

# Verbrauchsbenchmarks – ein Soll-Ist-Vergleich für Wohnungsunternehmen

Tobias Loga<sup>1</sup> / Monika Repp<sup>2</sup> / Stefan Swiderek<sup>3</sup>

1 Institut Wohnen und Umwelt GmbH <[www.iwu.de](http://www.iwu.de)>

Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, 06151/2904-53, [t.loga@iwu.de](mailto:t.loga@iwu.de)

2 Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH <[www.naheimst.de](http://www.naheimst.de)>

Hofstraße 5, 60311 Frankfurt am Main, 069 678674-1412, [monika.repp@naheimst.de](mailto:monika.repp@naheimst.de)

3 Institut Wohnen und Umwelt GmbH <[www.iwu.de](http://www.iwu.de)>

Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, 06151/2904-22, [s.swiderek@iwu.de](mailto:s.swiderek@iwu.de)

Fördermittelgeber:

WI-Bank – Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen, Frankfurt am Main

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Referat Energieeffizienz, Energieberatung

## Kurzfassung

In einem gemeinsam von der Nassauischen Heimstätte / Wohnstadt (NHW) und dem Institut Wohnen und Umwelt (IWU) durchgeführten Modellprojekt wurden in einem Quartier des NHW-Bestands Jahreswerte des Energieverbrauchs aus der Nebenkostenabrechnung mit rechnerischen Energiebedarfswerten aus der „Energieprofil-Datenbank“ des Unternehmens verglichen. Die Gebäude wurden entsprechend ihrem energetischen Zustand in „Energiebedarfsklassen“ eingeteilt. Für jede Klasse wurde der Mittelwert des gemessenen Energieverbrauchs bestimmt und als „Energieverbrauchsbenchmark“ definiert. Gebäude mit gegenüber diesen Benchmarks stark erhöhten Verbrauchswerten wurden als "Ausreißer" identifiziert. Nach Überprüfung zusätzlicher Unterlagen und Begehungen vor Ort konnten einige Gründe für diese Abweichungen gefunden werden, die zum Anlass genommen wurden Verbesserungen an Regelungseinstellungen und Korrekturen in den Datenbanken vorzunehmen. Darüber hinaus wurden konkrete Empfehlungen für die Verbesserung und Aufrechterhaltung eines energieeffizienten Betriebs von Wärmeversorgungsanlagen gegeben.

Die Benchmark-Analysen belegen, dass energetisch modernisierte Gebäude durchweg ein im Vergleich mit dem Bestand sehr niedriges Verbrauchsziel erreichen. Der gemessene Heizenergieverbrauch der niedrigsten Energiebedarfsklasse lag um 70% unter dem gemessenen Heizenergieverbrauch der höchsten Energiebedarfsklasse. Es wurden Vorschläge für die Ausdehnung und Verstetigung des Soll-Ist-Vergleichs bei der NHW und die Einführung in anderen Wohnungsunternehmen gemacht.

## Einführung

Ausgangspunkt des Projekts ist die „Energieprofil“-Datenbank der NHW. Diese enthält für jeden Gebäudeblock des Bestands einen Datensatz mit energierelevanten Grunddaten (Wohnfläche, Vollgeschosse, Nachbargebäude, Beheizungssituation in Keller und Dach), Informationen über den Modernisierungszustand der Gebäudehülle (Dicke und Flächenanteil nachträglicher Dämmung, Fenster-Bauart) und über die Art der Wärmeversorgung. Für die Datenerfassung und -pflege steht der in Bild 1 dargestellte Energieprofil-Fragebogen zur Verfügung. In der Datenbank sind neben den Zustandsdaten auch die Ein- und Ausgangsdaten der Energiebedarfsberechnung enthalten, die bei Änderungen am Gebäude „auf Knopfdruck“ aktualisiert werden können. Die Energieprofil-Datenbank wurde bei der NHW 2008 eingeführt und seitdem kontinuierlich gepflegt: Dies heißt insbesondere, dass am Ende eines Jahres jeweils die durch Modernisierung geänderten Daten zum Wärmeschutz und zur Wärmeversorgung in den jeweils zuständigen Bereichen des Unternehmens abgefragt und eingetragen werden.

The image shows two screenshots of the 'Energieprofil' data entry forms. The left form is titled 'Formular Gebäude' and the right is 'Formular Heizsystem'. Both forms contain various input fields, checkboxes, and diagrams for recording building and heating system data.

**Formular Gebäude (Left):**

- Gebäude:** Straße, Hausnummer (Gravenbruchstraße 13), PLZ (63303), Ort (Dreieich).
- Eigentümer:** Name (Unternehmens-/Hausbesitzer/Veranst.), Straße, Hausnummer (Schauainkai 47), PLZ (60596), Ort (Frankfurt am Main).
- Anzahl Vollgeschosse:** 6
- Anzahl Wohnungen beheizte Wohnfläche:** 12, 885,8 m²
- Baujahr:** 1976
- lichte Raumhöhe:** Radio buttons for niedrig (unter 2,30m), normal (2,30m bis 2,70m), hoch (2,70m bis 3,20m), sehr hoch (über 3,20m).
- Grundriss:** Radio buttons for kompakt, langgestreckt oder gewinkelt oder komplex.
- direkt angrenzende Nachbargebäude:** Radio buttons for keins (freistehend), auf einer Seite, auf zwei Seiten.
- Dach:** Radio buttons for Flachdach oder flach geneigtes Dach, Dachgeschoss unbeheizt, Dachgeschoss teilweise beheizt, Dachgeschoss voll beheizt, Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden.
- Keller:** Radio buttons for nicht unterkellert, Kellergeschoss unbeheizt, Kellergeschoss teilweise beheizt, Kellergeschoss voll beheizt.
- Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung:**
  - Konstruktionsart: massiv, Holz.
  - nachträglich aufgebrachte Dämmung: Tabelle with columns for Dämmstärke (10, 15 cm) and percentage of area (% der Fläche).
- Fenster:** Radio buttons for 1 Scheibe, 2 Scheiben, 3 Scheiben; Wärmeschutzverglasung; Holzrahmen, Kunststoffrahmen, Alu- oder Stahlrahmen; Jahr des Fenstereinbaus (ca.): 1990.

