 Empfehlung von zwei Methoden zur erweiterten Prüfung in AP 2 .....	49

<b>6</b>	<b>AP2: Vergleich und Gegenüberstellung aktuell verfügbarer methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich .....</b>	<b>51</b>
6.1	Methode ENOB:dataNWG .....	51
6.1.1	Screening und Merkmalerhebungen.....	52
6.1.2	Stichprobentheoretisches Modell.....	54
6.1.3	Vor und Nachteile in Stichpunkten.....	55
6.2	Fernerkundungsdaten.....	56
6.2.1	Beschreibung der Methode.....	56
6.2.2	Beschreibung der Datengrundlagen .....	57
6.2.3	Erarbeitete Parameter und Merkmale des Gebäudebestands .....	66
6.2.4	Limitierungen der Methode .....	67
6.2.5	Vor- und Nachteile in Stichpunkten.....	71
6.3	Datenschutzrechtliche Erwägungen .....	72
6.3.1	Pseudonymisierung bzw. Tiefe des Personenbezugs .....	72
6.3.2	Informationspflichten.....	73
6.3.3	Praktische Erwägungen .....	74
<b>7</b>	<b>AP3: Empfehlung eines methodischen Ansatzes zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich .....</b>	<b>75</b>
7.1	Empfehlung eines methodischen Ansatzes.....	75
7.2	Grenzen der Methode und Optimierungsmöglichkeiten .....	75
7.2.1	Ideale Auswahlgrundlage.....	76
7.2.2	Aktualisierungsintervall .....	77
7.2.3	Übertragbarkeit auf Wohngebäude.....	78
7.2.4	Vorteile gegenüber einer Energieausweisdatenbank .....	78
7.2.5	Skizzierung der Umsetzungsschritte .....	79
7.2.6	Ausblick auf Kombinierbarkeit mit Methoden der Fernerkundungsdaten.....	80

7.3	Abschließende datenschutzrechtliche Empfehlungen und Hinweise .....	81
7.3.1	Konkretisierung der Berechtigungsgrundlage.....	81
7.3.2	Gestaffelter Rückgriff auf Berechtigungsgrundlagen .....	81
7.4	Fazit .....	83
<b>8</b>	<b>Anhang Kriterien und Merkmale .....</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>87</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>88</b>
<b>12</b>	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>93</b>

# 1 Ergebniszusammenfassung

Die vorliegende Studie ist in drei Arbeitspakete (AP) untergliedert, deren Kernergebnisse im folgenden kurz zusammengefasst werden:

## **AP1: Recherche und Ermittlung aktuell verfügbarer methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich sowie Betrachtung der datenschutzrechtlichen Vorgaben**

In Deutschland gibt es eine Vielzahl an Methoden, die der Verbesserung der Datenlage zum Gebäudebestand dienen können. Die hier recherchierten Methoden wurden kategorisiert und auf verschiedene Kriterien<sup>1</sup> geprüft, welche durch die jeweilige Methode abgedeckt werden können. Einige der untersuchten Methoden können zwar detaillierte Informationen liefern, beziehen bei ihrer Auswertung aber nur einen kleinen Teil des Gebäudebestands mit ein<sup>2</sup>.

Unter den vorhandenen Datenquellen liefern die amtlichen Statistiken eine jährlich aktualisierte Datenbasis. Hier werden Indikatoren wie z. B. Anzahl der Wohngebäude, verwendete Energieträger, Neubau und Abriss abgedeckt. Darüber hinausgehende Studien, die Aussagen zum Sanierungsgeschehen in Form einer Sanierungsrate abbilden, werden häufig nur einmalig durchgeführt oder in einem längeren Intervall aktualisiert. Amtliche Statistiken liefern derzeit keine Daten zur Anzahl der Gebäude im Nichtwohngebäudebestand.

Bei der Analyse, welche vorhandenen Methoden zur Verbesserung der Datenlage des Gebäudebestands geeignet sein könnten, war der Blick in die EU-Länder nicht zielführend. Bis auf Deutschland und Rumänien verfügen alle Länder über eine Energieausweisdatenbank und generieren hieraus Daten, um Aussagen über den Gebäudebestand zu treffen. Die Untersuchung von Methoden, die auf Auswertungen von Energieausweisen beruhen, wurde im Rahmen dieser Studie ausgeschlossen und nicht weiter betrachtet, sodass sich die weitere Recherche auf nationale Methoden beschränkte.

Es zeigt sich, dass Methoden mit **Stichprobenansätzen**, wie beispielsweise des Projekts Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG), viele Merkmale, gerade in den energetischen Bereichen, abdecken. Dies ist auch bei den **empirischen Ansätzen** mit Datenspende (z. B. CO<sub>2</sub>-Online) der Fall. Allerdings ist hier die Verstetigbarkeit aufgrund eines Rückgangs der Datenspenden fraglich, sodass den empirischen Ansätzen (aufbauend auf Datenspenden) die Methode ENOB:dataNWG vorzuziehen ist.

Potenziale zur dauerhaften Datengewinnung und Aktualisierung liefern darüber hinaus **Fernerkundungsdaten**. Bestimmte Merkmale, wie beispielsweise der energetische Zustand der Gebäudehülle oder die verbaute Anlagentechnik, lassen sich über Fernerkundungsdaten allerdings

---

<sup>1</sup> Die Kriterien wurden zuvor teilweise durch den Auftraggeber festgelegt. Dazu gehören beispielsweise Nachvollziehbarkeit, Übertragbarkeit, Durchführerunabhängigkeit, angemessene Durchführbarkeit und Verstetigbarkeit. Diese wurden durch die Autoren der Studie durch weitere Kriterien ergänzt. Vgl. Anhang.

<sup>2</sup> DIW Wärmemonitor betrachtet nur MFH, EPIQR nur firmenintern, Energienutzungspläne werden nicht flächendeckend erstellt

nicht gewinnen. Daher erscheint die Nutzung von Fernerkundungsdaten insbesondere in der Kombination mit anderen Methoden zielführend.

Aus datenschutzrechtlicher Sicht ist im Ergebnis hinsichtlich der im Rahmen der dargestellten Methoden verarbeiteten Daten jedenfalls nicht auszuschließen, dass es sich teilweise um personenbezogene Daten handelt, die unter den Schutz des Datenschutzrechts fallen. Insbesondere durch die Verarbeitung der Adressdaten könnten die Informationen über die einzelnen Gebäude unter Umständen auf konkrete Personen bezogen werden. Daher sollten die verarbeiteten Daten insgesamt grundsätzlich wie personenbezogene Daten behandelt werden. Als Berechtigungsgrundlage für die Verarbeitung dürfte grundsätzlich Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G für alle dargestellten Methoden anwendbar sein, auch wenn insoweit rechtliche Bedenken hinsichtlich der Bestimmtheit der Berechtigungsgrundlage verbleiben. Alternativ könnte die Verarbeitung personenbezogener Daten auf eine vorherige Einwilligung der betroffenen Personen und damit auf Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO gestützt werden. Vor dem Hintergrund der strengen rechtlichen Vorgaben zur Einholung einer Einwilligung nach Art. 7 DS-GVO besteht insbesondere ein nicht unerhebliches Risiko, dass nur wenige Einwilligungen erteilt werden, sodass nur unzureichende Datenmengen erhoben werden können.

## **AP2: Vergleich zweier methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich sowie Betrachtung der datenschutzrechtlichen Vorgaben**

In diesem Arbeitspaket werden zwei der zuvor recherchierten Methoden einander gegenübergestellt und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Aufgrund der Analysen des AP1 fällt die Auswahl auf die Methoden des ENOB:dataNWG und die Fernerkundungsdaten.

Neben statistischen Hochrechnungen zu Daten des Nichtwohngebäudebestands werden in der **Methode ENOB:dataNWG** durch Befragungen energetische Merkmale wie der Modernisierungsstand und die Modernisierungsrate gewonnen, welche sich als potenzielle Indikatoren für politische Entscheidungsfindung eignen.

Die Methodik ENOB:dataNWG beruht auf fünf Phasen. Diese umfassen auch personalintensive Phasen, in denen nach Stichprobenziehung und augenscheinlichen Prüfungen der Gebäude vor Ort (Screening) Telefonbefragungen oder Vorortbefragungen durchgeführt werden (Breiten- und Tiefenbefragungen). Bei der einmaligen Durchführung lag der Fokus zudem auf Methodenentwicklung und Prozessautomatisierung, wodurch sich die Projektlaufzeit bei erneuter Durchführung verkürzen ließe. Während ENOB:dataNWG mit Befragungen gerade bei energetischen Merkmalen überzeugt, können Fernerkundungsdaten bei der Gewinnung von äußerlichen Merkmalen punkten. Daten zu den Geometrien der Gebäude, wie umbauter Raum, Flächen und Formen, lassen sich automatisiert erheben und verstetigen. Daraus lassen sich u. a. Gebäudeanzahl, Gebäudeumringe oder PV und Solarthermieanlagen und entsprechende Potenziale ableiten. Für energetische Aussagen, beispielsweise zu den Bauteilen, Anlageneffizienz oder Energieträgern, wird jedoch eine Kombination mit weiteren Methoden zur Merkmalerhebung benötigt.

Wie bereits im Rahmen des AP1 festgestellt, dürften beide Methoden datenschutzrechtlich grundsätzlich zulässig sein. Vorteile ergeben sich für die Fernerkundungsdaten unter dem Gesichtspunkt der Tiefe des Personenbezugs, da die Datensätze hier anders als im Rahmen der

Methode ENOB:dataNWG nicht mit Informationen zu möglichen Eigentümern oder Eigentümerinnen ergänzt werden, sodass die Beziehbarkeit auf natürliche Personen schwieriger sein dürfte. Weiter besteht bei den Fernerkundungsdaten die betroffenen Personen nicht konkret kontaktiert, sodass es sich insoweit insbesondere mit Blick auf mögliche telefonische Befragungen der betroffenen Personen bei der Methode ENOB:dataNWG um einen weniger intensiven Eingriff in die Rechte und Freiheiten der betroffenen Personen handeln dürfte. Zudem birgt gerade der persönliche Kontakt zu betroffenen Personen ein erhöhtes Beschwerdepotential. Für die Methode ENOB:dataNWG spricht hingegen die leichtere Erfüllbarkeit der Informationspflichten aus Art. 13, 14 DS-GVO, da die betroffenen Personen im Rahmen der Befragungen ohnehin kontaktiert werden sollen.

### **AP3: Empfehlung eines methodischen Ansatzes zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich sowie Betrachtung der datenschutzrechtlichen Vorgaben**

Keine der in AP1 und AP2 untersuchten Methoden erfüllt die betrachteten Kriterien vollumfänglich. Die Methodik des ENOB:dataNWG liefert jedoch eine detaillierte Übersicht des Nichtwohngebäudebestands mit wichtigen energetischen Merkmalen, die für eine energetische Bewertung des Bestandes notwendig sind. Diese Methodik könnte ohne nennenswerte Anpassungen auch auf den Wohngebäudebestand angewendet, zukünftig wiederholt durchgeführt und damit die erhobenen Daten verstetigt werden. Bei einer wiederholten Durchführung ist eine kürzere Projektlaufzeit und somit ein kleineres Aktualisierungsintervall denkbar. Zum einen durch methodische Vorarbeiten, zum anderen sind Optimierungen potenziell möglich, sodass nicht alle Phasen in jedem Aktualisierungsintervall durchgeführt werden müssen. Möglich wäre hier, das Screening nur nach signifikanten Veränderungen des Gebäudebestands durchzuführen, bei dem Daten über Neubau und Abriss der amtlichen Statistiken als Indikator für solche Veränderungen herangezogen werden.

Das Screening könnte zukünftig auch durch die Auswertung von Fernerkundungsdaten und Geodaten ergänzt werden. Derzeit befindet sich die automatisierte Auswertung von fotografischen Aufnahmen für die Bestimmung von Gebäudetypen und -nutzungen noch in einer Versuchsphase. Erste Projekte zur Erkennung von Fensterflächen und baualterstypischen Gebäudemerkmalen wurden erfolgreich durchgeführt, sind jedoch bisher nicht breit verfügbar.

Durch eine mögliche Einführung eines Gebäuderegisters – ggf. auch in Verbindung mit einer im Rahmen der EPBD-Aktualisierung vorgeschlagenen Energieausweisdatenbank - würde sich die Grundlage für eine Stichprobenziehung verbessern<sup>3</sup>. Dadurch könnte die Phase des Screenings entfallen bzw. verkürzt werden. Spezifische Energieverbräuche aus einem möglichen Energieverbrauchsregister können die Datenlage optimieren. Um zukünftig auch den energetischen Wohngebäudebestand zu erfassen, ist eine Kombination mit der Datenerhebung Wohngebäudebestand von 2016 anzustreben.

Aus datenschutzrechtlicher Sicht empfehlen wir, die Regelungen im EDL-G zu präzisieren oder in anderen rechtlichen Vorgaben eine präzisere Vorschrift entsprechend zu ergänzen, da der Wortlaut des § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G nicht so präzise ist, wie es für eine datenschutzrechtliche Berechtigung wünschenswert wäre. Hierfür bietet sich zum Beispiel die Novellierung des GEG im Rahmen des Frühjahrspakets an. Unabhängig davon empfehlen wir einen gestaffelten Rückgriff auf die möglichen Berechtigungsgrundlagen in der Form, dass bei der Erhebung der Informationen bei der

---

<sup>3</sup> Anzahl der Grundgesamtheit und einzelne Gebäudemerkmale und Ansprechpartner wären bekannt

Geodatenanalyse und dem Screening zunächst auf Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G zurückgegriffen wird, während die persönliche Befragung im Rahmen der Breiten- und Tieferhebung auf Grundlage einer vorherigen Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO durchgeführt wird. Daneben sollte unbedingt die Erfüllung der Informationspflichten nach Art. 13, 14 DS-GVO mitgedacht werden. Zuletzt ist der Grundsatz der Speicherbegrenzung nach Art. 5 Abs. 1 lit. e) DS-GVO zu berücksichtigen.

## 2 Hintergrund

Der deutsche Gebäudebestand zählt aktuell rund 19 Mio. Wohngebäude (destatis, 2019) und etwa 2 Mio. GEG relevante Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG, 2021). Die allgemeine (ohne energetische Merkmale) Struktur und Anzahl der Gebäude können angesichts der vorliegenden amtlichen Statistiken und einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien hinreichend genau beschrieben werden. Informationen zur energetischen Qualität der Gebäude, der Eigentümer- und Investorenstruktur und zu bereits durchgeführten Sanierungen mit oder ohne Inanspruchnahme von Fördergeldern liegen jedoch nicht in gewünschter Qualität vor. Die Daten sind zudem lediglich dezentral in diversen Studien verfügbar und weisen häufig keine Fortschreibung bzw. nur lange Aktualisierungsintervalle auf.

Eine Evaluation der Wirksamkeit politischer Maßnahmen und der Einhaltung der energie- und klimapolitischen Ziele muss jedoch auf einer verlässlichen und stetigen Datenbasis erfolgen. Zu den aktuell wichtigsten Indikatoren für mögliche Fehlentwicklungen gehören u. a. die Sanierungsrate und Sanierungstiefe. Diese liegen derzeit nicht in ausreichender Qualität vor. Ziel der Bundesregierung ist es daher, vorhandene Datenlücken zukünftig zu schließen. Dies setzt eine Bereitstellung geeigneter Methoden zur Gebäudebestandsaufnahme voraus.

Der gesetzlich festgelegte Auftrag zur Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz zur Verbesserung der Datenlage im Gebäudesektor, liegt derzeit bei der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE). Ziel der diesem Bericht zugrunde liegenden Beauftragung ist es, geeignete Methoden zur Verbesserung der Datenbasis zu ermitteln.

## 3 Zielsetzung

Ziel dieses Berichts ist es, einen Überblick über die Vielzahl von Methoden zu geben, welche der aktuellen Datenlage zum deutschen Gebäudebestand zugrunde liegen. Ein besonderes Augenmerk liegt hier beim energetischen Gebäudezustand, d.h. dem Zustand der Außenbauteile und der Anlagentechnik. Dazu werden bereits vorhandene Methoden, die eine potenzielle Verbesserung der aktuellen Datenlage beinhalten, analysiert und bewertet. Außerdem wird bei noch in der Entwicklung bzw. Erprobung befindliche Maßnahmen untersucht, inwiefern diese zukünftig die bereits etablierten Methoden ergänzen oder ersetzen könnten. Neben den Methoden, die explizit für den nationalen Gebäudebestand konzipiert wurden, richtet sich der Blick dabei auch auf andere EU-Länder. Dabei soll im Rahmen dieses Berichts die Vereinbarkeit der dargestellten Methoden mit den Vorgaben des Datenschutzrechts geprüft werden. Die Auswertung von Energieausweisdaten wird als Methode in diesem Projekt explizit nicht berücksichtigt, jedoch die Kompatibilität der hier untersuchten Methoden mit einer aufzubauenden Energieausweisdatenbank bewertet.

Nach der gegenwärtigen deutschen Rechtslage ist die Nutzung von Energieausweisen nicht zulässig und aufgrund des lediglich als Stichproben gespeicherten Daten nicht möglich. Dies beruht zunächst auf der Zuständigkeit der Länder für die Umsetzung des GEG, einschließlich der Energieausweise. Mit der zentralen Erfassung der relevanten Daten ist das DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) nach §114 GEG betraut. Dort werden nach der Registrierung der Energieausweise nur die für die Stichprobenkontrolle nach §99 GEG erforderlichen Datensätze gespeichert, unter Wahrung von Datenschutzerwägungen aus u. a. §99 (7) GEG.

## 4 Methodisches Vorgehen

Zur Ermittlung der aktuell bereits verfügbaren bzw. der derzeit noch in der Erprobung befindlichen Methoden wird im ersten Schritt eine ausführliche Literaturrecherche sowie eine Kontaktaufnahme mit Forschenden zu den experimentellen Methoden durchgeführt.

Dabei werden bereits verfügbare Methoden recherchiert und analysiert. Parallel dazu erfolgt eine allgemeine datenschutzrechtliche Bewertung. Anschließend werden die recherchierten Methoden nach vergleichbaren Ansätzen kategorisiert und beschrieben. Die im Anschluss folgende Bewertung wird anhand definierter Kriterien vorgenommen.

Aus den untersuchten Methoden werden zwei ausgewählt und tiefergehend analysiert. Dies beinhaltet die Zusammenstellung von Vor- und Nachteilen, notwendigen Voraussetzungen und eventuellen Grenzen der Methoden. Zusätzlich werden Aufwand und Dauer der Umsetzung bewertet. Auf dieser Stufe erfolgt ebenfalls eine tiefergehende datenschutzrechtliche Bewertung.

Aus der Detailanalyse wird unter Berücksichtigung möglicher Optimierungsvorschläge die Empfehlung für einen methodischen Ansatz abgeleitet und dieser Ansatz ganzheitlich hinsichtlich des Datenschutzes bewertet.

# 5 AP1: Recherche und Ermittlung aktuell verfügbarer methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich

## 5.1 Hintergrund und Randbedingungen

In diesem einleitenden Kapitel werden die Hintergründe für die Datenermittlung dargestellt, die Randbedingungen, unter denen die Zusammenstellung erfolgt, erklärt, sowie der konkrete Bedarf an einzelnen Informationen erläutert.

### 5.1.1 Darstellung des Bedarfs an Informationen und Indikatoren für die Bewertung des Gebäudebestands

Um als solide Grundlage für Evaluationen und Entscheidungen der Energie- und Klimapolitik dienen zu können, müssen die Informationen und Indikatoren zur Bewertung des energetischen Gebäudebestandes bestimmten Kriterien entsprechen. Dabei ist es besonders wichtig, dass eine potenzielle Datenbasis verstetigbar ist, und so zu einer dauerhaften aktuellen Beschreibung des nationalen Gebäudebestands beitragen kann. Nur so lassen sich zukünftige Fehlentwicklungen qualitativ ausreichend identifizieren.

Da der Bedarf an Informationen hinsichtlich der Zielerreichung für politische Entscheidungsträger variiert, lassen sich die Indikatoren in folgende Unterkategorien einteilen:

- **Regionale Lage:** Der Gebäudebestand in seiner Heterogenität bedarf einer regionalen Betrachtung. Eine Zuordnung der Gebäude nach Bundesländern und Regionen dient der Steuerung von regionalen Förderprogrammen sowie der Anpassung der Landes-Bauordnungen.
- **Gebäudemerkmale:** Die Verfügbarkeit von Merkmalen wie z. B. Wohngebäude (WG)/ Nichtwohngebäude (NWG), Art der Eigentümer, Nutzung durch Mieter/Mieterinnen oder Eigentümer/Eigentümerinnen, Baujahr und beheizt/gekühlt dient der zielgruppenspezifischen Auswertung.
- **Geometrie (Fläche, Vollgeschosse, Dachform):** Die Aufnahmen der Dachformen und -flächen dienen der Abschätzung der Potenziale für Photovoltaik oder Solarthermie. Die Flächen und Vollgeschosse können bei Vorlage von Energiekennwerten zur Hochrechnung von Energieverbräuchen genutzt werden.
- **Energetische Eigenschaften der Gebäudehülle und Anlagentechnik sowie Sanierungen und Planungen:** Zum einen wird hierdurch der Ist-Zustand dargestellt und es können Rückschlüsse auf die Schritte hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand gezogen werden. Zum anderen lässt sich verstetigt eine Sanierungsrate der Gebäudehülle sowie eine Austauschrate der Anlagentechnik errechnen. Angaben zu in Zukunft geplanten Sanierungstätigkeiten lassen eine Prognose über künftige Veränderungen zu. Diese Abschätzung kann ein Indikator für zukünftige Material-, Fachkräfte- oder Fördergeldbedarfe sein.
- **Energiekennwerte:** Kenntnisse über Energiekennwerte dienen der Hochrechnung von Energieverbräuchen sowie der Einordnung von Einzelgebäuden in Effizienzklassen des Bestands.

- **Elektrische Infrastruktur der Gebäude:** Die Anzahl der Smart-Meter-Gateways oder der gebäudenahen Ladepunkte für E-Mobilität können zur Abschätzung der Potenziale von Digitalisierung oder E-Mobilität beitragen.

Für politische Entscheiderinnen und Entscheider sind aggregierte Daten zur Beschreibung des Gebäudebestandes ausreichend.

### 5.1.2 Untersuchung vorhandener Datenquellen auf Verwendbarkeit und Vollständigkeit

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über relevante Datenquellen im Gebäudebereich. Die dabei jeweils relevanten Kennzahlen sind in der letzten Spalte dargestellt.

**Tabelle 1: Übersicht vorhandener Datenquellen**

	Quelle	Aktualisierung	Verfügbarkeit	Relevante Kennzahlen
<b>Statistiken/ Befragungen</b>	AG Energiebilanzen	jährlich	öffentlich	Sektorspezifische Energieverbräuche, Endenergieverbräuche nach Anwendungen (RW, WW etc.), Endenergieverbräuche nach Energieträger, Primärenergieverbräuche
	Amtliche Statistik – Bautätigkeitsstatistik und Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestands	jährlich	öffentlich	u. a. WG Anzahl, Gebäudetyp (EFH, ZFH MFH), Wohnfläche, Neubaugeschehen inkl. Verwendete Energieträger, Bauherren, neugeschaffene WF durch Sanierungen und Neubau
	Amtliche Statistik – Zensus	alle 10 Jahre, zuletzt 2011	öffentlich	Baualtersklassen, Anzahl Bewohner, Art des Eigentümers/ Eigentumsverhältnisse des Gebäudes, Gebäudetyp, Nutzung Mieter/Eigentümer, Heizungsart und Energieträger
	KfW Förderreport	quartalsweise	öffentlich	Förderanträge pro Förderprogramm und Volumen
	BAFA Förderzahlen	monatlich	öffentlich	Förderanträge pro Förderprogramm
<b>Messdaten</b>	Techem Energiekennwerte	jährlich	öffentlich	Energieverbräuche MFH, Altersstruktur von MFH
<b>Studien</b>	dena-Gebäudereport	jährlich	öffentlich	

	Quelle	Aktualisierung	Verfügbarkeit	Relevante Kennzahlen
	Immobilienmarktbericht Deutschland			Transaktionen über Eigenheime
	ENOB:dataNWG	einmalig, 2020	öffentlich	aggregierte Kennzahlen zu NWG
	IWU Datenbestand Wohngebäudebestand	einmalig, 2010 und 2016	öffentlich	Sanierungsquote WG, Gebäudebestandsmodell, Baualtersklasse, Energetischer Zustand
	DIW Wärmemonitor (Daten von ista)	jährlich	öffentlich	Energiekosten, Energieverbräuche, Gebäudeebene
<b>Verbände</b>	diverse, z. B. BDEW, BDH, BWP	teilweise jährlich	öffentlich	Absatzzahlen Anlagentechnik, Dämmstoffe
<b>Sonstiges</b>	Geodaten	teilweise jährlich	öffentlich oder behördlich nutzbar	

Entlang dieser Datengrundlage können die Quellen den Unterkategorien zugeordnet und Datenlücken identifiziert werden:

■ Regionale Lage:

- **DIW Wärmemonitor:** Beschreibt unterschiedliche Wärmeverbräuche nach Regionen inkl. Witterungsbereinigung
- **Amtliche Statistik - Bautätigkeitsstatistik:** Beschreibt unterschiedliche Wohngebäudebestände der einzelnen Bundesländer
- **KfW Förderreport:** Förderzahlen der einzelnen Förderprogramme nach Bundesländern
- **Techem Energiekennwerte:** Energetischer Standard des Gebäudebestands nach PLZ-Bereich

■ Gebäudemerkmale:

- **Amtliche Statistik - Bautätigkeitsstatistik:** Beschreibt Neubauten, bauliche Änderungen an bestehenden Gebäuden sowie die Beseitigung von Gebäuden mit Merkmalen wie dem Gebäudetyp, der Anzahl der Wohnungen und der Wohnfläche. Bestandsdaten zu den Wohngebäuden werden fortgeschrieben.
- **Amtliche Statistik - Zensus:** Beschreibt die Struktur des Bestandes der Gebäude mit Wohnraum in Deutschland sowie deren Eigentümerstrukturen mit Merkmalen wie dem Baujahr, dem Gebäudetyp oder der Anzahl der Wohnungen im Gebäude
- **ENOB:DataNWG:** Baualtersklassen von NWG

- **Techem Energiekennwerte:** Baualtersklassen im MFH-Bereich
- **IWU WG:** Zuordnung von WG zu Baualtersklassen mit Anzahl
  
- Geometrie: Fläche, Vollgeschosse, Dachform
  - **Amtliche Statistik - Bautätigkeitsstatistik:** Wohnfläche gesamt in Deutschland, Wohnfläche Neubau, Nutzfläche in Neubau NWG, Volumina von Neubauten
  - **IWU WG:** Geometrische Daten nach Gebäudetypologie (nur Modell)
  - **ENOB:DataNWG:** Vermessung des NWG-Bestands auf Grundlage von Geodaten
  
- Energetische Eigenschaften der Gebäudehülle und Anlagentechnik sowie Sanierungen und Planungen:
  - **Amtliche Statistik - Bautätigkeitsstatistik:** Neubau WG und NWG nach primären und sekundären Energieträgern; Neubau nach Baustoff, nach Mauerwerk, aber nicht nach Dämmstoffen, durch Neu- und Umbauten geschaffene Wohnfläche (keine Sanierungstiefe bzw. Gesamtanierungsvolumen)
  - **Amtliche Statistik - Zensus:** Heizungsart und Energieträger der Heizung für alle Gebäude mit Wohnraum und Unterkünften
  - **KfW/BAFA Förderzahlen:** Informationen zum ökologischen Baugeschehen, Anzahl der geförderten Heizungstechnologien, Anzahl der Gebäude mit EH-Standard
  - **BDH:** Absatzzahlen der Wärmeerzeuger
  - **IWU WG:** Sanierungsquote WG
  
- Energiekennwerte:
  - **DIW Wärmemonitor:** Auswertung von Energieverbräuchen und Energiekostenabrechnungen von ista GmbH; primär ZFH und MFH
  - **Techem Energiekennwerte:** Reale Energieverbräuche und -bedarfe der betreuten Liegenschaften, Informationen zu realen Raumtemperaturen, Anlageneffizienz
  - **AG Energiebilanzen:** Deutschlandweite Zuordnung von Endenergieverbräuchen zu verschiedenen Sektoren, Sortierung nach Anwendungen und nach Energieträgern
  
- Elektrische Infrastruktur:
  - **Techem Energiekennwerte:** Anteil der Wohneinheiten mit Smart-Meter-Gateway, Gebäudeautomatisierungstechnik und Effizienzsteigerung durch Maßnahmen

Öffentlich zugängliche Statistiken bieten eine gute Datengrundlage und sind durch ihre jährliche Aktualisierung auch zum Aufzeigen von Entwicklungen geeignet. Mithilfe verstetigter Datenerhebungen können vor allem die Sanierungsrate und –tiefe als Indikator zur Beschreibung des Gebäudebestands dienen. Da es jedoch aktuell weder eine jährliche amtliche Erhebung<sup>4</sup>, noch eine allgemeingültige Definition der Sanierungsrate gibt (LTRS, 2020), bedarf es hier methodischer Vorarbeiten. Studien, die diese oder ähnliche Kennzahlen ausweisen, werden jedoch häufig nur als Einzelprojekte oder in mehrjährigen Abständen durchgeführt.

---

<sup>4</sup> vgl. Dena-Gebäudereport 2016 S.104

Die Beschreibung der Gebäudeeffizienzklassen und deren Häufigkeitsverteilung ist mit der aktuellen Datenlage ebenfalls nicht verstetigt. Zwar liegen Daten (z. B. die der Techem Energiekennwerte) vor, diese umfassen jedoch nur den von Techem als Messdienstleister beauftragten Bestand und beschränken sich somit u. a. lediglich auf die betreuten Mehrfamilienhäuser.

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Methoden untersucht und bewertet. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, Fortschritte bei der momentanen Datenlage zu erzielen und somit zukünftig Datenlücken im Gebäudesektor zu schließen.

## 5.2 Verfügbare und angewandte Methoden

Die untersuchten Methoden wurden in folgende Kategorien eingeteilt:

- Stichprobenansätze:
  - ENOB:dataNWG, IWU Datenbestand WG
- Empirische Ansätze mit Datenspende
  - CO2-Online, Gebäude-Check der Verbraucherzentrale
- Geodatenansatz
  - Studie Fernerkundungsdaten G-DAT DE
- Weitere Ansätze
  - DIW Wärmemonitor, B+L Sanierungsstudie, Energienutzungspläne und EPIQR; Blick in die EU-Länder

Die aufgezählten Methoden werden auf die vorgegebenen Kriterien und Merkmale überprüft (siehe Anhang Kriterien und Merkmale). Dies geschieht mithilfe einer Matrix, auf deren Grundlage die Bewertung erfolgt. Anhand dieser Bewertung sollen zwei Maßnahmen aus dem AP1 tiefergehend in AP2 untersucht werden.

### 5.2.1 Blick in EU Länder

Die Untersuchung umfasst neben der deutschlandweiten Zusammenstellung von methodischen Ansätzen und Verfahren auch eine europaweite Betrachtung geeigneter Methoden. In diesem Abschnitt werden die geplanten und bereits in praktischer Anwendung befindlichen Maßnahmen anderer europäischer Mitgliedsstaaten gegenübergestellt. Geeignete Datenquellen sind hierfür die Fahrpläne der für alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtenden langfristigen Renovierungsstrategien (LTRS). Diese beinhalten neben den konkreten Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor auch Informationen zur jeweiligen Datenbasis<sup>5</sup> (Artikel 2a

---

<sup>5</sup> Informationen, die in Deutschland als gut zugänglich beschrieben werden können, wie beispielsweise der Gesamtenergieverbrauch im Gebäudesektor, bleiben hierbei unberücksichtigt.

Absatz 1 Buchstabe a der EPBD sieht vor, dass jede langfristige Renovierungsstrategie einen Überblick über den nationalen Gebäudebestand umfassen soll).

Aufgrund der kurzen Bearbeitungszeit innerhalb dieses Projektes ist dabei jedoch eine eingehende Untersuchung aller Mitgliedsstaaten anhand der LTRS nicht möglich. Aus diesem Grund wurde die Recherche zu den Mitgliedsstaaten unter folgender Prämisse eingegrenzt: EU-Mitgliedsstaaten, in denen laut BPIE bereits 2015 ein Energieausweisregister mit entsprechender Zugangsmöglichkeit vorhanden war, werden nicht näher untersucht, da davon ausgegangen wird, dass die betroffenen Mitgliedstaaten diese als Datenquelle nutzen und auch weiterhin an dieser Methode ohne signifikante Veränderungen und/oder Ergänzungen festhalten. Somit zählen zu den näher untersuchten EU-Mitgliedsstaaten jene Staaten, welche 2015 über kein Register verfügten bzw. keine Zugänglichkeit vorlag. Dazu gehören: Bulgarien, Finnland, Griechenland, Kroatien, Lettland, Litauen, Polen<sup>6</sup>, Rumänien und Tschechien (vgl. Abbildung 1: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (BPIE 2014)). Zudem wurde für die nähere Untersuchung ein zweiter Ansatz nach dem „Best-Practice-Prinzip“ gewählt. Dazu zählen Belgien, Dänemark, Irland, Österreich und Portugal.<sup>7</sup> Aufgrund der Tatsache, dass nicht alle EU-Mitgliedsstaaten ausführlicher untersucht wurden, kann eine abschließende Beurteilung nicht durchgeführt werden.

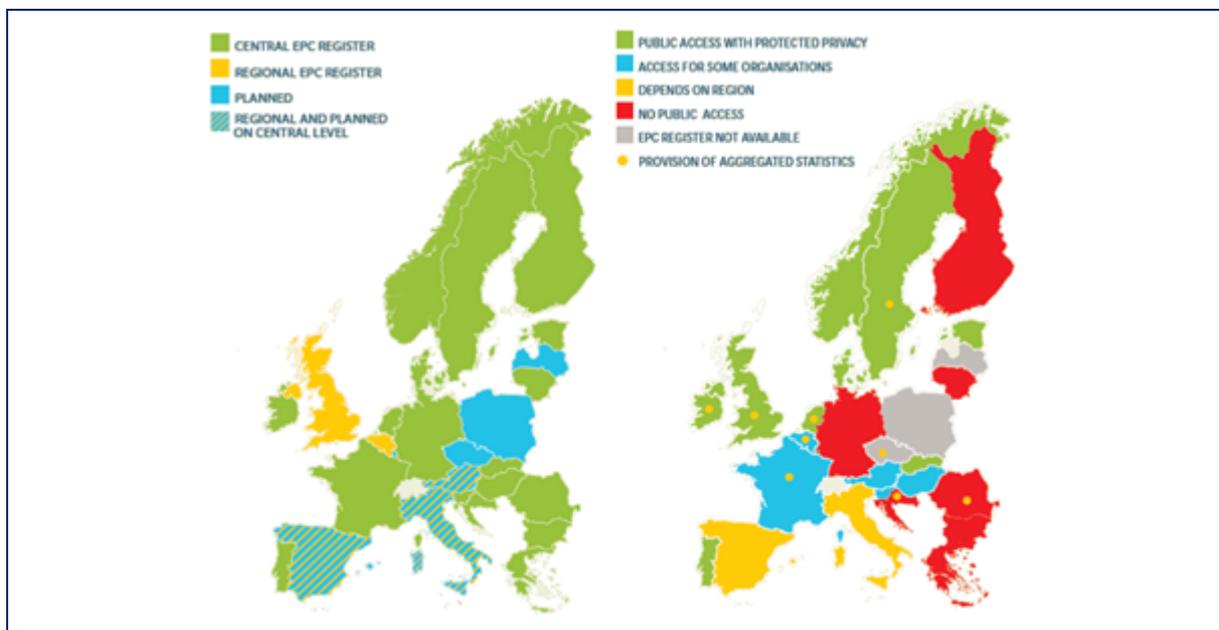
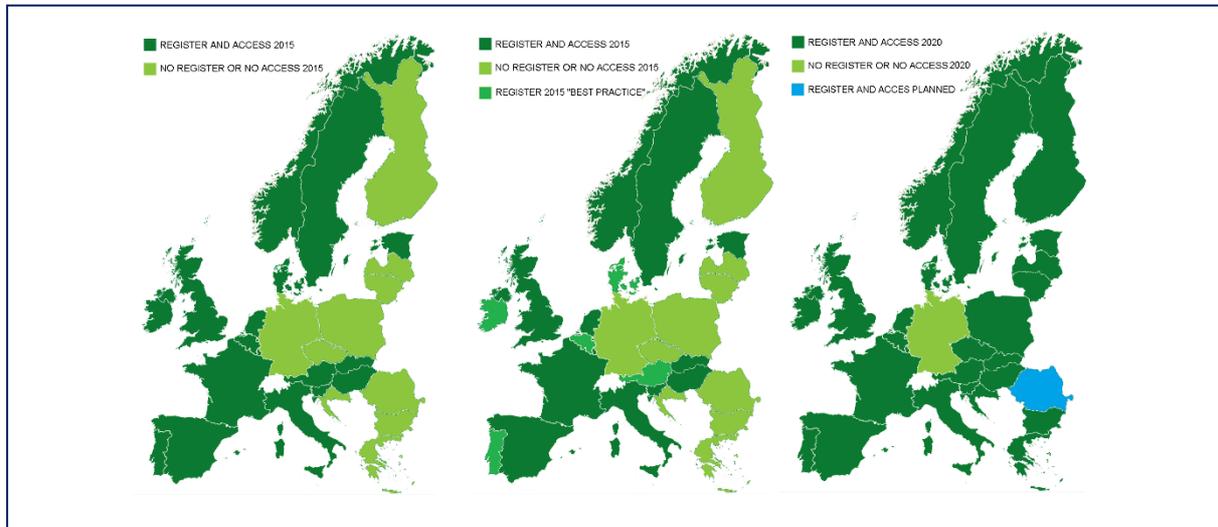


Abbildung 1: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (BPIE 2014)

<sup>6</sup> Für Polen liegt kein LTRS2020-Bericht vor und wird daher im nachfolgenden nicht eingehender aufgeführt.