**Formular Heizsystem (Right):**

- Zentrale Beheizung:**
  - Typ: Zentralheizung (checked), Gas-Etagenheizung.
  - Zentralheizung bzw. Gas-Etagenheizung versorgt: das ganze Gebäude (checked), 75%, 50%, 25% der Wohnfläche.
  - Kessel oder Therme: Brennstoff (Erdgas, Holzöl, Flüssiggas), Kesseltyp (Konstanttemperatur, Niedertemperatur, Brennwertkessel), Baujahr (bis 1986, 1987-1994, ab 1995).
  - Holzessel: Brennstoff (Pellets / Holzhaackschnitzel, Scheitholz).
  - Elektro-Wärmepumpe: Wärmequelle (Außenluft, Erdreich/Grundwasser), zusätzlich elektr. Heizstab, Baujahr (bis 1994, ab 1995).
  - Elektro-Speicher für Heizzwecke.
  - Fern-/Nahwärme: Brennstoff (fossil, Biomasse, Biomasse + fossil), Wärmezeugung (Kessel / Heizwerk, Heizkraftwerk / BHKW, nicht bekannt, Anteil Kraft-Wärme-Kopplung > 50%).
  - Heizungsverteilung: Verlaufen Heizungsrohre im unbeheizten Keller oder Dach? (ja, nein), Baualter der Heizungsverteilung (m unbeh. Bereich) (bis 1978, bis 1978, nachträgl. gedämmt, ab 1995).
- Raumweise Beheizung:** Einzelöfen mit Brennstoff (Heizöl, Kohle, Holz, Gas), Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen, mit Nachtspeicher (Sondertarif).
- Warmwasserbereitung:**
  - zentrale Warmwasserber.: kombiniert mit Zentralheizg. oder Etagenheizg. (s.o.) (checked), direkt mit Gas befeuerter Speicher, zentraler Elektro-Speicher, Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe.
  - zentrale Warmwasserber.: mit thermischer Solaranlage.
  - Baualter der Verteilung (bis 1978, bis 1978, nachträgl. gedämmt, ab 1995).
  - Einbau Speicher bzw. Durchlauf-erhitzer (bis 1994, ab 1995).
- Gemessener Jahres-Energieverbrauch bei zentral beheizten Gebäuden:**
  - Über Heizöl (Liter), m³, kWh Erdgas, kWh Flüssiggas, kWh Fernwärme, kWh Heizstrom, kg Pellets, Raummeter Holz, Schütt Kubikmeter Kohle.
  - Jahresverbrauch für: Heizung (ohne Warmw.), Heizung und Warmwasser.
  - Zeitraum der Erfassung: Jahr, (bis Jahr: ), (bei Mittelwert über mehrere Jahre).
  - Wurden in diesem Zeitraum energet. Verbesserungen durchgeführt? (ja, nein).

**Bild 1: Energieprofil-Formblätter für die Datenerfassung des Gebäudezustands (Arbeitsmappe „EnergyProfile.xls“, Version 2012; Erläuterungen in Loga et al. (2020); Download auf der zugehörigen Projekt-Website)**

Unabhängig hiervon werden bisher die Energieverbrauchsdaten der zentral beheizten Gebäude des NHW-Bestands gemäß Heizkostenverordnung erfasst und für die Nebenkostenabrechnung bereitgestellt.

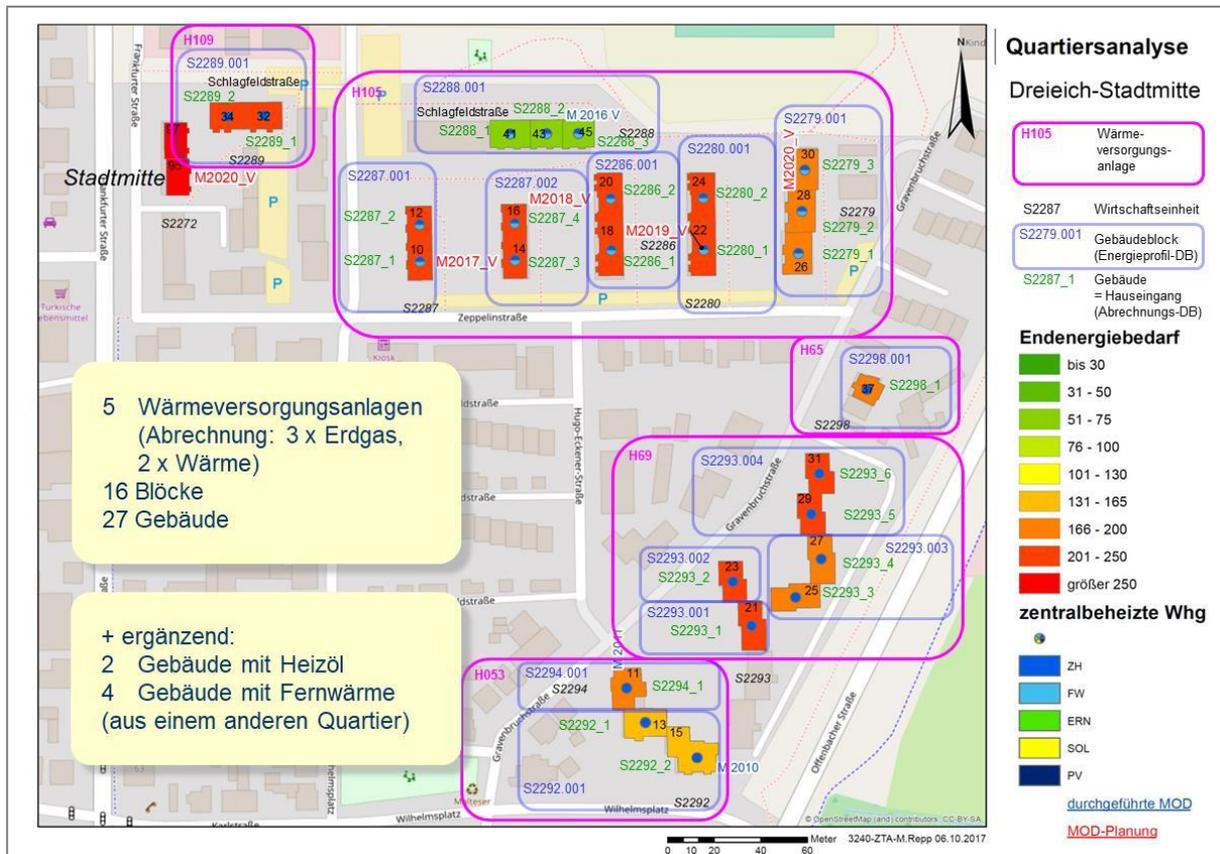
Die Idee des hier dargestellten Projekts ist es, die Informationen aus der Energieprofil- und der Abrechnungsdatenbank zusammenzuführen und für die Bildung von Benchmarks als Ausgangspunkt für ein Verbrauchscontrolling zu nutzen. Das Verfahren wurde an einem beispielhaften Quartier erprobt, die Details zu Methodik, Umsetzung und Ergebnissen sind im Forschungsbericht zum "Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks" (Loga et al. 2020) dokumentiert.