<sup>7</sup> Belgien, Irland und Österreich werden im Bericht zur Metastudie nicht weiter aufgeführt.



**Abbildung 2: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (dena/LTRS, 2020)**

Folgende Aspekte wurden in den jeweiligen EU-Mitgliedsstaaten untersucht:

- Datenquelle zum Gebäudebestand (Anzahl, Baujahr, Typ etc.)
- Datenquelle des energetischen Gebäudezustands (Energieausweise oder andere Quelle?)
- Vorhandensein einer Verpflichtung zur Ausstellung von Energieausweisen
- Vorhandensein einer Verpflichtung zum Sammeln und Speichern von Energieausweisen
- Zugangsmöglichkeiten der Energieausweise
- sonstige Besonderheiten (Anteil zertifizierter Gebäude, Sanierungsempfehlungen etc.)

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sich bis dato in allen EU-Mitgliedsstaaten, mit Ausnahme von Deutschland und Rumänien<sup>8</sup>, der Energieausweis (inkl. Datenbank) als Informationsinstrument etabliert hat (vgl. Abbildung 2: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (dena/LTRS, 2020)). Somit hat Deutschland im Kontext der Informationsbeschaffung zur Bestimmung des energetischen Gebäudezustands durch die Energieausweise und deren Zugänglichkeit eine Außenseiterrolle in Europa inne. Zudem zeigt sich, dass die Art der Verpflichtung zur Ausstellung und anschließenden Speicherung der Energieausweisdaten in den meisten Staaten starke Ähnlichkeiten aufweisen. Die innerhalb des Energieausweises zusätzlich ausgestellten Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz, die zukünftig geplante Einbindung von sogenannten Smart Metern (intelligente Zähler) und die geplante Zentralisierung verschiedener Datenquellen finden sich ebenfalls in fast allen Ländern wieder. Die Methode Rumäniens und die bis vor kurzem noch durchgeführte Methode Kroatiens (aufbauend auf der Korrelation des Baujahres eines Gebäudes mit seiner Gesamtenergieeffizienz aufgrund von Entwicklungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen und in der Technik) können aufgrund hoher Ungenauigkeiten und der begründeten Abschaffung bzw. geplanten Abschaffung als nicht geeignet betrachtet werden.

Nachfolgend werden die oben benannten EU-Mitgliedsstaaten näher betrachtet:

<sup>8</sup> In Rumänien ist laut LTRS die Einführung eines Energieausweisregisters und dessen Zugänglichkeit geplant.

## Portugal

In Portugal gibt es rund sechs Millionen Wohnungen, von denen etwa ein Drittel von Leerstand betroffen ist bzw. einer saisonalen Nutzung unterliegt. Hinzu kommen schätzungsweise mehrere Hunderttausend NWG (davon rund 185.000 erfasst durch die Energieausweise), wobei die Datenlage der NWG sehr begrenzt ist. Als wichtigste Datenquelle für den Wohnungssektor gilt dabei ähnlich wie in Deutschland (Statistisches Bundesamt) das Nationale Institut für Statistik (Instituto Nacional de Estatística). Dieses Institut veröffentlicht jährlich Statistiken zum Wohnungs- und Bauwesen, die jedoch nicht ausreichen, um den nationalen Gebäudebestand oder dessen Umbau vollständig abzubilden. Im Hinblick auf den Sanierungsstand (mit Ausnahme sehr großer Renovierungsarbeiten) gibt es hier keine Informationen.

Die Langfristige Renovierungsstrategie (LTRS) Portugals analysiert neben den konkreten Maßnahmen zur Verbesserung des Gebäudebestands und deren Auswirkungen auf die Wirtschaft, auch den Energiebedarf und den energetischen Zustand des nationalen Gebäudebestands (Portuguese Official Gazette 2021). Die Analyse der energetischen Merkmale und Verbräuche erfolgt dabei auf den Informationen des 2006 eingeführten Energiezertifizierungssystems für Gebäude (ECS/Energieausweis). Basierend auf diesen Informationen werden Maßnahmen zur Verbesserung des Gebäudebestands definiert und auf dessen technische Machbarkeit überprüft. Um Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsszenarien zu quantifizieren, wurde der nationale Gebäudebestand dabei zusätzlich mithilfe von Simulationsmodellen detailliert beschrieben. Dazu wurde eine Stichprobe von 240.650 der rund 1,6 Millionen Energieausweise (davon entfallen 1,4 Millionen auf Wohnungen und 185.000 auf NWG) verwendet, die bis 2018 vom Energiezertifizierungssystem ausgestellt wurden.

Mithilfe der Energieausweise und den daraus erstellten Modellen kann die durchschnittliche energetische Gebäudeinfrastruktur (Energieverbrauch, Gebäudehülle, Energieerzeugungssysteme etc.) dargestellt werden. Dabei gilt, je größer die Anzahl der ausgestellten Energieausweise, je realitätsnäher sind die Ergebnisse der Modelle und Stichproben.

Trotz der vergleichsweise guten Datenlage wurde dennoch der Entschluss gezogen, dass die oben genannten Energieausweisdatenbanken zukünftig gestärkt (schrittweise Einführung der digitalen Version sowie Einführung einer neuen Version (Zentralisierung)) und durch einen Gebäudesanierungspass ergänzt werden sollen. Dabei sollen auch intelligente Zähler (Smart Meter) zur Überwachung des Energieverbrauchs eine Rolle spielen. Um zukünftig die Anzahl der Energieausweise zu erhöhen, soll zudem die Möglichkeit von Steuervorteilen in Betracht gezogen werden.

## Dänemark

Der dänische Gebäudebestand setzt sich aus rund 1,36 Millionen Einzel- und Doppelhäusern sowie knapp 100.000 Mehrfamilienhäusern zusammen. Hinzu kommen landwirtschaftliche und gewerbliche Nichtwohngebäude sowie ca. 225.000 Wochenendhäuser (Statistics Denmark, 2019). Wichtige Information zum Gebäudebestand, wie Standort, Nutzungsart, verwendete Baumaterialien, Größe und Alter, liefert hier das dänische Bau- und Wohnungsregister (BBR). Zudem finden sich im BBR auch Informationen zur Wärmeversorgung (Heizungsanlage und Heizmedium). Sämtliche Gebäudeeigentümer sind dazu verpflichtet, nachzuverfolgen, ob die Informationen des BBR für Ihre Immobilie korrekt sind. Diese für die Öffentlichkeit frei zugänglichen (<https://bbr.dk/se-bbr-oplysninger>)

Informationen reichen jedoch für eine detaillierte Beschreibung des energetischen Gebäudebestands nicht aus. Ergänzt wird das BBR daher durch die 1997 eingeführte und ebenfalls öffentlich zugängliche zentrale Energieausweisdatenbank. Diese erfasste bereits 2017 mehr als ein Drittel des dänischen Wohngebäudebestands (rund 540.000 gültige EPC 2017), wobei die Anzahl der jährlich ausgestellten Energieausweise in der Tendenz steigt (2016 etwa 61.000). Die Energieausweisdatenbank enthält alle vom Energieberater eingegebenen Daten, die für die Berechnung des Energieverbrauches und des energetischen Gebäudezustands notwendig sind. Hinzu kommt das Erstellen eines Energielabels sowie eines Berichts, welcher Vorschläge zur Verbesserung des energetischen Zustandes beinhaltet. Die Inhalte der Datenbank unterliegen einer jährlichen Qualitätskontrolle, durchgeführt durch die dänische Energieagentur. Zukünftig soll die Datenerhebung mithilfe von Smart Metern (intelligente Messsysteme) weiter verbessert werden.

Die Sanierungstiefe in Dänemark wird durch die tatsächliche Energieeinsparung in drei Stufen definiert (Light: bis 30 %, Medium: 30 – 60 % und Deep: über 60 %). Die Gebäude mit der schlechtesten Sanierungstiefe (die „*Worst performing Buildings*“) können dabei gut anhand des Baujahres ermittelt werden, da die nach 1980 gebauten Gebäude relativ gut gedämmt sind. Grund dafür ist eine in 1979 deutliche Verschärfung der baurechtlichen Anforderungen an den Energieverbrauch bei Neubauten (rund 80 – 85 % der mit Sanierungen verbundenen Energieeinsparpotenziale im gesamten dänischen Gebäudebestand liegen bei Gebäuden, die vor 1980 gebaut wurden). (Energistyresen 2020)

## **Finnland**

In Finnland gibt es etwa 3 Millionen Wohnungen und rund 150.000 Nichtwohngebäude. Die Quelle für die Anzahl der Gebäude ist das Immobilien-, Gebäude- und Rauminformationsregister der finnischen Agentur für digitale Dienste und Bevölkerungsdaten (DVV). Die Registerdaten basieren auf Bauprojektmeldungen und decken 100 % der Gebäude ab. Der energetische Gebäudezustand Finnlands wird mithilfe der Energieausweise ermittelt. Das Energieausweissystem besteht seit 1996 und die entsprechende verbindliche Gesetzgebung trat 2008 in Kraft. Anfang 2018 wurde diese novelliert und seitdem muss bei Verkauf oder Vermietung eines Gebäudes ein Energieausweis vorgelegt werden. Das Zentrum für Wohnungsfinanzierung und -entwicklung (ARA) sammelt die Ausweise und stellt diese in einem Energieausweisregister der Öffentlichkeit zur Verfügung (<https://www.energiatodistusrekisteri.fi/>). Dabei lagen im Jahr 2019 rund 13.000 Energieausweise für Mehrfamilienhäuser vor und rund 8.000 für Nichtwohngebäude. Zudem werden im Rahmen des Energieausweises auch kostengünstige Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz dargelegt.

## **Kroatien**

Der kroatische Gebäudebestand besteht aus 762.000 Wohngebäuden und rund 143.000 Nichtwohngebäuden. Diese Daten ergeben sich aus einer systematischen Recherche der Statistischen Jahrbücher sowie aus den Expertenschätzungen, die im Rahmen der LTRS analysiert bzw. erstellt wurden. Seit 2017 wird die Energieeffizienz der Gebäude anhand von Energieausweisen bestimmt. Zuvor wurden die energetischen Merkmale des Gebäudebestands anhand des jährlichen Gesamtenergieverbrauches und der in einem bestimmten Baujahr vorherrschenden typischen Bauweise geschätzt. Alle Immobilienbesitzer, die ihr Gebäude oder ihre Wohnung in Kroatien verkaufen oder vermieten möchten, müssen über diesen Ausweis verfügen. Die Energieausweise

werden in einer Datenbank gesammelt. Zudem ist zukünftig die Einrichtung eines Baukatasters geplant. Dieses würde eine Zentralisierung von Daten über Bevölkerungsentwicklung, Nutzung von Gebäuden und deren energetischen Zustand ermöglichen. (Ministry of Physical Planning, Construction and State Assets 2020)

## Griechenland

Der griechische Gebäudebestand besteht aus rund 4,6 Millionen Wohngebäuden und etwa 220.000 Nichtwohngebäuden. Die LTRS nutzt dabei die Ergebnisse der aktuellen Gebäudeinventur (2011) als Datenbasis. Die Gebäudebestandsübersicht umfasst Anzahl und Alter, Klimazone, Energieverbrauch und energetische Eigenschaften der Gebäude. Die Informationen zum Energieverbrauch und zum energetischen Zustand der Gebäude stammen aus den im Zeitraum 2011 – 2018 (insgesamt 1.500.613, 82,5 % WG und 17,5 % NWG) ausgestellten Energieausweisen. Diese sind durch eine Gesetzgebung seit 2011 für Mietimmobilien und 2012 für Immobilienverkäufe gesetzlich vorgeschrieben. Die ausgestellten Energieausweise beziehen sich hauptsächlich auf ältere Gebäude (99,5 %), die bis 2009 gebaut wurden. Hinsichtlich der als sehr energieintensiv eingeschätzten Gebäude der öffentlichen Verwaltung gibt es keine ausreichenden Daten über deren genaue Anzahl, den Verwendungszweck und die energetischen Eigenschaften. Die Korrelation des Baujahrs eines Gebäudes mit seiner Gesamtenergieeffizienz aufgrund von Entwicklungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen und in der Technik wird auch in Griechenland durch die Statistiken aus den Energieausweisen bestätigt. Auf Basis der Informationen aus den Energieausweisen werden die unterschiedlichen Verbräuche für jede Gebäudenutzung und die erzielten signifikanten Energieeinsparquoten ermittelt. Zudem beinhaltet auch der griechische Energieausweis Empfehlungen für Energiesparmaßnahmen. Die Energieausweise werden in einem vom Ministerium für Umwelt und Energie geführten Register gesammelt und ausgewertet (<https://www.buildingcert.gr/>).

Die Ausstellung eines Energieausweises ist in folgenden Fällen verpflichtend (einschließlich solcher mit einer Grundfläche unter 50 m<sup>2</sup>):

- Neubau und Generalsanierung
- Bestehende Gebäude
- Nach einer größeren Sanierung
- Bei Kauf/Verkauf oder Vermietung
- Alle öffentlichen Gebäude > 250m<sup>2</sup>
- Für Wohnungseigentümer, die eine Förderung möchten

## Litauen

Laut litauischem Immobilienregister gibt es in Litauen rund 570.000 Wohngebäude und 91.000 Nichtwohngebäude (2019). Das Immobilienregister liefert ebenfalls Daten zum Baujahr und Gebäudetyp, zur Nutzungsart und Fernwärme sowie zu den Baumaterialien. Als wesentliche Informationsquelle zur Bewertung des energetischen Gebäudezustands dienen die Energieausweise. Die Informationen der ausgestellten Energieausweise werden in einem Register erfasst, welches von einer staatlichen Zertifizierungsstelle verwaltet wird (SPSC-Register; <https://www.spsc.lt/cms/index.php>). 17 % des litauischen Gebäudebestands sind innerhalb dieses Registers erfasst (18 % WG und 16 % NWG). Jeder qualifizierte Sachverständige ist verpflichtet, die Energieausweise an die zentrale Datenbank zu senden. Nur registrierte und veröffentlichte

Energieausweise gelten als gültig. Täglich werden ca. 100 – 200, monatlich 2.500 – 3.000 Zertifikate ausgestellt. Es besteht für alle neuen Gebäude die Verpflichtung zur Vorlage eines Energieausweises nach Fertigstellung des Baus sowie, wenn ein Gebäude zum Verkauf oder zur Miete angeboten wird. Die Datenbank der Energieausweise kann nur von verantwortlichen Fachleuten eingesehen werden. Das Zentralregister ist auf <https://www.spsc.lt> veröffentlicht und kann von Institutionen, Fachleuten und Privatpersonen genutzt werden. Seit Juli 2014 werden alle Daten auch an das Immobilienregister und das Kataster von Litauen übermittelt. (Government of the Republic of Lithuania 2021)

## Rumänien

Laut der Volks- und Wohnungszählung 2011 gibt es ca. 8 Millionen Wohnungen in Rumänien. Diese erstrecken sich auf rund 5,3 Millionen Wohngebäude. Hinzu kommen etwa 242.000 Nichtwohngebäude, wobei die Anzahl der Wohn- und Nichtwohngebäude sowie sonstige wichtige Merkmale (inkl. des Energieverbrauches für den Gebäudesektor insgesamt, Quelle dafür: Einschätzung der Weltbank) speziell für die LTRS erhoben wurden. Für die Beurteilung des energetischen Gebäudezustands wurde ausschließlich die bislang renovierte Fläche berechnet bzw. geschätzt.<sup>9</sup> Da es keine nationale Datenbank gibt, die alle wichtigen Informationen zu den Energieverbrauchsmerkmalen beinhaltet, wurde der Gebäudebestand statistisch untersucht. Dazu wurden statistische Stichproben des aktuellen Gebäudebestands erstellt. Die Qualität und mangelnde Kontrollierbarkeit der rumänischen Energieausweise sowie der Mangel an angemessenen Daten zum Gebäudebestand und dessen Energieverbrauch gelten laut der Sanierungsstrategie als problematisch. Daher soll zukünftig ein verpflichtendes und online zugängliches nationales System zur Überwachung des Gebäudebestands (verwaltet durch ein Ministerium) entwickelt werden. Dieses soll folgende Punkte zum gesamten Gebäudebestand beinhalten und bereits vorhandenen Daten zentralisieren:

- Gebäudetypologien
- Baujahr
- Digitale Daten zu Energieausweisen bzw. Energieverbrauch und Heizungsart
- Informationen zu energetischen Sanierungen.

Mithilfe des Systems sollen Strategien entwickelt und die Auswirkungen bzw. der Gesamtfortschritt von Investitionsprogrammen überwacht werden. Eine solche Datenbank ist laut der Strategie für die Durchführung geeigneter politischer Analysen und die Entwicklung von Programmen unerlässlich und Voraussetzung für die Bewertung verschiedener Programme zur Identifizierung von „Worst performing Buildings“. (Ministry of Public Works, Development and Administration 2020)

## Tschechische Republik

Der tschechische Gebäudebestand zählt rund 1,8 Millionen Wohngebäude und 600.000 Nichtwohngebäude. Die Daten zur Gebäudeanzahl stammen dabei insbesondere aus der 2011 erhobenen Bevölkerungs- und Wohnungszählung (für Nichtwohngebäude 2018). Die primäre Quelle des Gebäudebestands ist das Tschechische Statistische Amt (CZSO). Eine weitere wichtige Datenquelle sind die Baubehörden. Zur Beurteilung des energetischen Gebäudezustands dient vor allem die 2016 eingeführte und durch das Ministerium für Industrie und Handel (MIT) verwaltete

---

<sup>9</sup> Für die Methode zur Berechnung liegt keine detaillierte Beschreibung vor und kann daher nicht weiter ausgewertet werden.

Energieausweisdatenbank ENEX. Die Energieberater sind dazu verpflichtet, die Informationen der ausgestellten Energieausweise an das ENEX-Register zu übermitteln. Im Zeitraum von 01/2017 bis 06/2020 konnten so rund 154.000 Energieausweise gesammelt werden. Das MIT veröffentlicht quartalsweise einen Bericht zur fortlaufenden Erfassung von Energieausweisen. Diese enthaltenen Statistiken über die kontinuierliche Registrierung von Energieausweisen und sind öffentlich zugänglich. Der Zugang zur gesamten Datenbank hingegen ist beschränkt (<https://www.mpo-enex.cz/>). (Ministry of Industry and Trade 2020)

Die Ausstellung eines Energieausweises ist in folgenden Fällen verpflichtend (gültig seit 2016):

- Neubau und größere Veränderungen
- Kauf/Verkauf oder Vermietung
- Alle öffentlichen Gebäude >250m<sup>2</sup>

## **Lettland**

In Lettland gibt es rund 364.000 Wohngebäude und ca. 100.000 energierelevante Nichtwohngebäude. Lettland hat zur Bewertung des energetischen Gebäudezustands seit 2016 ein Bauinformationssystem mit zwei neuen Registern eingeführt: einem Register von Energieausweisen für Gebäude und einem Register unabhängiger Sachverständiger, in dem statistische Daten zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zusammengestellt werden können. Im Jahr 2019 wurden ca. 1.670 Energieausweise in dem Bauinformationssystem registriert. Bei Kauf oder Vermietung eines Gebäudes sowie für alle Neubauten und Einfamilienhäuser ist der Energieausweis verpflichtend. Die Energieausweise enthalten zudem Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Eine Verordnung besagt, dass das Staatliche Bauaufsichtsamt die Befugnis hat, die registrierten Daten zu analysieren.

## **Bulgarien**

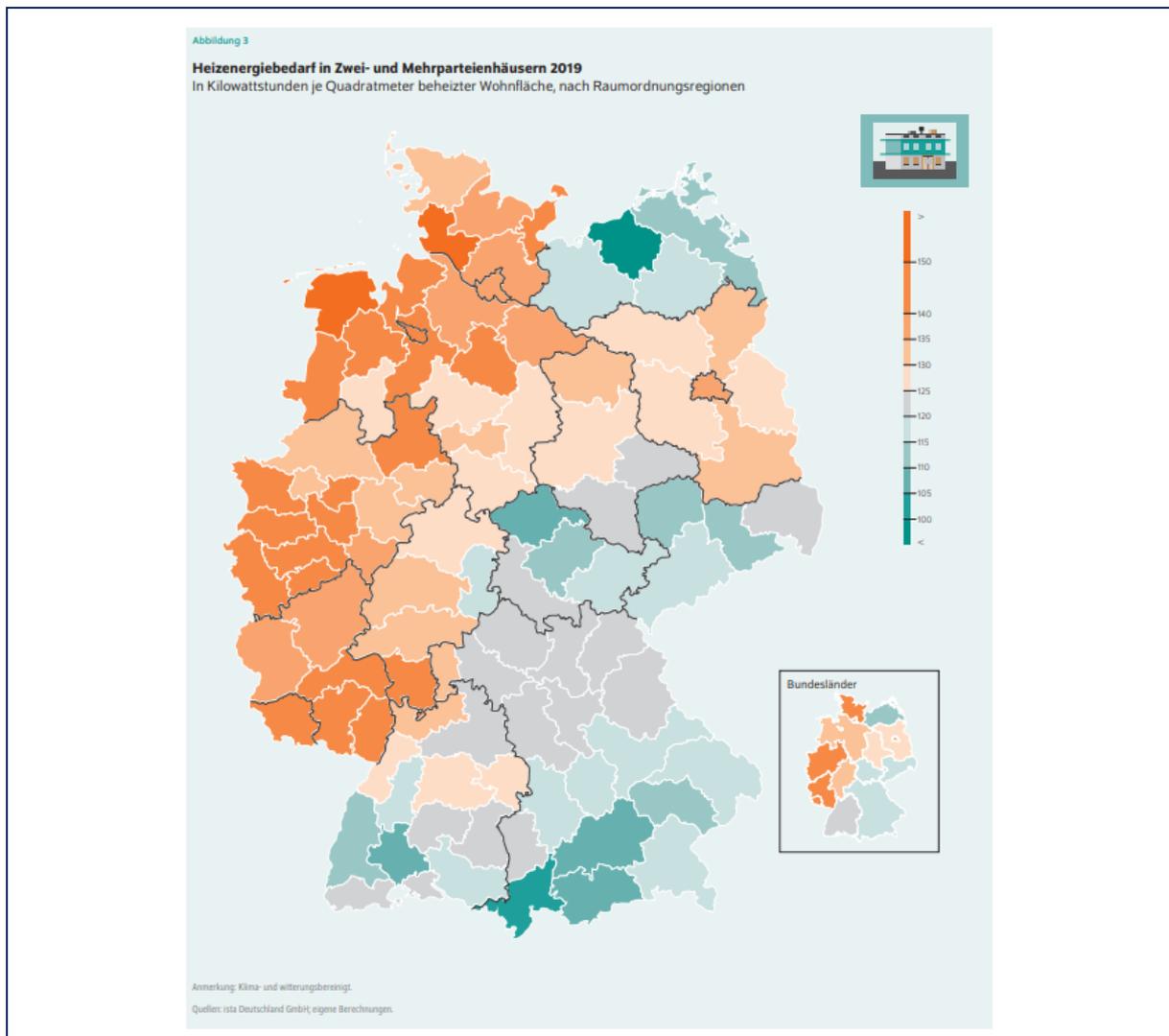
Laut der bulgarischen Volkszählung von 2011 gibt es in Bulgarien rund 2 Millionen Wohngebäude (davon ca. 25 % leerstehend). Die Anzahl der Nichtwohngebäude ist nicht bekannt und auch die sonstigen Daten zu den NWG gelten in Bulgarien als unzureichend. Die Datenerhebung zu den Nichtwohngebäuden erfolgt dabei zum Teil durch Geodäsie (Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche). Der energetische Gebäudezustand wird auf Basis der Datenbank der zertifizierten Gebäude ausgewertet. Verwaltet wird die Datenbank durch die Agentur für nachhaltige Energie (AUER/SEDA). Die SEDA-Datenbank ist der Öffentlichkeit frei zugänglich. Im Jahr 2016 wurden rund 2.700 Energieausweise ausgestellt. Neben den energetischen Merkmalen werden u. a. die Informationen zu den Baualtersklassen aus den Energieausweisen erhoben. Die Energieausweise beinhalten auch Empfehlungen zur energetischen Verbesserung des jeweiligen Gebäudes. Die Energieausweise der Bestandsgebäude sind bei jeder Änderung der Energieeffizienz des Gebäudes zu aktualisieren (beispielsweise nach einer Nutzungsänderung, einer umfassenden Sanierung oder einer größeren Renovierung).

Zudem ist die Ausstellung eines Energieausweises in den folgenden Fällen verpflichtend:

- Neubau
- Kauf/Verkauf oder Vermietung
- Alle öffentlichen Gebäude > 250m<sup>2</sup>

## 5.2.2 Wärmemonitor Deutschland

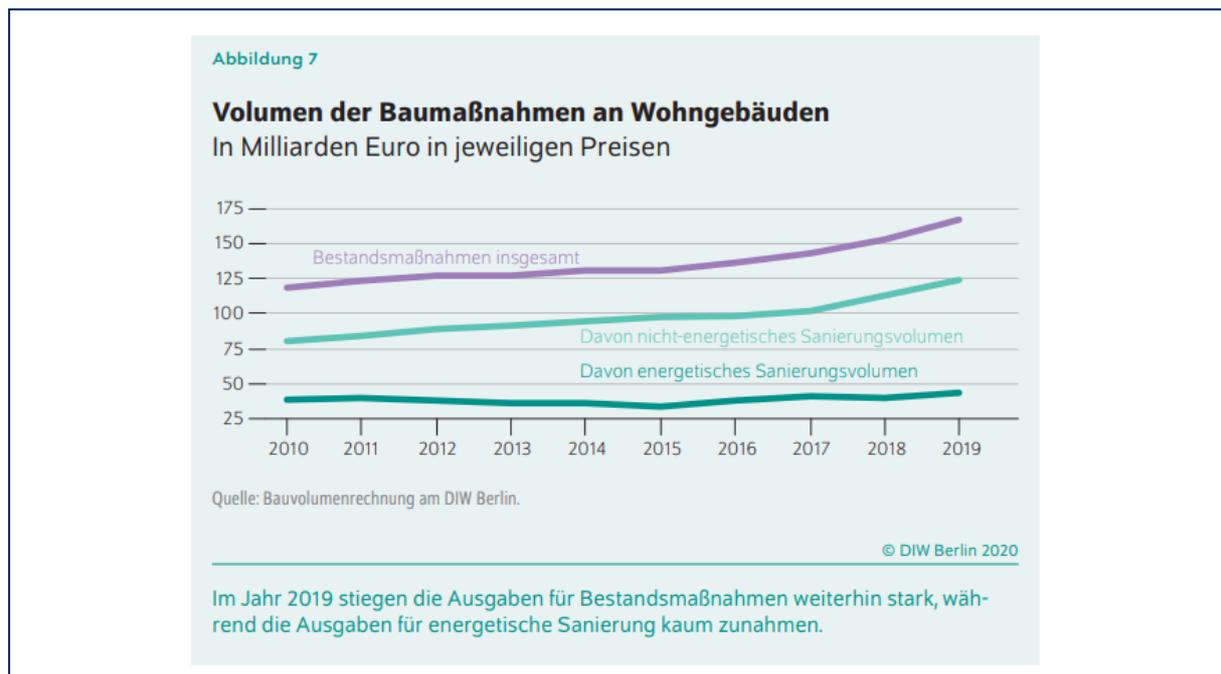
Der Wärmemonitor Deutschland wird vom DIW Berlin (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) gemeinsam mit ista Deutschland GmbH, einem der größten Energiedienstleister in Deutschland, entwickelt. Dieser Bericht soll mehr Transparenz über Heizenergieverbräuche und -kosten schaffen. Grundlage der Berechnungen sind gebäudespezifische Heizkostenabrechnungen der ista Deutschland GmbH von etwa 300.000 Zwei- und Mehrfamilienhäusern, klimabezogene Gewichtungsfaktoren des DWD sowie Zensuserhebungen des Statistischen Bundesamtes. (Stede et al. 2020) Die Heizkostenabrechnungen enthalten Angaben zu Energieverbrauch und Abrechnungsperiode, Heizenergieträger, Energiekosten sowie Lage und Größe der Immobilie.



**Abbildung 3: Heizenergiebedarf in Zwei- und Mehrparteienhäusern 2019 (Stede et al. 2020)**

Ergänzend dazu werden die Bauvolumenberechnungen im Wärmemonitor veröffentlicht. Diese werden jährlich vom DIW Berlin im Auftrag des BMI und BBSR erstellt und geben eine Prognose zur Entwicklung der Baukonjunktur. Hier werden alle Leistungen erfasst, die auf Herstellung oder Erhaltung des Gebäudes abzielen. Dabei werden die Bauleistungen im Hochbau in Neubau- und Bestandsmaßnahmen unterteilt. Das Bestandsvolumen wird auf der einen Seite durch Modellrechnungen auf Basis der amtlichen Statistik und auf der anderen Seite durch Hochrechnungen

auf der Basis von Befragungen ermittelt. Abbildung 4 stellt eine Grafik über das Volumen der Baumaßnahmen an Wohngebäuden dar.



**Abbildung 4: Volumen der Baumaßnahmen an Wohngebäuden (Stede et al. 2020)**

## Bewertung

Bei der Methode werden keine Einfamilienhäuser betrachtet, es wird also nicht der gesamte Wohngebäudebestand abgebildet. Über den Zustand eines einzelnen Gebäudes kann nur bedingt eine Aussage getroffen werden. Aufgrund dieser begrenzten Aussagekraft und da die Grundlage für die Berechnungen unter anderem aus Daten der Energieausweise stammt, wird diese Methode zur weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

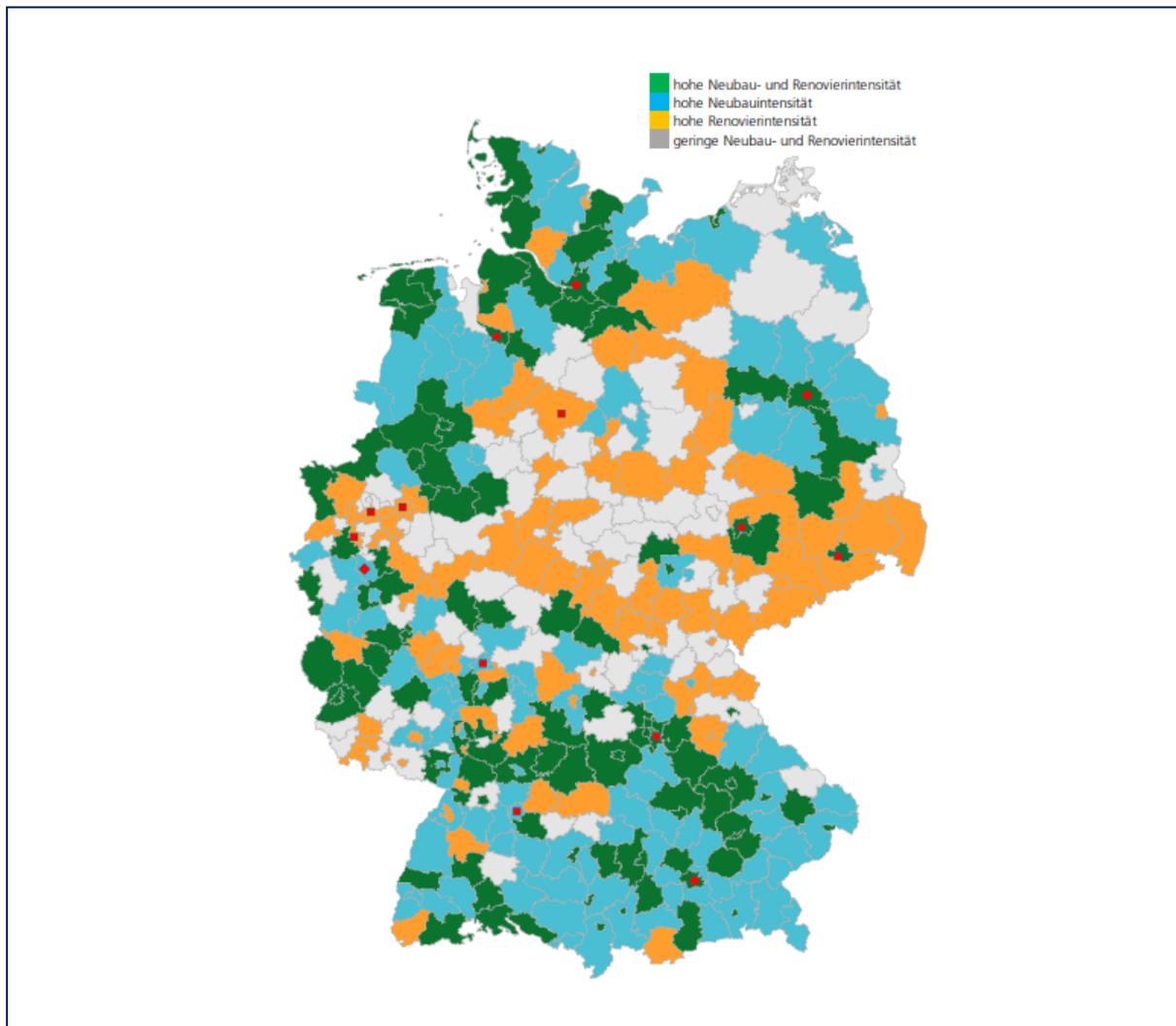
### 5.2.3 B+L Sanierungsstudie

Die B+L Sanierungsstudie Deutschland wird von der B+L Marktdaten GmbH veröffentlicht und erscheint alle zwei Jahre (B+L Marktdaten GmbH 2016). Die Erhebung wird als Online-Umfrage in privaten Haushalten durchgeführt. Die Untersuchung gibt sowohl einen Überblick über die wesentlichen Sanierungstreiber als auch Informationen über die renovierende Person selbst. Hierfür werden verschiedene Faktoren wie Budget, Renovierungsmotivation, Haushaltseinkommen, Wohnsituation und durchgeführte Renovierungsmaßnahme abgefragt. Im Detail werden die Maßnahmen an den Bauteilen Dach, Außenwände und Fassaden, Fenster und Außentüren, Keller, Heizung, Böden, Innentüren und Bad betrachtet. Abbildung 5 zeigt exemplarisch eine Übersicht der Befragten über die durchgeführten oder geplanten Renovierungsmaßnahmen.



**Abbildung 5: Maßnahmenübersicht (B+L Sanierungsstudie 2016)**

In der Studie wird der sogenannte „Reno-Atlas“ für unterschiedliche Produktgruppen veröffentlicht, der von der B+L Marktdaten GmbH jedes Jahr berechnet wird. Abbildung 6 zeigt in einer Übersicht die Intensität der Renovier- und Neubautätigkeit im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Hier wird deutlich, dass in den Regionen um Berlin und München hohe Neubau- und Renovierungstätigkeiten vorliegen und dahingegen Teile von Ost- und Mitteldeutschland unter dem Bundesdurchschnitt liegen.



**Abbildung 6: B+L Reno-Atlas 2016 (Quelle: B+L Sanierungsstudie 2016)**

Ergänzend zum Wohnbau wurden im Bereich „Nichtwohnbau-Sanierung“ telefonische Befragungen im gesamten Bundesgebiet unter Architekten durchgeführt. Hier wurden Sanierungen bei den Gebäudetypen Mehrgeschossbauten und Industrie-, Lager- und Handelsgebäude betrachtet.