## Vorgehen beim Soll-Ist-Vergleich innerhalb des Modellprojekts

Die Einzelschritte des Projekts waren:

- Auswahl eines beispielhaften Quartiers mit unterschiedlichen Modernisierungsstandards (siehe Bild 2); Ergänzung um weitere Gebäude mit anderen Energieträgern und Abrechnungsmodalitäten;
- Export der betreffenden Datensätze aus der Verbrauchsdatenbank des Abrechnungsdienstleisters MET und aus der Energieprofil-Datenbank der NHW und Zuordnung der Datensätze auf der Ebene Gebäude, Gebäudeblock und Wärmeverorgungsanlage; Erstellen einer Gebäudetabelle mit Zustands-, Bedarfs- und Verbrauchsdaten;
- Plausibilitätsprüfung der Datenbanken und Vor-Ort-Überprüfung der Gebäudedaten;
- Bildung von Verbrauchsbenchmarks je Bedarfsklasse + Identifizierung von „Ausreißern“;
- Für die „Ausreißer“ mehrere Stufen der Prüfung:
  - (a) vertiefte Datenüberprüfung (Modernisierungsunterlagen, Liegenschaftsabrechnungen, Verbrauch auf Wohnungsebene);
  - (b) Vor-Ort-Kontrolle (Zustand von Wärmeschutz und Anlagentechnik, Zählerposition, Betriebsführung);
  - (c) Empfehlungen / Durchführung von Maßnahmen (Anpassungen an den Regelungseinstellungen der Heizungsanlagen, Aufnahme der festgestellten Abweichungen in der Datenbank);
- Erweiterung der Stichprobe (Test des Zuordnungsverfahrens);
- Durchführung eines Workshops für Experten aus Hessischen Wohnungsunternehmen und einer Tagung für das breitere Fachpublikum.

Die Bildung von Verbrauchsbenchmarks für den Soll-Ist-Vergleich, die Identifikation und die vertiefte Analyse von auffälligen Verbrauchswerten ("Ausreißer") sowie die Erweiterung der Stichprobe werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.



**Bild 2: Quartiersplan Dreieich Stadtmitte mit Identifikation der Einzelgebäude, der Gebäudeblöcke und der Wärmeversorgungsanlagen (OpenStreetMap (and) contributors CC-BY-SA)**

## Bildung von Verbrauchsbenchmarks und Identifizierung von auffälligen Verbrauchswerten

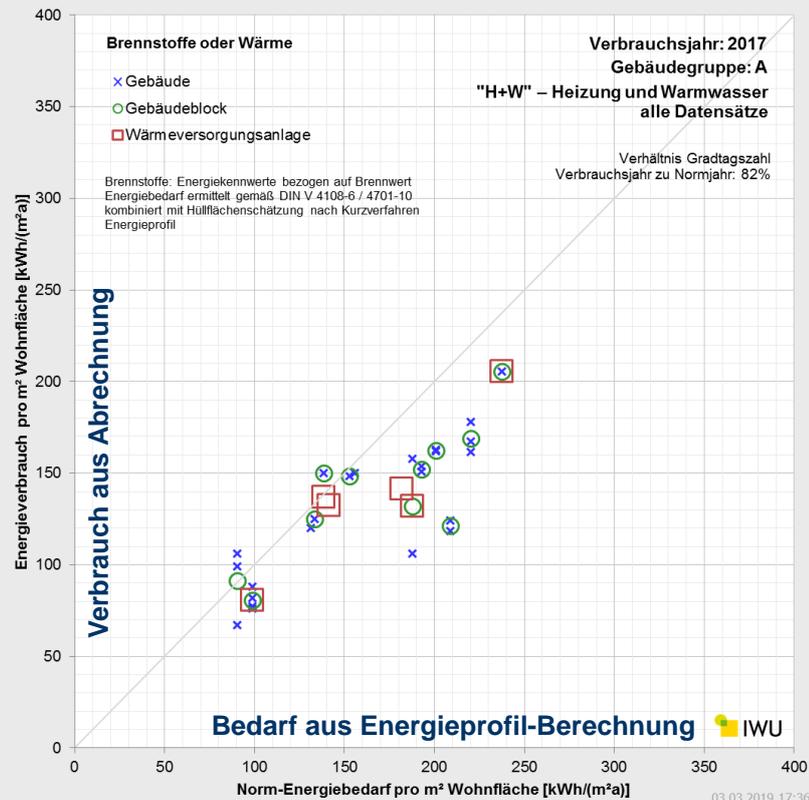
Bild 3a zeigt die Zusammenführung von rechnerischem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch für das untersuchte Quartier. Für die eingetragenen Punkte bestimmt der Energiebedarf die Lage auf der x-Achse. Die Position der y-Koordinaten wird durch die Verbrauchsdaten gemessen in den Heizzentralen, in den jeweiligen Gebäudeblöcken sowie in den jeweiligen Einzelgebäuden (definiert über die Hauseingänge / eigene Hausnummer) bestimmt. Diese drei Ebenen sind im Diagramm durch unterschiedliche Markierungen gekennzeichnet. Eine Differenzierung des Energiebedarfs auf Ebene der Einzelgebäude erfolgt nicht, da der Energiebedarf auf Blockebene berechnet wird. Alle in dem vorliegenden Beitrag dargestellten Energiekennwerte (Bedarf und Verbrauch) beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche (Vertragsfläche) und im Fall von Brennstoffen auf den Brennwert (oberer Heizwert). Die Energiebedarfsberechnung basiert auf den Regelungen des EnEV-Norm-Nachweises (jeweils mit Umrechnung auf Wohnflächen-Bezug).

### (a) Differenzierung nach Bilanzräumen

Heizung & Warmwasser H+W 2017

Darstellung differenziert nach den Bilanzräumen:

- Gebäude (Hauseingang)
- Gebäudeblock
- Wärmeversorgungsanlage



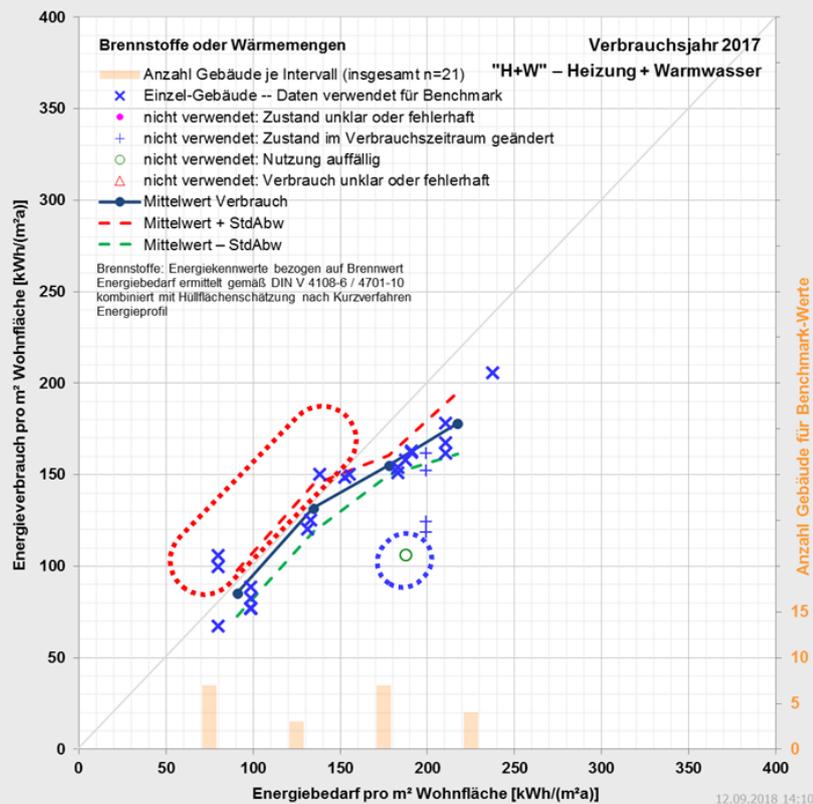
### (b) Benchmarks und Ausreißer

Heizung & Warmwasser H+W 2017

Bildung von bedarfsdifferenzierten Verbrauchsbenchmarks auf der Ebene Gebäude (Hauseingang)

Identifikation von

- 3 „Hochverbraucher“
  - 1 „Wenigverbraucher“
- jeweils außerhalb des durch die Standardabweichung definierten Bereichs



**Bild 3: Benchmark-Diagramme für das Modellquartier / abgerechnete Jahreswerte des Energieverbrauchs aufgetragen über dem Normenergiebedarf (Bilanzpunkte kongruent mit den jeweiligen Messpunkten der Abrechnung)**

Für den Vergleich mit der rechnerischen Energiebilanz ist es wichtig die Position der Energieverbrauchsmessung als Grundlage für die Heizkostenabrechnung zu identifizieren. Mögliche Fälle sind:

- Endenergiemengen der Heizzentrale;
- in der Heizzentrale produzierte Wärmemenge;
- Wärmeeinspeisung in das Nahwärmenetz (wenn vorhanden);
- Wärmeentnahme aus dem Nahwärmenetz (wenn vorhanden);
- Wärmeeinspeisung in das Wärmeverteilnetz im Gebäude;
- Wärmeentnahme aus dem Wärmeverteilnetz je Wohnung.

Diese Messstellen können jeweils unterschiedlich der Heizung, der Warmwasserbereitung oder beidem zugeordnet sein.

Die genannten Informationen wurden weitgehend aus der Abrechnungsdatenbank abgeleitet und in eine Codierung für den Zählerplatz, die Art der Messung und die in dem Messwert enthaltenen Teilsysteme überführt. Mit Hilfe dieser Codierung wird aus den Zwischenschritten der Energiebilanzberechnung der richtige Bilanzpunkt identifiziert und damit der passende rechnerische Energiekennwert ermittelt (Nutzwärme, Nutzwärme + Wärmeverteilverluste, Wärmeabgabe Erzeuger, Endenergie). Auf diese Weise konnten jeweils vergleichbare Wertepaare aus Bedarf und Verbrauch ermittelt werden und einer der drei folgenden Gruppen zugeordnet werden:

- Heizung und Warmwasser "H+W";
- nur Heizung "H";
- nur Warmwasser "W".

Bei der Zusammenführung der Daten traten einige Besonderheiten auf, für die passende Lösungen gefunden werden mussten:

- Sowohl für die Bildung der Verbrauchsbenchmarks als auch für die Anwendung beim Verbrauchscontrolling müssen der Gebäudezustand bzw. der berechnete Energiebedarf mit dem gemessenen Energieverbrauch zusammenpassen. Fanden während eines Abrechnungsjahrs energetische Modernisierungen statt, so wurden die abgerechneten Verbrauchskosten des betreffenden Jahrs aus der Analyse ausgeklammert, da der Zustand in dem Zeitraum nicht klar definiert ist. Hilfreich für eine klare zeitliche Zuordnung der Zustände sind zusätzliche Angaben für den zeitlichen Geltungsbereich im Datensatz sowie eine Versionierung der Zustandsdatenbank.
- Ein Teil der Gebäude wird durch Heizzentralen versorgt. Die Wärmeverluste der zugehörigen erdverlegten Verteilleitungen sind jedoch in der Energiebilanzierung nach EnEV nicht enthalten. Um einen Vergleichswert für den der Heizkostenabrechnung zu Grunde gelegten Brennstoffeinsatz oder die von den Kesseln erzeugte Wärmemenge zu ermitteln, mussten die Wärmeverluste dieser Nahwärmenetze über eine einfache Bilanz abgeschätzt werden.
- Die Benchmarks geben die bei dem gegebenen lokalen Klima gemessenen Verbrauchswerte ohne von Modellannahmen abhängige Korrekturen wieder. Damit wird eine klare Trennung zwischen der reinen Messung (Verbrauch) und dem theoretischen Modell (Bedarf) vollzogen. Entsprechend findet hier also auch keine Gradtagzahlbereinigung des Verbrauchs statt (was ja einem sehr einfachen Modell mit reiner Außentemperaturabhängigkeit und ohne Einfluss der Solarstrahlung entspricht). Bei der Anwendung der Verbrauchsbenchmarks wird folglich dem unter standardisierten Bedingungen ermittelten "Normenergiebedarf" direkt ein Durchschnittswert des Verbrauchs als Vergleichswert zugeordnet. Als Zusatz-

information findet sich in den Benchmark-Diagrammen das Verhältnis der Gradtagszahlen des Verbrauchsjahrs am Standort zum Normklima. Bei Bedarf können so die Verbrauchsbenchmarks auch zusätzlich auf das Normklima kalibriert werden.

- Wenn Wärmemengen für Warmwasser mit einem Wärmemengenzähler gemessen und abgerechnet werden, dann sind die Wärmeverluste des Wärmeerzeugers in den kWh nicht enthalten. Bildet man Verbrauchskennwerte für die Heizung "H" durch Abzug des Warmwasser-Messwertes vom Brennstoffverbrauch, so sind hier folglich immer auch die Kesselverluste des Sommerbetriebs der Warmwasserbereitung enthalten. Zur Vereinfachung wird diesen Verbrauchswerten trotzdem der reine Endenergiebedarf für Heizung zugeordnet (also ohne die Kesselverluste für Warmwasser) – hier gibt es also bei einigen Gebäuden einen kleinen systematischen Fehler auf der Vergleichsebene "H – nur Heizung".
- In einem Wärmenetz fanden in den analysierten Verbrauchsjahren im laufenden Betrieb Umbauten von Heizzentrale und Nahwärmeleitungen statt (unter anderen wird das Vier-Leiter-Netz zu einem Zwei-Leiter-Netz). Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten wurde in der Heizkostenabrechnung vorübergehend der Wärmeverbrauch Warmwasser aus der Volumenmessung entsprechend den Rechenregeln nach der Heizkostenverordnung geschätzt. Solche geschätzten Verbrauchswerte mussten bei der Bildung von Benchmarks identifiziert und eliminiert werden, da diese das Rechenmodell der Verordnung und nicht den wirklichen Verbrauch repräsentieren. In diesen Fällen werden also nur die Verbrauchskennwerte "H+W", aber nicht "W" und damit auch nicht "H" (Differenz zwischen "H+W" und "W") für das Benchmarking verwendet.

Bild 3b zeigt den Vergleich auf Gebäudeebene (Datenpunkt je Hauseingang). Es wurden nun Bedarfsklassen gebildet, die im Diagramm in Form von Abschnittsmarkierungen auf der x-Achse und einem Säulendiagramm zur Anzeige der Anzahl der jeweils in einer Klasse zusammengeführten Gebäude dargestellt sind. Je Klasse werden die Energieverbrauchskennwerte gemittelt und als Punkt im Verbrauch-Bedarf-Diagramm eingetragen (dunkelblaue Punkte mit dunkelblauer durchgezogener Verbindungslinie). Die durch die Standardabweichung der Verbrauchswerte einer Bedarfsklasse quantifizierte Streuung ist ebenfalls in das Diagramm eingetragen (oberer Wert rot gestrichelt, unterer Wert grün gestrichelt). Diese Streuung ist sehr klein, was vermutlich ein zufälliger Effekt ist, da die Zahl von Gebäuden je Klasse bei dieser Quartiersbetrachtung noch recht gering ist.

Vier Gebäude, die außerhalb der Standardabweichung liegen (drei oberhalb, eins unterhalb, siehe Markierungen in Bild 3b) wurden als Gebäude mit Mehr- bzw. Minderverbrauch identifiziert. Im Rahmen einer "Ausreißeranalyse" wurden diese näher untersucht, um die Gründe zu ermitteln und gegebenenfalls Korrekturen vorzunehmen. Die Details werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

## "Ausreißeranalyse"

Die Identifikation der Einzelpunkte des Verbrauch-Bedarf-Vergleichs erfolgt über die Gebäudetabelle. Bei dem in Tabelle 1 gezeigten Auszug werden die Bedarfs- und Verbrauchswerte der Gebäude Stichprobe auf der Vergleichsebene "H+W" (Heizung & Warmwasser) dargestellt. Bei dem Gebäude mit niedrigem Verbrauch (blaue Schrift) liegt der Verbrauch nur bei 57% des Normenergiebedarfs. Die als "überhöht" eingeordneten Verbrauchskennwerte liegen zwischen 8 und 32% über dem Normbedarfskennwert.

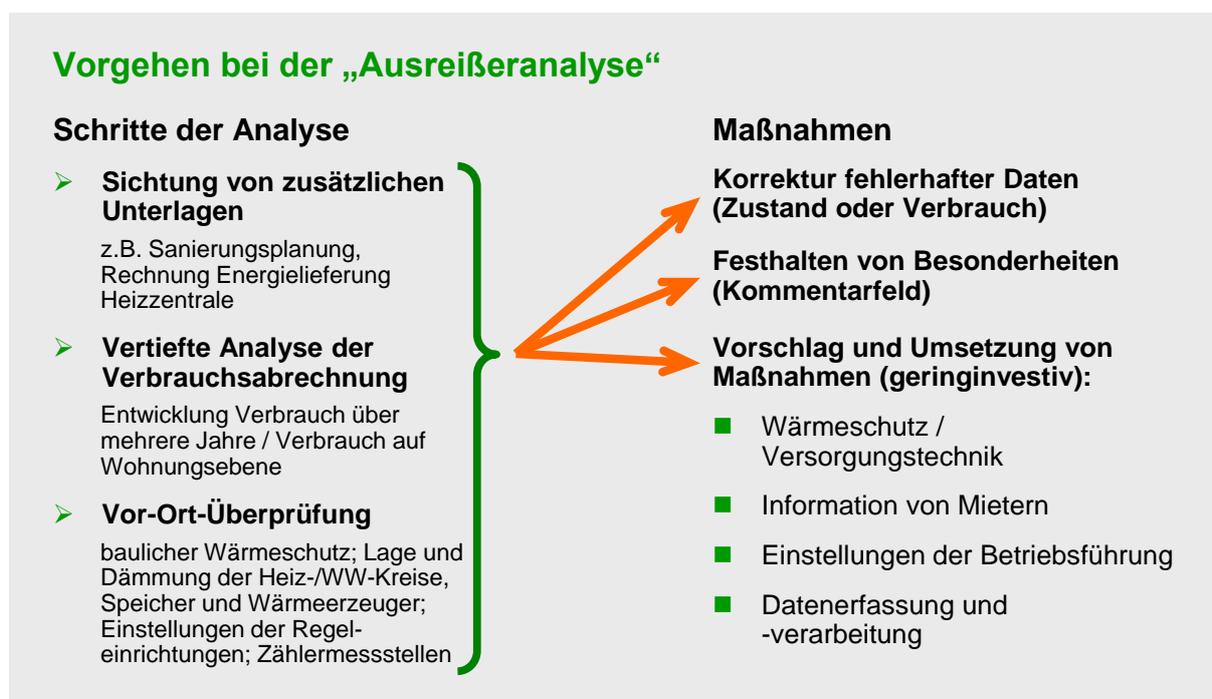
**Tabelle 1: Vergleichswerte Verbrauch und Bedarf für das betrachtete Quartier und die zusätzlich einbezogenen Liegenschaften mit Markierung der Gebäude mit Mehr- und mit Minderverbrauch (rote und blaue Schrift); bei den Gebäuden ohne Einträge liegt dezentrale Warmwasserbereitung vor, so dass die Energiekennwerte "H+W" nicht gebildet werden können**