### **Bewertung**

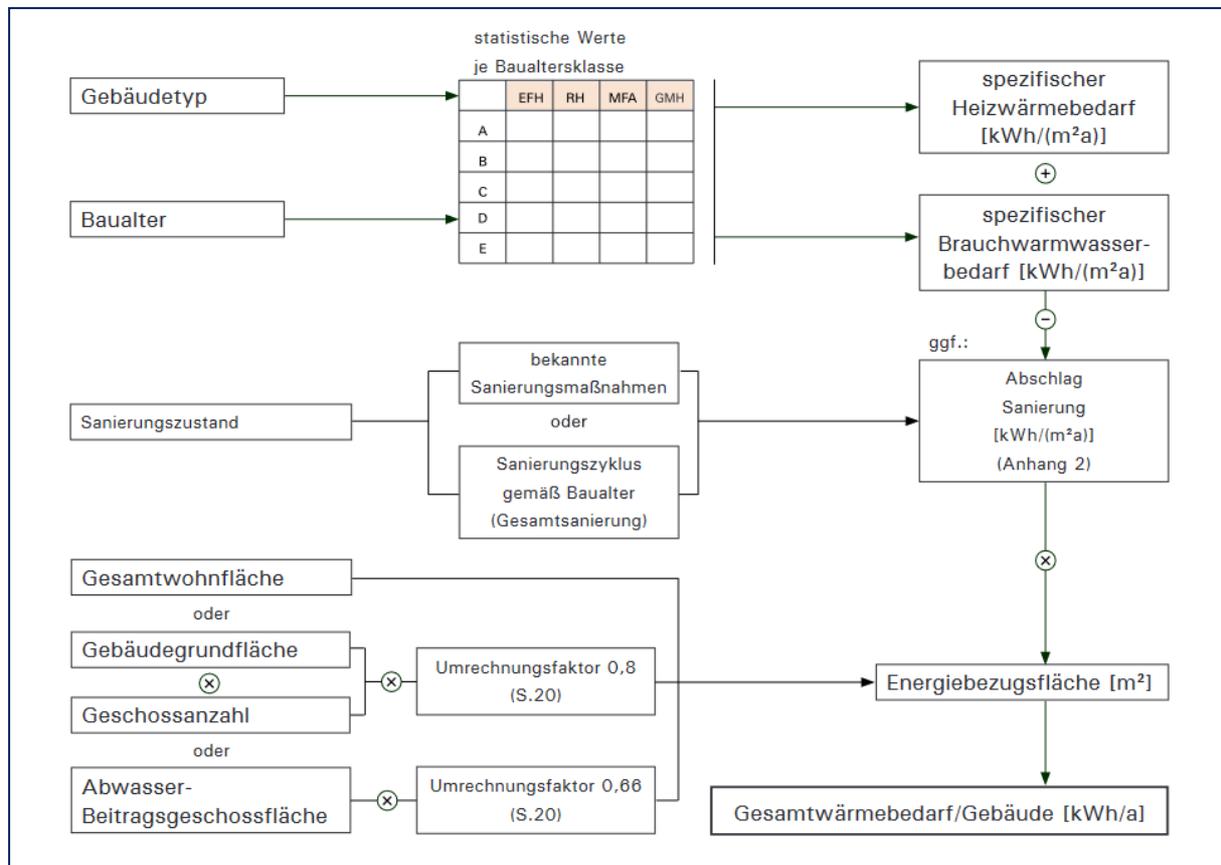
Sowohl die Methode der Befragung als auch die Auswahl der Stichproben wird in der Studie nicht näher beschrieben. Daher ist nicht ersichtlich, ob der gesamte Gebäudebestand abgedeckt werden kann. Je nach Kenntnisstand der renovierenden Person ergibt sich eine unterschiedliche Detailtiefe über den Zustand des Bauteils oder Gebäudes. Aus diesem Grund erfolgt keine weitere Betrachtung der Methode.

### **5.2.4 Energienutzungspläne**

Der Energienutzungsplan ist ein strategisches Planungsinstrument für Kommunen in Bayern. Er zeigt die bestehende Energiebedarfs- und Energieversorgungssituation im jeweiligen Gebiet. Eine ähnliche Methodik für eine solche Übersicht im Energiesektor gibt es auch in anderen Bundesländern, in

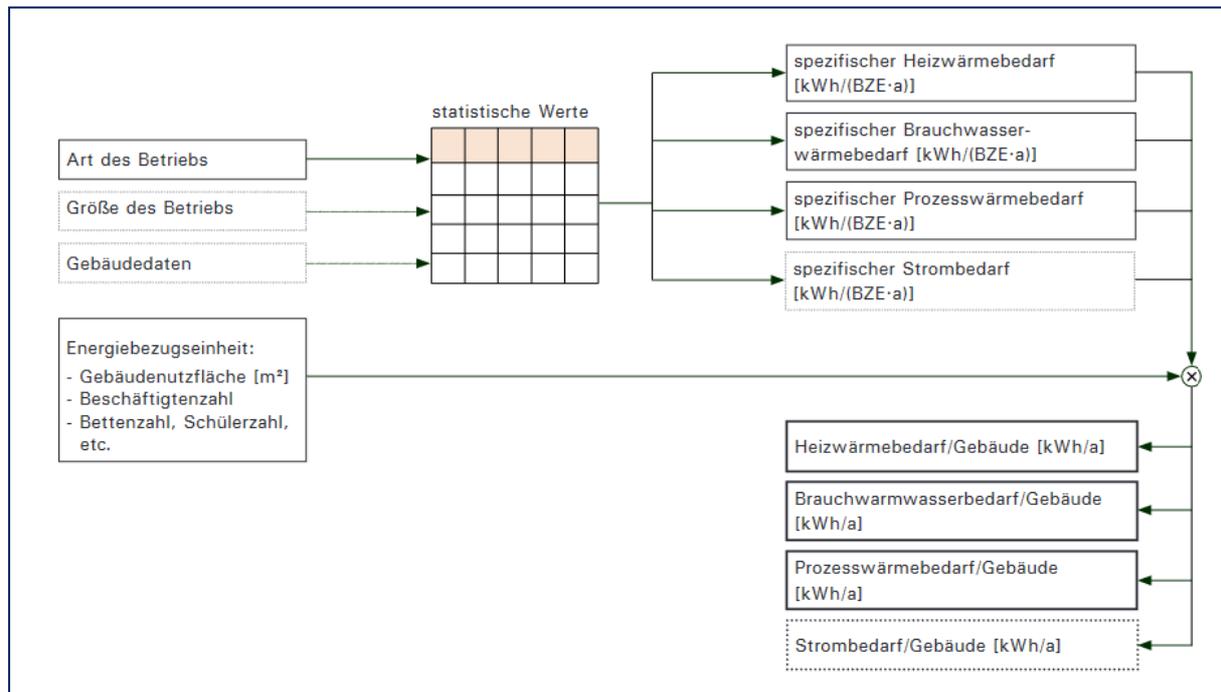
Baden-Württemberg gibt es beispielsweise den Energieatlas. Die bayerischen Staatsministerien haben zur Erstellung eines Energienutzungsplans einen Leitfaden für Kommunen – erstellt durch die Technische Universität München – veröffentlicht (StMUG et al. 2011). Der Leitfaden ist die Basis für die Untersuchung dieser Methodik.

In der Potenzialanalyse besteht die Option, den Bereich der Wärme entweder siedlungsbezogen oder gebäudebezogen zu betrachten. In der vorliegenden Studie wird der gebäudebezogene Ansatz untersucht. Die hierbei vorgeschlagene Wärmebedarfsermittlung der Gebäude erfolgt je nach Gebäudetyp (Wohngebäude und Nichtwohngebäude) nach einem anderen Vorgehen.



**Abbildung 7: Flussdiagramm für die Wärmebedarfsermittlung von Wohngebäuden (StMUG et al. 2011)**

Für die Ermittlung des Gesamtwärmebedarfs eines Wohngebäudes ist das Vorgehen als Flussdiagramm in Abbildung 7: Flussdiagramm für die Wärmebedarfsermittlung von Wohngebäuden (StMUG et al. 2011) dargestellt. Aus dem Gebäudetyp (EFH – Einfamilienhaus, RH – Reihenhaus, MFG – Mehrfamilienhaus und GMH – Großes Mehrfamilienhaus) und dem Gebäudealter ergeben sich anhand statistischer Werte der Heizwärme- und Brauchwasserbedarf. Die verwendeten statistischen Werte werden aus den Studien „Deutsche Gebäudetypologie“ des IWU (IWU 2003) und „Pluralistische Wärmeversorgung“ des AGFW (Neuffer et al. 2001) übernommen. Die deutsche Gebäudetypologie wurde im Jahr 2011 überarbeitet, dies könnte genutzt werden, um die Datengrundlage zu aktualisieren (IWU 2011). Nach einem Abschlag in Abhängigkeit vom vorliegenden Sanierungszustand, welcher der Gebäudetypologie entnommen wird, ergibt sich durch Multiplikation mit der Energiebezugsfläche der Gesamtwärmebedarf.



**Abbildung 8: Flussdiagramm für die Wärmebedarfsermittlung von Nichtwohngebäuden (StMUG et al. 2011)**

Das in Abbildung 8 gezeigte Vorgehen für den Wärmebedarf der Nichtwohngebäude erlaubt bei entsprechender Datenlage eine Einteilung des Wärmebedarfs in den Heizwärmebedarf, Brauchwasserwärmebedarf, Prozesswärmebedarf und Strombedarf des jeweiligen Gebäudes. Die Art und Größe des Betriebs in Kombination mit den Gebäudedaten ergeben spezifische Bedarfswerte, die aus einer Tabelle entnommen werden. Anschließend wird mit der Energiebezugseinheit der Jahresbedarf an Wärme berechnet. Diese Energiebezugseinheit ist abhängig von der Art der Nutzung des Nichtwohngebäudes. Die statistischen Werte für die spezifischen Bedarfswerte kommen aus der VDI 3807, Blatt 2 (VDI 1997), dem Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006 (Schloman et al. 2008) und der Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen (LfU 2007). Die genannten Quellen wurden für den Leitfaden im Jahr 2011 genutzt und müssen bei einer weitergehenden Betrachtung aktualisiert werden.

Als Datengrundlage für die zwei beschriebenen Vorgehensweisen dienen folgende Optionen (inklusive einer Angabe für den Zeitaufwand der Ermittlung der Daten pro Gebäude):

- Vor-Ort-Begehung (1 – 2 Min.)
- Registratur der Bauämter (3 – 4 Min.)
- Bürgerumfrage (ca. 3 Min.)
- Gezielte Befragung (15 – 120 Min.) (StMUG et al. 2011)

Dabei wird je nach Art der Ermittlung der Daten eine andere Detailtiefe für die Berechnung des Wärmebedarfs der Gebäude erreicht. Eine gezielte Befragung kann eine sehr hohe Detailtiefe ermöglichen. Es besteht außerdem die Möglichkeit, dass aus den Datenquellen nur unvollständige Daten ermittelt werden können. Dies ist z. B. bei der Registratur der Bauämter der Fall, wenn hier nachträgliche nicht genehmigungspflichtige Sanierungen vorgenommen worden sind.

## **Bewertung**

Je nach verwendeter Datengrundlage ergeben sich im Ansatz des Energienutzungsplans unterschiedliche Stufen der Detaillierung der Daten eines Gebäudes. Die genutzte Datengrundlage hängt unter anderem von der Größe der Gemeinde, der Verfügbarkeit der Daten, dem Wissen der Bearbeitenden und dem vorgesehenen Zeitrahmen ab (StMUG et al. 2011). Aus diesem Grund sind Energienutzungspläne im Bereich der Gebäude nicht zwingend als vollständig und einheitlich zu betrachten.

Die Erstellung eines Energienutzungsplans wird zwar gefördert und mit Onlinetools unterstützt (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2022), jedoch nicht flächendeckend angewandt. Deshalb bildet diese Methode nicht den gesamten Gebäudebestand ab. Die Aktualisierung und Automatisierung der Datenerfassung ist denkbar, aber in der bestehenden Methodik nicht enthalten. Aus diesem Grund erfolgt keine weitere Betrachtung dieser Methodik.

### **5.2.5 EPIQR – “Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit”**

Das EPIQR Verfahren erlaubt ein Bestandsmanagement von Gebäuden. Dabei können neben der Information über die Energieeffizienz Aussagen über die Innenraumqualität getroffen werden. In Deutschland wird das Verfahren durch die Firma CalCon angewandt, welche eine Software zur Untersuchung des Gebäudebestands für Immobilienunternehmen anbietet (CalCon 2022). Diese Firma ist eine Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), welches das EDV-gestützte Verfahren entwickelt hat. Die Methodik wurde bereits 1995 in einem von der EU geförderten Projekt entwickelt. Das Ziel des Projekts war die Erstellung eines Vorgehens zur Erfassung des Instandhaltungs- und Erneuerungsbedarfs von Gebäuden.

Die nötigen Daten werden bei einer Begehung des Gebäudes ermittelt und in eine Software eingepflegt. In der Software werden Kennwerte für das untersuchte Gebäude aufgrund von statistischen Datengrundlagen der Wohngebäudetypologie ermittelt. Es werden die statistischen Daten aus dem EU-Projekt „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment (TABULA)“ verwendet. Die Gebäudetypologie wurde für Deutschland durch des IWU entwickelt (IWU 2011). Bei der Begehung des Gebäudes wird systematisch vorgegangen, und die Bauteile werden kategorisiert, um mit den statistischen Werten zusammengeführt werden zu können. Die Dauer einer solchen Begehung beträgt je nach Art und Größe des Gebäudes ca. 2 – 6 Stunden (E. Brandt et al. 1999).

## **Bewertung**

Die über die Software von CalCon ermittelten Daten werden nur für die interne Verwendung im Unternehmen genutzt. Es erfolgt keine Veröffentlichung oder Sammlung der Daten. Wenn diese Daten verwendet werden sollen, muss eine Abfrage bei den entsprechenden Unternehmen erfolgen. Es ist zu prüfen, ob der Firma CalCon Daten vorliegen, die genutzt werden können und einen Teil des Gebäudebestands repräsentieren. Diese Daten könnten als Grundlage für die Entwicklung einer neuen Methodik dienen.

In dieser Methodik werden Daten mit sehr hoher Detailtiefe erhoben. Jedoch werden die Daten nicht automatisiert erfasst und erneuert. Darüber hinaus bildet diese Datengrundlage nur einen kleinen Teil des Gebäudebestandes ab. Bei der Entwicklung einer neuen Methodik kann geprüft werden, ob diese

bestehenden Daten zugänglich gemacht werden können und mit einer sinnhaften Aktualisierung zu einer Verbesserung der Datenqualität beitragen können.

### **5.2.6 Gebäude-Check Verbraucherzentrale**

Der Gebäude-Check ist ein Angebot der Energieberatung der Verbraucherzentrale und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Er gibt der Zielgruppe der privaten Haus- oder Wohnungseigentümer und -eigentümerinnen sowie der privaten Vermieter und Vermieterinnen einen Überblick über die Verbräuche, Heizungsanlage, Gebäudehülle und Optionen zur Einsparung. Die Leistung kostet, durch die Förderung durch das BMWK, für die Verbraucher und Verbraucherinnen 30 Euro. Die Daten werden von der Verbraucherzentrale verarbeitet und verwaltet. Im Jahr 2020 wurden laut Aussage der Verbraucherzentrale ca. 15.000 (2019: ca. 13.500) Gebäude-Checks durchgeführt.

Die Energieberater und -beraterinnen werden durch die Verbraucherzentrale an die Verbraucher- und Verbraucherinnen vermittelt. Die interessierten Personen werden vorab über nötige Dokumente informiert, damit diese für den Termin des Gebäude-Checks bereitgehalten werden können. Beim Termin mit den Energieberaterinnen und -beratern vor Ort im jeweiligen Gebäude werden in ca. einer Stunde folgende Daten aufgenommen: Gebäudegeometrie, Baujahr, Sanierungszustand (Was wurde saniert? Wann wurde saniert?), Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner, Energieverbrauch im letzten Jahr (Gas, Strom, Wasser etc.), Energiekosten, U-Werte der Bauteile (Wenn nicht bekannt werden diese geschätzt) und Informationen über die Heizung (Art, Leistung, Standort – beheizt oder unbeheizt). Die ermittelten Daten werden im Anschluss oder während des Termins in eine Software der Verbraucherzentrale eingegeben und dort verarbeitet. Für die Nachbearbeitung und den Eintrag in die Software wird nochmals etwa eine Stunde benötigt. Es erfolgt eine Information über Optionen der Einsparung.

#### **Bewertung**

Die Daten werden zum Zweck der Beratung erhoben. Die Methodik erlaubt eine hohe Detailtiefe der Daten zu den einzelnen Gebäuden, die durch die Erfassung durch qualifizierte Energieberaterinnen und -berater eine hohe Qualität haben. Die Zielgruppe des Gebäude-Checks deckt nur einen Teil des Gebäudebestands ab. Nichtwohngebäude und der Wohnungsbestand in Unternehmensbesitz werden damit nicht erfasst.

Bei dieser Methodik werden einzelne Gebäude in deren aktuellem Zustand erfasst. Eine Automatisierung der Datenerfassung oder wiederkehrende Erfassung der Daten ist nicht vorgesehen. Die Daten wurden bisher nicht veröffentlicht. Unter Beachtung des Datenschutzes könnte eine Analyse dieser Daten erfolgen und diese detaillierte Informationen über bestehende Gebäude liefern. Hier wäre eine Zustimmung und Einwilligung zur Datenspende durch die Verbraucherinnen und Verbraucher notwendig. Für eine weitere Untersuchung dieser Methode muss Kontakt zur Verbraucherzentrale aufgenommen werden. Dabei können genaue Informationen über die Abfrage, Weiterverarbeitung und die Qualität der vorliegenden Daten erlangt werden.

Diese Methodik zur Datenerfassung ist als eine Datenquelle unter anderem für einen neuen Ansatz der Erfassung des gesamten Gebäudebestandes denkbar. Da jedoch bisher keine umfassenden

Daten zum Gebäudebestand vorhanden sind und der Rahmen des Datenschutzes nicht geklärt ist, erfolgt keine detaillierte Untersuchung.

## 5.2.7 Methode aus dem Projekt Wohnen und Sanieren (CO2-Online)

### Beschreibung der Methode

Bei der Methode „CO2-Online“ handelt es sich um eine auf empirischen Daten beruhende Auswertung von Gebäudedatenspenden. Diese Daten werden im Rahmen einer Onlineberatung seit 2003 durch die co2online gGmbH gesammelt und einer umfassenden und systematischen statistischen Analyse unterzogen. Dabei liegt der Fokus auf den Gesichtspunkten des Heizenergieverbrauchs und dem Modernisierungsstand (inklusive dessen Fortschreibung). Für die Auswertung der Gebäudedaten werden Qualitätskriterien zur Prüfung festgelegt. Dazu gehören eine Doppler-Bereinigung, um auszuschließen, dass mehrere Daten eines gleichen Nutzers berücksichtigt werden, sowie mehrere Plausibilitätsprüfungen und eine Witterungsbereinigung (Berechnungsgrundlage EnEV 2014). Bei der Plausibilitätsprüfung werden neben unabhängigen Ober- und Untergrenzen der einzelnen Parameter auch die Zusammenhänge der Dateneingaben auf Konsistenz berücksichtigt. Bei der Festlegung der Grenzen wurden mehrere Datenquellen und die dort verwendeten Grenzen berücksichtigt. Die entsprechenden Bereinigungen werden methodisch nachvollziehbar innerhalb eines Hintergrundberichts dargestellt (UBA 2019). Hinzu kommt ein Vergleich mit verschiedenen Referenzdaten von bereits bestehenden Datenquellen, da durch den Ursprung der Daten einzelne Variablen über- bzw. unterrepräsentiert sein können. Ziel ist dabei die Gewichtung der Daten, um eine annähernde Repräsentativität zu gewährleisten. Die wichtigsten berücksichtigten Quellen sind die Daten der Messdienstleister ista und Techem, die Ergebnisse aus den vom IWU Darmstadt durchgeführten Datenerhebungen 2010 und 2016, sowie der DIW Wärmemonitor und der dena-Gebäudereport. Für die Erstellung der Referenzstatistik wurden der Zensus 2011 und der Mikrozensus 2014 verwendet.

Aus den gesammelten Gebäudedaten werden entsprechende Indikatoren abgeleitet. Dabei soll die Aktivität im Gebäudebereich messbar gemacht und Aussagen, inwieweit sich der Wohngebäudebestand auf einem klimagerechten Weg befindet, abgeleitet werden. Die Indikatoren werden auf aggregierter und auf detaillierter Ebene im Zeitverlauf beschrieben. Die Auswertungen werden in einer Fachbroschüre und auf einer Internetseite (<https://www.wohngebaeude.info/>) der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Zudem wurde für die Verbreitung der Ergebnisse eine Online-Publikation eingerichtet: der Trendreport Energie. Ziel des Projektes ist es, wichtige Kenngrößen für die energetische Entwicklung des Wohngebäudebestandes in Deutschland abzuleiten.

### Datenabfrage und Indikatoren

Die Onlineberatung wird mithilfe verschiedener Tools durchgeführt. Dabei findet über die Beratungstools eine entsprechende Abfrage zu den jeweiligen Gebäudemerkmale statt. Die abgefragten Parameter innerhalb der verschiedenen Tools sind im nachfolgenden zusammengefasst aufgelistet (UBA 2019):

- Gebäudeart (Ein-/Zweifamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Wohnung, NWG, Verwaltung, Büro)
- Eigentumsform und Nutzung (Miete, Verwaltung, Haus- und Wohnungseigentümerinnen und -eigentümer)

- Heizanlage (Zentral-/Etagenheizung, Nachtspeicher, Einzelofen)
- Standort (Ort, PLZ)
- Baujahr
- Beheizte Fläche (m<sup>2</sup>)
- Warmwasserbereitung (zentral, dezentral)
- Heizenergieverbrauch nach Abrechnung (rückblickend bis zu drei Jahren)
- Anzahl der Personen im Haushalt
- Art der Warmwasseraufbereitung (mit oder ohne Strom)
- Jährlicher Stromverbrauch
- Energieträger (Erdgas, Flüssiggas, Holzpellets, Wärmepumpe, Fernwärme, Heizöl, Strom)
- Antragstellende Person/Institution (Privat, Unternehmen, Kommunen)
- Fördergegenstand (Altbau, Neubau, Elektroauto)
- Sanierungsinteresse (Fenster, Dach, Keller Fassade, oberste Geschosdecke, Heizungsrohre, altersgerechter Umbau, Energieträgerwechsel, Fernwärme, Wärmepumpe, Biomasseheizung, Brennstoffzellenheizung, BHKW, Gashybrid, Solarthermie, PV Batteriespeicher, Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Hydraulischer Abgleich, Austausch Zirkulations- und/oder Umwälzpumpe, Hausautomation)
- Art und Baujahr der Pumpe (Umwälz-, Zirkulationspumpe)
- Thermostat (elektrisch, mechanisch, Alter)
- Zählerstände (Heizung, Hauptzähler, Treppenhaus, Strom, Wasser)
- Photovoltaik (Einspeisezähler, Ertragszähler, Dachfläche, PV-Fläche, Typ, Spitzenleistung, Dachaufbauten, Verschattung, Ertrag, Betriebsbeginn)

Nachfolgend werden in Tabelle 2 die daraus abgeleiteten und abschließend verwendeten Indikatoren dargestellt. Die Auswertung erfolgt dabei sowohl auf der Ebene der gesamten Bundesrepublik Deutschland als auch auf der Ebene der Bundesländer.

**Tabelle 2: Abgeleitete und verwendete Indikatoren**

Rubrik	Indikator Ebene 1	Indikator Ebene 2
<b>Gebäude</b>	Gebäudetyp Energieträger Gebäudealter	
<b>Heizen</b>	Allgemein	Verteilung Entwicklung Trend
	Gebäudetyp	Status Verteilung Entwicklung Trend
	Energieträger	Status Verteilung Entwicklung Trend
	Sanierungsstand	Status Verteilung
	Baualtersklasse	Status Verteilung
<b>Sanieren</b>	Sanierungsstand Gebäudehülle Heiztechnik Sanierungsinteresse	
<b>Strom</b>	Gebäudetyp	Status Verteilung
	Haushaltsgröße	Status Verteilung

## Bewertung

Die Betrachtung der Methode „CO2-Online“ und insbesondere die Vielzahl der daraus ableitbaren Indikatoren (vgl. Tabelle 2) haben gezeigt, dass sich anhand der vorliegenden Daten Lücken hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudebestandes und deren Entwicklung schließen lassen. Aufgrund der wissenschaftlichen Begleitung des Umweltbundesamtes und der aufwändigen Bereinigungen lässt sich den Daten eine zufriedenstellende Qualität zusprechen und sie können zudem als annähernd repräsentativ bezeichnet werden.

Neben dem Schließen von Datenlücken hinsichtlich energetischer Merkmale des Wohn- und Nichtwohngebäudebestandes soll die betrachtete Methode zudem in der Lage sein, eine regelmäßige

und verstetigte Datenerhebung und deren statistische Auswertung zu ermöglichen. Die Erfüllung dieser Aufgabe durch die betrachtete Methode „CO2-Online“ unterliegt dabei jedoch einigen Unwägbarkeiten (in Form von starken Rückgängen der Beratungszahlen und somit des Risikos einer nicht umsetzbaren Datenauswertung) und ist daher infrage zu stellen. Dies verdeutlicht der nachfolgende Auszug aus dem Hintergrundbericht „Wohnen und Sanieren“:

*„Den größten Einfluss auf eine umsetzbare Datenauswertung und Ableitung bestimmter Indikatoren hat die Datenbasis, welche vor allem aus den Eingaben der Nutzer in den Ratgebern gewonnen wird. Diese Eingaben sind allerdings keine stetige Datenquelle und folgen keinem festen Zyklus. Dementsprechend kommt es zu Schwankungen im zeitlichen Verlauf. Bis 2009 konnte dieser Punkt auf Grund der akquirierten Datenmenge vernachlässigt werden. Die Schwankungen bewegen sich im normalen Bereich, und die Nutzerzahlen sind hoch genug, um statistisch signifikante Ergebnisse zu gewährleisten. Um 2009 fand ein starker Rückgang der Beratungszahlen statt. Zum einen ist das in der Entwicklung der Rohstoff-/Energiepreise zu begründen, die sich auf einem sehr niedrigen Niveau befanden, vor allem aber in einer Umstrukturierung der Ratgeber.“*

## **Empfehlung**

Aufgrund dieser Schwankungen ist die Analyse bestimmter Indikatoren daher nicht mehr bzw. nicht immer möglich. Dies galt bereits für den gesamten Zeitraum 2009 – 2018. Als Beispiel hierfür dient die Sanierungsrate. Die für den Bereich Sanieren relevanten Beratungszahlen sind von über 100.000 (2008) auf unter 8.000 (2016) zurückgegangen. Aufgrund des beschriebenen Risikos ist die Methode „CO2-Online“ als nur bedingt verstetigbar einzuordnen. Eine regelmäßige und zuverlässige Auswertung des Gebäudebestandes ist jedoch unabdingbar, da die Abbildung einer Dynamik im Gebäudebestand als wichtiger Indikator gilt. Ein zusätzlicher Nachteil der Methode könnte zudem durch das Hinzufügen weiterer notwendiger Indikatoren entstehen. Die erstmalig mögliche Auswertung dieser Indikatoren könnte im ungünstigsten Fall erst nach mehreren Jahren durchgeführt werden (bis genügend Daten vorhanden sind). Zusätzlich ergibt sich aus den bisherigen Erfahrungen der Methode, dass Umstrukturierungen der Befragungen, besonders im Hinblick auf eventuell notwendige Erweiterungen, die Beratungszahlen und somit die gewonnenen Daten zurückgehen. Ob sich damit die „Methode der Datenspende“ zukünftig grundsätzlich ausschließt, ist fraglich, wird aber aufgrund der genannten Risiken zur weiteren Bearbeitung in AP2 nicht empfohlen.

### **5.2.8 Fernerkundungsdaten zur Verbesserung der Daten zum Gebäudebestand**

Das Deutsche Institut für Luft- und Raumfahrt DLR hat mit dem Institut DFD aus Weißling (DLR Standort Oberpfaffenhofen) für das BBSR die Möglichkeiten der Nutzung von Fernerkundungsdaten für die Verbesserung der Datenbasis für den Gebäudebestand in Deutschland untersucht (BBSR 2021). Der Bericht schließt neben einer zusammenfassenden Projektbeschreibung die systematische Auflistung und Darstellung geeigneter (Geo-)Datenbestände zu Gebäude- und Siedlungscharakteristika sowie notwendige Aufbereitungsschritte ein. Darüber hinaus werden anhand ausgesuchter Datenproben dezidierte Fallbeispiele zur Beschreibung und Analyse von Einzelgebäuden und Gebäudeumgebungen dargelegt.

Im Bericht werden die Möglichkeiten der Gewinnung gebäuderelevanter Informationen aus praktizierten Fernerkundungsverfahren in Deutschland beschrieben und bewertet. Dabei werden Aufwand und Nutzen der unterschiedlichen Verfahren dargelegt und Aussagen zur

Fortschreibungsfähigkeit getroffen. Den Schwerpunkt der betrachteten Fernerkundungsverfahren bilden die ohnehin stattfindenden Datenerhebungen beispielsweise der ESA aus Satellitenbeobachtung sowie die aus regelmäßigen Befliegungen im Auftrag von Bund, Ländern und Kommunen gewonnenen Daten. Es werden aber auch einige andere technisch etablierte, jedoch bisher noch nicht standardmäßig eingesetzte Messmethoden der Fernerkundung (z. B. Hyperspektralaufnahmen) in die Betrachtungen einbezogen.

Dabei sehen die Bearbeiter die Verfahren der Fernerkundung als: „...das übergeordnete Ziel dieses Vorhabens in einer Bewertung des Potenzials von Daten und Techniken der Fernerkundung zur Unterstützung der laufenden Raumbesichtigung zum Gebäude- und Siedlungsbestand in Deutschland“. Das deutet schon in der Konzeption der Forschungsarbeit darauf hin, dass die Fernerkundungsverfahren nicht als alleinige Methode zur Verbesserung des Datenbestandes konzipiert sind, jedoch die etablierten Methoden aus statistischen Daten, Befragungen, Begehungen und Energieberatungen sehr gut ergänzen können, insbesondere im Hinblick auf die Hochrechnung für den Gesamtbestand aus den betrachteten Stichproben. Zudem ist damit eine wiederkehrende und verstetigende Betrachtung möglich, aus der die Veränderungen des Bestandes automatisiert ermittelt und dokumentiert werden können. Der Bericht beschreibt zudem praxis- und umsetzungsrelevante Aspekte wie Aufwand-Nutzen-Verhältnis und die Fortschreibungsfähigkeit der Erhebungsmethoden und Messverfahren.

Darüber hinaus verbindet die Forschungsarbeit die etablierten Mechanismen der Daten- und Informationserhebung auf Ebene von Bund, Ländern und Kommunen, wie Luftbild-, Kataster- und Vermessungsdaten und daraus abgeleitete Informationen wie etwa Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle mit den Fernerkundungsdaten. Die beiden unterschiedlichen Informationsebenen - nationale behördliche Daten einerseits und fernerkundungsbasierte Informationen andererseits - müssen dabei miteinander verknüpft werden. Die Daten aus weiteren Fernerkundungsverfahren ergänzen die Analysen und Bewertung, bspw. Hyperspektralmessungen, aus denen Informationen zu Oberflächenmaterialien und deren physikalischen Eigenschaften gewonnen werden können.

Das Forschungsvorhaben gliedert sich in die Arbeitspakete Management (AP 1), Datengrundlagen (AP 2), Fallbeispiele (AP 3) sowie Methodenbewertung und Datenmodell (AP 4). Im Rahmen der Sichtung der Studie für diese Zusammenstellung wird vor allem das Arbeitspaket 3 und in diesem hauptsächlich das Unterarbeitspaket AP 3.1 herangezogen, welches sich mit den Informationen zu den Einzelgebäuden auseinandersetzt. Anhand praxisnaher Fallbeispiele wird demonstriert, auf welche Weise ausgesuchte Datenproben (aus dem AP 2) zur Bereitstellung neuer oder verbesserter Merkmale zum Gebäudebestand und zur Siedlungsstruktur eingesetzt werden können. Für die Einzelgebäude und die Modellregionen werden die folgenden Punkte untersucht:

- Dachform
- Dachmaterial und Umweltgefahrenstoffe (z. B. Asbestdächer)
- Dachbegrünung
- Bauvolumen, Geschossflächenindex
- Gebäudenutzung
- Solaranlagen/Dachaufbauten
- Solarflächenpotenzial
- Fassadenauswertung (z. B. Fenstererfassung aus Schrägluftbildern)

Diese Punkte der Gebäude werden für die Gebäudeumgebung und die Siedlungskörper noch um einige weitere Faktoren ergänzt, bspw. die Strahlungsaufnahme bzw. Strahlungsabgabe (Albedo) und Versiegelungsgrade etc.

Für die Betrachtung in diesem Rahmen ist auch das Arbeitspaket 4 interessant, in dem neben den methodisch-technischen Aspekten vor allem auch praxis- und umsetzungsrelevante Merkmale wie Aufwand-Nutzen-Verhältnis, Datenzugang (v.a. unter Berücksichtigung der föderalen Struktur in der Bundesrepublik und den sich daraus ergebenden Zuständigkeiten), Fortschreibungsfähigkeit der Erhebungsmethoden und Messverfahren sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen, etwa hinsichtlich Nutzungsrechten und Datenschutz, untersucht werden.

### **Fazit zur Fernerkundungsstudie**

**Erkenntnisse:** Neben einer Darstellung der grundsätzlichen Möglichkeiten zur Erhebung neuer oder verbesserter gebäude- und siedlungsbezogener Merkmale spielen insbesondere praxis- und umsetzungsrelevante Aspekte wie Aufwand-Nutzen-Verhältnis und Fortschreibungsfähigkeit der Erhebungsmethoden und Messverfahren eine zentrale Rolle.

**Gut:** Daten zu Gebäuden, Dächern, Gebäudegrößen und Höhen (daraus die Geschoßanzahl), Dachmaterial, teilweise zu Fenstern und Fassaden (Schrägluftbilder), Siedlungsdichte, Versiegelung sowie Identifikation und Dokumentation von Veränderungen sind verfügbar.

**Schlecht:** Alle Daten zu den Sanierungszuständen, zu Anlagentechnik und Zuständen der Bauteile sind ohne Zusatzmaßnahmen (z. B. Befragungen, Besuche etc.) nicht zu gewinnen (evtl. mit großer Unsicherheit Daten zum Zustand der Dächer aus IR-Befliegungen); in der Zukunft ist dies eventuell mittels des Gtom (Gebäudetomographen) möglich – dies ist jedoch derzeit noch in der Forschung.

### **Bewertung**

Die Methode der Fernerkundungsdaten ist gut verstetigbar für die dauerhafte Datengewinnung und Aktualisierung, erfordert aber viel Aufwand für die Aufbereitung der Daten und für den Aufbau einer automatischen Auswertung. Die Methodik wurde aus dem Ansatz heraus entwickelt, die Datenverfügbarkeit zu prüfen und zu ermitteln, welchen Mehrwert diese Methode bieten kann. Bei der Erstellung der Methoden war nicht der gesamte Gebäudebestand als Ziel angesetzt. Das Verfahren erscheint im Vergleich zu anderen untersuchten Methoden eher aufwändig. Zudem ist die Fernerkundung hinsichtlich der Gewinnung der energetischen Zustände der Gebäudehüllen nur in Kombination mit anderen Maßnahmen zielführend. Die notwendigen Modelle für die Auswertung der Geodaten müssen zudem erst erstellt und validiert werden.

### **Empfehlung**

Die Betrachtung der Methode weist keine generelle Eignung zum direkten Einsatz aus, beinhaltet jedoch viele interessante Ideen und Ansätze, die eine detailliertere Betrachtung in AP2 rechtfertigen. Dabei muss die Zeitschiene beachtet werden: vor allem, weil die Modelle für die Auswertung noch nicht oder nur für erste experimentelle Auswertungen vorliegen und damit für einen flächendeckenden Einsatz erst erstellt und validiert werden müssten. Hier ist entscheidend, dass die Fernerkundung alleine nicht zielführend ist, und eine Ergänzung mit anderen Methoden notwendig erscheint. Dies ist auch im DLR Bericht im Kap. 3 so beschrieben und vorgesehen: die Validierung erfolgt für die NWG

im Rahmen des ENOB:DataNWG Projektes und der dort durchgeführten Befragungen und Analysen. Eine Ergänzung der Fernerkundungsdaten mit anderen Geo-Methoden ist in Zukunft denkbar, bspw. durch Schrägluftbilder und/oder systematisch aufgenommene Straßenansichten (Google Streetview-Bilder) und auch nötig, wenn Daten zum Zustand der Außenwände und Fassaden generiert werden sollen.

### 5.2.9 Methode aus dem Projekt ENOB:dataNWG

Bei der Methode ENOB:dataNWG handelt es sich um eine Primärdatenerhebung zur Erfassung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland, durchgeführt durch das folgende Forschungskonsortium: Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) und die Bergische Universität Wuppertal (BUW). Ziel des Projekts ist die Schließung von Kenntnislücken mithilfe einer repräsentativen Stichprobenerhebung des Nichtwohngebäudebereichs. Die Erhebungen wurden von 2015 bis 2020 durchgeführt und vom BMWi gefördert.