Heizung & Warmwasser							H+W 2017	
ID Abrechnungsdaten	Ort	Heizungsanlage	Straße und Hausnummer	Wohnfläche m <sup>2</sup>	Bedarf pro m <sup>2</sup> Wohnfläche kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verbrauch pro m <sup>2</sup> Wohnfläche kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verhältnis Verbrauch Bedarf Heizung	Balkendiagramm Bedarf („B“) und Verbrauch („V“)
S2279_1	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 26	630	211	178	84%	
S2279_2	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 28	630	211	162	77%	
S2279_3	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 30	630	211	167	79%	
S2280_1	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 22	730	183	151	82%	
S2280_2	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 24	730	183	154	84%	
S2286_1	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 18	730	191	163	85%	
S2286_2	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 20	730	191	162	85%	
S2287_1	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 10	509	199	152	76%	
S2287_2	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 12	508	199	162	81%	
S2287_3	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 14	509	199	119	59%	
S2287_4	Dreieich	H105	Zeppelinstraße 16	508	199	124	62%	
S2288_1	Dreieich	H105	Schlagfeldstraße 41	603	80	99	124%	
S2288_2	Dreieich	H105	Schlagfeldstraße 43	490	80	67	83%	
S2288_3	Dreieich	H105	Schlagfeldstraße 45	490	80	106	132%	
S2289_1	Dreieich	H109	Schlagfeldstraße 32	412	188	158	84%	
S2289_2	Dreieich	H109	Schlagfeldstraße 34	412	188	106	57%	
S2292_1	Dreieich	H053	Gravenbruchstraße 13	886	139	150	108%	
S2292_2	Dreieich	H053	Gravenbruchstraße 15	1536	133	125	94%	
S2293_1	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 21	664				
S2293_2	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 23	400				
S2293_3	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 25	655				
S2293_4	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 27	656				
S2293_5	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 29	400				
S2293_6	Dreieich	H69	Gravenbruchstraße 31	400				
S2294_1	Dreieich	H053	Gravenbruchstraße 11	581	153	148	97%	
S2298_1	Dreieich	H65	Gravenbruchstraße 37	206	238	206	87%	
S2619_1	Neu-Isenburg	H126	Bahnhofstraße 216	3574	131	120	92%	
S2620_1	Neu-Isenburg	H126	Bahnhofstraße 214	2499	156	150	96%	
S2740_1	Offenbach	H2	Von-Gluck-Straße 8	716	99	77	78%	
S2740_2	Offenbach	H2	Von-Gluck-Straße 10	715	99	82	83%	
S2740_3	Offenbach	H2	Von-Gluck-Straße 12	715	99	89	90%	
S2740_4	Offenbach	H2	Von-Gluck-Straße 14	716	99	77	78%	

Datenstand: 02.10.2018

\*) Bedarf berechnet mit Randbedingungen und pauschalen Anlagenkennwerten nach EnEV

„Ausreißer“ sind durch farbige Schrift hervorgehoben: hoher Verbrauch = rote Schrift / geringer Verbrauch = blaue Schrift



**Bild 4: Schema für das Vorgehen bei der Ausreißeranalyse**

Für die vier als "Ausreißer" identifizierten Gebäude wurden nun vertiefte Analysen entsprechend dem in Bild 4 dargestellten Schema vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden durch die NHW weitere Unterlagen zum Gebäudezustand (Dokumentation der Modernisierungsplanung, Berechnungsgrundlagen des Energiebedarfsausweises) und zum Verbrauch (Jahresrechnung für Energielieferung, Abrechnungsdaten der Vorjahre, Abrechnungsdaten auf Wohnungsebene) zur Verfügung gestellt.

Auf diese Weise konnte als Grund für ein höheres Verbrauch-Bedarf-Verhältnis in einem Fall eine Unstimmigkeit in den Zustandsdaten gefunden werden (zu gut angesetzte Fensterqualität), die durch Änderung in den Energieprofil-Daten korrigiert werden konnte. In einem anderen Fall wurde bei einem Ortstermin die wenig effiziente Betriebsführung als Ursache identifiziert (Raumsolltemperatur in der Heizkreisregelung 28 statt 20°C) und eine entsprechende Änderung in der Anlagenregelung vorgenommen.

Als Grund für den starken Minderverbrauch eines Gebäudes konnten nach der Überprüfung eine fehlerhafte Zustandserfassung und eine fehlerhafte Messdatenerfassung ausgeschlossen werden. Bei diesem eher kleinen Gebäude verhalten sich offensichtlich die Mieter im Mittel sehr sparsam – gegebenenfalls liegen auch längere Abwesenheitszeiten vor.



**Bild 5: Fotos von der Vor-Ort-Überprüfung des Wärmeschutzes, der Anlagenkonfiguration, der Leitungsdämmung, der Zählermesstellen und der Regelungseinstellungen**

## Aus der Vor-Ort-Überprüfung abgeleitete allgemeine Empfehlungen für die Betriebsführung von Wärmeversorgungsanlagen

Aus den bei der Vor-Ort-Überprüfung gemachten Erfahrungen wurden Empfehlungen für einen energieeffizienten Betrieb von Wärmeversorgungsanlagen abgeleitet. Kernpunkte sind die explizite Definition von Sollwerten und die aktive regelmäßige Überwachung von Ist- und Sollwerten.

Typischerweise werden Regelungseinstellungen verändert, wenn einzelne Mieter sich über eine nicht ausreichende Heizwärmeversorgung beschweren. Hierbei kann auch die Beobachtung der Bewohner eine Rolle spielen, dass Heizkörper nicht richtig warm werden (insbesondere nach Verbesserung des Wärmeschutzes, wenn bei gleichen Heizflächen nur noch geringere Vorlauftemperaturen benötigt werden). Gerade in den Übergangszeiten entstehen durch die dann überhöhten Netztemperaturen unnötige Wärmeverluste des Verteilnetzes im Keller. Zudem kann die unregelmäßige zusätzliche Wärmeabgabe von Verteilleitungen innerhalb des Gebäudes (in Altbauten bisweilen ungedämmt) in einzelnen Räumen zu überhöhten Temperaturen führen – was zum Öffnen von Fenstern und zum Weglüften der überschüssigen Wärme führen kann.

Es besteht hier also ein Zielkonflikt zwischen den Bedürfnissen einzelner Mieter und dem effizienten Betrieb. Verbesserungen können eventuell durch folgende Maßnahmen erreicht werden (Loga et al. 2020):

### ➤ **Vorgehen bei Beschwerden von Mietern:**

Eine Beschwerde von Mietern, dass „die Heizung nicht warm genug wird“ kann durch sehr verschiedene Gründe ausgelöst werden. Daher wäre es sinnvoll, wenn die Schritte für den Umgang mit diesen Beschwerden definiert würden. Bei der Reaktion könnte eine Checkliste helfen, die folgende Punkte umfasst:

- Beobachtung des Mieters: Was ist aufgefallen? Welcher Zeitraum ist betroffen? Welche Raumtemperatur liegt vor?
- Vor-Ort-Überprüfung in der Wohnung: Werden einzelne Heizkörper nicht durchströmt? (hydraulisches Problem; festsitzende Thermostat-Ventil-Stifte);
- Vor-Ort-Überprüfung in der Heizungsanlage: Regelungseinstellungen, Pumpenfunktion, momentane Vor- und Rücklauftemperatur;
- Änderung von Einstellungen: Sofern sich eine Anhebung der Vorlauftemperatur als notwendig erweist Umsetzung in Form von kleinen Schritten mit Überprüfung der Wirkung; ggf. Definition eines Zeitpunkts, ab dem die Regelung wieder auf die Ausgangswerte gesetzt werden soll.

### ➤ **Anschaffung Heizungstechnik:**

Für die Problemanalyse bei erhöhten Verbrauchswerten wäre es hilfreich, wenn schon bei der Anschaffung von technischen Anlagen die Bedienbarkeit und Transparenz berücksichtigt würde. Es sollte stets intuitiv nachvollziehbar sein, in welcher Weise sich die Parameter auf die Betriebsführung auswirken. Bei den Vor-Ort-Kontrollen erwiesen sich die Einstellungen von "altmodischen" Reglern mit zwei Drehknöpfen für "Steilheit" und "Parallelverschiebung" der Heizkurve in Abhängigkeit von der Außentemperatur als viel leichter nachvollziehbar als "moderne" menügestützte Regelungen ohne Heizkurve aber mit integrierter Wetterprognose.

➤ **Logbuch Regelungseinstellungen:**

Es wäre hilfreich, wenn im Heizraum neben dem Wartungsbuch auch ein Logbuch für Regelungseinstellungen vorhanden wäre (siehe Beispiel im Anhang des Projektberichts Loga et al. (2020)). Dies sollte auf die vor Ort installierte Regelung zugeschnitten sein und alle Parameter umfassen, die über das Bedienelement geändert werden können. Die Planungswerte sollten bei der Installation eingetragen werden und bei gegebenenfalls durchgeführten Modernisierungen angepasst werden.

➤ **Zuständigkeiten für effiziente Betriebsführung:**

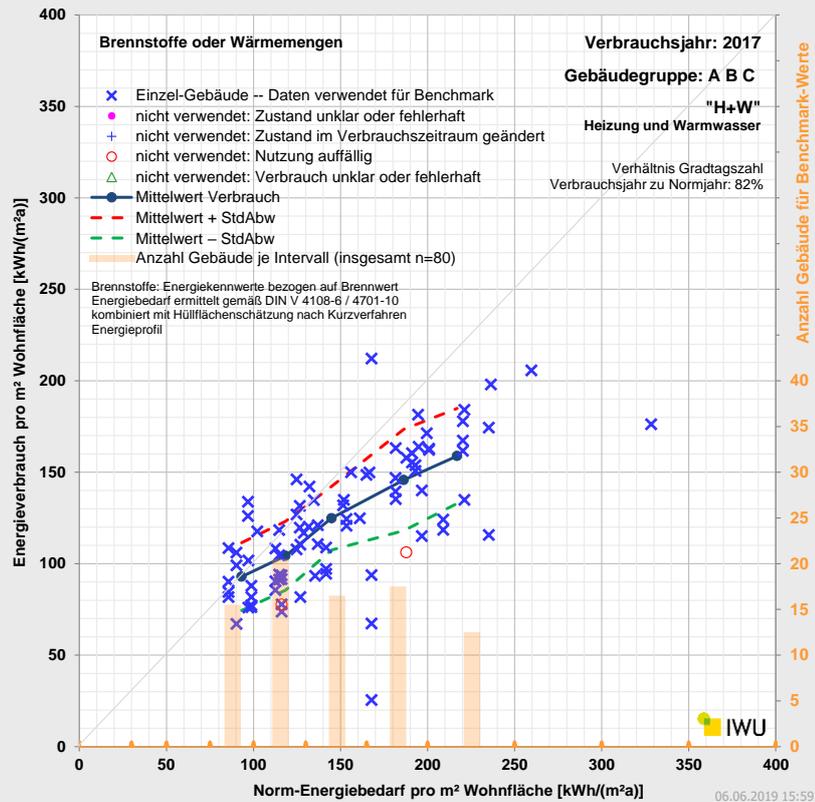
Gegebenenfalls wäre es hilfreich, wenn Personen im Unternehmen für eine effiziente Betriebsführung von Wärmeversorgungsanlagen zuständig wären und alle Anlagen in regelmäßigen Abständen insbesondere in den Übergangszeiten bezüglich unnötiger Wärmeverluste überprüfen würden.

## **Benchmarks bei Erweiterung der Stichprobe**

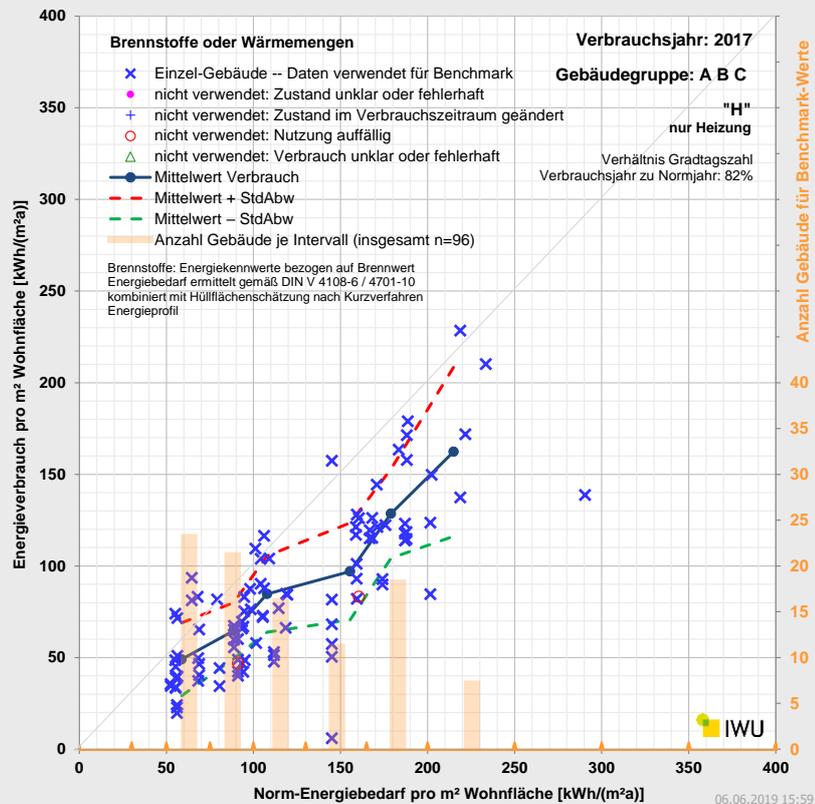
Um die Prozeduren zum Import von Daten sowie die Algorithmen für die Verbrauch-Bedarf-Analyse und für die Bildung von Verbrauchsbenchmarks zu überprüfen, wurde eine Erweiterung der Gebäudestichprobe um 85 Gebäude (48 Blöcke) vorgenommen, deren Datensätze direkt aus der vorhandenen Energieprofil-Tabelle und der Abrechnungsdatenbank exportiert wurden. Die Zusammenführung der Daten und die Analyse gelang mit dem bestehenden Werkzeug ohne weitere Anpassungen. Zu beachten ist, dass bei den neu eingespielten Daten keine Qualitätsüberprüfung vorgenommen wurde. Daher stehen auch die im Folgenden dokumentierten Auswertungen etwas unter Vorbehalt.