Dabei wurde nach den in Abbildung 9 darstellten Schritten vorgegangen.

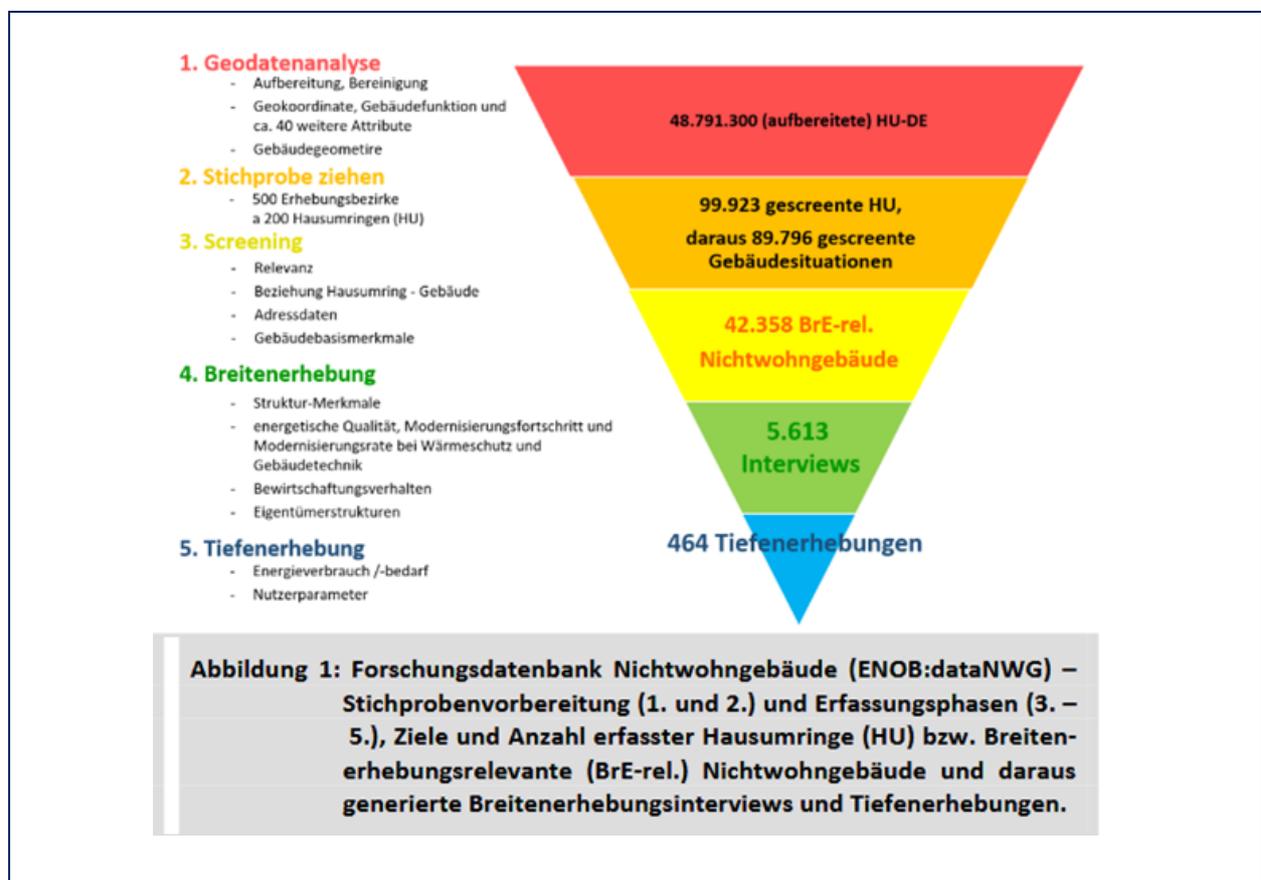


Abbildung 9: Ablaufphasen ENOB:dataNWG (IWU 2019b)

Für die Geodatenanalyse werden als Grundlage Polygone der Hausumringe HU-DE (ZSH 2019) und georeferenzierte Adressdaten aufbereitet. Zusätzlich steht seit 2015 auch das 3D-Gebäudemodell LoD1 Deutschland (LoD1-DE) zur Verfügung, auf welches zur Berechnung von Flächen und Volumen

zugegriffen werden kann. Diese Datensätze werden jährlich aktualisiert und vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) zur Verfügung gestellt. Die drei Datengrundlagen werden dabei für die Zwecke der geplanten Erhebung aufbereitet.

### **Ziehung der Stichprobe**

Aus den 49 Mio. Hausumringen werden als Stichprobe unter statistischen Methoden 500 Erhebungsbezirke á 200 Hausumringe gezogen, sodass die Untersuchung insgesamt rund 100.000 Hausumringe beinhaltet. Die Hausumringe repräsentieren nicht immer ein einzelnes Gebäude. Teilweise kann ein Hausumring auch mehrere Gebäude oder nur einen Teil eines Gebäudes beinhalten. Um dies zu erfassen, wird bei allen in der Stichprobe befindlichen Hausumringen vor Ort ein Screening durchgeführt. Ziel ist, dass jedem Hausumring auch ein reales Gebäude zugeordnet werden kann. Das Screening erfolgt dabei nach Inaugenscheinnahme von öffentlichen Straßen und dient zudem der groben Erhebung von Gebäudemerkmalen wie Modernisierungsstand, Gebäudealter und Anzahl der Geschosse. Dabei erfolgt auch die Aufnahme von Hinweisen zur Adresse und zu Eigentümerinnen und Eigentümern auf Klingel- oder Firmenschildern sowie die Aufnahme eines Gebäudefotos. Die Durchführung erfolgt bundesweit dezentral durch Studierende des Studiengangs Architektur, die mit einer eigens für das Projekt entwickelten Aufnahme-App ausgestattet sind.

Bei der Breitenerhebung werden über ein Marktforschungsinstitut ca. 6.000 Telefoninterviews durchgeführt. Die interviewenden Personen erheben dabei Informationen zu Strukturmerkmalen, technischen Anlagen sowie zur energetischen Beschaffenheit. Dazu wurde ein umfangreicher Fragebogen entwickelt (IFAK 2019b). Da es sich um eine freiwillige Befragung handelt, steigt die Wahrscheinlichkeit von Unit- oder Item-Nonresponse-Antworten (Antwortausfällen). Diese müssen in der statistischen Auswertung berücksichtigt werden. Am Ende wird die Bereitschaft der Eigentümerinnen und Eigentümer zu einer weiteren Teilnahme an der Tieferhebung abgefragt.

Von den ca. 6.000 Teilnehmenden der Breitenerhebung erklärten sich nur 464 Eigentümerinnen und Eigentümern für eine Tieferhebung vor Ort bereit. Die Interviewdauer betrug im Mittel drei Stunden und wurde durch einen Energieberater oder eine Energieberaterin geführt. Es erfolgte eine Auswertung der Gebäudepläne und eine Sichtung von Verbrauchsabrechnungen. Zusätzlich wurden benötigte Gebäudeparameter für eine Energiebilanz aufgenommen. Die Datenaufnahme erfolgt mit einem eigens entwickelten Excel-Tool. Der gesamte Prozess der Tieferhebung wurde zuvor in einer Pilotphase an 48 Gebäuden erprobt und durch den Einsatz von spezieller Soft- und Hardware zu einem hohen Grad automatisiert.

Ziel der Tieferhebung ist neben dem Ablesen der Gebäudeenergieverbräuche auch die Berechnung des jeweiligen Energiebedarfs. Dieser wird anhand der aufgenommenen Parameter mithilfe eines weiteren Excel-Tools vereinfacht ermittelt. Mithilfe dieser Daten (Gebäudeenergieverbrauch und Energiebedarf) soll ein Datensatz zur Kalibrierung und Validierung von beliebigen Energiebilanzierungstools für Nichtwohngebäude entstehen (IWU 2019b).

### **Datennutzung in Bezug auf Datenschutz für die Methode des Projekts ENOB:dataNWG**

Aufgeschlüsselt nach den unterschiedlichen Projektphasen wurden die in Tabelle 3 dargestellten Datenarten verwendet.

**Tabelle 3: Datennutzung in den unterschiedlichen Projektphasen**

Phase	Datenart	Quelle	Aktualisierung
<b>Geodatenanalyse</b>	Amtliche Hausumringe Deutschland (HU-DE)	BKG	jährlich
	Georeferenzierte Adressdaten (GA)	BKG	jährlich
	3D-Gebäudemodelle LoD1 Deutschland (LoD1-DE)	BKG	jährlich
<b>Screening</b>	Abgleich Hausumringe mit realen Gebäuden Gebäudealter, Zustand und Höhe, Aufnahme eines Gebädefotos, Adress- und Firmenangaben von Klingelschildern zur späteren Kontaktaufnahme zwecks Telefoninterview	Datenaufnahme im Rahmen der Methode	einmalig im Rahmen der Projektlaufzeit
<b>Breitenerhebung</b>	Basismerkmale des Gebäudes, zur Fassade, Dach, Keller und Gebäudetechnischen Anlagen wie Heizung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung	Datenaufnahme im Rahmen der Methode	einmalig im Rahmen der Projektlaufzeit
<b>Tiefenerhebung</b>	Energieverbräuche Gebäudeparameter wie Nutzungsprofile, Anlagentechnik und Gebäudehülle	Datenaufnahme im Rahmen der Methode	einmalig im Rahmen der Projektlaufzeit

Bei den in der Phase der Geodatenanalyse verwendeten drei Datenarten handelt es sich um amtliche Daten, welche vom BKG in einem jährlichen Aktualisierungsintervall bereitgestellt werden.

Nutzungsberechtigte sind auf Bundesbehörden und Zuwendungsempfänger des Bundes begrenzt. Bei dem Projekt ENOB:dataNWG handelt es sich um ein Zuwendungsprojekt des Bundes, sodass eine Datennutzung möglich ist.

Die Daten in den Phasen Screening, Breiten- und Tiefenerhebung wurden einmalig im Projektverlauf erhoben. Die Planung einer Aktualisierung ist aktuell nicht bekannt, sodass für diese Daten kein Aktualisierungsintervall angegeben werden kann.

Zum Projektabschluss wurden die Daten in einer Forschungsdatenbank mit Zugriff für wissenschaftliche Zwecke als aggregierte Daten veröffentlicht. Dabei sind auch eigene Auswertungen, die über die Veröffentlichungen in den jeweiligen Zwischenberichten hinausgehen, möglich.

### **Vorhandene Merkmale in den erzeugten Daten**

Diese Methode deckt eine Vielzahl der zu untersuchenden Merkmale ab und liefert dazu über eine Forschungsdatenbank nutzbare Daten. Kenntnislücken über die Anzahl und Flächen von NWG werden durch dieses Projekt geschlossen. Zudem wurden durch die Abfrage der Sanierungstätigkeiten der Modernisierungsfortschritt und eine mittlere jährliche Modernisierungsrate ermittelt. (IWU 2019e)

Obwohl eine Abfrage der Energieverbräuche in der Phase der Tieferhebung explizit stattfindet, werden keine Daten zum Energieverbrauch oder -bedarf sowie zu CO<sub>2</sub>-Emissionen bereitgestellt. Dies liegt daran, dass es bei der Tieferhebung nicht genügend freiwillige Teilnehmende gab, sodass die Befragungen nicht repräsentativ ausgewertet werden konnten.

### **Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 (IWU)**

Parallel zur Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG) wurde von 2015 bis 2018 das Forschungsprojekt „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016“ durchgeführt.

#### **Kurzbeschreibung der Methode**

Bei diesem Projekt handelt es sich ebenfalls um eine stichprobenbasierte Primärdatenerhebung (Stichtag 31.12.2016) zur Erfassung der energetischen Qualität des Gebäudebestandes in Deutschland (IWU 2016). Im Vergleich zu ENOB:dataNWG steht hier jedoch der Wohngebäudebestand im Fokus. Im Gegensatz zu den Nichtwohngebäuden liefern die aktuell verfügbaren Datenquellen (z. B. Zensus und Mikrozensus) zur Struktur (Anzahl, Flächen, WE, Volumina etc.) der Wohngebäude regelmäßig valide und statistisch belastbare Informationen. Daher war eine Erhebung der allgemeinen Struktur und dessen Screening für das Projekt nicht notwendig. Die Methode ist - vereinfacht gesprochen - vergleichbar mit der Breitenerhebung des ENOB:dataNWG Projekts (IWU 2019a). Die Datenerhebung zur Erfassung der energetischen Qualität erfolgt mithilfe postalischer Befragungen.

#### **Beschreibung der Datenerhebung und Ziehung der Stichprobe**

Die Schaffung der Datenbasis fand über schriftlich-postalische Befragungen statt (92.100 versendete Fragebögen, davon rund 17.000 verwertbare Gebäudedatensätze). Die Ermittlung der jeweiligen Kontaktdaten zum Wohngebäudeeigentümer/zur -eigentümerin erfolgte mithilfe eines Adressmittlungsverfahrens. Als „Weiterleitungsinstanz“ dienen hier die Grundsteuerstellen. Zum Zwecke der Grundsteuerverwaltung verfügen diese Stellen in ihrem kommunalen Zuständigkeitsbereich über die entsprechenden Eigentümerinformationen. Dank des Adressmittlungsverfahrens wurden dabei weder Eigentümeradressen noch sonstige Identifikatoren, die mittelbar oder unmittelbar auf den Eigentümer oder die Eigentümerin bzw. das Untersuchungsgebäude schließen lassen, dem Forschungsprojekt übermittelt. Sowohl die Ziehung der jeweiligen Zuständigkeitsgebiete von Grundsteuerstellen als auch der Wohnadressen (bzw. der Gebäude) erfolgte per Zufall. Die erhobenen Datensätze wurden mithilfe von Anpassungsberechnungen und Plausibilitätsprüfungen quantifiziert und bereinigt.

### **Aussagekraft und Mehrwert**

Aufbauend auf den Gebäudedatensätzen kann eine Vielzahl von aussagekräftigen Erkenntnissen zu den Modernisierungsprozessen abgeleitet werden. Diese unterscheiden sich bis auf wenige Abweichungen nicht wesentlich von den zentralen Erkenntnissen des ENOB:dataNWG. Dabei ist zu beachten, dass beide Methoden (Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 und ENOB:dataNWG) mehr ableitbare Erkenntnisse liefern können, als innerhalb der Projektlaufzeit ausgewertet wurden.<sup>10</sup> Die beiden Methoden haben also nicht nur eine vergleichbare Erhebungsstruktur, sondern enthalten auch größtenteils identisch ableitbare Indikatoren (Dies gilt für den Vergleich mit der Breitenerhebung von ENOB:dataNWG). Die zentralen Auswertungsergebnisse der Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 sind:

- Basisdaten zum Wohngebäudebestand
- Wärmeschutz
  - Wärmedämmung im Überblick
  - Wärmedämmung von Ein-/Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern
  - Nachträgliche Wärmedämmung nach Baualtersklassen
  - Regionale Unterschiede bei der nachträglichen Wärmedämmung im Altbau
  - Nachträgliche Wärmedämmung von Mehrfamilienhäusern im Altbau
  - Art der Außenwanddämmung nach Außenwandtypen
  - Wärmedämmung von Dach und Fußboden
  - Denkmalschutz und Wärmedämmung
  - Dämmstoffdicke
  - Fenster
  - Jährliche Modernisierungsraten beim Wärmeschutz
  - Sanierung ohne Wärmedämmung
- Heizung und Gebäudetechnik
  - Überblick über die Beheizungsstruktur
  - Heizungsmodernisierung
  - Modernisierung der Wärmeverteilung
  - Solaranlagen
  - Lüftungsanlagen
- Weitere Auswertungen
  - Modernisierung mit Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenpaketen
  - Effizienzhausstandards im Neubau

Die Methode liefert keine sozioökonomischen und -demografischen Merkmale der Bewohnerinnen und Bewohner bzw. der Eigentümerinnen und Eigentümer. Zudem wurde auf die Abfrage von

---

<sup>10</sup> Im Rahmen dieser Studie beschränkt sich der Fokus auf jene Auswertungen, die aus Sicht der Autoren:innen von ENOB:dataNWG als zentral angesehen wurden. Überdies wurden bei der Auswahl keine weiteren Auswertungsergebnisse berücksichtigt. Gleichwohl ist den Autoren bewusst, dass es neben den behandelten Indikatoren noch viele Weitere gibt, die ebenfalls von großem Interesse sein können. Die Möglichkeit Dritter eigene Auswertungen mithilfe der Datenbank auszuführen, konnte, aufgrund der kurzen Projektlaufzeit, im Rahmen dieser Studie nicht genutzt werden. Dies gilt sowohl für die Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 als auch ENOB:dataNWG.

Energieverbräuchen aufgrund der ohnehin für Laien hohen Komplexität der Fragebögen und möglichen Verständlichkeitsproblemen verzichtet.

### Zusammenfassung der Unterschiede Datenerhebung Wohngebäude 2016 und ENOB:dataNWG

Die wichtigsten Unterschiede sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefasst:

**Tabelle 4: Unterschiede Datenerhebung Wohngebäude 2016 und ENOB:dataNWG**

Studie	Datenerhebung Wohngebäudebestand	ENOB:dataNWG
Inhalt	Datenerhebung von Wohngebäudedaten	Datenerhebung von Nichtwohngebäudedaten
Herkunft	schriftlich-postalische Befragung	Geodaten/ telefonische Befragung
Allgemeine Strukturermittlung	Nein	Ja
Adressermittlung	Adressmittlungsverfahren/ Grundsteuerstellen	Screening
Zeitraum	2015 bis 2018 (Stichtag 31.1.2016)	2015 bis 2020
Fortschreibung der Erhebung	derzeit nicht geplant	derzeit nicht geplant
Umfang	ca. 17.000 Datensätze	5.630 (Breitenerhebung), 464 (Tiefenerhebung)
Qualität/ Aussagekraft	bundesweite Aussagen zum Sanierungsstand und zur Beheizungsstruktur/ repräsentativ	bundesweite Aussagen zur Struktur, zum Sanierungsstand und Beheizungsstruktur/ repräsentativ
Mehrwert	Umfangreiche Erfassung des Sanierungsstandes und der durchgeführten Maßnahmen an Wohngebäuden	Umfangreiche Erfassung der Struktur, des Sanierungsstandes und der durchgeführten Maßnahmen an Nichtwohngebäuden
abweichende Indikatoren	Denkmalschutz/Gebäudetyp (vergleichbar mit Gebäudekategorie ENOB:dataNWG)/ keine Tiefenerhebung (Verbrauchsabfrage)	Gebäudekategorie/U-Werte/ Verbrauch und Bedarf (durch Tiefenerhebung, nicht repräsentativ)
Ziehung der Stichprobe	zufällig/ in drei Ziehungsstufen	zufällig/ in zwei Ziehungsstufen

### Bewertung

Ziel des Projekts ENOB:dataNWG war es u. a. festzustellen, ob anhand dieser Methode eine repräsentative Darstellung des deutschen Nichtwohngebäudebestands möglich ist. Dies wird anhand der Dokumentationen und der Veröffentlichung der Forschungsdatenbank bekräftigt. Die benötigten Eingangsdaten werden jährlich aktualisiert, sodass eine Verstetigung in sinnvollen Intervallen möglich erscheint. Das Forschungskonsortium hat während der Projektlaufzeit viele Grundlagenarbeiten erledigt. So ist von einem methodischen Know-how-Aufbau auszugehen. Zudem wurde u. a. durch die Entwicklung spezieller Software systematisch der Prozess der Befragungen standardisiert. Dies wirkt

sich positiv auf die wirtschaftliche und zeitliche Durchführbarkeit von Folgeuntersuchung aus. Es stellt jedoch auch die Durchführerunabhängigkeit in Frage.

Zur Verbesserung der Datenlage im NWG-Bereich, gerade in Hinblick auf Anzahl, Fläche und Modernisierungsrate sowie -fortschritt, erscheint eine kontinuierliche Fortführung des ENOB:dataNWG sinnvoll, um eine Entwicklung monitoren zu können. Eine tiefere Betrachtung der Vor- und Nachteile sowie Grenzen dieser Methode erfolgt daher im Arbeitspaket 2.

### 5.3 Datenschutzrechtliche Bewertung

Im Rahmen des AP1 war ebenfalls zu prüfen, ob anwendbare datenschutzrechtliche Vorgaben gegen die Anwendung der dargestellten Methoden sprechen. Da es sich insoweit um eine grundsätzliche Prüfung handelt, werden die entsprechenden Ausführungen an dieser Stelle für alle dargestellten Methoden zusammengefasst. Insbesondere stellen sich hier die Fragen, ob es sich bei den im Rahmen der dargestellten Methoden erhobenen Daten um personenbezogene Daten handelt, die in den Anwendungsbereich der datenschutzrechtlichen Vorgaben fallen, und welche Berechtigungsgrundlagen gegebenenfalls für die Verarbeitung dieser Daten herangezogen werden könnten. Zusammengefasst bestehen keine grundsätzlichen datenschutzrechtlichen Bedenken hinsichtlich der dargestellten Methoden.

#### 5.3.1 Anwendbarkeit der datenschutzrechtlichen Vorgaben

Zunächst ist zu prüfen, ob die datenschutzrechtlichen Vorgaben grundsätzlich für die Verarbeitung der im Rahmen der dargestellten Methoden erhobenen Daten anzuwenden sind. Die Vorgaben des Datenschutzrechts sind immer dann zu berücksichtigen, wenn es um die Verarbeitung personenbezogener Daten geht. Nach der Definition des Art. 4 Nr. 1 DS-GVO sind personenbezogene Daten

*„alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen; als identifizierbar wird eine natürliche Person angesehen, die direkt oder indirekt, insbesondere mittels Zuordnung zu einer Kennung wie einem Namen, zu einer Kennnummer, zu Standortdaten, zu einer Online-Kennung oder zu einem oder mehreren besonderen Merkmalen identifiziert werden kann, die Ausdruck der physischen, physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind.“*

Nicht in den Anwendungsbereich der DS-GVO fallen im Umkehrschluss anonyme Daten. Daten sind dann anonym, wenn der Personenbezug endgültig ausgeschlossen ist. Da nach Auffassung der Datenschutzaufsichtsbehörden eine absolute Anonymisierung derart, dass die Wiederherstellung des Personenbezugs für niemanden möglich ist, häufig nicht erreichbar sein dürfte, sei dies im Regelfall datenschutzrechtlich auch nicht gefordert. Ausreichend sei, dass der Personenbezug derart aufgehoben wird, dass eine Re-Identifizierung praktisch nicht durchführbar ist, weil der Personenbezug nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft wiederhergestellt werden könne. Wird hingegen der Personenbezug lediglich derart „verschleiert“, dass mittels zusätzlicher Informationen der berechnete Inhaber dieser zusätzlichen Informationen den

Personenbezug wiederherstellen kann, handelt es sich um sogenannte pseudonyme Daten, auf die nach Erwägungsgrund 26 Satz 2 DS-GVO das Datenschutzrecht grundsätzlich anwendbar ist.<sup>11</sup>

Bei den im Rahmen der dargestellten Methoden verarbeiteten Daten ist im Ergebnis ein Personenbezug jedenfalls nicht auszuschließen. Insbesondere durch die Verarbeitung der Adressdaten könnten die Informationen über die einzelnen Gebäude unter Umständen auf konkrete Personen bezogen werden. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn Gebäude im Eigentum von Einzelpersonen stehen oder von Einzelpersonen bewohnt werden. Auch ist denkbar, dass die Kombination von bestimmten Informationen über ein Gebäude dazu führt, dass das Gebäude auch ohne Adressdaten eindeutig identifiziert werden und anschließend unter Umständen einer einzelnen Person zugeordnet werden kann. Zumindest in diesen Fällen sind die Vorgaben zum Datenschutz grundsätzlich anzuwenden. Ein Personenbezug wäre lediglich dann ausgeschlossen, wenn die verarbeiteten Daten beispielsweise durch Aggregation von Datensätzen nicht mehr auf einzelne natürliche Person zurückführbar wären. Da aber bei der Verarbeitung im Rahmen der dargestellten Methoden zumindest bei einzelnen Schritten nicht ausgeschlossen werden kann, dass die verarbeiteten Informationen, wie oben beschrieben, personenbezogen sein könnten, sollten die verarbeiteten Daten grundsätzlich wie personenbezogene Daten behandelt werden. Dies schließt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorgaben zumindest bis zu dem Zeitpunkt ein, indem die Daten beispielsweise durch Aggregation oder andere Formen der Anonymisierung tatsächlich nicht mehr unter den Schutz des Datenschutzrechts fallen.

### 5.3.2 Berechtigungsgrundlage

Nach Art. 5 Abs. 1 lit. a) DS-GVO gilt der Grundsatz der Rechtmäßigkeit der Verarbeitung. Für die datenschutzrechtliche Zulässigkeit der vorgestellten Methoden ist damit von zentraler Bedeutung, dass die Verarbeitung der personenbezogenen Daten auf eine datenschutzrechtliche Berechtigungsgrundlage gestützt werden kann. Entsprechende Berechtigungsgrundlagen finden sich insbesondere in Art. 6 Abs. 1 DS-GVO und werden grundsätzlich auf den Zweck der Verarbeitung gestützt. Ebenfalls relevant für die Prüfung der Tatbestandsvoraussetzungen der Berechtigungsgrundlage kann sein, wer Verantwortlicher im Sinne der DS-GVO ist, also welche Stelle über die Zwecke und Mittel der Verarbeitung entscheidet. So können sich Behörden beispielsweise bei der Verarbeitung personenbezogener Daten grundsätzlich nicht auf ein überwiegendes berechtigtes Interesse im Sinne des Art. 6 Abs. 1 lit. f) DS-GVO stützen.

### **Erfüllung einer Aufgabe im öffentlichen Interesse nach Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG**

Für die dargestellten Methoden dürfte grundsätzlich Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG als Berechtigungsgrundlage Anwendung finden. Nach Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO sind Verarbeitungen personenbezogener Daten zulässig, wenn sie für die Wahrnehmung einer Aufgabe erforderlich sind, die im öffentlichen Interesse liegt oder in Ausübung öffentlicher Gewalt erfolgt, die dem Verantwortlichen übertragen wurde. Nach § 3 BDSG ist die Verarbeitung personenbezogener Daten

---

<sup>11</sup> Vgl. Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit, Positionspapier zur Anonymisierung unter der DSGVO unter besonderer Berücksichtigung der TK-Branche des BfDI vom 29.06.2020, abrufbar unter: [https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Konsultationsverfahren/1\\_Anonymisierung/Positionspapier-Anonymisierung.pdf;jsessionid=E39D97E80A737E93485B78102C32561B.intranet242?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Konsultationsverfahren/1_Anonymisierung/Positionspapier-Anonymisierung.pdf;jsessionid=E39D97E80A737E93485B78102C32561B.intranet242?__blob=publicationFile&v=4), S. 4.

durch eine öffentliche Stelle zulässig, wenn sie zur Erfüllung der in der Zuständigkeit des Verantwortlichen liegenden Aufgabe oder in Ausübung öffentlicher Gewalt, die dem Verantwortlichen übertragen wurde, erforderlich ist. Diese Erlaubnistatbestände dienen nach der datenschutzrechtlichen Kommentierung in erster Linie der Rechtfertigung von Verarbeitungen personenbezogener Daten durch die öffentliche Hand. Hierzu zählen grundsätzlich sämtliche Bereiche der Ordnungs-, Leistungs- und Lenkungsverwaltung. Die Vorschrift sei dabei funktional zu verstehen. Daher könne sie auch herangezogen werden, soweit eine Person des Privatrechts mit einer im öffentlichen Interesse liegenden Aufgabe betraut ist. Entscheidend sei jedoch, dass die Aufgabe dem Verantwortlichen übertragen wurde. Darunter zu verstehen seien sowohl Fälle der unmittelbaren Staatsverwaltung, also die Erfüllung von Verwaltungsaufgaben durch Behörden von Bund und Ländern, als auch Fälle der mittelbaren Staatsverwaltung, also die Übertragung der Aufgaben auf rechtlich selbstständige Verwaltungsträger, z. B. Sozialversicherungsträger oder Universitäten. Nach allgemeinem Verständnis sei nach der Vorschrift die Wahrnehmung „klassischer Staatsaufgaben“ gemeint. Auch Fälle der Beleihung, im Wege derer Hoheitsrechte auf Private übertragen werden, seien von der Berechtigungsgrundlage erfasst.<sup>12</sup> Nach Auffassung des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) müsse der Verantwortliche anstelle einer Behörde handeln, sodass der Erlaubnistatbestand entsprechend auf behördliche oder staatlich veranlasste Verarbeitungsvorgänge zu beschränken sei. Privatpersonen könnten sich darauf nur berufen, wenn ihnen die Befugnis, auf personenbezogene Daten zuzugreifen, im öffentlichen Interesse oder als Ausübung öffentlicher Gewalt übertragen ist. Dies setze einen wie auch immer gestalteten staatlichen Übertragungsakt voraus. Eine Privatperson könne sich nicht selbst zum Sachwalter des öffentlichen Interesses erklären.<sup>13</sup>

Auf öffentlich-rechtliche Unternehmen, die am Wettbewerb teilnehmen, sei die Vorschrift hingegen nicht anwendbar.<sup>14</sup> Auch rein privatwirtschaftliche Tätigkeiten, die nicht auf hoheitlichem Sonderrecht beruhen, würden von Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO nicht gedeckt.<sup>15</sup> Dies dürfte entsprechend für § 3 BDSG gelten.

Hinsichtlich der formellen Anforderungen erfordert der Erlaubnistatbestand nach der Kommentarliteratur eine Rechtsvorschrift, die ein „im öffentlichen Interesse“ liegendes Ziel verfolgen muss, wobei die im öffentlichen Interesse liegende Aufgabe durch Rechtsvorschrift definiert werden müsse. Die Anforderungen an die Bestimmtheit einer Verarbeitungsgrundlage hingen von der Eingriffsintensität der jeweils ermöglichten Verarbeitung ab.<sup>16</sup> Erwägungsgrund 41 Satz 2 DS-GVO schreibt vor, dass die entsprechende Rechtsgrundlage oder Gesetzgebungsmaßnahme klar und präzise und ihre Anwendung für die Rechtsunterworfenen gemäß der Rechtsprechung des Gerichtshofs der Europäischen Union und des Europäischen Gerichtshofs für Menschenrechte vorhersehbar sein sollte. Weiter sollte nach Erwägungsgrund 45 Satz 4 im Unionsrecht oder im Recht der Mitgliedstaaten geregelt werden, für welche Zwecke die Daten verarbeitet werden dürfen.

Eine entsprechende Rechtsgrundlage könnte in § 9 EDL-G gesehen werden, der die Aufgaben der Bundesstelle für Energieeffizienz regelt. Nach § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 17 EDL-G unterstützt die Bundesstelle für Energieeffizienz das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bei der Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich. Dieser Aufgabe sollen die im Rahmen dieser

<sup>12</sup> Vgl. Schulz, in: Gola DS-GVO, Art. 6 Rn. 51; Buchner/Petri, in: Kühling/Buchner DS-GVO, Art. 6 Rn. 111; Heberlein, in: Ehmann/Selmayr, DS-GVO, Art. 6 Rn. 20 ff.

<sup>13</sup> Vgl. BVerwG, Urt. v. 27.3.2019 – 6 C 2/18, Rn. 45 ff.

<sup>14</sup> Schulz, in: Gola DS-GVO, a.a.O.

<sup>15</sup> Heberlein, in: Ehmann/Selmayr, DS-GVO, Art. 6 Rn. 22 m.w.N.

<sup>16</sup> Vgl. Buchner/Petri, in: Kühling/Buchner DS-GVO, Art. 6 Rn. 114.

Studie dargestellten Methoden dienen. Soweit dabei personenbezogene Daten verarbeitet werden, dürften auch diese Verarbeitungen der Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich dienen. Nach § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4 EDL-G obliegt der Bundesstelle für Energieeffizienz zudem das Monitoring der Einsparwirkung von Energieeffizienzmechanismen und sonstiger strategischer Maßnahmen der öffentlichen Hand, die Energieeinsparungen bei Endkunden bewirken sollen sowie die Aufbereitung dieser Einsparungen zur Berichterstattung im Rahmen der nationalen und europäischen Energieeffizienz- und Einsparziele. Dafür dürfte auch die Ermittlung der Datengrundlage des Ist-Zustandes erforderlich sein. Hinsichtlich des energetischen Sanierungszustandes des Gebäudebestandes dient die vorliegende Studie dazu, Methoden zu finden, die den vorhandenen Status quo bestimmen und auch die zukünftige Entwicklung des quantitativen und qualitativen Gebäudebestands ermitteln. Die im Rahmen dieser Studie gefundene Methode und damit auch die dabei anfallenden Verarbeitungen personenbezogener Daten dürften folglich der Erfüllung der Aufgaben der Bundesstelle für Energieeffizienz dienen. Nach § 3 Abs. 1 Satz 1 EDL-G ist Ziel des Gesetzes, die Effizienz der Energienutzung durch Endkunden in Deutschland mit Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen kostenwirksam zu steigern. Darin dürfte eine Aufgabe gesehen werden, die im öffentlichen Interesse im Sinne des Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO liegt, da sie schlussendlich der Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung dient. Diese wiederum dienen in Anbetracht des Klimawandels auch der Erhaltung der Lebensgrundlagen der Bevölkerung. Dies dürfte ein öffentliches Interesse darstellen, sodass diese Norm als Berechtigungsgrundlage grundsätzlich herangezogen werden könnte. Ebenso dürfte die Bundesstelle für Energieeffizienz auf Grundlage dieser Überlegungen ebenfalls in Erfüllung der in der Zuständigkeit des Verantwortlichen liegenden Aufgaben im Sinne des § 3 BDSG handeln.

Andererseits ist der Wortlaut des § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G insbesondere mit Blick auf die oben dargestellten formellen Anforderungen nicht so präzise, wie es für eine datenschutzrechtliche Berechtigung wünschenswert wäre. So ist etwa nicht klar erkennbar, für welche Zwecke personenbezogene Daten konkret verarbeitet werden dürfen. Zudem könnte § 11 Abs. 1 EDL-G bereits eine konkretere Vorgabe zur Datenerhebung darstellen. Danach kann die Bundesstelle für Energieeffizienz zur Erfüllung ihrer Aufgaben von Energieunternehmen die Übermittlung zusammengefasster Daten über deren Endkunden sowie über die Marktaktivitäten von Energieunternehmen mit Bezug zum Energiedienstleistungsmarkt in anonymisierter Form verlangen. Folglich wäre die Verarbeitung personenbezogener Daten ausgeschlossen. Diese Vorgabe dürfte sich jedoch primär auf die Berechtigung beziehen, Daten von Energieunternehmen verlangen zu können, nicht die Verarbeitung personenbezogener Daten, die anderweitig zugänglich sind. Dennoch verbleibt insoweit ein rechtliches Restrisiko. Sinnvoll wäre es daher, die Regelungen im EDL-G zu präzisieren oder in anderen rechtlichen Vorgaben eine präzisere Vorschrift entsprechend zu ergänzen.

Entscheidend für die Rechtmäßigkeit der Verarbeitung nach Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO ist, dass die Verarbeitung der personenbezogenen Daten im Einzelfall erforderlich ist, um die Aufgabe, die im öffentlichen Interesse liegt, wahrzunehmen. Dabei muss beispielsweise geprüft werden, welche Informationen konkret benötigt werden, um den energetischen Sanierungszustand verlässlich zu bewerten. Informationen, die nicht erforderlich sind, dürfen nach dieser Berechtigungsgrundlage nicht verarbeitet werden. Auch muss hinterfragt werden, ob es notwendig ist, den Personenbezug einzelner Informationen aufrechtzuerhalten oder ob auch die Verarbeitung aggregierter oder anderweitig anonymisierter Daten ausreichend ist. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

## **Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO**

Alternativ könnte die Verarbeitung personenbezogener Daten auf eine Einwilligung der betroffenen Personen und damit auf Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO gestützt werden. Dies wäre bei Beachtung der strengen rechtlichen Vorgaben zur Einholung einer Einwilligung nach Art. 7 DS-GVO die rechtlich sicherste Variante. Gleichwohl stellen eben jene strengen Vorgaben bei Rückgriff auf eine Einwilligung erhebliche Hürden in der Praxis dar. Zunächst einmal müssen ausdrückliche Einwilligungen von jeglichen betroffenen Personen im Vorfeld der Verarbeitung eingeholt werden. Darüber hinaus ist eine datenschutzrechtliche Einwilligung jederzeit widerrufbar. Daraus resultiert die Notwendigkeit, entsprechende Widerrufe auch bei der Verarbeitung praktisch abbilden zu können. Zuletzt besteht ein nicht unerhebliches Risiko, dass nur wenige Einwilligungen erteilt werden, sodass nur unzureichende Datenmengen erhoben werden können.

Auf der anderen Seite ist bei Rückgriff auf eine Einwilligung keine Prüfung der Erforderlichkeit der Verarbeitung der einzelnen personenbezogenen Daten wie im Rahmen des Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO notwendig. Vor diesem Hintergrund könnte es sich daher anbieten, auf eine Kombination der beiden datenschutzrechtlichen Berechtigungsgrundlagen zurückzugreifen: Erforderliche Verarbeitungen könnten auf Art. 6 Abs. 1 lit. e) i. V. m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G gestützt werden, während darüberhinausgehende Verarbeitungen auf Grundlage einer Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO erfolgen könnten.

Wird die Verarbeitung der personenbezogenen Daten auf eine Einwilligung im Sinne des Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO gestützt, ist eine Erforderlichkeitsprüfung, wie oben beschrieben, zwar nicht notwendig, allerdings wäre auch insoweit der Grundsatz der Datenminimierung zu berücksichtigen. Nach Art. 5 Abs. 1 lit. c) DS-GVO muss die Verarbeitung personenbezogener Daten

- *„dem Zweck angemessen und erheblich sowie auf das für die Zwecke der Verarbeitung notwendige Maß beschränkt sein.“*

Für die vorliegenden Methoden bedeutet dies, dass grundsätzlich bei jedem Verarbeitungsvorgang die Frage gestellt werden muss, ob zur Erreichung des konkret verfolgten Zwecks, tatsächlich alle für die Verarbeitung geplanten personenbezogenen Daten benötigt werden oder ob das verfolgte Ziel auch durch die Verarbeitung von weniger personenbezogenen Daten erreicht werden kann. Diese Voraussetzung ist ähnlich wie die zuvor dargestellte Erforderlichkeit im Einzelfall zu prüfen.

## **5.4 Empfehlung von zwei Methoden zur erweiterten Prüfung in AP 2**

Die Empfehlungen der untersuchten Methoden zur weiteren Bearbeitung in AP 2 sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei wurden innerhalb eines ersten Arbeitstreffens mit dem Fachbeirat die Methoden ENOB:dataNWG und die Fernerkundungsdaten zur vertieften Untersuchung im AP2 abgestimmt.

Das ENOB:dataNWG liegt als fertige Methode vor und könnte damit direkt verstetigt werden. Nach den Analysen im AP1 (vgl. 5.2.9) liefert sie eine Vielzahl an Kennzahlen, die über die amtlichen Statistiken hinausgehen und trägt damit zu einer Verbesserung der Datenbasis für den Gebäudebestand bei.

Die Fernerkundungsdaten sind noch nicht als fertige Methode kurzfristig einsatzfähig. Hier sind noch konzeptionelle und methodische Entwicklungsarbeiten vonnöten. Trotzdem bietet diese Methode Potenziale gerade in der Verstetigung von Daten in kurzen Zeitintervallen. Im folgenden Kapitel soll daher untersucht werden, welche Kennzahlen diese Methode kurzfristig erheben kann und wo ihre Grenzen liegen.

**Tabelle 5: Zusammenfassung der Empfehlung der untersuchten Maßnahmen in AP1 für eine weitere Prüfung in AP2**

	Methoden	Empfehlung zur weiteren Untersuchung in AP 2 (ja/nein)
<b>EU-Länder</b>	Energieausweisdatenbank	nein
<b>Stichproben</b>	ENOB:dataNWG	ja
<b>Fernerkundungsdaten</b>	G-DAT DE, BBRS Studie	ja
<b>Empirische Ansätze mit Datenspende</b>	CO2-Online	Nein, jedoch fanden (im Vergleich zu den anderen Methoden, die nicht empfohlen wurden) innerhalb der Begleitarbeitstreffen Diskussionen statt, ob die Methode mit Datenspenden aus Energieberatungen weitergedacht werden soll. Dies spiegelt ein gewisses Potenzial dieser Methode wider.
	Gebäude-Check Verbraucherzentrale	
<b>weitere Ansätze</b>	Wärmemonitor Deutschland	nein
	B+L Sanierungsstudie	nein
	Energienutzungsplan	nein
	EPIQR	nein

## **6 AP2: Vergleich und Gegenüberstellung aktuell verfügbarer methodischer Ansätze zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich**

### **6.1 Methode ENOB:dataNWG**

Aufbauend auf den Beschreibungen im AP1 werden im Folgenden die Vor-, Nachteile sowie Grenzen der Methode detailliert ausgearbeitet. Dabei ist festzuhalten, dass eine Vielzahl der zu untersuchenden Merkmale durch die Methode erfasst wird (vgl. Anhang Kriterien und Merkmale). Da die Methode im aktuellen Projekt ausschließlich für die Beschreibung des Nichtwohngebäudebestands eingesetzt wurde, fehlen bei den Gebäudemerkmalen wohngebäudetypische Merkmale wie die Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner oder der Nutzungseinheiten. Die Merkmale der Geoinformation über die Lage, der Geometrie, der energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle und Anlagentechnik werden hingegen vollständig erfasst. Dies stellt ein Alleinstellungsmerkmal der in AP 1 untersuchten Methoden dar.

Wie auch bei den anderen untersuchten Methoden liefert ENOB:dataNWG keine Daten zu Smart Meter-Gateways, „renewableready“ oder E-Mobilität. Weiterhin wird zwar der energetische Zustand des Gebäudes aufgeschlüsselt, nicht aber der Energieverbrauch oder THG-Emissionen angegeben. Auch werden keine Daten zur Planung von Sanierungsmaßnahmen aufgenommen.

Mit einer umfangreichen Datenbasis ist die Methode in der Lage Datenlücken im Gebäudebereich zu schließen. So wurden durch die Hochrechnung die Anzahl der Nichtwohngebäude sowie deren Flächen ermittelt, darüber hinaus auch Modernisierungsfortschritt und –rate, aufschlüsselbar nach Baualtersklassen und Kategorien der Nichtwohngebäude. Verstetigt können diese Daten als Grundlage für politische Entscheidungen dienen. Gerade der Modernisierungsfortschritt kann verstetigt ein Indikator zur Evaluation und zielgerichteten Ausrichtung von Fördermaßnahmen oder Verschärfung des Ordnungsrechts sein.

Bei der Durchführung der Methode werden die fünf Phasen aus Abbildung 9 durchlaufen. Dabei werden die Daten aus Tabelle 3 benötigt. Während in der Geodatenanalyse die Eingangsdaten vom BKG stammen, werden die Daten in den Schritten des Screenings, Breiten- und Tieferhebung unter hohem Personaleinsatz aufgenommen oder im Interview erfragt. Um den hohen Personalaufwand so effizient wie möglich einzusetzen, wurde, wenn möglich ein hoher Automatisierungsgrad angestrebt. So wurde zur Erfassung der Situation vor Ort eine eigene App entwickelt. Durch diese Arbeiten im Bereich der Prozessoptimierung<sup>17</sup> (IWU 2019b) kann die Projektlaufzeit bei einer Verstetigung der Datenlagen reduziert werden. Beim Einsatz projektspezifischer Softwarearchitektur ist jedoch mit einem Aktualisierungs- und Anpassungsbedarf innerhalb möglicher Folgeprojekte zu rechnen.

---

<sup>17</sup> Die Befragungen in der Breiten- und Tieferhebung wurden zuvor in einer Pilotphase getestet und konnten so für die Hauptbefragungsphase optimiert werden.

Beispielsweise müsste die Erfassungs-App auch für kommende Smartphone-Generationen lauffähig gestaltet werden.

### 6.1.1 Screening und Merkmalerhebungen

Bei der Stichprobenziehung werden deutschlandweit Erhebungsbezirke zufällig gezogen, die vor Ort gescreent werden müssen (IWU 2019d). Die Personalakquise erfolgt daher dezentral. Die vornehmliche Zielgruppe sind dabei Studierende der Architektur oder des Bauingenieurwesens. Diese Personen sind qualifiziert, Gebäude visuell zu bewerten. Neben der Akquise stellt auch der Schulungsbedarf eine organisatorische Herausforderung dar. Die Screenenden müssen vor Beginn ihrer Tätigkeiten geschult und mit entsprechenden Materialien versorgt werden.

Über die Erfassungs-App werden von den Screenenden folgende Informationen über das Nichtwohngebäude erfasst (IWU 2019c):

- Gebäudefunktion: Um was für eine Art von Gebäude handelt es sich?
  - Einordnung der Gebäude in Primär- und Sekundärfunktion anhand der 14 Hauptkategorien in Tabelle 6, jede Hauptkategorie kann in diverse Unterkategorien unterteilt werden.

**Tabelle 6: Gebäudefunktion nach Hauptkategorien (IWU 2019f)**

Nummer	Hauptkategorien
1	Wohngebäude
2	Beherbergungs-, Unterbringungs-, Gastronomie-, Verpflegungsgebäude
3	Büro-, Verwaltungs- und Amtsgebäude
4	Schulgebäude, KiTas und sonstige Betreuung
5	Gebäude für Forschung und Hochschullehre
6	Gebäude für Kultur und Freizeit
7	Sportgebäude
8	Gebäude für Gesundheit und Pflege
9	Produktions-, Werkstatt-, Lager- und Betriebsgebäude
10	Handelsgebäude
11	Verkehrsgebäude
12	Gebäude für Technik (Ver- und Entsorgung)
13	sonst. Nichtwohngebäude (nicht EnEV-relevant)
14	kein Gebäude (Bauwerk, leeres Grundstück, Ruine)

- Nutzer: Wer kann für die tieferegehenden Interviews und Gebäudebegehungen kontaktiert werden?
  - Aufnahme von Information auf Klingel- oder Firmenschildern
- Adresse: An welcher Straße liegt das Gebäude und welche Hausnummer hat es?
- Baualter: Welcher Baualtersklasse ist das Gebäude zuzuordnen?
  - Einordnung der Gebäude in die Baualtersklassen nach Tabelle 7

**Tabelle 7: Einteilung der Baualtersklassen (IWU 2019f)**

unterteilte Baualtersklassen							
historisch (< 1850)	1850 - 1949	1950er	1960 – 1970er	1980er	1990er	2000er	ab 2010

- Modernisierungszustand: Wurde das Gebäude bereits modernisiert?
  - Augenscheinlich Großteil modernisiert, augenscheinlich nicht modernisiert, keine Einschätzung möglich
- Dachform: Welche Dachform ist vorherrschend?
  - Einordnung der Dachform in die drei Kategorien: Flachdach oder flachgeneigtes Dach, Steildach – nicht ausgebaut, Steildach – teilweise oder voll ausgebaut
- Anzahl Vollgeschosse
- Fassadengestaltung: Wie ist das Verhältnis zwischen Fenstern und geschlossener Fassade?
  - Dominierende Art der Fassadengestaltung anhand des Fensteranteils

Eines der Hauptziele des Screenings ist die Gewinnung geeigneter Informationen zur Kontaktaufnahme der Eigentümerinnen und Eigentümer bezüglich der Breitenbefragung. Sollten keine geeigneten Informationen zur Kontaktaufnahme im Screening erfasst werden können, so erfolgt eine Nachbereitung über öffentlich zugängliche Onlinekarten (Luft- und Schrägbilder). Bei nicht auffindbaren Nutzer- oder Adressangaben handelt es sich zumeist um Objekte, die für das Projekt nicht relevant sind (nicht-GEG-relevant). Schwierigkeiten bereitet den Screenenden oft die Abgrenzung der Gebäude in Ballungszentren, wenn öffentlich nur eine Fassade einsehbar war. Zudem gab es Hinterhofsituationen und große Firmengelände, bei denen keine visuelle Einschätzung der Gebäude möglich ist.

Da die Teilnahme an den Interviews der Breiten- und Tiefenerhebung auf Freiwilligkeit beruht, ist das Ergebnis maßgeblich vom Willen und der Expertise der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer abhängig<sup>18</sup>. Auf Grundlage der im Screening ermittelten Firmendaten, muss im Vorfeld der Kontaktierung eine geeignete Ansprechperson ermittelt werden. Beim Erstkontakt ist dies meistens

<sup>18</sup> Zum einen müssen die zu befragenden Personen sich die Zeit für die Befragung nehmen, zum anderen müssen sie durch ihr technisches Verständnis in der Lage sein, die Fragen adäquat zu beantworten.

der Eigentümer oder die Eigentümerin. Bei großen Unternehmen oder staatlichen Eigentümern, benötigt es regelmäßig eine Vielzahl von Kontaktaufnahmen, bis eine geeignete Person für das Interview gefunden werden kann. Die Erstkontaktaufnahme kann per Brief, E-Mail oder telefonisch erfolgen. Um eine deutlich höhere Erfolgsquote als bei vergleichbaren Telefon-Befragungen zu generieren, wird hier ein Personalkonzept mit wenigen, speziell geschulten, kommunikativen Interviewenden angewandt. Die Brutto-Stichprobe von insgesamt 40.925 Nichtwohngebäuden reduziert sich durch qualitätsneutrale Ausfälle (z. B., weil es sich aufgrund fehlender Heizungsanlage um ein nicht GEG-relevantes Nichtwohngebäude handelt) auf eine bereinigte Stichprobe von 34.756 Nichtwohngebäude. Durch das angewandte Personalkonzept lässt sich eine Erfolgsquote von 14 % durchgeführter Interviews (4.869) erreichen. Die Hauptgründe, welche bei den systematischen Ausfällen in der Kontaktierungsphase genannt werden, sind die erfolglose Kontaktierung (36 %), allgemeine Verweigerung (24 %) und Verweigerung aus Zeitgründen (9 %). Insgesamt ist festzustellen, dass staatliche Gebäudeeigentümer eher zu einem Interview bereit sind, als private.

Um eine hohe Quote an durchgeführten Interviews zu erreichen, wird dem Befragten eine hohe Wahlmöglichkeit an Durchführungsoptionen angeboten. Zum einen besteht die Möglichkeit einer telefonischen Befragung oder das Ausfüllen eines Online-Fragebogens. Das telefonische Interview kann sofort bei telefonischer Kontaktaufnahme durchgeführt werden oder nach Terminvereinbarung. Dabei kann jederzeit zwischen Online- und telefonischer Befragung gewechselt werden. Auch ist der Fragebogen in thematische Abschnitte gegliedert, um bei größeren Organisationen von unterschiedlichen Mitarbeitenden ausfüllbar zu sein. Die Bearbeitungsdauer für den Fragebogen dauert in der Pilotphase durchschnittlich 40 min (IFAK 2018) und wurde in der Hauptphase durch Optimierungen auf 23 min verkürzt (IFAK 2019a).

### 6.1.2 Stichprobentheoretisches Modell

Durch eine Stichprobenziehung soll der Umfang der Erhebung von Gebäudemerkmalen auf die gezogenen Gebäude reduziert werden, trotzdem aber Aussagen über die Grundgesamtheit und auch Teilmengen ermöglicht werden. Die Anforderungen an das stichprobentheoretische Modell belaufen sich dabei auf die folgenden Punkte, welche im Spannungsverhältnis zueinanderstehen können:

- „Repräsentativität“ im statistischen Sinne,
- Quantifizierbarkeit der stichprobenimmanenten Ergebnisunsicherheit,
- Minimierung der stichprobenimmanenten Ergebnisunsicherheit,
- deutschlandweit regionale Ausgewogenheit,
- Praxistauglichkeit und
- Kosteneffizienz.

Die Unsicherheiten, die ein solches Modell mit einer unbekanntem Grundgesamtheit notgedrungen hat, werden mit dem Standardfehler im gesamten Projekt angegeben. Damit dies möglich ist, muss u. a. die Ziehung der Stichprobe nach dem Zufallsprinzip erfolgen und alle Nichtwohngebäude müssen gezogen werden können. Dem gegenüber stehen die Praxistauglichkeit und die Kosteneffizienz. Damit in der Phase des Screenings eine Vorort-Erfassung mit möglichst kurzen Wegstrecken durchgeführt werden kann, werden die Hausumringe nicht einzeln gezogen, sondern zuerst in Erhebungsbezirke eingeteilt. Jeder Hausumring darf dabei nur einmal in einem Erhebungsbezirk vorkommen, sodass Deutschland in überlappungsfreie Erhebungsgebiete mit jeweils mindestens 200

Hausumringen unterteilt wird. Flächenmäßig sind die Erhebungsbezirke damit in ländlichen Gebieten deutlich größer als in Ballungszentren. Bei den 200 Hausumringen handelt es sich mit einer Relevanzwahrscheinlichkeit um GEG-relevante Nichtwohngebäude, d.h. es lässt sich statistisch nicht ausschließen, dass es sich um nicht-GEG-relevante Nichtwohngebäude handelt.

Durch die nicht vollständig vorliegenden Adressinformationen und Ansprechpersonen der Gebäude, ist das Screening zwingend notwendig, um Hinweise für eine spätere Kontaktaufnahme für die Breiterhebung zu sammeln. Zusätzlich lässt sich die fehlende Übereinstimmung zwischen Nichtwohngebäude und Hausumringen sowie erste Gebäudemerkmale aufnehmen. Um das Spannungsverhältnis der Anforderungen zu lösen, sollen 500 Erhebungsbezirke à 200 Hausumringe in der Stichprobenziehung gezogen werden. Daraus sollen dann bis zu 50.000 GEG-relevante Nichtwohngebäude für eine potenzielle Breiterhebung hervorgehen.

Für den Umgang mit nicht-stichprobenbezogenen Fehlern sind Item-Nonresponse und Unit-Nonresponse zu berücksichtigen. Dies trifft in jeder einzelnen Phase zu, in der Gebäudemerkmale aufgenommen werden. Von Unit-Nonresponse spricht man, wenn zu einer Untersuchungseinheit gar keine Auswertungen möglich ist, von Item-Nonresponse dagegen, wenn nur einzelne Merkmale nicht auswertbar sind. Das Studiendesign ist dabei so aufgebaut, dass Unit- und Item-Nonresponse bei der Merkmalerhebung reduziert werden. Im Screening tritt Unit-Nonresponse, also ein kompletter Ausfall von einzelnen Hausumringen, nahezu gar nicht auf. Von den 99.981 Hausumringen können nur 58 Stück gar nicht gescreent werden. Anders verhält es sich in der Breiterhebung. Bei den 42.358 breiterhebungsrelevanten Gebäuden wird nur bei 6.011 ein auswertbares Interview geführt. Da aber im Screening kaum Item-Nonresponse auftritt und so Merkmale der Gebäude mit nichtauswertbaren Interviews bekannt sind, kann dies mit statistischen Mitteln berücksichtigt werden. Das Fragebogendesign mit Verzicht auf offene Fragen und der Einsatz von qualifizierten Mitarbeitenden hilft, Item-Nonresponse in der Breiten- und Tiefenerhebung zu minimieren. Unit-Nonresponse tritt aber wieder im Übergang von Breiten- (6.011) zur Tiefenerhebung (464 Interviews) auf. Nach den Autoren der Studie ist daher bei der Tiefenerhebung der Anspruch der Repräsentativität nicht mehr gegeben. Die Merkmalaufnahme dient hier dem Abgleich und der Kalibrierung von Energieverbrauchs- und Endenergiebedarfsberechnungen (IWU 2019e). Dieser Erkenntnisgewinn ist aber für diese vorliegende Metastudie nicht von Relevanz.

### **6.1.3 Vor und Nachteile in Stichpunkten**

Zusammenfassend sind die Vorteile dieser Methode wie folgt:

- Schließt Datenlücken im Bereich des Nichtwohngebäudebestands
- Eine Vielzahl der zu untersuchenden Merkmale werden erhoben
  - Merkmale wie Modernisierungsfortschritt, -rate eignen sich als Grundlage für politische Entscheidungsfindung
- Geodatengrundlagen werden jährlich aktualisiert, sodass eine Verstetigung möglich wäre
- Methodenentwicklung und Fokus auf Prozessoptimierung würden Projektlaufzeit bei erneuter Durchführung reduzieren.
- Repräsentativität im statistischen Sinne ist für die Merkmalerhebung im Screening und Breiterhebung gegeben

Folgende Nachteile beinhaltet diese Methode:

- Hoher Personalaufwand im Screening sowie bei Breiten- und Tiefenerhebung
- Defizite in der Auswahlgrundlage
  - Weder Hausumringe zwingend identisch mit realem Nichtwohngebäude, noch Daten zu Ansprechperson oder Gebäudemerkmalen vollständig vorhanden
- Aufgrund von Know-How-Aufbau nicht durchführerunabhängig
- Maßgebliche Abhängigkeit aufgrund Freiwilligkeit der Teilnahme an Befragungen
- Trotz Prozessoptimierung auf Grund des Aufwands gegebenenfalls nicht jährlich aktualisierbar
- Keine Repräsentativität in der Tiefenerhebung
  - Somit keine Auswertung von repräsentativen Energieverbräuchen möglich

## 6.2 Fernerkundungsdaten

In der Methode „Fernerkundungsdaten“ werden die Möglichkeiten der Gewinnung gebäuderelevanter Informationen aus praktizierten Fernerkundungsverfahren in Deutschland zusammengefasst. Dabei werden Aufwand und Nutzen der unterschiedlichen Verfahren dargelegt und Aussagen zur Fortschreibungsfähigkeit getroffen.

### 6.2.1 Beschreibung der Methode

Zu den Fernerkundungsverfahren zählen dabei nicht nur die satellitengestützten Verfahren, sondern praktisch alle Informationen zu Gebäude- und Siedlungscharakteristika, die auf verschiedenen Ebenen bei Bund, Ländern und Kommunen vorliegen und ausgewertet werden.

Dies umfasst alle Geobasisdatenbestände des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie in all ihren Detaillierungsgraden und Ausbildungen, Daten der ESA und der NASA aus unterschiedlichen Satellitenaufnahmen, aber auch die Produkte des Copernicus Programmes ([www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu)), die zur Überwachung von Land, Meer, Atmosphäre und Klima vorgehalten werden. Darüber hinaus werden auf kommunaler Ebene vielfach zusätzliche Geodatenbestände geführt, etwa Informationen zur tatsächlichen Nutzung von Gebäuden, wie sie bspw. für öffentlich zugängliche Gebäude in Stadtplänen verzeichnet werden. Ähnlich werden auch die mittels der Internetcommunity aktuell gehaltenen Daten frei zugänglicher Datensätze wie beispielsweise Open Street Map genutzt. Es werden aber auch einige andere technisch etablierte, jedoch bisher noch nicht standardmäßig eingesetzte Messmethoden der Fernerkundung in die Betrachtungen einbezogen (bspw. Hyperspektralmessungen, aus denen Informationen zu Oberflächenmaterialien und deren physikalische Eigenschaften gewonnen werden können, oder Infrarotaufnahmen). Zukünftig könnten beispielsweise auch Schrägluftbilder zur Bestimmung von Fassadenflächen und Fensterflächenanteilen automatisch ausgewertet werden. In der Zukunft könnte auch der Gebäudetomograph „Gtom“ des DLR eingesetzt werden, um eine berührungslose energetische Analyse von Gebäudehüllen durchzuführen, Schwachstellen zu finden und hohe Energieverbräuche zu identifizieren.

Die im DLR-Bericht vorgestellte Forschungsarbeit untersucht dabei die notwendige Verknüpfung der etablierten Mechanismen der Daten- und Informationserhebung auf Ebene von Bund, Ländern und Kommunen, wie Luftbild-, Kataster- und Vermessungsdaten und daraus abgeleitete Informationen wie etwa Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle mit den Fernerkundungsdaten.

Für die Einzelgebäude und die Modellregionen werden die folgenden Punkte untersucht:

- Dachform
- Dachmaterial und Umweltgefahrenstoffe (z. B. Asbestdächer)
- Dachbegrünung
- Bauvolumen, Geschossflächenindex
- Gebäudenutzung
- Solaranlagen/Dachaufbauten
- Solarflächenpotenzial
- Fassadenauswertung (z. B. Fenstererfassung aus Schrägluftbildern).

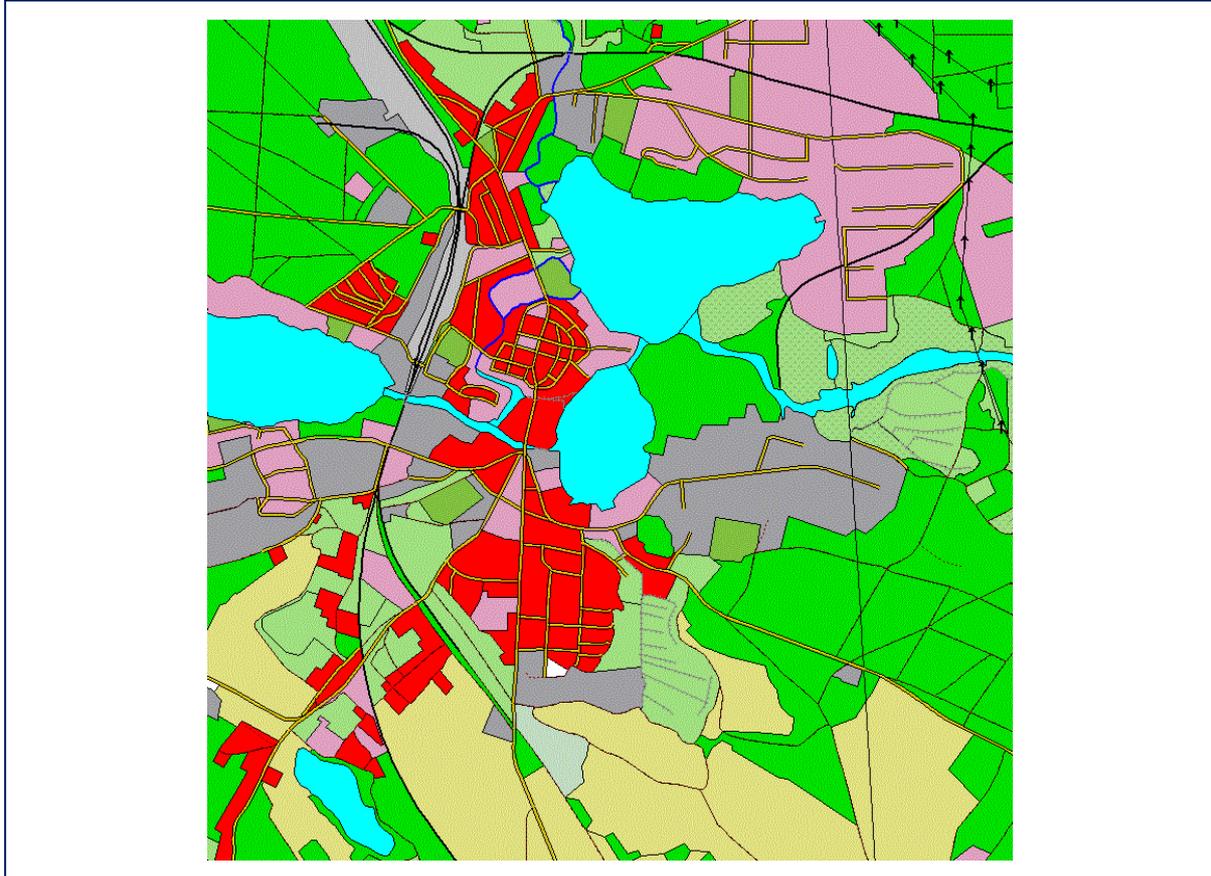
Diese Parameterliste wird für die Gebäudeumgebung und die Siedlungskörper noch um einige weitere Faktoren ergänzt, bspw. die Strahlungsaufnahme bzw. Strahlungsabgabe (Albedo) und Versiegelungsgrade etc. Die Möglichkeiten der Charakterisierung bestehen dabei auf der Ebene von Einzelgebäuden und Gebäudegruppen. Die Charakterisierung kann jedoch auch flächendeckend erfolgen.

## 6.2.2 Beschreibung der Datengrundlagen

Die beschriebene Datengrundlage des BKG umfasst die folgenden Geobasisdaten:

### **Digitales Basis- Landschaftsmodell (Basis-DLM)**

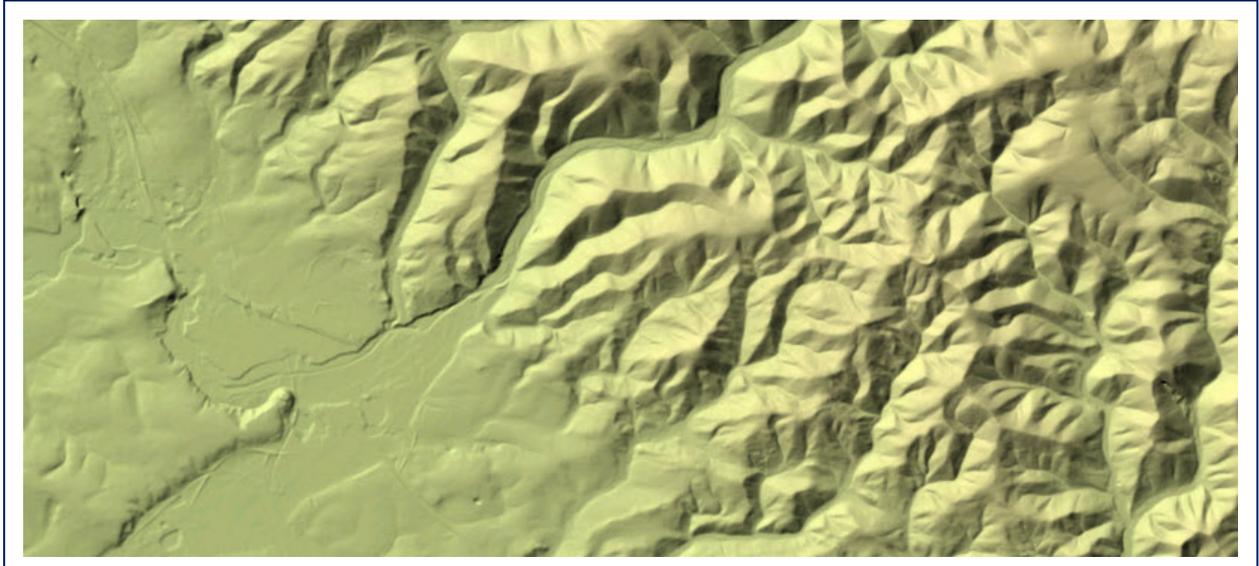
Das Basis-DLM basiert auf dem gemeinsamen Datenmodell für AFIS<sup>®</sup>, ALKIS<sup>®</sup> und ATKIS<sup>®</sup> und ist Bestandteil des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS<sup>®</sup>). Darin werden die topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat (mittels ihrer Koordinaten und ggf. einer Höheninformation) auf der Grundlage der Festlegungen des ATKIS<sup>®</sup>-Objektartenkatalogs (ATKIS<sup>®</sup>-OK) beschrieben. Bereiche dieser Karten sind einer bestimmten Objektart zugeordnet, bspw. den Objektarten Gebäude, Siedlung, Verkehr, Vegetation oder Gewässer, und mittels ihrer Lage im Raum, der Zugehörigkeit zu einem geometrischen Typ und ihrer Beziehung zu anderen Objekten beschrieben. Jedes Objekt besitzt einen deutschlandweit eindeutigen Objektidentifikator (OID), der über die gesamte Lebenszeit des Objektes gleichbleibt (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2016). Der Informationsumfang des Basis-DLM orientiert sich am Inhalt der topographischen Karte 1:10 000/1:25 000, weist jedoch eine höhere Lagegenauigkeit ( $\pm 3$  m) für die wichtigsten linienförmigen Objekte auf. Es handelt sich um nicht symbolisierte Vektordaten, die in Anwendungen oder GIS-Systemen visualisiert werden können. Die objektstrukturierten Daten erlauben geometrische und attributive Analysen und Datenverarbeitungen. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel für die Vektordaten des Basis-DLM. Die Daten decken Deutschland vollständig ab (Datendefizit 0 %) und werden seit dem Jahr 2000 kontinuierlich alle 3 Monate aktualisiert.



**Abbildung 10: Beispiel für die Darstellung der Objektarten im Basis-DLM (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2016).**

### **Digitales Geländemodell (DGM)**

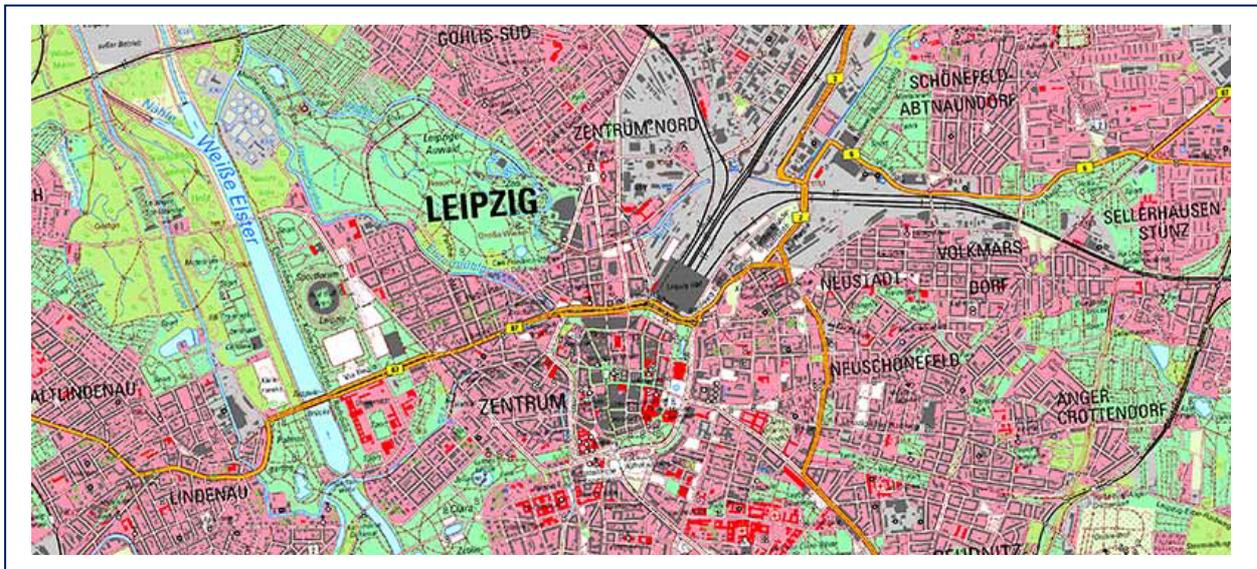
Digitale Geländemodelle (DGM) beschreiben die Geländeformen der Erdoberfläche durch eine Punktmenge, die in einem regelmäßigen Gitter angeordnet und in Lage und Höhe georeferenziert ist. Die Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland erstellen die DGM heute aus Daten, die durch Laserscanning-Messverfahren gewonnen werden. Das BKG übernimmt diese Geländemodelle und generiert daraus bundesweit einheitliche DGM in Gitterweiten zwischen 1 m (Digitales Oberflächenmodell DOM 1) und 1000 m (DGM 1000). Dazwischen sind noch unterschiedlich abgestufte Auflösungen von 5 m, 10 m, 15 m, 50 m und 200 m erhältlich. Dabei hat das DGM10 in der Gitterauflösung von 10 m beispielsweise eine Genauigkeit geländetypabhängig von  $\pm 0,5$  bis 2 m in der Höhe. Die Lagegenauigkeit beträgt für das DGM10  $\pm 0,5$  bis 2 m (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022f). Nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel für die Datendarstellung des DGM 10.



**Abbildung 11: Beispiel für die Datendarstellung des digitalen Geländemodells DGM 10 (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022f).**

### **Digitale Topographische Karten (DTK)**

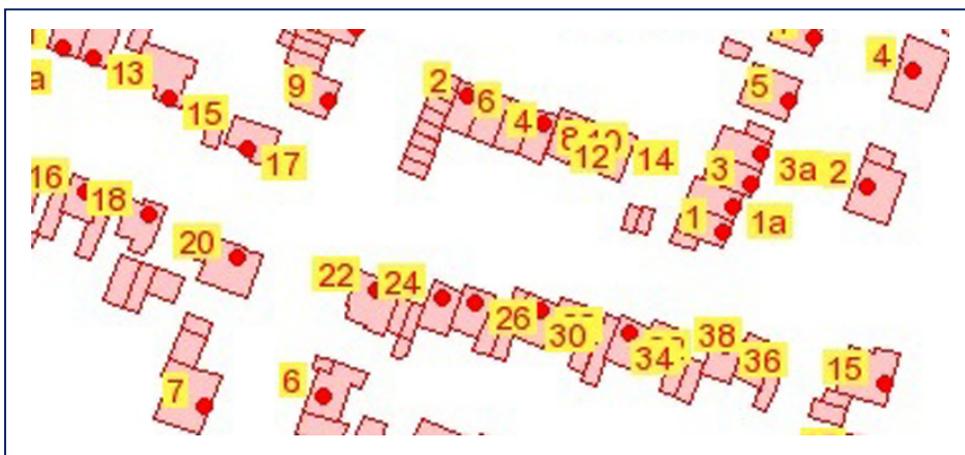
Digitale Topographische Karten (DTK) werden in der Maßstabsreihe der amtlichen Kartographie im Rasterformat aus den Digitalen Landschafts- (DLM) und Geländemodellen (DGM) sowie ergänzenden Informationen erzeugt. Das BKG vereint dafür die von den Vermessungsverwaltungen der Bundesländer aufgenommenen Daten je Maßstab zu einem deutschlandweiten Datensatz. Die digitalen Daten sind dabei in Layern aufgebaut, die ein- oder ausgeblendet werden können. Die Digitalen Topographischen Karten (DTK) stehen in unterschiedlichen Maßstäben ab einer Auflösung von 1:25.000 zur Verfügung. Die Daten werden ständig aktualisiert und stehen flächendeckend für Deutschland zur Verfügung (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022e). Nachfolgende Abbildung zeigt die DTK mit der höchsten Auflösung (DTK 25) im Maßstab 1:25.000.



**Abbildung 12: Beispiel für die Datendarstellung der digitalen topographischen Karten DTK 25 (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022e).**

### Hauskoordinaten (HK) und Hausumringe Deutschland (HU-DE)

Um Aussagen über den Gebäudebestand zu bekommen, sind jedoch noch besser aufgelöste Daten zu den Gebäuden in den topographischen Karten notwendig. Diese basieren auf Vermessungsdaten vor Ort, welche mit den amtlichen Hauskoordinaten (HK) kombiniert werden. Die amtlichen Hauskoordinaten (HK-DE) definieren dabei die genaue räumliche Position von Gebäuden und ordnen diesen eine Adresse zu. Die Daten stammen aus den Liegenschaftskatastern der Länder, welche das amtliche Verzeichnis aller Flurstücke und Gebäude in Deutschland sind. Dabei beruhen alle Hauskoordinaten und Katasterdaten auf tatsächlichen Vermessungen vor Ort. Damit dürfte die offiziell angegebene Zahl von über 20 Mio. amtlichen Hauskoordinaten eine sichere Angabe zu den tatsächlich vorhandenen Gebäuden darstellen. Diese werden auch durch die zuständigen Katasterbehörden kontinuierlich und flächendeckend aktualisiert (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022b).



**Abbildung 13: Beispiel für die Darstellung der Hauskoordinaten (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022b).**

Die Hausumringe (HU-DE) werden als Umringspolygone dargestellt, die den Gebäudegrundrissen folgen. Diese sind durch die Verbindung mit den Hauskoordinaten georeferenziert und verfügen über eine hohe geometrische Genauigkeit. Für das Bundesgebiet sind über 55,2 Mio. Hausumringe verfügbar. Dabei muss beachtet werden, dass die Polygone sich an Gebäudeteilen und herausstechenden Merkmalen orientieren und daher mehrere Polygone ein Gebäude darstellen können. Andererseits ist es auch möglich, dass bei geschlossener Bebauung einzelne Gebäude nicht mit einem einzelnen Polygon dargestellt werden. Eine Unterscheidung hinsichtlich ihres Sanierungszustands auf der Basis des einzelnen Gebäudes ist damit schwierig. Auch die Anzahl der bekannten und in ihrer Lage georeferenzierten Polygone ist damit nicht identisch mit der tatsächlichen Anzahl der Gebäude. So verteilen sich 55 Mio. Hausumringe auf die o.a. mehr als 20 Mio. amtlich eingetragenen Gebäude. Ein Beispiel für die Hausumringe ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022c).



**Abbildung 14: Beispiel für die Darstellung der Hausumringe (HU-DE) (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022c).**

### 3D Gebäudemodelle

3D-Gebäudemodelle sind dreidimensionale digitale Modelle von Gebäuden, die gemeinsam mit einem digitalen Geländemodell (hier werden nur die Objektbereiche Gebäude und Bauwerke herangezogen) zur Beschreibung der Erdoberfläche dienen. Damit stellen sie eine Erweiterung des Datensatzes der Hausumringe um die dritte Dimension dar. Als Level of Detail (LoD) werden verschiedene Detailstufen bei der Darstellung bezeichnet. 3D-Gebäudemodelle stehen in den Detaillierungsgraden LoD 1 und 2 zur Verfügung. Während die LoD1-Modelle als „Klötzchenmodell“ mit Flachdach dargestellt werden, besitzen die LoD2-Modelle eine modellierte Höhe und es werden allen Gebäuden standardisierte Dachformen zugeordnet und entsprechend dem tatsächlichen Firstverlauf ausgerichtet. Der Gebäudegrundriss wird in der Regel der amtlichen Liegenschaftskarte entnommen. Unterirdische Gebäude und Bauwerke werden nicht berücksichtigt. Die Lagegenauigkeit entspricht der des zugrundeliegenden Gebäudegrundrisses. Die Höhengenaugkeit beträgt größtenteils 1 Meter. Neben der Geometriebeschreibung des Körpers umfasst der Datensatz eines Gebäudes folgende Attribute (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022a):

- Höhe des Gebäudes
- Objektidentifikator
- Gebäudefunktion
- Qualitätsangaben (Metadaten)
- Amtlicher Gemeindeschlüssel
- Name (sofern geführt)
- Geometrietyp2DReferenz
- Grundrissaktualität



**Abbildung 15: Beispiel für die Darstellung der 3D-Gebäudemodelle mit typisierten Dachformen und Firstausrichtung (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022a).**

### **Digitale Orthophotos (DOP) und RapidEye-Satellitenbilder**

Digitale Orthophotos (DOP) sind verzerrungsfreie und georeferenzierte Luftbilder. Sie sind maßstabstreu und können so direkt mit Karten oder Fachdaten kombiniert werden. Die Vermessungsverwaltungen der Bundesländer erzeugen Bilddaten mit einer Bodenauflösung von 20 cm (1 Bildpixel = 20 cm x 20 cm) und liefern diese an das BKG. Daraus entsteht ein deutschlandweiter Datensatz DOP20, der über Webservices in voller Auflösung und als DOP40 (1 Bildpixel = 40 cm x 40 cm) nutzbar ist. Für Bundesbehörden stehen darüber hinaus multitemporale Satellitenbilder des Sensors RapidEye zur Verfügung. Die Bilder besitzen eine Bodenauflösung von 5 m (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022d). Die Datensätze der digitalen Orthophotos werden ständig aktualisiert und stehen bundesweit zur Verfügung.

„RapidEye-Satellitenbilder liegen in 5 Kanälen (Rot, Grün, Blau, Red Edge und Nahes Infrarot) und in den Jahresständen 2009, 2012, 2015 und 2017 vor. Der Datensatz umfasst die Satellitenbilder vom Erdbeobachtungs-System RapidEye, aufgenommen in den Sommermonaten (Vegetationsperiode). Die bereitgestellten Bilddatensätze sind radiometrisch korrigierte, orthorektifizierte Kacheln mit einem räumlichen Ausmaß von 25 km x 25 km. Sie sind mehrheitlich wolkenfrei (< 5 % bundesweit) und weisen eine durchschnittliche Lagegenauigkeit von 7,5 Metern auf. Aufgrund der hohen Auflösung von 5 m und der Aufnahme im Bereich Red Edge und Nahes Infrarot eignen sie sich hervorragend zur detailreichen Erfassung und Charakterisierung von Landschaftseinheiten und Vegetation und deren

zeitlicher Veränderung. Weitere Anwendungsbereiche umfassen u. a. Landwirtschaft, Gewässerforschung oder Siedlungsentwicklung (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022g).



**Abbildung 16: Beispiel für die Detailgenauigkeit der digitalen Orthophotos**

### **Web Map Service Sentinel2- DE (WMS)**

Neben den oben genannten geotopographischen Referenzdaten und den Digitalen Orthophotos verwertet das BKG auch Satellitendaten der Sentinel-2 Mission und stellt diese im Rahmen eines Web Map Services (WMS) zur Nutzung bereit. Der WMS Sentinel2-DE ist ein Service des BKG, welcher es ermöglicht, vorprozessierte und aufbereitete Fernerkundungsinformationen der Sentinel-2 Mission des Erdbeobachtungsprogrammes Copernicus in eigene Analysen mit einzubinden. Diese Daten werden kostenlos zur Verfügung gestellt und haben eine Auflösung von 10 m Bodenaufklärung. Diese wurden zusammengefügt und hochgerechnet aus der ursprünglichen Auflösung 5 m. Verwendet wurden Sentinel-2 Daten von Deutschland aus den Jahren 2018 und 2019, welche zu einem Mosaik zusammengefügt wurden, welches aus den fünf Bändern, R (Rot), G (Grün), B (Blau), NIR (Nahes Infrarot) und RE (Red Edge) besteht (BBSR 2021; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022h).

### **Dienste im Rahmen des Europäischen Copernicus Programms**

Das europäische Copernicus Programm beobachtet die Landoberfläche der EU kontinuierlich seit dem Jahr 2000. Es werden Produkte für eine Vielzahl an unterschiedlichen Anwendungen zur Verfügung gestellt, u. a. um die Landnutzung und bspw. auch die Oberflächenversiegelung zu überwachen sowie die Vegetation und den Ackerbau zu beobachten. Für die Konzeptentwicklung zur Informationsgewinnung zum Gebäudebestand in Deutschland sind besonders die Produkte des Copernicus Land Monitoring Services (CMLS) von Interesse. Im Rahmen des CMLS werden Produkte generiert, welche den aktuellen Stand sowie die Entwicklung der Landoberfläche auf lokaler und globaler Ebene zeigen (Copernicus 2020). Die Möglichkeiten der einzelnen Dienste sind auf der Internetseite des Copernicus Programms detailliert beschrieben und sie werden auch im DLR-Bericht ausführlich vorgestellt.

Aus Sicht der Bearbeitenden stellen diese aber zu den o. g. Datengrundlagen mit Bezug zu den Gebäudegeometrien (Hauskoordinaten, Hausumringe, 3D-Gebäudemodelle und digitale Orthophotos) nur eine ergänzende Informationsquelle dar, die zur Validierung der auf den o. g. Informationen basierenden Modelle herangezogen werden könnte, bspw. um die Veränderung der Siedlungsstruktur im Zeitverlauf zu erfassen.

### **Amtliche Geodaten auf Ebene der Länder und der Kommunen**

Vielfach gibt es bei den Ländern und Kommunen noch weitere Datenbestände, die nicht beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie erfasst und zusammengeführt werden. Als Beispiel wird hier die Objektkategorie der Nutzung der Gebäude vorgestellt, die im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS regional durch die Vermessungsämter der Länder gepflegt wird. Die tatsächliche Nutzung von Gebäuden und Informationen zur Gebäudeumgebung kann dem Datensatz Tatsächliche Nutzung (TN) von ALKIS entnommen werden. Dieser ist erstmals mit der Einführung von ALKIS 2009 erschienen und wird im dreijährigen Turnus aktualisiert. Insbesondere in Siedlungsgebieten können die Daten jedoch auch deutlich aktueller sein. Der Datensatz TN beschreibt die Nutzung der Landoberfläche in den vier Hauptgruppen Siedlung, Verkehr, Vegetation und Gewässer, welche wiederum in 140 unterschiedliche Nutzungsarten wie etwa Wohnbaufläche, Landwirtschaft oder Straßenverkehr unterteilt sind. Als Grundlage für die Erfassung der TN dienen digitale Orthophotos und Daten der land- und forstwirtschaftlichen Verwaltung sowie Informationen vor Ort, die etwa im Zuge von Katastervermessungen erhoben wurden (BBSR 2021; LDBV 2012).

### **Open Street Map Daten**

Bei OSM werden Daten von Freiwilligen erhoben und über eine Internetplattform gepflegt. Diese Daten liegen weltweit in oft guter Qualität und Aktualisierung vor. Sie umfassen Daten über Straßen, Eisenbahnen, Flüsse, Wälder, Häuser, Informationen zu Infrastruktur und weitere Karteninformationen in sehr unterschiedlichem Detaillierungsgrad und teilweise für sehr spezifische Nutzungen. Die Daten werden kontinuierlich verbessert und aktualisiert. Auch neue und aktuelle Informationen werden hinzugefügt. Dabei folgt die Erhebungsmethodik und -charakteristik bei der Erstellung des OSM Datensatzes nicht vollständig einheitlichen Standards und Kategorien (wie bspw. den Objektkategorien in ATKIS). Trotzdem ist die Qualität der Daten in Bereichen, die von vielen Nutzern gepflegt werden (v.a. in Städten), sehr gut und aktuell. Beispielsweise können aus OSM Daten Informationen über die Funktionalität einzelner Gebäude und deren Höhe entnommen werden.

### **Erdbeobachtungsdaten**

Neben den o. g. etablierten Methoden bietet satellitengestützte Erdbeobachtung eine Reihe weiterer Möglichkeiten, Informationen über den Gebäudebestand zu sammeln. Diese Daten sind häufig öffentlich zugänglich und teilweise kostenlos erhältlich, v.a. wenn die Missionen mit öffentlichen Mitteln gefördert wurden. Die Auflösung der Daten liegt teilweise bei 5 bis 30 m. Werden noch höher aufgelöste Bilddaten benötigt, dann kann vielfach auf kommerzielle Satellitendaten zurückgegriffen werden, die teilweise bis auf deutlich unter 1 m Auflösung erhältlich sind. Die Vorteile von Satellitendaten liegt in der flächendeckenden Verfügbarkeit und in der zeitlichen Wiederholbarkeit der Befliegungen. Es lassen sich damit mittels einer automatisierten Auswertung leicht zeitliche Veränderungen überwachen und darstellen. Bei solchen Aufnahmen werden optische Sensoren

eingesetzt, die unterschiedliche Farbkanäle (rot, grün, blau (RGB)) im Bereich des sichtbaren Lichts abdecken. Darüber hinaus können die Sensoren auch den nahen (NIR) und mittleren (MIR) Infrarot-Bereich (bis z. B. 2,5  $\mu\text{m}$ ) abdecken. Ist dann der IR-Emissionsgrad der beobachteten Fläche bekannt, kann auf die Temperatur der Fläche geschlossen werden. Zudem lassen sich Unterschiede in der Oberflächenstruktur durch die höheren Kontraste besser erkennen, als nur aus den RGB-Kanälen. Alle satellitengestützten Erdbeobachtungsdaten haben gemeinsam, dass sie immer von atmosphärischen Störungen betroffen sein können – bspw. durch Wolken, Rauch oder Dunst.

Aktive satellitengestützte Erdbeobachtungssysteme verwenden selber eine Strahlungsquelle (z. B. einen Laser), um die Erdoberfläche aktiv abzutasten. Damit sind sie von Lichtverhältnissen unabhängig und funktionieren bspw. auch nachts, je nach Art der verwendeten aktiven Strahlung sogar bei Wolkenbedeckung.

### **Datenverfügbarkeit und Datenzugang**

Die Datenverfügbarkeit und der Datenzugang sind sowohl für kommerzielle Satellitendaten als auch für die im Rahmen öffentlich finanzierter Missionen kostenlos zur Verfügung gestellten Daten sehr gut. Während die kommerziellen Anbieter ihre eigenen Vertriebsplattformen nutzen, werden die öffentlich zugänglichen Daten in der Regel über Online-Plattformen zur Verfügung gestellt, die nach einer Anmeldung frei nutzbar sind. Oft werden auch in die Plattformen integrierte Auswertetools zur kostenlosen Nutzung bereitgestellt oder die Einbindung in eigene Analysetools ermöglicht. Darüber hinaus besteht bei großen Internetplattformen (Google Earth/Maps oder Amazon Web Services AWS) die Möglichkeit, die oft großen Datenmengen zu speichern oder deren rechenintensive Bearbeitung auf den leistungsfähigen Systemen gegen Entgelt durchzuführen.

### **Notwendige Datenaufbereitung**

Bei der Kombination von Geodaten und Satellitendaten sowie weiteren Datenquellen besteht immer die Notwendigkeit der Datenaufbereitung und gegenseitigen Anpassung. Dabei ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass Satellitenbilddaten nur dann effektiv (automatisiert) analysiert werden können, wenn die Daten zuvor mittels diverser Schritte der Vorprozessierung aufbereitet und dadurch in gewisser Weise standardisiert wurden. Der DLR-Bericht nennt hier eine Reihe von Schritten und Verfahren, wie die Daten aneinander angeglichen werden können bzw. müssen.

Der wichtigste Schritt bei der potenziellen Verwendung von Satellitendaten für die Analyse des Gebäudebestands besteht in der Georeferenzierung der Daten. Das bedeutet, dass bestimmten Punkten aus den Satellitenaufnahmen Koordinatenwerte eines georäumlichen Koordinatensystems wie bspw. UTM zugeordnet werden müssen. Damit wird die Aufnahme einem Ort auf der Erdoberfläche möglichst genau zugewiesen.

Darüber hinaus ist es auch unbedingt erforderlich, den Aufnahmewinkel, unter dem die Aufnahmen entstanden sind, auf die Lotrechte umzurechnen (sog. Orthorektifizierung). Dabei werden Aufnahmen entzerrt und den tatsächlichen Gegebenheiten der Erdoberfläche angepasst.

Besonders für die Nutzung von Spektraldaten muss eine Korrektur der Daten für den Einfluss der Atmosphäre (Aerosole, Wasserdampf) auf das tatsächliche Emissionsvermögen der Erdoberfläche erfolgen, bevor diese Strahlungsdaten für weitere Analysen verwendet werden können. Für die

quantitative Nutzung von IR-Daten zur Ermittlung von Temperaturen ist auch die Kenntnis des spektralen (vor allem im IR-Bereich) Emissionsgrads der untersuchten Oberflächen notwendig.

Weitere Aufbereitungsschritte können je nach Datenquelle und Art der Verwendung notwendig werden, bspw. nennt der DLR-Bericht die Histogrammkorrektur (Häufigkeitsverteilung der Pixelwerte) und die Mosaikierung einzelner Aufnahmen zu einer Gesamtaufnahme.

### 6.2.3 Erarbeitete Parameter und Merkmale des Gebäudebestands

Mit der Kombination aus Geobasisdaten und Fernerkundungsaufnahmen können für Einzelgebäude neue oder verbesserte Merkmale zum Gebäudebestand bereitgestellt werden.

- **Bauvolumen und Geschoßflächenzahl:** Das Bauvolumen kann aus der Grundfläche und zusätzlichen Informationen zur Höhe der Gebäude berechnet werden. Die Höheninformationen können entweder aus einem Gebäudemodell mit dem CityGML LoD1 entnommen werden oder aus einem Digitalen Oberflächenmodell (DOM), das durch Laserscanning entsteht. Aus Gebäudehöhe, Grundfläche, durchschnittlicher Stockwerkshöhe und Grundstücksfläche kann die Geschossflächenzahl berechnet werden. Auch die Bebauungsdichte ist hier ableitbar (auch verstetigbar).
- **Gebäudenutzung:** Zur Feststellung der Gebäudenutzung werden die Bilddaten mit anderen Modellen verknüpft, bspw. mit dem CityGML – LoD1-DE. Hier verfügt jedes einzelne Haus über Attribute, über die auf die Funktion des Gebäudes geschlossen werden kann. Die im ALKIS-Objektkatalog geführten Funktionen sind bspw. Wohngebäude, Parkhäuser und öffentliche Gebäude. Auf Basis der LoD2-Daten und der Gebäudehöhe lässt sich den Unterklassen EFH/ZFH und MFH die Gebäudenutzung (Wohnheim, Seniorenheim, Forsthaus etc.) zuordnen (BBSR 2021). Daraus könnte sich im nächsten Schritt eine Aussage über die mögliche Bewohneranzahl ableiten lassen. Eine mögliche weitere Quelle für Nutzungsdaten sind auch OSM Karten, allerdings sind dort die Nutzungsklassen nicht standardisiert.
- **Dachform:** Die Dachform kann teilweise aus den Daten der Hausumringe entnommen werden. Wo dies nicht möglich ist, können auch Informationen zur Dachform aus digitalen Modellen mit LoD2 entnommen werden. Darüber hinaus wäre die Dachform auch aus dem noch höher aufgelösten digitalen Oberflächenmodell (DOM) zu gewinnen, jedoch vermutlich verbunden mit einem größeren Aufwand im Vergleich zu den Hausumringen oder dem LoD2-Modell.
- **Dachbegrünung:** Die Dachbegrünung lässt sich mit sogenannten Falschfarbeninfrarot-Luftbildern oder multispektralen Satellitenbildaufnahmen erkennen. Informationen zu Dachform und Gebäudeumriss werden den LoD2 Daten entnommen. Alternativ werden die Hausumringe benötigt, um die Dachflächen in den Luftbildaufnahmen abgrenzen zu können. Die Klassifizierung des Gründachs ist vom Vegetationssignal des Dachs abhängig, welches aus den Luftbildern berechnet wird.
- **Dachaufbauten, Solaranlagen und Solarflächenpotenzial:** Mit hochauflösenden Fernerkundungsdaten wie Luftbildern und auch Laserscan- (LiDAR) und Hyperspektraldaten besteht in begrenztem Umfang die Möglichkeit, Dachaufbauten und Solaranlagen zu identifizieren. Mit der Methode der spektralen Signatur lassen sich bereits automatisiert (aber nur lokal) Solaranlagen und ihre Ausmaße auf Dächern erkennen. Um diese Methode auf ganz Deutschland zu erweitern, kann eine KI eingesetzt werden. Als Eingangsdaten dienen hier DOP20-Luftbilder und die Hausumringe. Noch ist der Aufwand für die Erstellung eines solchen KI Modells hoch und es müssen genügend

Trainingsdaten zur Verfügung stehen. Zur Ermittlung des Solarflächenpotenzials auf Dächern werden LiDAR und hier insbesondere Airborne Laser Scanning (ALS) Daten ausgewertet. Dachflächen werden von Vegetation und anderen Gebäudeoberflächen extrahiert und hinsichtlich ihrer Neigung und Ausrichtung bewertet (BBSR 2021). Dies wird bereits als kommerzieller Service angeboten.

- **Fassadenauswertung:** Mit gängigen Fernerkundungsdaten ist die Aufnahme von Fassaden nicht möglich. Hier könnten neue Methoden wie bspw. Google Streetview oder Schrägluftbilder angewandt werden. Mit diesen Bildern kann eine trainierte KI den Fensterflächenanteil der Fassade aus den CityGML-Daten von Berlin identifizieren (Milena Mönks 2019).
- **Dachmaterial:** Um das Dachmaterial von Gebäuden zu bestimmen, wird auf eine spektrale Bibliothek mit verschiedenen Materialien zugegriffen. Da die Ermittlung dieser Materialien nur mit Hyperspektraldaten möglich ist, werden nur spezifische Gebiete abgebildet. Eine Möglichkeit um diese Methode auf ganz Deutschland zu erweitern, wären Satelliten wie EnMAP (BBSR 2021).

Parameter	Vorverarbeitungsaufwand	Entwicklungsstatus	Automatisierungsgrad
Bauvolumen	mittel	Prototypisch	automatisiert
Geschossflächenzahl	mittel	Prototypisch	teilautomatisiert
Nutzung	mittel	Prototypisch	teilautomatisiert
Dachform	gering	Prototypisch	automatisiert
Gründächer	hoch	Operationell	teilautomatisiert
Solaranlagen	hoch	Prototypisch	teilautomatisiert
Dachmaterial	hoch	Prototypisch	teilautomatisiert
Versiegelungsgrad	hoch	Operationell	automatisiert
Versiegelungseffizienz	hoch	Prototypisch	teilautomatisiert
Bebauungsdichte	mittel	Prototypisch	automatisiert

Abbildung 10: Effizienz in der Anwendbarkeit (BBSR 2021)

#### 6.2.4 Limitierungen der Methode

Das in der Studie entwickelte Datenmodell mit den in Kapitel 5.2.8 angegebenen Parametern deckt die zur Abbildung des Gebäudebereichs notwendigen Faktoren nicht vollumfänglich und in jeder Detailtiefe ab. Jedoch können aus den Fernerkundungsdaten und anhand der beschriebenen Methoden bereits einige Informationen und Aussagen über die Lage und Geometrie der Gebäude getroffen werden. Zu den Gebäudemerkmalen, den energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, der Infrastruktur des Gebäudes, der Energieausweisinformationen, der Sanierung, der Renovierung und der Inanspruchnahme von Förderungen können wenig oder keine Aussagen getroffen werden. Die Gründe hierfür liegen zum Teil in nicht oder noch nicht vorhandenen Informationen oder Auflösungen der Geodaten, aber vor allem in der Beschränkung, dass energieeffizienzrelevante Informationen nicht aus der Distanz eingesehen werden können. Im

Folgenden werden Limitierungen und aus der Sicht der Bearbeitenden denkbare Methoden zur Gewinnung zusätzlicher Informationen aus Fernerkundungsdaten aufgeführt.

### **Gebäudemerkmale**

Für die Gebäudemerkmale könnten über die in der untersuchten Studie bereits betrachteten Parameter und Merkmale hinaus zusätzliche Informationen ermittelt werden. Beispielsweise könnte eine Aussage zur Bewohneranzahl über typische Belegungsdichten der Gebäude ermittelt werden.

Die Gebäudeart hinsichtlich Einzelgebäude, Doppelhaus oder Reihenhaus ist durch Schrägluftbilder in Kombination mit Informationen über die Dachform möglicherweise festzustellen. Ob ein Gebäude beheizt oder gekühlt wird, kann möglicherweise z. B. über Flugthermografie in der entsprechenden Jahreszeit mit passendem Wetter bestimmt werden. Vom DLR wurden dazu in dem Forschungsvorhaben „Gtom – Messsystem für schnelle und genaue energetische Analysen von Gebäudehüllen für Gebäude und Quartiere“ Mess- und Analysetechniken entwickelt, die je nach angestrebter oder benötigter Detailtiefe diverse Optionen bieten, Gebäude zu erfassen (DLR 2021). Eine Weiterentwicklung dieser Techniken kann die Möglichkeit bieten, energetische Kenndaten über Gebäude zu erfassen.

Bei der Ausarbeitung der Methodik könnte die Unterscheidung zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden, aus unterschiedlichen Merkmalen (z. B. Schrägluftbilder, Anbauten, Parkplätze etc.) kombiniert, ermittelt werden. Eine Aussage über die öffentliche oder private Nutzung ist nur bedingt möglich und ist eventuell über die Größe und Gebäudehöhe abzuschätzen. Der Abgleich mit Daten von Behörden und Kommunen erlaubt dabei eine erhöhte Genauigkeit (Wohngebiete, Gewerbegebiete und Mischgebiete). Das Baujahr der Gebäude kann für weiter zurückliegende Zeiträume nur schwer ermittelt werden. Gerade für Ballungsräume ist es jedoch denkbar, Zeiträume für die Errichtung eines Gebäudes anzugeben, wenn für das entsprechende Gebiet wiederholt Luftaufnahmen in der nötigen Qualität vorliegen. Erst aus den letzten Jahren liegen Zeitreihen vor, deren Daten hochauflösend genug für eine hinreichend genaue Bestimmung sein könnten. Der Vergleich der Aufnahmen gibt Auskunft über den Neubau von Gebäuden und die Veränderungen an den Abmessungen der Gebäude. Die Anzahl der Nutzungseinheiten könnte aus einer Kombination von bestehenden Daten und Informationen zur Geometrie ermittelt oder zumindest abgeschätzt werden.

Die Nutzung, einschließlich der Kategorisierung, ob das Gebäude vermietet ist oder vom Eigentümer bewohnt wird, kann ebenso wie die Art des Eigentümers aus den Geodaten direkt nicht ermittelt werden.

### **Energetische Eigenschaften der Gebäudehülle**

Die Dachform, das Dachmaterial mit Einschränkungen, die Orientierung der Wände und Fenster sowie deren Anzahl können anhand der Geodaten gut ermittelt werden. Alle weitergehenden Aussagen zur energetischen Qualität der Bauteile, der Fenster und der Anlagentechnik sind mit Geodaten nicht möglich. Lediglich die Anwendung von Infrarot-Aufnahmen könnte mit großer Unsicherheit behaftete Aussagen über den Dämmstandard der Bauteile liefern, wobei hier bei den Dächern sehr oft hinterlüftete Konstruktionen vorliegen, die mittels Thermografie kaum einschätzbar sind. Der Einsatz satellitengestützter Infrarot-Thermografie (oder mittels Drohnen oder Flugzeugen) ist zur Abschätzung der energetischen Qualität von Verglasungen ebenfalls nur mit sehr großen

Einschränkungen nutzbar. Nach Einschätzung der Bearbeitenden ist lediglich bei Außenwandkonstruktionen ohne Hinterlüftung IR-Thermografie einigermaßen sinnvoll einsetzbar, wenn sichergestellt wird, dass Reflexionen erkannt werden, atmosphärische Einflüsse beachtet werden und hinsichtlich der Umgebungstemperaturen vorteilhafte Messbedingungen vorliegen.

Der Sonnenschutz an Gebäuden könnte, sofern er außenliegend oder von außen sichtbar ist, über Schrägluftbilder in einer Bilderkennungssoftware ermittelt werden. Hier ist eine lernende Software denkbar, bei der durch die Analyse großer Datenmengen die sichere Bestimmung eines Sonnenschutzes verbessert wird.

Der Keller und die energetische Qualität der Außenwände und der Fenster sowie die Anlagentechnik stellen bei der Informationserfassung von außen die größten Schwierigkeiten dar. Durch einen Abgleich mit dem typischen Erscheinungsbild von Konstruktionen wäre eine Abschätzung darüber möglich, um welche Art von Wandaufbau es sich handelt, und ob diese saniert sein könnte (bspw. aus der Leibungstiefe von Fenstern). Eine solche Abschätzung ist jedoch mit sehr großen Unsicherheiten bezüglich der tatsächlichen Ausführung behaftet und quantitative Aussagen (U-Wert) dürften kaum sinnvoll möglich sein.

## **Anlagentechnik**

Über die Anlagentechnik können mit Hilfe der Geodaten wenig bis keine Aussagen getroffen werden. Lediglich die satellitengestützten Analysen von Schwebeteilchen könnten zur Erkennung der Abgase der Heizanlagen eingesetzt werden. Das setzt aber voraus, dass die Heizungen in Betrieb sind, wenn die Aufnahmen gemacht werden. Über die Effizienz der Anlagen sind keine Aussagen möglich.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann eine PV- oder Solarthermieanlage auf dem Dach oder neben den Gebäuden gut identifiziert werden. Dies zeigt unter anderem das Projekt „Solarpotentialanalyse für Gebäude in der Landeshauptstadt München“ (LHM 2020). Daraus lässt sich jedoch nicht automatisch eine Aussage über die Nutzung der gewonnenen Energie im Gebäude treffen. Derzeit wird ein großer Teil des auf den Gebäuden produzierten Stroms in das Netz eingespeist. Da der Eigenverbrauch für den Betreiber jedoch wirtschaftlicher sein kann, kann sich dies in Zukunft ändern (Wirth 2022).

Darüber hinaus ist das Erkennen der im Gebäude eingesetzten Energieträger eventuell über Luftschadstoffe indirekt für bestimmte Gebiete denkbar. Sind z. B. in der Heizperiode weniger Schadstoffe in der Luft über einem bebauten Gebiet, als in einem anderen, kann daraus möglicherweise abgeleitet werden, dass die Gebäude in diesem Bereich tendenziell ohne Feuerstätte im Gebäude auskommen. Dies kann bedeuten, dass ein Fern- oder Nahwärmenetz vorhanden ist oder eine Wärmepumpe die benötigte Energie erzeugt. Für die Ermittlung dieser Informationen müssen jedoch Wetterbedingungen und andere Umgebungsparameter passend sein. Diese Bedingungen und eine mögliche Validierung solcher Informationen muss geprüft und erforscht werden. Der Wärmeerzeuger kann nur sehr schwer aus Fernerkundungsdaten ermittelt werden. Ebenso könnten für die Lüftung oder Kühlung nötige Komponenten auf oder neben dem Gebäude mit einer Bilderkennungssoftware als typisch für eine gewisse Anlagentechnik identifiziert werden. Die Dimension oder der Anteil des Gebäudes, der von diesen Anlagen gekühlt oder belüftet wird, ist daraufhin jedoch nur über die Größe abzuschätzen.

## **Infrastruktur des Gebäudes**

Die Infrastruktur der Gebäude kann nur anhand der von außen sichtbaren Kriterien beurteilt werden. Im untersuchten Bericht liegen hierzu noch keine Informationen vor, jedoch könnten beispielsweise Ladestationen für E-Mobilität durch entsprechende Bildauswertungen erkannt werden. Andererseits ist über die Fernerkundung eine Ermittlung der innenliegenden Gebäudeausstattung nicht denkbar.

## **Energieausweisinformationen**

Informationen, welche im Energieausweis dokumentiert und für diesen ermittelt werden, werden in der vorliegenden Ausarbeitung nicht adressiert. Solche Informationen sind z. B. der energetische Standard, Energieverbrauch und THG-Emissionen. Direkte THG-Emissionen am Gebäude könnten eventuell ähnlich der Untersuchung von anderen Luftschadstoffen (z. B. NO<sub>x</sub>, CO etc.) vorgenommen werden. Damit dies gebäudescharf möglich ist, ist allerdings eine sehr gute Auflösung nötig. Luftschadstoffe werden bereits mit Hilfe von Modellen ermittelt. Damit werden z. B. Emissionen entlang von Straßenzügen erfasst (BBSR 2021).

## **Details zu Sanierung**

Über die Details zu den Gebäudeeigenschaften und Merkmalen in Verbindung mit der Sanierung wird in der Methodik der Studie keine Aussage getroffen. Planungsbezogene Informationen wie der iSPF, die Art der Dämmung, die Dicke der Dämmung, die Umsetzung der Maßnahmen und die Anlagentechnik können mit den Fernerkundungsdaten nur sehr eingeschränkt oder gar nicht ermittelt werden.

## **Renovierung ohne energetische Maßnahmen**

Auch Renovierungen ohne energetische Maßnahmen sind aus den Fernerkundungsdaten ähnlich schwer zu erfassen wie die Details zur Sanierung. Denkbar wäre jedoch eine Untersuchung von Änderungen an Anstrichen oder an der Dacheindeckung. Dabei besteht jedoch auch die Schwierigkeit, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass z. B. bei einem neuen Anstrich nicht auch die energetische Qualität der Außenwand verändert worden ist.

## **Inanspruchnahme von Förderungen**

Ob und in welchem Umfang ein Gebäudeeigentümer eine Förderung in Anspruch genommen hat oder nehmen wird, kann aus den Daten der Fernerkundung nicht entnommen werden. Hier müssen Umfragen oder Datenbanken der Fördergeber verwendet werden. Eine solche Zuordnung von Objekten wäre nur über den Adressabgleich von Förderanträgen und das Einbeziehen von Katasterdaten möglich.

## **Fazit**

Die Begrenzungen des existierenden Datenmodells in der Studie des DLR liegen einerseits an einer noch nicht vollständigen Erarbeitung aller Optionen und andererseits an aus heutiger Sicht nicht überwindbaren Grenzen der Fernerkundung. Die Gebäudehülle und ihr Aufbau und auch alle innenliegenden Bauteile und anlagentechnischen Komponenten des Gebäudes bleiben für die Fernerkundung nicht einsehbar. Ebenso sind zusätzliche Informationen wie z. B. die

Inanspruchnahme von Förderungen nur durch die Kombination von Adressdaten aus der Förderung und Liegenschaftskatasterdaten bzw. ergänzenden Umfragen möglich. Allein mit den Methoden der Fernerkundung ist hier keine Aussage möglich.

Der Aufwand für das Aufnehmen der Daten und die regelmäßige Aktualisierung ist je nach nötiger Auflösung oder Art der Daten stark unterschiedlich. Allgemein gilt, je höher die Auflösung sein muss, desto größer ist auch der Aufwand für die Gewinnung der flächendeckenden Fernerkundungsdaten und deren Aktualisierung. Eine hohe Auflösung ist jedoch nötig, um gebäudespezifische Aussagen treffen zu können. Allerdings variiert die Genauigkeit und verfügbare Datentiefe je nach Art der Daten.

Einige Daten (z. B. Gebäudeanzahl) können in einer hohen Genauigkeit angegeben werden. Andere Daten hingegen (z. B. Dachmaterialien oder Bauteilflächen) können nur mit einer deutlich größeren Unsicherheit ermittelt werden.

Ein weiterer bedeutsamer Faktor sind jedoch auch hier die Datenkosten von kommerziellen Satellitendaten – so würde eine komplette Abdeckung von Deutschland mit Archivaufnahmen des Satelliten WorldView-3 in 30 cm Auflösung mit Kosten im einstelligen Millionenbereich (Euro) verbunden sein. Eine komplette Neuerhebung mit aktuellen Satellitendaten wäre mit nochmals deutlich erhöhten Kosten verbunden. Im Kontext flächendeckender Kartierungen ist es demnach wichtig, zu überprüfen, ob kommerzielle Daten mit einem hohen räumlichen Detaillierungsgrad notwendig sind, oder ob die Aufgabe auch mit Systemen geringerer Auflösung durchgeführt werden kann, um die immensen Kosten einer Datenbeschaffung zu minimieren.

### **6.2.5 Vor- und Nachteile in Stichpunkten**

Zusammenfassend bieten die Fernerkundungsdaten folgende Vorteile:

- Verfahren ist flächendeckend anwendbar und kann gleichzeitig Daten einzelner Gebäude liefern
- Gebäudeanzahl ist sehr gut und mit hoher Qualität abschätzbar
- Gebäudeumringe können in sehr hoher Qualität ermittelt werden
- Dächer und Dachformen können gut erkannt werden
- PV und Solarthermie können automatisiert mit einigem Aufwand ermittelt werden
- Leicht zu verstetigen, vorhandene Methoden können genutzt werden.
- Potential zur Weiterentwicklung mit der Erfassung zusätzlicher Daten (z. B. Google Street View) und der Entwicklung neuer Technologien (Messsensoren, Verbesserung der Qualität der Satellitenaufnahmen etc.)
- Wenn die Daten in der ausreichenden Tiefe vorliegen, können die Informationen als sehr zuverlässig angesehen werden. Sie basieren auf der aktuellen derzeitigen Situation. Somit sind die Daten als Grundlage für politische Entscheidungen geeignet, wenn die Entscheidung diese detailliert vorliegenden Daten betrifft. Eine Unsicherheit kommt durch die in den Methoden getroffenen Annahmen hinzu.
- Die Rechtsgrundlagen für die Verwendung sind im Datenmodell des DLR behandelt und sind gegeben, und es bedarf keiner Anpassung. Bei der Nutzung weiterer Methoden muss dies geprüft werden.

Die Nachteile der Fernerkundungsdaten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei weitem nicht alle Kriterien für die Abbildung des Gebäudebestands sind erfüllt
- Kaum Aussagen zu den Bauteilen und deren Qualität möglich
- Keine Aussagen zu den anlagentechnischen Komponenten möglich (außer Solarthermie und PV Anlagen)
- Keine Aussagen zur Effizienz von Anlagen möglich
- Derzeit keine Aussagen zum Energieträger möglich
- Es sind weitere Erkenntnisse aus den Daten der Fernerkundung möglich, hierfür müssen jedoch noch Methoden zur Ermittlung entwickelt bzw. weiterentwickelt werden.

### 6.3 Datenschutzrechtliche Erwägungen

Nachfolgend stellen wir zu beiden vertieft dargestellten Methoden datenschutzrechtliche Erwägungen an. Wie bereits im Rahmen des AP1 festgestellt, dürften beide Methoden datenschutzrechtlich grundsätzlich zulässig sein. Insbesondere dürfte die Verarbeitung der personenbezogenen Daten auf Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G gestützt werden können. Insoweit wird allerdings erneut darauf hingewiesen, dass eine Konkretisierung der datenschutzrechtlichen Berechtigungsgrundlage durch den Gesetzgeber wünschenswert wäre. Alternativ bzw. dort wo die Verarbeitung personenbezogener Daten nicht mehr erforderlich i.S.d. Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG ist, kann eine Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO zur Grundlage der Verarbeitung gemacht werden.

#### 6.3.1 Pseudonymisierung bzw. Tiefe des Personenbezugs

Aus Art. 25 Abs. 1, 32 DS-GVO ergibt sich die Pflicht des Verantwortlichen, geeignete sog. technische und organisatorische Maßnahmen zu ergreifen, um ein dem Risiko angemessenes Schutzniveau für die Verarbeitung personenbezogener Daten zu gewährleisten. Konkret schreibt Art. 25 Abs. 1 DS-GVO vor, dass

*„der Verantwortliche [...] geeignete technische und organisatorische Maßnahmen – wie z. B. Pseudonymisierung – [trifft], die dafür ausgelegt sind, die Datenschutzgrundsätze wie etwa Datenminimierung wirksam umzusetzen und die notwendigen Garantien in die Verarbeitung aufzunehmen, um den Anforderungen dieser Verordnung zu genügen und die Rechte der betroffenen Personen zu schützen.“*

Daraus, dass der Ordnungsgeber an dieser Stelle die Pseudonymisierung als eine „Verringerung“ des Personenbezugs als risikominimierende Maßnahme besonders hervorhebt, lässt sich im Umkehrschluss ableiten, dass die Verarbeitung personenbezogener Daten aus Sicht des Ordnungsgebers umso riskanter wird, je konkreter Daten auf natürliche Personen bezogen werden können. Wie bereits weiter oben ausgeführt, sollten zwar auf die im Rahmen der Studie dargestellten Methoden grundsätzlich die rechtlichen Vorgaben zum Schutz personenbezogener Daten angewendet werden, da ein Personenbezug im Einzelfall häufig nicht ausgeschlossen werden kann. Dennoch dürften die erhobenen Daten nicht immer auf natürliche Personen zurückführbar sein und damit gar nicht erst in den Anwendungsbereich der datenschutzrechtlichen Vorgaben fallen. Dies gilt unserem Verständnis nach insbesondere für die im Rahmen der Fernerkundung erhobenen Daten, da hier die

erfassten Datensätze - anders als im Rahmen der Methode ENOB:dataNWG - nicht mit Informationen zu möglichen Eigentümerinnen oder Eigentümer ergänzt werden. Wie dargestellt, sollten diese Daten trotzdem grundsätzlich wie personenbezogene Daten behandelt werden, allerdings sehen die Bearbeitenden bei im Rahmen der Fernerkundung erhobenen Daten jedenfalls eine potenziell deutlich geringere Tiefe des Personenbezugs. Insofern gehen die Bearbeitenden zwar davon aus, dass die Daten grundsätzlich auf eine identifizierbare Person beziehbar sein dürften, allerdings sind diese Daten anders als die im Rahmen der Methode ENOB:dataNWG erhobenen Daten regelmäßig nicht auf eine bereits identifizierte Person beziehbar. Damit dürften die Daten aus der Fernerkundung ohne Ergänzung weitergehender Informationen mitunter sogar als pseudonyme Daten verstanden werden. Vor dem Hintergrund der oben dargestellten Wertung des Ordnungsgebers dürfte sich daraus ein geringeres Risiko für die Rechte und Freiheiten der betroffenen Personen ergeben, sodass der datenschutzrechtliche Eingriff bei der Methode „Fernerkundungsdaten“ grundsätzlich geringer wiegt und damit unter diesem Gesichtspunkt vorzugswürdig erscheint.

### 6.3.2 Informationspflichten

Daneben sind Verantwortliche nach Art. 13, 14 DS-GVO regelmäßig verpflichtet, betroffene Personen über die Verarbeitung personenbezogener Daten zu informieren. Dies gilt sowohl für personenbezogene Daten, die bei der betroffenen Person erhoben wurden (Art. 13 DS-GVO), als auch für personenbezogene Daten, die nicht bei der betroffenen Person erhoben wurden (Art. 14 DS-GVO). Bei der direkten Erhebung sind die entsprechenden Informationen im Zeitpunkt der Erhebung der personenbezogenen Daten zu erteilen. Im Falle der indirekten Erhebung hat die Information innerhalb einer angemessenen Frist nach Erlangung der personenbezogenen Daten, längstens jedoch innerhalb eines Monats, zu erfolgen. Bei der Methode ENOB:dataNWG kann die Information nach Art. 13, 14 DS-GVO relativ unkompliziert im Rahmen der Kontaktaufnahme erfolgen. Schwieriger gestaltet sich die Erfüllung der Informationspflicht bei den Fernerkundungsdaten. Wie bereits oben dargestellt sind die betroffenen Personen mitunter nicht bekannt bzw. können nur mit weiterem Aufwand identifiziert werden, um den Informationspflichten nachzukommen. Daher könnte im Rahmen der Fernerkundung nach Art. 14 Abs. 5 lit. b) DS-GVO auf eine entsprechende Information verzichtet werden. Danach findet die Informationspflicht keine Anwendung, wenn

*„die Erteilung dieser Informationen sich als unmöglich erweist oder einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordern würde.“*

Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Ermittlung der betroffenen Person wie oben dargestellt eine Erhöhung der Risiken für die Rechte und Freiheiten der betroffenen Person zur Folge haben dürfte und damit dem Sinn und Zweck der DS-GVO zuwiderlaufen könnte. Die Vertiefung des Personenbezugs bzw. unter Umständen sogar die Herstellung des Personenbezugs durch Identifikation der betroffenen Person dürfte die Ziele der datenschutzrechtlichen Vorgaben konterkarieren, selbst wenn dies der Erfüllung datenschutzrechtlicher Pflichten dient. Damit würden schließlich die Schutzmaßnahmen ins Gegenteil verkehrt. Ob von einer Erfüllung der Informationspflichten abgesehen werden kann, wäre im Einzelfall zu prüfen. Aus diesem Grund erscheint die Methode ENOB:dataNWG unter dem Gesichtspunkt Informationspflicht vorzugswürdig. Dennoch besteht das Risiko, dass eine etwaig mit der Sache befasste Aufsichtsbehörde oder ein Gericht zu einer anderen Auffassung gelangen könnte.

### 6.3.3 Praktische Erwägungen

Soweit personenbezogene Daten durch Telefonanrufe erhoben und Telefonnummern von Betroffenen im Rahmen der Methode ENOB:dataNWG genutzt werden sollen, ist die Berechtigungsgrundlage und damit für den vorliegenden Fall insbesondere die Erforderlichkeit der Verarbeitung besonders kritisch zu prüfen, da es sich hierbei um einen erheblichen Eingriff in das Recht auf Privatsphäre der Betroffenen handeln dürfte. Daher besteht ein erhöhtes rechtliches Risiko, dass das Durchführen von Telefonanrufen nicht mehr erforderlich im Sinne des Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG zur Erreichung der Ziele des § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G sein könnte. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass telefonische Kontaktaufnahmen regelmäßig als besonders störend empfunden werden und daher insoweit eine erhöhte Bereitschaft bestehen dürfte, diese gegenüber den zuständigen Aufsichtsbehörden anzuzeigen. Vor diesem Hintergrund sehen wir ein datenschutzrechtlich höheres Risiko bei der Methode ENOB:dataNWG.

## 7 AP3: Empfehlung eines methodischen Ansatzes zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich

### 7.1 Empfehlung eines methodischen Ansatzes

Die Untersuchungen im Arbeitspaket 1 und 2 haben gezeigt, dass sowohl die Methode ENOB:dataNWG als auch die Methode der Fernerkundung in der Lage sind, zu einer Verbesserung der Datengrundlage des Gebäudebestandes beizutragen. Zudem werden bzw. wurden beide Methoden in Deutschland bereits angewandt und können im Hinblick einer Verstetigung neu aufgesetzt bzw. fortgeführt werden.

Da jedoch die allgemeine Struktur des Gebäudebestands (Anzahl, Fläche, Volumina etc.) als zufriedenstellend angesehen werden kann, liegt der Schwerpunkt dieser Studie auf der Verbesserung der Datenlage zum **energetischen** Gebäudezustand. Hier zeigt sich, dass derzeit nur wenige Aussagen mithilfe der Fernerkundungsdaten möglich sind (vgl. Kapitel 6.2). Aufgrund der zahlreichen Auswertungsmöglichkeiten zum Stand und Dynamik der energetischen Modernisierung von Gebäudehüllen und haustechnischen Anlagen der Methode ENOB:dataNWG (vgl. Kapitel 6.1), erscheint den Bearbeitenden diese Methode zur Verbesserung der Datenlage derzeit eher geeignet. Ohne eine sinnvolle Ergänzung durch Befragungen o. Ä. lassen sich bei der Methode der Fernerkundung derzeit keine zufriedenstellenden Aussagen zum energetischen Gebäudezustand treffen (Hierfür ist die Kombination der beiden untersuchten Methoden des AP2 („Fernerkundung“ und „ENOB:DataNWG“ denkbar). Somit ist die Methode der Fernerkundung in ihrer aktuellen Form nicht zielführend.<sup>19</sup> Aus diesem Grund wird im nachfolgenden Kapitel v.a. die Methode ENOB:dataNWG auf ihre Grenzen und Optimierungspotenziale untersucht. Die Methode Fernerkundung wird dabei punktuell ebenfalls betrachtet, wenn sich daraus für die Kombination mit der Methode ENOB:dataNWG Anknüpfungspunkte ergeben, für die die Fernerkundung wertvolle Informationen ergänzen kann, oder den Aufwand des Gebäudescreenings in ENOB:dataNWG reduzieren könnte.

### 7.2 Grenzen der Methode und Optimierungsmöglichkeiten

Die erste Durchführung von ENOB:dataNWG hatte eine Projektlaufzeit von ca. 5 Jahren. Ein ähnlich langes Aktualisierungsintervall für eine Verstetigung der Daten ist als Grundlage für politische Entscheidungen nicht zielführend. Optimierungsmöglichkeiten sollten daher primär auf eine Reduktion der Projektlaufzeit und damit auf kürzere Aktualisierungsintervalle abzielen. Die in der ersten Projektdurchführung vorgenommenen konzeptionellen und methodischen Vorarbeiten sind nun nicht mehr erforderlich, sodass sich bei einer erneuten Durchführung die Projektlaufzeit verringert. Zum anderen sind die Phasen des Screenings und die Merkmalaufnahme in den Befragungen mit einem

---

<sup>19</sup> Zukünftig könnte die Aussagekraft der Fernerkundung im Kontext der energetischen Merkmale deutlich zunehmen, z. B. durch die Detektion von aktiven Schornsteinen nach Schwebeteilchen und Gasen und außen liegenden Wärmepumpen, PV Anlagen und thermischen Solarkollektoren; ggf. auch durch die Kombination mit automatischen Bilderkennungsverfahren.

hohen individuellen Aufwand pro Untersuchungsobjekt verbunden. Ideal wäre es daher, wenn einzelne Phasen nicht bei jeder Aktualisierung zwingend durchzuführen sind.

### 7.2.1 Ideale Auswahlgrundlage

Die Notwendigkeit des Screenings ergibt sich daraus, dass keine ideale Auswahlgrundlage im statistischen Sinne vorlag. Weder jedem Hausumring ist sicher exakt ein NWG zugeordnet, noch liegen Gebäudemerkmale wie Gebäudekategorie und Kontaktdaten der Eigentümer vor. Sollten diese Daten mittel- bis langfristig vorliegen, z. B. in einem Gebäuderegister, könnte auf die Phase des Screenings komplett verzichtet werden. Eine ideale Auswahlgrundlage zeigt Tabelle 8.

**Tabelle 8: Beispielhafter Aufbau einer idealen Auswahlgrundlage für die das Screening unterbleiben könnte (nach IWU 2019e)**

Gebäudeanschrift	Gebäudemerkmale	Ansprechpartner
Musterweg 12, 12345 Max-Muster-Mann-Stadt	Bürogebäude, Baujahr 1985, Nettoraumfläche 1.000 m <sup>2</sup>	Muster AG, Tel.: 0123/456

Durch das Vorhandensein eines solchen Registers läge die Grundgesamtheit der relevanten Gebäude vor. D. h. die Phase der Geodatenanalyse und die Hochrechnung einer Anzahl an Gebäuden könnte entfallen. Die vorhandenen Merkmale und die Kontaktinformationen liefern dabei Informationen, die aktuell im Screening erhoben werden müssen. Mit einer solchen, für das Projekt idealisierten Auswahlgrundlage, könnte man daher nach Stichprobenziehung direkt mit der Breitenbefragung starten. Die Phasen der Geodatenanalyse und des Screenings würden entfallen, was zu Kostenreduktion und einer verkürzten Projektlaufzeit führen wird. Durch die Bekanntheit der Grundgesamtheit würde sich auch die statistische Genauigkeit erhöhen.

Auch Fernerkundungsmethoden könnten hier alternativ zu einem möglichen Gebäuderegister eingesetzt werden. Über die Hauskoordinaten ist die genaue Lage und die Anzahl der Gebäude bekannt und über die Hausumringe, zusammen mit den 3D-Gebäudemodellen und einem Parameter der tatsächlichen Nutzung könnten alle Gebäude in Gruppen und Größen kategorisiert werden. Damit wäre die Grundgesamtheit aller Wohn- und Nichtwohngebäude ebenfalls bekannt und es könnten repräsentative Stichproben an Gebäuden oder Gebäudegruppen sehr einfach erzeugt werden. Derzeit ist der Parameter der tatsächlichen Nutzung noch nicht überall in hoher Genauigkeit verfügbar, das könnte zukünftig jedoch durch weitere Möglichkeiten aus der Fernerkundung ergänzt werden, beispielsweise über Schrägluftbilder oder Aufnahmen von Straßenzügen (z. B. Google Streetview). Kang et.al beschreiben in einem Beitrag die Kombination von Hauskoordinaten und der automatischen Ermittlung der Nutzung aus Fotodaten zum Erstellen einer flächendeckenden Karte zur Klassifizierung der Gebäudekategorie (Kang et al. 2018). Dabei wird ein Convolutional Neural Network, in Deutsch etwa ein „faltendes neuronales Netzwerk“ verwendet. Das ist ein künstliches neuronales Netz, ein von biologischen Prozessen inspiriertes Konzept im Bereich des maschinellen Lernens. Der Prozess dabei basiert auf der Auswertung der Geodaten der Gebäude und georeferenzierten Gebäudeaufnahmen. Daraus werden mithilfe des neuronalen Netzes Ausreißer identifiziert und die Gebäude einer Klassifikation unterzogen, die dann wiederum in der Gebäudekarte darstellbar ist. Die nachfolgende Grafik ist dem o. g. Artikel entnommen und zeigt das Verfahren.

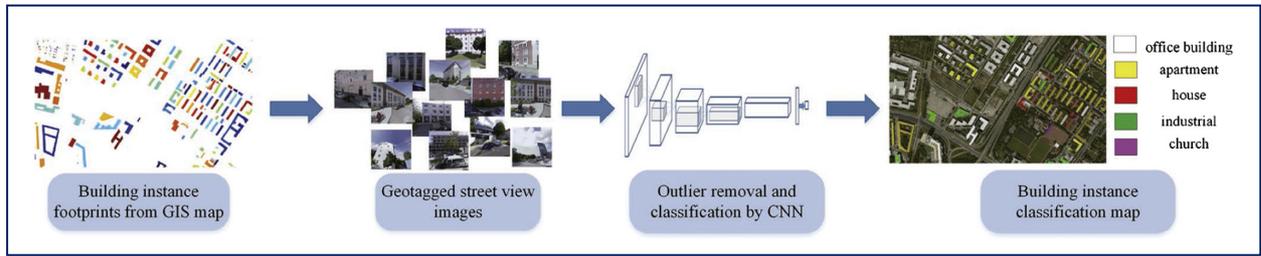


Abbildung 17: Ablauf der Klassifizierung der Gebäude mittels eines neuronalen Netzes (Kang et al. 2018).

Hoffmann et.al beschreiben in ihrem Beitrag einen ähnlichen Ansatz der Verwendung von typischen Bildern als Trainingsszenarien für ein selbstlernendes Modell zur Bestimmung des Gebäudetyps aus Luftbildern in der Kombination mit Streetview-Daten (Hoffmann et al. 2019). Beide Ansätze könnten in einem Anschlussprojekt darauf untersucht werden, ob und wie sich diese in den Screening-Teil des ENOB:dataNWG integrieren lassen bzw. diesen ersetzen können.

### 7.2.2 Aktualisierungsintervall

Die Projektlaufzeit von ENOB:dataNWG beträgt in etwa 5 Jahre. Bei Abzug der konzeptionellen und methodischen Arbeiten kann jedoch von einem kürzeren Aktualisierungsintervall ausgegangen werden. Solange keine ideale Auswahlgrundlage in Form eines Gebäuderegisters vorhanden ist, sind Möglichkeiten der Mehrfachnutzung eines Screenings zu prüfen. So ist es vorstellbar, Befragungen auf Grundlage einer Stichprobenziehung (Screening) mit Abstand von einigen Jahren mehrfach durchzuführen. Das Fortschreiben und Aufzeigen der Entwicklung der energetischen Merkmale wäre damit möglich. Denkbar wäre, die Befragungen in einem Aktualisierungsintervall von ca. 2 Jahren durchzuführen. Dabei würde man die Auswahlgrundlage aus dem ersten Screening solange beibehalten, bis sich der Neubaubestand auf Grundlage der amtlichen Zahlen zum Neubau und Abriss um einen zuvor festgelegten Faktor verändert hat (Zur Veränderung des ursprünglichen Screening-

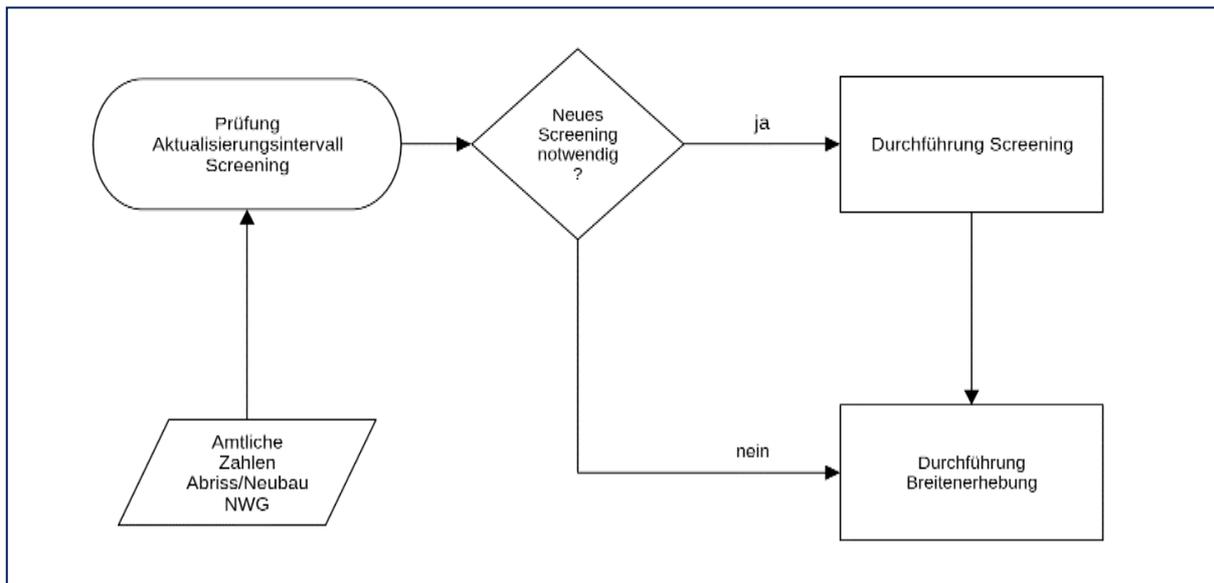


Abbildung 18: Ablaufschema zur Prüfung des Screeningintervalls (eigene Darstellung)

Pools<sup>20</sup> gehören Neubau, Abriss, aber auch Eigentümerwechsel). Die Abbildung 18 zeigt dieses Vorgehen beispielhaft.

Alternativ könnte hier auch eine Überprüfung von Änderungen an den näher untersuchten Gebäuden mittels eines angepassten Modells der Fernerkundungsdaten automatisiert erfolgen. Denkbar sind verschiedene Entscheidungskriterien, etwa die Nutzung, Veränderungen an den Abmessungen oder dem Erscheinungsbild. Diese könnten wiederum als Auslöser für tiefergehende Analysen, z. B. für Befragungen verwendet werden.

### 7.2.3 Übertragbarkeit auf Wohngebäude

Der Vergleich der beiden Projekte ENOB:dataNWG und Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 zeigt, dass beide Methoden nicht nur eine ähnliche Erhebungsstruktur der energetischen Merkmale aufweisen, sondern auch großenteils identisch ableitbare Indikatoren enthalten (vgl. Kapitel Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016). Die bestehenden Unterschiede, wie beispielsweise schriftlich-postalische Befragung bei der Datenerhebung von 2016 und telefonische Befragungen bei der ENOB:dataNWG, sind für die Durchführung der beiden Methoden und deren Erkenntnisgewinne nicht wesentlich. Das Adressmittlungsverfahren der Datenerhebung 2016 kann im Vergleich zum Screening des ENOB:dataNWG als weniger aufwändig betrachtet werden. Dies liegt darin begründet, dass die Adressen bereits in den Datenbanken der Grundsteuerstellen vorhanden sind und nicht erst durch ein Screeningverfahren erhoben werden müssen. Allerdings beruht die Übernahme der Adressermittlung ähnlich wie bei den Befragungen auf Freiwilligkeit und birgt somit ein gewisses Risiko. Die wenigen abweichenden Indikatoren der beiden Methoden können durch Anpassungen am Fragebogen ausgeglichen werden. Aufgrund der hohen Übereinstimmung, die die Breitenerhebung der Methode ENOB:dataNWG gegenüber der Methode Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 aufweist, und aufgrund der Tatsache, dass beide Methoden bereits erfolgreich angewandt wurden, lässt sich mit hoher Sicherheit sagen, dass sich die Methode ENOB:dataNWG auch auf Wohngebäude übertragen lässt.

### 7.2.4 Vorteile gegenüber einer Energieausweisdatenbank

Die Methodik einer stichprobenbasierten Befragung kann mittel- bis langfristig auch bei einer möglichen Einführung einer digitalen Energieausweisdatenbank weiterhin einen relevanten Beitrag zur Verbesserung der Datenlage des Gebäudebestands liefern. Da in Deutschland aktuell nicht für jedes Gebäude ein Energieausweis vorliegt, kann durch eine Auswertung dieser Gebäude nicht der Gesamtbestand erfasst werden. Auch liegt die Gültigkeitsdauer bei 10 Jahren, sodass Sanierungstätigkeiten nicht zwangsläufig von Energieausweisen erfasst werden. Hier liegt ein Vorteil bei Befragungen, welche in einem kurzen Intervall durchgeführt werden können.

Wie bereits im Kapitel 7.2.2 erläutert, könnten die für eine tiefere Datenerhebung mittels Befragungen ausgewählten Gebäude mit einem entsprechend angepassten Fernerkundungsmodell hinsichtlich äußerer Veränderungen beobachtet werden, was das Befragungsintervall wiederum etwas verlängern

---

<sup>20</sup> Ebenfalls interessant in diesem Zusammenhang ist die Überlegung, einen Pool an Gebäuden für mehrere Screening-Phasen (beispielsweise alle 5 Jahre) zu verwenden und nicht nur für die Befragungen der Breiten- und Tiefenerhebung. Dies könnte den Vorteil haben, die Dynamik des Sanierungsgeschehens besser abzubilden. Der Nachteil hingegen wäre eine schrumpfende Stichprobe in Höhe der Abrissrate im jeweiligen Pool der Gebäude.

könnte. Jedoch werden durch Fernerkundungen Änderungen an den Anlagen innerhalb der Gebäude nicht erkannt. Lediglich bei anlagentechnischen Komponenten, die außerhalb der Gebäude aufgestellt werden (Wärmetauscher von Wärmepumpen und Klimaanlage, PV-Module oder Solarthermiekollektoren), könnten Fernerkundungsmethoden ebenfalls zur Identifikation eines erneuten Befragungsbedarfs beitragen.

### 7.2.5 Skizzierung der Umsetzungsschritte

Im Vorfeld der Umsetzung ist es wichtig, die benötigten Indikatoren festzulegen. Gerade Befragungen oder Erhebungen könnten der Schlussfolgerung erliegen, dass der Fragebogen jederzeit um beliebige Indikatoren erweitert werden kann. Dies ist aber unbedingt zu vermeiden, da Änderungen immer eine Erhöhung der Nonresponse-Quote auslösen können (vgl. 5.2.9). Durch eine Festlegung im Vorfeld, kann das Fragebogendesign angepasst werden, um Nonresponse zu reduzieren. Ein weiterer Aspekt ist die Reduktion der Fragen auf die wesentlichen Indikatoren, sodass die Befragten nicht aufgrund des großen Fragebogen-Umfangs eine Teilnahme ablehnen und direkt eine freiwillige Teilnahme verneinen.

Nach Klärung und Festlegung der zu erhebenden Indikatoren muss eine Prüfung der Notwendigkeit eines Screenings erfolgen. Eine Prüfung im Sinne einer Weiterentwicklung kann dabei nach dem Schema in Abbildung 18 erfolgen. Sollte ein Screening nicht notwendig sein, weil auf die aufbereiteten Daten einer vorherigen Erhebung zurückgegriffen werden kann, reduziert sich der Personalaufwand und die Erhebungslaufzeit erheblich. Sollte eine Durchführung notwendig sein, so ist diese analog zur ersten Durchführung im ENOB:dataNWG durchzuführen. Die Durchführung muss stets unter der Prämisse erfolgen, dass sich die Auswahlgrundlage nicht z. B. durch die Einführung eines Gebäuderegisters verbessert hat und ein Screening damit nicht mehr notwendig ist (vgl. Tabelle 8).

Nach der Durchführung des Screenings kann die Breitenerhebung d. h. die Befragung, der Eigentümerinnen und Eigentümer beginnen. Um das Risiko einer geringen Response-Quote aufgrund der Freiwilligkeit der Befragung zu reduzieren, ist zu prüfen, ob hier eine Verpflichtung<sup>21</sup> eingeführt werden kann. Alternativ kann zur Steigerung der Teilnahmebereitschaft über eine Aufwandsentschädigung nachgedacht werden. In diesem Zusammenhang ist jedoch stets zu überprüfen, inwieweit eine Verpflichtung oder ein Entgelt die Qualität der Befragung im Vergleich zur freiwilligen Befragung beeinflusst.

Im Kontext der Verbesserung der Datenlage im Gebäudebereich liefert die Tiefenerhebung bei der ersten Durchführung von ENOB:dataNWG, bedingt durch die niedrige Teilnahme an den Vorort-Befragungen, keinen repräsentativen Mehrwert. Die repräsentativen Auswertungen beziehen sich nur auf die telefonischen und Online-Befragungen in der Breitenerhebung, bei denen deutlich mehr auswertbare Interviews vorlagen. Das heißt in diesem Kontext kann über eine Durchführung der Methode ohne die Phase der Tiefenerhebung nachgedacht werden.<sup>22</sup> Dies würde den Personalaufwand durch die Befragungen vor Ort reduzieren und die Projektlaufzeit um eine Phase verkürzen. Alternativ ist zu prüfen, ob durch die oben genannten Maßnahmen (Entgelt oder

<sup>21</sup> im Rahmen dieser Untersuchung ist die rechtliche Prüfung auf den Datenschutz begrenzt, sodass hier keine rechtliche Einschätzung zu dem Aspekt erfolgen kann.

<sup>22</sup> Die umfasst keine Bewertung des Forschungsfelds des Verbrauchs-/ Bedarfsabgleich, ein Ergebnis der Tiefenerhebung im ENOB.dataNWG

Verpflichtung) eine Erhöhung der auswertbaren Interviews möglich ist und dadurch eine repräsentative Auswertung möglich wird.

### 7.2.6 Ausblick auf Kombinierbarkeit mit Methoden der Fernerkundungsdaten

Für die Methode ENOB:dataNWG wurde ein umfangreiches Screening der Nichtwohngebäude durchgeführt, um die für die weitere Befragung maßgeblichen Gebäude zu identifizieren. Hier könnte durch eine vorgeschaltete Analyse des gesamten Gebäudebestands mittels Fernerkundungsverfahren zukünftig schneller und zielgerichteter eine Stichprobe von Gebäuden bestimmter Merkmale herausgesucht werden, die dann in der weiteren Befragung genauer untersucht würde. Denkbar ist die automatisierte Stichprobenszusammenstellung nach Gebäudehöhe, Größe oder Nutzung; beispielsweise eine Stichprobe aller Wohngebäude mit Flachdach zwischen 400 und 800 m<sup>2</sup> Nutzfläche. Auch eine sehr verlässliche Anzahl zu den Gebäuden mit bestimmten Merkmalen ließe sich mittels der auf Fernerkundung basierenden Modelle generieren.

Dabei liegen die Stärken der Fernerkundung auch im beobachtenden Charakter, womit Änderungen am einmal identifizierten Stichprobenumfang möglicherweise automatisiert erkannt werden könnten, bspw. aus von außen sichtbaren Änderungen am Gebäude, bspw. nach Umbauten, Anstrichen, Erweiterungen etc. Dies könnte wiederum eine erneute tiefgehende Befragung zur Aktualisierung des Gebäudedatensatzes auslösen. Auch die Kombination mit den Katasterdaten und den im Grundbuch eingetragenen Eigentümerinnen und Eigentümern könnte bei Änderungen zu einer erneuten Befragung Anlass geben.

Im DLR Forschungsbericht zu den Fernerkundungsdaten wird bereits die Nutzung dieser Daten für das Screening der Nichtwohngebäude beschrieben. Das kann problemlos auf Wohngebäude erweitert werden. Die Zeit für die Erstellung der Rechenmodelle für die automatisierte Auswertung darf dabei jedoch nicht unterschätzt werden. Wenn ein solches Modell einmal aufgestellt ist, kann es für ein wiederkehrendes Monitoring des Gebäudebestands auf einfache Art und Weise eingesetzt werden. Die in Kapitel 7.2.1 beschriebenen Möglichkeiten der Zuordnung eines Gebäudetyps, bzw. einer Nutzung zu den Geodaten (Geländemodell, Hauskoordinaten und zugehörige Adresse, Hausumringe, 3D-Gebäudedaten) können perspektivisch noch durch die automatisierte Auswertung von Streetview-Daten ergänzt werden. Beispielsweise wurden im folgenden Beispiel die Fensterflächen von Gebäuden im Zuge einer Tunnelbaustelle ermittelt, um die Stabilität der über dem Tunnel befindlichen Gebäude zu bewerten (Neuhausen et al. 2018). Zukünftig könnten mit besseren Trainingsdaten die neuronalen Netze (deep learning) noch bessere Ergebnisse bei der Identifizierung von Gebäudemerkmalen (bspw. typischen Merkmalen bestimmter Epochen) erzielen. In einer Masterarbeit der Uni Weimar wurden Deep Learning Methoden zur Bestimmung des Gebäudealters eingesetzt (Benz 2021). Zahlreiche Veröffentlichungen finden sich auch zur automatisierten Erkennung von Bauschäden (Rissen) an Gebäuden oder zur Feststellung von Schäden nach Erdbeben oder Kriegsereignissen (Yadhunath et al. 2022; Singh et al. 2019). Ein Folgeprojekt könnte die Möglichkeiten untersuchen, die sich aus einer Kombination der automatischen Bildanalyse (Nutzung, Schäden, Fenster, Gebäudealter etc.) mit den Geodaten und den Fernerkundungsdaten ergeben. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die hier vorgestellten Methoden allesamt noch nicht vollständig einsatzbereit sind und daher im Sinne einer schnellen Datenermittlung die ENOB:dataNWG Methodik vorzuziehen ist. Zukünftig könnte diese jedoch durch die hier vorgestellten Ansätze vereinfacht und teilweise abgelöst werden.

## **7.3 Abschließende datenschutzrechtliche Empfehlungen und Hinweise**

An dieser Stelle werden einige datenschutzrechtliche Empfehlungen und Hinweise gegeben, die dazu dienen sollen, die Verarbeitung personenbezogener Daten im Zusammenhang mit der im AP3 dargestellten Empfehlung datenschutzrechtlich abzusichern.

### **7.3.1 Konkretisierung der Berechtigungsgrundlage**

Wie bereits im Rahmen des AP1 festgestellt, dürfte die Verarbeitung der personenbezogenen Daten grundsätzlich auf Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G gestützt werden können, wobei der Wortlaut des § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G nicht so präzise ist, wie es für eine datenschutzrechtliche Berechtigung wünschenswert wäre. Wir empfehlen daher, die Regelungen im EDL-G zu präzisieren oder in anderen rechtlichen Vorgaben eine präzisere Vorschrift entsprechend zu ergänzen. Hierfür böte sich zum Beispiel die Novellierung des GEG im Rahmen des Frühjahrspakets an. Durch die Präzisierung dürfte auch die Prüfung der Erforderlichkeit der Verarbeitung erleichtert werden, da eine konkretere Rechtsgrundlage stets auch eine genauere Abgrenzung ermöglicht, welche Verarbeitungen bzw. personenbezogenen Daten für die Erreichung der mit der Rechtsgrundlage verfolgten Zwecke notwendig sind. Zudem könnte die Ergänzung der Rechtsgrundlage Optimierungen wie die Schaffung einer Gebäudedatenbank erleichtern.

Die Konkretisierung bzw. Ergänzung sollte dabei den im AP 1 dargestellten formellen Anforderungen an eine solche datenschutzrechtliche Berechtigungsgrundlage entsprechen. Dazu gehört, dass die im öffentlichen Interesse liegende Aufgabe durch die Rechtsvorschrift definiert wird. Zudem sollten die Anforderungen an die Bestimmtheit einer Verarbeitungsgrundlage erfüllt sein. Erwägungsgrund 41 Satz 2 DS-GVO schreibt vor, dass die entsprechende Rechtsgrundlage klar und präzise und ihre Anwendung für die Rechtsunterworfenen gemäß der Rechtsprechung des Gerichtshofs der Europäischen Union und des Europäischen Gerichtshofs für Menschenrechte vorhersehbar sein sollte. Weiter sollte nach Erwägungsgrund 45 Satz 4 im Unionsrecht oder im Recht der Mitgliedstaaten geregelt werden, für welche Zwecke die Daten verarbeitet werden dürfen.

### **7.3.2 Gestaffelter Rückgriff auf Berechtigungsgrundlagen**

Unabhängig von einer Präzisierung der gesetzlichen Berechtigungsgrundlage empfehlen wir einen gestaffelten Rückgriff auf die möglichen Berechtigungsgrundlagen in der Form, dass bei der Erhebung der Informationen bei der Geodatenanalyse und dem Screening zunächst auf Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G zurückgegriffen wird, während die persönliche Befragung im Rahmen der Breiten- und Tiefenerhebung auf Grundlage einer vorherigen Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO durchgeführt wird. Mit Blick auf die sich aus § 7 UWG ergebende gesetzgeberische Wertung bei werblichen Kontaktaufnahmen empfehlen wir insoweit zunächst eine postalische Kontaktaufnahme mit den betroffenen Personen. Darin sieht der Gesetzgeber zumindest bei werblichen Ansprachen den geringsten Eingriff in die Rechte und Freiheiten betroffener Personen.

Wie im AP 1 ausgeführt, kann neben bzw. alternativ zu Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i.V.m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G auch auf eine Einwilligung der betroffenen Personen zurückgegriffen werden, sodass die Verarbeitung der personenbezogenen Daten auf Art. 6 Abs. 1 lit.

a) DS-GVO gestützt werden kann. Dies birgt allerdings wie bereits erläutert praktische Schwierigkeiten, da zum einen eine rechtskonforme Einwilligung im Vorfeld eingeholt werden müsste, wofür alle betroffenen Personen kontaktiert werden müssten, und zum anderen das Risiko besteht, dass aufgrund nicht erteilter Einwilligungen nur unzureichende Datenmengen erhoben werden können. Soweit Informationen zu Gebäuden im Rahmen der Breiten- und Tieferhebung gewonnen werden, setzt dies jedoch ohnehin voraus, dass die befragten Personen freiwillig an den Befragungen teilnehmen. Daher dürfte davon auszugehen sein, dass Personen, die sich grundsätzlich dazu bereit erklären, an der Befragung teilzunehmen, auch eine datenschutzrechtliche Einwilligung in die Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten erteilen. Umgekehrt kann man Eigentümerinnen und Eigentümer auch dann nicht zu einer Teilnahme an der Befragung zwingen, wenn man sich aus datenschutzrechtlicher Sicht auf den gesetzlichen Erlaubnistatbestand stützen würde. Damit ist die Befragung sowieso von der Kooperationsbereitschaft der befragten Personen abhängig. Außerdem befindet man sich ohnehin in Kontakt mit den entsprechenden Personen, sodass kein bzw. nur ein geringer praktischer Mehraufwand bei der Einholung der Einwilligungen entstehen dürfte, womit die wesentlichen Nachteile der Verarbeitung personenbezogener Daten auf Grundlage einer Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DS-GVO egalisiert wird. Gleichzeitig bietet der Rückgriff auf eine Einwilligung eine erhöhte Rechtssicherheit. Verarbeitungen auf Grundlage einer Einwilligung unterliegen wie bereits dargestellt keiner Erforderlichkeitsprüfung, sodass danach auch Informationen erhoben werden könnten, die ggf. nicht mehr erforderlich im eigentlichen Sinne, aber dennoch wünschenswert sind. Dies gilt insbesondere, soweit personenbezogene Daten durch Telefonanrufe erhoben und Telefonnummern von Betroffenen genutzt werden sollen. Bei Rückgriff Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG i. V. m. § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G wäre die Erforderlichkeit der Verarbeitung in diesen Fällen besonders kritisch zu prüfen, da es sich hierbei um einen erheblichen Eingriff in das Recht auf Privatsphäre der Betroffenen handeln dürfte. Daher besteht ein erhöhtes rechtliches Risiko, dass das Durchführen von Telefonanrufen nicht mehr erforderlich im Sinne des Art. 6 Abs. 1 lit. e) DS-GVO, § 3 BDSG zur Erreichung der Ziele des § 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4, Nr. 17 EDL-G sein könnte.

### **Erfüllung der Informationspflichten**

Daneben sollte unbedingt die Erfüllung der im AP 2 bereits angesprochenen Informationspflichten nach Art. 13, 14 DS-GVO mitgedacht werden. Dies sollte im Rahmen der Breiterhebung erfolgen. Soweit betroffene Personen nicht kontaktiert werden, halten wir es für vertretbar, nach Art. 14 Abs. 5 lit. b) DS-GVO auf eine entsprechende Information zu verzichten, da die Erteilung dieser Informationen einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordern würde. Weiter gilt auch das hinsichtlich der Fernerkundungsdaten gesagte, dass die Ermittlung der betroffenen Person eine Erhöhung der Risiken für die Rechte und Freiheiten der betroffenen Person zur Folge haben dürfte und damit dem Sinn und Zweck der DS-GVO zuwiderlaufen könnte. Wie bereits dargestellt, dürfte die Vertiefung des Personenbezugs bzw. unter Umständen sogar die Herstellung des Personenbezugs durch Identifikation der betroffenen Person die Ziele der datenschutzrechtlichen Vorgaben konterkarieren, selbst wenn dies der Erfüllung datenschutzrechtlicher Pflichten dient. Damit würden schließlich die Schutzmaßnahmen ins Gegenteil verkehrt. Trotzdem bleibt das Risiko bestehen, dass eine etwaig mit der Sache befasste Aufsichtsbehörde oder ein Gericht zu einer anderen Auffassung gelangen könnte.

### **Grundsatz der Speicherbegrenzung**

Zuletzt ist der Grundsatz der Speicherbegrenzung nach Art. 5 Abs. 1 lit. e) DS-GVO zu berücksichtigen. Danach müssen personenbezogene Daten

*„in einer Form gespeichert werden, die die Identifizierung der betroffenen Personen nur so lange ermöglicht, wie es für die Zwecke, für die sie verarbeitet werden, erforderlich ist“.*

Daher müssen personenbezogene Daten gelöscht werden, sobald sie für die mit ihrer Verarbeitung verfolgten Zwecke nicht mehr benötigt werden. Daraus resultiert auch das Recht der betroffenen Person auf Löschung ihrer personenbezogenen Daten aus Art. 17 DS-GVO. Einer Löschung kommt dabei gegebenenfalls auch einer Anonymisierung gleich.<sup>23</sup><sup>[1]</sup> Da es nach den oben gemachten Ausführungen für die Erreichung des mit Verarbeitung verfolgten Zwecks, nämlich die Beschreibung des Gebäudebestands und seinem Nutzen für politische Entscheiderinnen und Entscheider, ausreichend ist, wenn die Daten als aggregierte Daten vorliegen, ist der Personenbezug der verarbeiteten Daten regelmäßig auch durch Aggregation aufzuheben, sobald die Daten nicht mehr in ihrer personenbeziehbaren Form benötigt werden.

## 7.4 Fazit

Als vollständige und funktionierende Methodik zur Ermittlung eines aussagekräftigen Parametersatzes für den deutschen Gebäudebestand existiert derzeit nur die Methode ENOB:dataNWG, die rein methodisch ohne nennenswerte Anpassungen auch auf den Wohngebäudebestand angewendet werden kann. Sie liefert verlässliche Daten zu den Gebäuden, der Eigentumssituation, den Bauteilen und den Anlagen, ist jedoch für die erstmalige Datengewinnung und für die Fortführung des Datenbestands vergleichsweise aufwändig. Der zeitliche und monetäre Aufwand für die Ausweitung des gesamten ENOB:dataNWG Ansatzes (inkl. Screening, Hausumring-Stichprobe und Erhebungsgesamtheit) auf Wohngebäude erscheint beträchtlich, vor allem für die Auswertung der dann aufgrund der Vielzahl der Gebäudetypen, Gebäudealtersklassen und Bauweisen zu erwartenden, wesentlich umfangreicheren Datensammlung.

Da jedoch die Datenlage für die Wohngebäude als ausreichend angesehen werden kann, könnte bei diesen auf das zeitaufwändige Screeningverfahren und die Erhebung der Hausumringe verzichtet werden. Trotzdem wird die Dauer einer vollständigen Erhebung des energetischen Wohngebäudebestands mit den Methoden des ENOB:dataNWG von den Bearbeitenden auf etwa 2 Jahre geschätzt. Das ist deutlich kürzer als für die Aufstellung der Methode und die erstmalige Anwendung auf den NWG-Bestand, die aber für die aktuell anstehende GEG-Überarbeitung und Anpassung der Effizienzhausförderung nicht mehr als Entscheidungsgrundlage dienen können. Handlungsbedarf besteht trotzdem, da sich das Zeitfenster für die Reduzierung der THG Emissionen bis 2030 bzw. für die vollständige Dekarbonisierung des Gebäudebestands bis 2045 rasant schließt.

Der oben beschriebene Aufwand muss zumindest teilweise für weitere Erhebungen in der Zukunft immer wieder angesetzt werden, um die Veränderung des Gebäudebestandes (z. B. die fortschreitende Sanierung) kontinuierlich zu erfassen und ggf. nachzusteuern, wenn die Methode zur Evaluierung der von der Politik unternommenen Maßnahmen eingesetzt werden soll.

---

<sup>23</sup> Vgl. Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit, Positionspapier zur Anonymisierung unter der DSGVO unter besonderer Berücksichtigung der TK-Branche des BfDI vom 29.06.2020, abrufbar unter: [https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Konsultationsverfahren/1\\_Anonymisierung/Positionspapier-Anonymisierung.pdf?jsessionid=E39D97E80A737E93485B78102C32561B.intranet242?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Konsultationsverfahren/1_Anonymisierung/Positionspapier-Anonymisierung.pdf?jsessionid=E39D97E80A737E93485B78102C32561B.intranet242?__blob=publicationFile&v=4), S. 8.

Wichtig ist dabei auch die Berücksichtigung der Gebäudeeigentümerschaft in der Befragung bzw. die Ermittlung der „Ansprechperson“ für energetische Modernisierungsmaßnahmen, welche zur Überprüfung der Eignung und ggf. Anpassung der Fördermaßnahmen erforderlich sind.

Eine Zusammenführung der mittels ENOB:dataNWG aufgestellten Gebäudedaten mit einer auch im Entwurf der EPBD genannten „Energieausweisdatenbank“ erscheint aus technischer Sicht möglich. Durch hoch spezifische Energieausweisdaten könnten die über die Hochrechnung von Stichproben ermittelten Gebäudedaten (derzeit NWG und zukünftig auch WG) des ENOB:dataNWG nach und nach noch verlässlicher werden. Würde in ferner Zukunft ein vollständiges Gebäuderegister mit umfassender Berücksichtigung energetischer Merkmale aller Gebäude vorliegen, z. B. in Kombination mit einem Energieverbrauchsregister oder aus verpflichtenden Energieausweisen, könnten alle anderen derzeit praktizierten Methoden eingestellt werden. Dies bestätigt u. a. der Blick in die anderen europäischen Mitgliedsstaaten. Dort werden mithilfe der verpflichtenden Energieausweisdaten (die Ausstellung und Speicherung der Energieausweise erfolgt i. d. R. bei Neubau, Kauf, Verkauf und größeren Sanierungen) die energetischen Merkmale erhoben. Hier gilt es jedoch zu beachten, dass die notwendige Menge an Daten vergleichsweise hoch ist und es dementsprechend Zeit in Anspruch nimmt, eine repräsentative Stichprobe zu erzielen. Zudem werden zur Sicherstellung der Repräsentativität weitere Daten (beispielsweise zur Gewichtung und zur genauen Verteilung der Baualtersklassen) benötigt.

Die Fernerkundungsmethoden könnten derzeit bereits zur Bestimmung der Lage, Adresse, Anzahl und Größe der Gebäude flächendeckend eingesetzt werden, wenn sie mit den Geoinformationen der Vermessungsämter des Bundes und der Länder zusammengeführt würden. Die automatisierte Ermittlung einer Nutzungsklasse und Zuordnung auf Ebene der Einzelgebäude erscheint in naher Zukunft in einer für Hochrechnungen ausreichenden Datenqualität realistisch. Dann könnten Fernerkundungsdaten zur Ermittlung der repräsentativen Stichproben von Gebäudenutzungen und bestimmten Gebäudegrößen eingesetzt werden. Damit könnte bspw. das zeitaufwändige Screening im ENOB:dataNWG vereinfacht werden. Die Zuordnung eines Baualters und die automatisierte Auswertung von Gebäudemerkmalen über die automatisierte optische Auswertung von Fassadenaufnahmen ist derzeit noch in einem experimentellen Stadium, wäre aber Voraussetzung für eine feinere Clusterung der Gebäude hinsichtlich möglicher Sanierungsansätze über Gebäude- und Bauteiltypologien.

## 8 Anhang Kriterien und Merkmale

Die untersuchten Methoden müssen die nachfolgenden Kriterien erfüllen oder durch geeignete Weiterentwicklung erfüllen können:

- methodisch abgesichert,
- wissenschaftlich fundiert,
- nachvollziehbar,
- ggf. übertragbar auf Deutschland,
- datenschutzrechtlich in Deutschland zulässig,
- durchführerunabhängig,
- verstetigbar und
- wirtschaftlich angemessen durchführbar.

Folgende Merkmale wurden für die Überprüfung der untersuchten Methoden im Vorfeld festgelegt:

- Geoinformation über Lage des Gebäudes (Regionalschlüssel, Bundesland Regiostar 17/5/Gem7, kreisspez. Entwicklungsindikator)
- Gebäudemerkmal (EFH/MFH/Kategorie des NWG/etc., Art des Eigentümers gemäß Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) sowie Unterscheidung öffentliche/private NWG, Nutzung einschl. Eigentümer/Mieter, Bewohneranzahl, Art des Gebäudes hinsichtlich Einzelgebäude/Doppelhaus/Reihenhaus, Baujahr, Anzahl der Nutzungseinheiten, beheizt/gekühlt)
- Geometrie des Gebäudes (Fläche, Vollgeschosse (OG/UG), Dachform)
- Energetische Eigenschaften der Gebäudehülle (Außenwände, Dach, Keller, Fenster, Sonnenschutz)
- Anlagentechnik (Wärmeerzeuger, Energieträger, Erneuerbare Energien, Lüftung, Kühlung)
- Infrastruktur der Gebäude (elektrische Ausstattung als Voraussetzung für intelligente technische Gebäudeausstattung, smart-meter-gateway, „renewableready“, E-Mobilität)
- Energieausweise (Energet. Standard, Energieverbrauch, Energiebedarf, THG-Emissionen)
- Details zu Sanierung/Energieberatung (Ist, Planung, iSFP, Dämmung, Anlagentechnik, Umnutzung)
- Renovierung ohne (zusätzliche) energetische Maßnahmen (bspw. Fassadenanstrich ohne Dämmung anzubringen)
- Ggf. Inanspruchnahme von Förderung (Bund, Land, Kommune, andere).

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (BPIE 2014) .....	18
Abbildung 2: Nutzung und Zugang von Energieausweisen in Europa (dena/LTRS, 2020) .....	19
Abbildung 3: Heizenergiebedarf in Zwei- und Mehrparteienhäusern 2019 (Stede et al. 2020) .....	25
Abbildung 4: Volumen der Baumaßnahmen an Wohngebäuden (Stede et al. 2020) .....	26
Abbildung 5: Maßnahmenübersicht (B+L Sanierungsstudie 2016).....	27
Abbildung 6: B+L Reno-Atlas 2016 (Quelle: B+L Sanierungsstudie 2016).....	28
Abbildung 7: Flussdiagramm für die Wärmebedarfsermittlung von Wohngebäuden (StMUG et al. 2011).....	29
Abbildung 8: Flussdiagramm für die Wärmebedarfsermittlung von Nichtwohngebäuden (StMUG et al. 2011).....	30
Abbildung 9: Ablaufphasen ENOB:dataNWG (IWU 2019b).....	39
Abbildung 10: Beispiel für die Darstellung der Objektarten im Basis-DLM (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2016). .....	58
Abbildung 11: Beispiel für die Datendarstellung des digitalen Geländemodells DGM 10 (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022f). .....	59
Abbildung 12: Beispiel für die Datendarstellung der digitalen topographischen Karten DTK 25 (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022e). .....	60
Abbildung 13: Beispiel für die Darstellung der Hauskoordinaten (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022b). .....	60
Abbildung 14: Beispiel für die Darstellung der Hausumringe (HU-DE) (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022c). .....	61
Abbildung 15: Beispiel für die Darstellung der 3D-Gebäudemodelle mit typisierten Dachformen und Firstausrichtung (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022a).....	62
Abbildung 16: Beispiel für die Detailgenauigkeit der digitalen Orthophotos .....	63
Abbildung 10: Effizienz in der Anwendbarkeit (BBSR 2021).....	67
Abbildung 17: Ablauf der Klassifizierung der Gebäude mittels eines neuronalen Netzes (Kang et al. 2018). .....	77
Abbildung 18: Ablaufschema zur Prüfung des Screeningintervalls (eigene Darstellung) .....	77

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht vorhandener Datenquellen .....	14
Tabelle 2: Abgeleitete und verwendete Indikatoren.....	35
Tabelle 3: Datennutzung in den unterschiedlichen Projektphasen .....	41
Tabelle 4: Unterschiede Datenerhebung Wohngebäude 2016 und ENOB:dataNWG .....	44
Tabelle 5: Zusammenfassung der Empfehlung der untersuchten Maßnahmen in AP1 für eine weitere Prüfung in AP 2.....	50
Tabelle 6: Gebädefunktion nach Hauptkategorien (IWU 2019f).....	52
Tabelle 7: Einteilung der Baualtersklassen (IWU 2019f).....	53
Tabelle 8: Beispielhafter Aufbau einer idealen Auswahlgrundlage für die das Screening unterbleiben könnte (nach IWU 2019e).....	76

# 11 Literaturverzeichnis

B+L Marktdaten GmbH (Hg.) (2016): B+L Sanierungsstudie. Bonn.

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2022): Energie-Atlas Bayern - Kommunen - Energienutzungsplan. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energienutzungsplan.html>, zuletzt geprüft am 11.01.2022.

BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hg.) (2021): Konzeptentwicklung für die Informationsgewinnung zum Gebäudebestand in Deutschland aus Fernerkundungsdaten. Unter Mitarbeit von Thomas Esch, Sina Starmans, Wieke Heldens, Benjamin Leutner, Jullian Zeidler und Chaonan Ji. DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.; DFD - Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum; LAX - Abteilung Landoberfläche.

Benz, Alexander (2021): Automatisierte bildbasierte Erkennung des Gebäudealters. Tagungsbeitrag für die 31. Hanseatischen Sanierungstage in Lübeck. In: *Tagungsband Hanseatischer Sanierungstage Lübeck*, S. 359.

BPIE - Buildings Performance Institute (Hg.) (2014): Energy performance certificates across the EU. Online verfügbar unter <https://www.bpie.eu/publication/energy-performance-certificates-across-the-eu/>, zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2016): Digitales Basis-Landschaftsmodell. Online verfügbar unter <http://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-basis-landschaftsmodell-ebenen-basis-dlm-ebenen.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022a): 3D-Gebäudemodelle LoD2 Deutschland (LoD2-DE). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/3d-gebaudemodelle-lod2-deutschland-lod2-de.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022b): Amtliche Hauskoordinaten Deutschland (HK-DE). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/amtliche-hauskoordinaten-deutschland-hk-de.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022c): Amtliche Hausumringe Deutschland (HU-DE). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/amtliche-hausumringe-deutschland-hu-de.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022d): Digitale Orthophotos und Satellitenbilddaten. Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-orthophotos.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022e): Digitale Topographische Karte 1:25 000 (DTK25). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-topographische-karten/digitale-topographische-karte-1-25-000-dtk25.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022f): Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m. Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-gelandemodelle/digitales-gelandemodell-gitterweite-10-m-dgm10.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022g): RapidEye Satellitenbilder 2009 (RE\_2009). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-orthophotos/rapideye-satellitenbilder-2009-rapideye-2009.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hg.) (2022h): WMS Deutschlandmosaik aus Sentinel-2-Daten (wms\_sentinel2\_de). Online verfügbar unter <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/wms-deutschlandmosaik-aus-sentinel-2-daten-wms-sentinel2-de.html>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

CalCon (Hg.) (2022): EPIQR | IT-gestütztes strategisches Immobilienmanagement. Online verfügbar unter <https://www.calcon.de/epiqr/>, zuletzt aktualisiert am 11.01.2022, zuletzt geprüft am 13.01.2022.

Copernicus (Hg.) (2020): Copernicus Land Monitoring Service. Online verfügbar unter <https://land.copernicus.eu/>, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Hg.) (2021): Gtom – Messsystem für schnelle und genaue energetische Analysen von Gebäudehüllen für Gebäude und Quartiere. Köln. Online verfügbar unter [https://www.dlr.de/sf/de/PortalData/73/Resources/dokumente/qualifizierung/gebäude/Gtom\\_Abschlussbericht.pdf](https://www.dlr.de/sf/de/PortalData/73/Resources/dokumente/qualifizierung/gebäude/Gtom_Abschlussbericht.pdf), zuletzt geprüft am 16.02.2022.

E. Brandt; K.B. Wittchen; A. Faist; J.L. Genre (1999): EPIQR - A NEW SURVEYING TOOL FOR MAINTENANCE AND REFURBISHMENT. Online verfügbar unter <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2139.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2022.

Energistylelesen (Hg.) (2020): Centre for Energy Efficiency: Long-term renovation strategy. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/efa5ef64-d3ca-40a3-9686-2dacdf76aeed\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/efa5ef64-d3ca-40a3-9686-2dacdf76aeed_en), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Government of the Republic of Lithuania (Hg.) (2021): Long-term Renovation Strategy of Lithuania. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/73b6debd-95d7-4754-abf5-7f77c45f7d4e\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/73b6debd-95d7-4754-abf5-7f77c45f7d4e_en), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Hoffmann, Eike Jens; Wang, Yuanyuan; Werner, Martin; Kang, Jian; Zhu, Xiao Xiang (2019): Model Fusion for Building Type Classification from Aerial and Street View Images. In: *Remote Sensing* 11 (11), S. 1259. DOI: 10.3390/rs11111259.

IFAK - Institut für Markt- und Sozialforschung (Hg.) (2018): Feldbericht Pilotphase – Nichtwohngebäude-Studie. Online verfügbar unter [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiovNmtion2AhVWRPEDHcdqAosQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fdatanwg.de%2Ffileadmin%2Fuser%2Fiwu%2FFeldbericht\\_Pilotphase\\_IFAK\\_20180228.pdf&usq=AOvVaw2PUJTiznuRtUv\\_5W7yZ\\_LL](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiovNmtion2AhVWRPEDHcdqAosQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fdatanwg.de%2Ffileadmin%2Fuser%2Fiwu%2FFeldbericht_Pilotphase_IFAK_20180228.pdf&usq=AOvVaw2PUJTiznuRtUv_5W7yZ_LL), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IFAK - Institut für Markt- und Sozialforschung (Hg.) (2019a): Feldbericht Hauptphase – Nichtwohngebäude-Studie. Online verfügbar unter <https://docplayer.org/192239191-Feldbericht-hauptphase-nichtwohngebäude-studie-institut-fuer-wohnen-und-umwelt-darmstadt.html>, zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IFAK - Institut für Markt- und Sozialforschung (Hg.) (2019b): Nichtwohngebäude – Hauptstudie – Fragebogen. Online verfügbar unter [https://datanwg.de/fileadmin/user/iwu/IWU\\_NWG\\_Fragebogen\\_20200417\\_Version16.pdf](https://datanwg.de/fileadmin/user/iwu/IWU_NWG_Fragebogen_20200417_Version16.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2003): Gebäudetypologie und Gebäudebestand. Darmstadt. Online verfügbar unter <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/>, zuletzt geprüft am 12.01.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2011): Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Abschlussbericht. Unter Mitarbeit von Nikolaus Diefenbach, Holger Cischinsky, Markus Rodenfels und Klaus-Dieter Clausnitzer. Stuttgart.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2016): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Online verfügbar unter [https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018\\_IWU\\_CischinskyEtDiefenbach\\_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2019a): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude – E. 1.2 Konzept Breitenerhebung. Online verfügbar unter [https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/160823\\_IFAK\\_E-1-2\\_Konzept-Breitenerhebung.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/160823_IFAK_E-1-2_Konzept-Breitenerhebung.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2019b): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude – E. 1.3, 2.3, 3.3 Teilbericht Tieferhebung. Online verfügbar unter [https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/210412\\_IWU\\_Tieferhebung\\_Zielsetzung\\_Methodik\\_Organisation.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/210412_IWU_Tieferhebung_Zielsetzung_Methodik_Organisation.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2019c): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude – E.3.1 Teilbericht Screening. Online verfügbar unter [https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/220202\\_BUW\\_E3-1\\_Teilbericht-Screening.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/220202_BUW_E3-1_Teilbericht-Screening.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2019d): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude – E.1.4.4 Teilbericht Erhebungsbezirke. Online verfügbar unter [https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/IOER\\_Teilbericht\\_E-1-4-4\\_Zwischenbericht\\_Erhebungsbezirke\\_20210422\\_FINAL.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/IOER_Teilbericht_E-1-4-4_Zwischenbericht_Erhebungsbezirke_20210422_FINAL.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2019e): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude – E.4.2 Teilbericht Strukturdaten: Stand und Dynamik der energetischen Modernisierung von Gebäudehüllen und haustechnischen Anlagen im Bestand der Nichtwohngebäude in Deutschland. Online verfügbar unter [https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/220215\\_IWU\\_E4.2\\_Teilbericht\\_Strukturdaten-Modernisierung-Huelle-tAnl.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/220215_IWU_E4.2_Teilbericht_Strukturdaten-Modernisierung-Huelle-tAnl.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.22.

Kang, Jian; Körner, Marco; Wang, Yuanyuan; Taubenböck, Hannes; Zhu, Xiao Xiang (2018): Building instance classification using street view images. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 145, S. 44–59. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.02.006.

LDBV - Bayerischen Staatsministerium der Finanzen und für Heimat, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (Hg.) (2012): Tatsächliche Nutzung der Erdoberfläche. Online verfügbar unter [https://www.ldbv.bayern.de/produkte/kataster/tat\\_nutzung.html](https://www.ldbv.bayern.de/produkte/kataster/tat_nutzung.html), zuletzt geprüft am 21.02.2022.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hg.) (2007): Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen. Augsburg.

LHM - Landeshauptstadt München (Hg.) (2020): Solarpotenzialanalyse für Gebäude in der Landeshauptstadt München. Online verfügbar unter [https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:5146fa1c-338f-4352-a38c-3cc7f316c005/endbericht\\_solaranalyse\\_muc\\_200923.pdf](https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:5146fa1c-338f-4352-a38c-3cc7f316c005/endbericht_solaranalyse_muc_200923.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Milena Mönks (2019): Building facade segmentation of oblique aerial images using convolutional neural networks for urban climate modeling. Masterthesis. Universität Greifswald.

Ministry of Industry and Trade (Hg.) (2020): Long-term renovation strategy to support the renovation of the national stock of both public and private residential and non-residential buildings. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/0bcf9658-374d-41f1-a827-2e5f6f1651d3\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/0bcf9658-374d-41f1-a827-2e5f6f1651d3_en), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Ministry of Physical Planning, Construction and State Assets (Hg.) (2020): Long-Term Strategy for national Building Stock Renovation by 2050. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/b87dca97-b7c1-452e-ae65-fad83be5f80b\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/b87dca97-b7c1-452e-ae65-fad83be5f80b_en), zuletzt geprüft am 18.08.2022.

Ministry of Public Works, Development and Administration (Hg.) (2020): National Long-Term Renovation Strategy. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/2c11f72a-47aa-4cd8-bc54-9fcdcfdebde1\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/2c11f72a-47aa-4cd8-bc54-9fcdcfdebde1_en), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Neuffer, Hans; Witterhold, Franz-Georg; Pfaffenberger, Wolfgang; Gregorzewski, Armin; Schulz, Wolfgang; Blesl, Markus et al. (2001): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien : Kurztitel: Pluralistische Wärmeversorgung ; AGFW-Hauptstudie - erster Bearbeitungsabschnitt. Band 1, Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle. Unter Mitarbeit von Universität Stuttgart.

Neuhausen, Marcel; Obel, Markus; Martin, Alexander; Mark, Peter; König, Markus (2018): Window detection in facade images for risk assessment in tunneling. In: *Visualization in Engineering* 6 (1), S. 1. DOI: 10.1186/s40327-018-0062-9.

Portuguese Official Gazette (Hg.) (2021): Presidency of the council of ministers: Council of Ministers Resolution No 8-A/2021. Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/e6de7ed6-d8a0-4fe8-8fdb-26a7f2cbaf91\\_en](https://energy.ec.europa.eu/document/download/e6de7ed6-d8a0-4fe8-8fdb-26a7f2cbaf91_en), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Schlomann, B.; Geiger, B.; Herzog, T. (2008): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Karlsruhe/München/Nürnberg.

Singh, Kuljeet; Anand, Anubhay; Guruvayurappan, Subin (2019): Surface Crack Detection using Computer Vision. Hg. v. wipro. Online verfügbar unter <https://www.wipro.com/engineeringNXT/surface-crack-detection-using-computer-vision/>, zuletzt geprüft am 08.03.2022.

Stede, Jan; Schütze, Franziska; Wietschel, Johanna (2020): Wärmemonitor 2019: Klimaziele bei Wohngebäuden trotz sinkender CO<sub>2</sub>-Emissionen derzeit außer Reichweite. Online verfügbar unter [https://www.diw.de/de/diw\\_01.c.799802.de/publikationen/wochenberichte/2020\\_40\\_1/waermemonitor\\_2019\\_klimaziele\\_bei\\_wohngebaeuden\\_trotz\\_sinkender\\_co2-emissionen\\_derzeit\\_ausser\\_reichweite.html](https://www.diw.de/de/diw_01.c.799802.de/publikationen/wochenberichte/2020_40_1/waermemonitor_2019_klimaziele_bei_wohngebaeuden_trotz_sinkender_co2-emissionen_derzeit_ausser_reichweite.html), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

StMUG - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit; StMWIVT - Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie; OBB - Oberste Baubehörde

im Bayerischen Staatsministerium des Inneren (Hg.) (2011): Leitfaden Energienutzungsplan. TUM - Technische Universität München. München.

UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2019): Wohnen und Sanieren - Empirische Wohngebäudedaten seit 2002 Hintergrundbericht. Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-23\\_cc\\_22-2019\\_wohnenundsaniieren\\_hintergrundbericht.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-23_cc_22-2019_wohnenundsaniieren_hintergrundbericht.pdf), zuletzt geprüft am 18.02.2022.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hg.) (1997): VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA): VDI 3807, Blatt 2, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte,

Wirth, Harry (2022): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Hg. v. Fraunhofer ISE. Online verfügbar unter

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Yadhunath, Ramshankar; Srikanth, Srivenkata; Sudheer, Arvind; Jyotsna, C.; Amudha, J. (2022): Detecting Surface Cracks on Buildings Using Computer Vision: An Experimental Comparison of Digital Image Processing and Deep Learning. In: V. Sivakumar Reddy, V. Kamakshi Prasad, Jiacun Wang und K. T. V. Reddy (Hg.): Soft Computing and Signal Processing. Proceedings of 3rd ICSCSP 2020, Volume 2, Bd. 1340. 1st ed. 2022. Singapore: Springer Singapore; Imprint Springer (Springer eBook Collection, 1340), S. 197–210.

## 12 Abkürzungen

<b>ABK</b>	Abkürzung
<b>Abs.</b>	Absatz
<b>Abt.</b>	Abteilung
<b>AG</b>	Arbeitsgemeinschaft
<b>AGFW</b>	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
<b>ALS</b>	Airborne Laser Scanning
<b>AP</b>	Arbeitspaket
<b>ARA</b>	Zentrum für Wohnungsfinanzierung und -entwicklung
<b>ATKIS</b>	Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem
<b>AWS</b>	Amazon Web Services
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>BBSR</b>	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
<b>BBR</b>	Dänisches Bau- und Wohnungsregister
<b>bbh</b>	Becker Büttner Held Anwaltskanzlei
<b>BDEW</b>	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
<b>BDH</b>	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie
<b>BDSG</b>	Bundesdatenschutzgesetz
<b>BfDI</b>	Bundesbeauftragter für den Datenschutz und Informationsfreiheit
<b>BfEE</b>	Bundesstelle für Energieeffizienz
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BKG</b>	Bundesamt für Kartografie und Geodäsie
<b>BMI</b>	Bundesministerium des Inneren
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>BUW</b>	Bergische Universität Wuppertal

<b>BWP</b>	Bundesverband Wärmepumpe
<b>CMLS</b>	Copernicus Land Monitoring Services
<b>CO</b>	Kohlenstoffmonoxid
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>CZSO</b>	Tschechisches Statistisches Amt
<b>dena</b>	Deutsche Energie-Agentur
<b>DFD</b>	Deutsches Fernerkundungsinstitut
<b>DGM</b>	Digitales Geländemodell
<b>DIW</b>	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
<b>DLM</b>	Digitales Landschaftsmodell
<b>DLR</b>	Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt
<b>DOM</b>	Digitales Oberflächenmodell
<b>DOP</b>	Digitale Orthophotos
<b>DS-GVO</b>	Datenschutz-Grundverordnung
<b>DTK</b>	Digitale Topografische Karte
<b>DVV</b>	Finnische Agentur für digitale Dienste und Bevölkerungsdaten
<b>DWD</b>	Deutscher Wetterdienst
<b>ECS</b>	Electronic Control Systems
<b>EDL-G</b>	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen
<b>EDV</b>	Elektronische Datenverarbeitung
<b>EFH</b>	Einfamilienhaus
<b>EH-Standard</b>	Effizienzhaus-Standard
<b>E-Mobilität</b>	Elektro Mobilität
<b>EnEV</b>	Energieinsparverordnung
<b>ENOB:dataNWG</b>	Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude
<b>EPBD</b>	Energy Performance of Buildings Directive

<b>BPIE</b>	Building Performance Institute Europa
<b>EPIQR</b>	Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit
<b>ESA</b>	European Space Agency
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EY law</b>	Ernst & Young Law GmbH
<b>FIW München</b>	Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
<b>GA</b>	Georeferenzierte Adressdaten
<b>GEG</b>	Gebäudeenergiegesetz
<b>ggf.</b>	gegebenenfalls
<b>GHD</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
<b>GIS</b>	Geoinformationssystem
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>GMH</b>	Großes Mehrfamilienhaus
<b>Gtom</b>	Gebäudetomograph
<b>GWZ</b>	Gebäude- und Wohnungszählung
<b>HK</b>	Hauskoordinaten
<b>HU-DE</b>	Amtliche Hausumringe Deutschland
<b>IBP</b>	Fraunhofer Institut für Bauphysik
<b>IÖR</b>	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
<b>IR</b>	Infrarot
<b>iSFP</b>	individueller Sanierungsfahrplan
<b>i.V.m</b>	in Verbindung mit
<b>IWU</b>	Institut Wohnen und Umwelt
<b>Kap.</b>	Kapitel
<b>KfW</b>	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz

<b>LDBV</b>	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
<b>LfU</b>	Landesamt für Umwelt
<b>LHM</b>	Landeshauptstadt München
<b>lit.</b>	littera
<b>LoD</b>	Level of Detail
<b>LTRS</b>	Langfristige Renovierungsstrategie
<b>m</b>	Meter
<b>m<sup>2</sup></b>	Quadratmeter
<b>MFH</b>	Mehrfamilienhaus
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>MIR</b>	Mittleres Infrarot
<b>MIT</b>	Ministerium für Industrie und Handel
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>NIR</b>	Nahes Infrarot
<b>NO<sub>x</sub></b>	Stickoxide
<b>NWG</b>	Nichtwohngebäude
<b>OBB</b>	Regierung Oberbayern
<b>OG</b>	Obergeschoss
<b>OID</b>	Objektidentifikator
<b>OK</b>	Objektartenkatalog
<b>OSM</b>	Open Street Map
<b>PLZ</b>	Postleitzahl
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>RE</b>	Red Edge
<b>RGB</b>	Rot, Grün, Blau
<b>RH</b>	Reihenhaus

<b>RW</b>	Raumwärme
<b>SEDA</b>	Bulgarische Agentur für nachhaltige Energie
<b>SPSC</b>	Lettisches Bauproduktionszertifizierungszentrum (Statybos Produkcijos Sertifikavimo Centras)
<b>StMUG</b>	Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
<b>StMWIVT</b>	Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
<b>TABULA</b>	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>TK</b>	Telekommunikation
<b>TN</b>	tatsächliche Nutzung
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>UG</b>	Untergeschoss
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>U-Wert</b>	Wärmedurchgangskoeffizient
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
<b>WF</b>	Wohnfläche
<b>WG</b>	Wohngebäude
<b>WMS</b>	Web Map Service
<b>WW</b>	Warmwasser
<b>ZFH</b>	Zweifamilienhaus