Für die Gesamtauswertung stehen also nun 112 Gebäude (64 Blöcke) zur Verfügung. Bild 6 zeigt die jeweiligen Verbrauch-Bedarf-Diagramme, das obere für Heizung und Warmwasser ("H+W"), das untere nur für Heizung ("H"). Analog zu Bild 3b wurden für beide Auswertungen jeweils Bedarfsklassen gebildet und die Anzahl der Gebäude, die Mittelwerte und die Standardabweichungen eingetragen.

**(a) Heizung & Warmwasser**  
 H+W 2017  
 (erweiterte Gebäudestichprobe)



**(b) Heizung**  
 H 2017  
 (erweiterte Gebäudestichprobe)



**Bild 6: Verbrauch-Bedarf-Diagramme für die erweiterte Gebäudestichprobe**  
 Einzelpunkte "x": gemessener Heizenergieverbrauchs aufgetragen über dem Norm-Heizenergiebedarf, jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche / verbundene Punkte "●": Verbrauchsbenchmarks "H" bzw. "H+W" (Mittelwerte des Verbrauchs je Bedarfsklasse) / gestrichelte Linien: Standardabweichung des Verbrauchs "H" bzw. "H+W" je Bedarfsklasse

Es zeigt sich ein sehr ausgeprägter Zusammenhang zwischen dem Energieverbrauch der Gebäude und dem Norm-Energiebedarf. Die Kurve der mit Geraden verbundenen Benchmarks hat im unteren Bedarfsbereich eine Steigung von etwa 45°, im oberen Bedarfsbereich flacht die Kurve etwas ab. Ein Grund für eine systematische Verschiebung des Energiebedarfs bei nicht modernisierten Gebäuden hin zu höheren Werten ist sicherlich, dass die Bilanzierungsansätze für den Normenergiebedarf bei großen Unsicherheiten eher auf der sicheren Seite liegen. Beispielsweise wird bei einer unbekanntem Konstruktion aus der Vielzahl der möglichen Konstruktionen ein eher ungünstiger Fall mit einem eher hohen U-Wert angenommen – und es wird davon ausgegangen, dass keine nachträgliche Modernisierung vorliegt. Für ein standardisiertes gesetzliches Nachweisverfahren ist dies sicherlich ein sinnvolles Vorgehen – für das Verbrauchscontrolling folgt daraus jedoch, dass die Verbrauchsbenchmarks von Altbauten ohne energetische Modernisierung oder mit unbekanntem Modernisierungszustand deutlich niedriger liegen, als die jeweils zugehörigen Bedarfswerte.

In den beiden Diagrammen sind einige Ausreißer zu erkennen, die bei Fortsetzung des Verbrauchscontrollings näher untersucht werden sollten. Besonders auffällig ist ein Gebäudeblock, bestehend aus 6 Einzelgebäuden mit gleichem Energiebedarf (da der Energiebedarf ja auf Blockebene ermittelt wird) und extrem weit auseinanderliegenden Verbrauchswerten.

Die in den Diagrammen dargestellten Mittelwerte und Streuungen finden sich als Zahlenwerte in der jeweiligen Benchmark-Tabelle wieder (Tabelle 2, oben "H+W", unten "H"). Dort ist auch in der Spalte "Kalibrierungsfaktor" je Bedarfskategorie das Verbrauch-Bedarf-Verhältnis angegeben, das für grobe Prognosen des Energieverbrauchs verwendet werden kann. Wenn für ein Gebäude ein Norm-Energiebedarf berechnet wird, so kann dieser mit dem zugehörigen Kalibrierungsfaktor multipliziert werden, um einen Schätzwert des Verbrauchs zu ermitteln. Die Spalte "Streuung des Verbrauchs" gibt dabei gleichzeitig die Unsicherheit der Schätzung an.

Aus den Benchmark-Tabellen lassen sich quantitative Aussagen bezüglich der Wirksamkeit der energetischen Modernisierung ableiten. Schauen wir uns die Benchmarks "H" (nur Heizung) an, so sehen wir, dass bei den 7 Gebäuden der schlechtesten Bedarfsklasse der mittlere Heizenergieverbrauch bei 162 kWh/(m<sup>2</sup>a) liegt. Für die 23 Gebäude der besten Energiebedarfsklasse liegt der mittlere Heizenergieverbrauch dagegen bei 49 kWh/(m<sup>2</sup>a), also um 70% niedriger.

Auswertung von Analysen zum Verhältnis aus Verbrauch zu Bedarf						H+W 2017	
„H+W“ - Heizung & Warmwasser						Gebäudegruppe: A B C	
Verbrauch Brennstoffe oder Wärme für Heizung und Warmwasser (bei Brennstoffen bezogen auf Brennwert H <sub>s</sub> )							
Standard-Energiebedarf*		Stichprobe		gemessener Verbrauch, bezogen auf beheizte Wohnfläche			
bezogen auf beheizte Wohnfläche				Mittelwert	Kalibrierungsfaktor: Verhältnis Verbrauch zu Bedarf		Streubreite** zugeordneter Verbrauch
Intervall	Mittelwert	Anzahl Gebäude	Wohnfläche		Mittelwert	relative Streubreite**	
kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)			kWh/(m <sup>2</sup> a)
1 ... 30	-	-	-	-	-	-	-
31 ... 50	-	-	-	-	-	-	-
51 ... 75	-	-	-	-	-	-	-
76 ... 100	93	n=15	10.368	93	1,00	±20%	± 19
101 ... 130	118	n=20	12.813	104	0,88	±17%	± 19
131 ... 165	145	n=16	15.203	125	0,86	±13%	± 17
166 ... 200	186	n=17	9.153	146	0,78	±17%	± 28
201 ... 250	217	n=12	6.324	159	0,73	±16%	± 26
251 ... 300	-	-	-	-	-	-	-
Summe		n=80	53.861				

\*) Endenergiebedarf ermittelt gemäß DIN V 4108-6 / 4701-10 kombiniert mit Hüllflächenschätzung nach Kurzverfahren Energieprofil  
 \*\*) „Streubreite“ = Standardabweichung

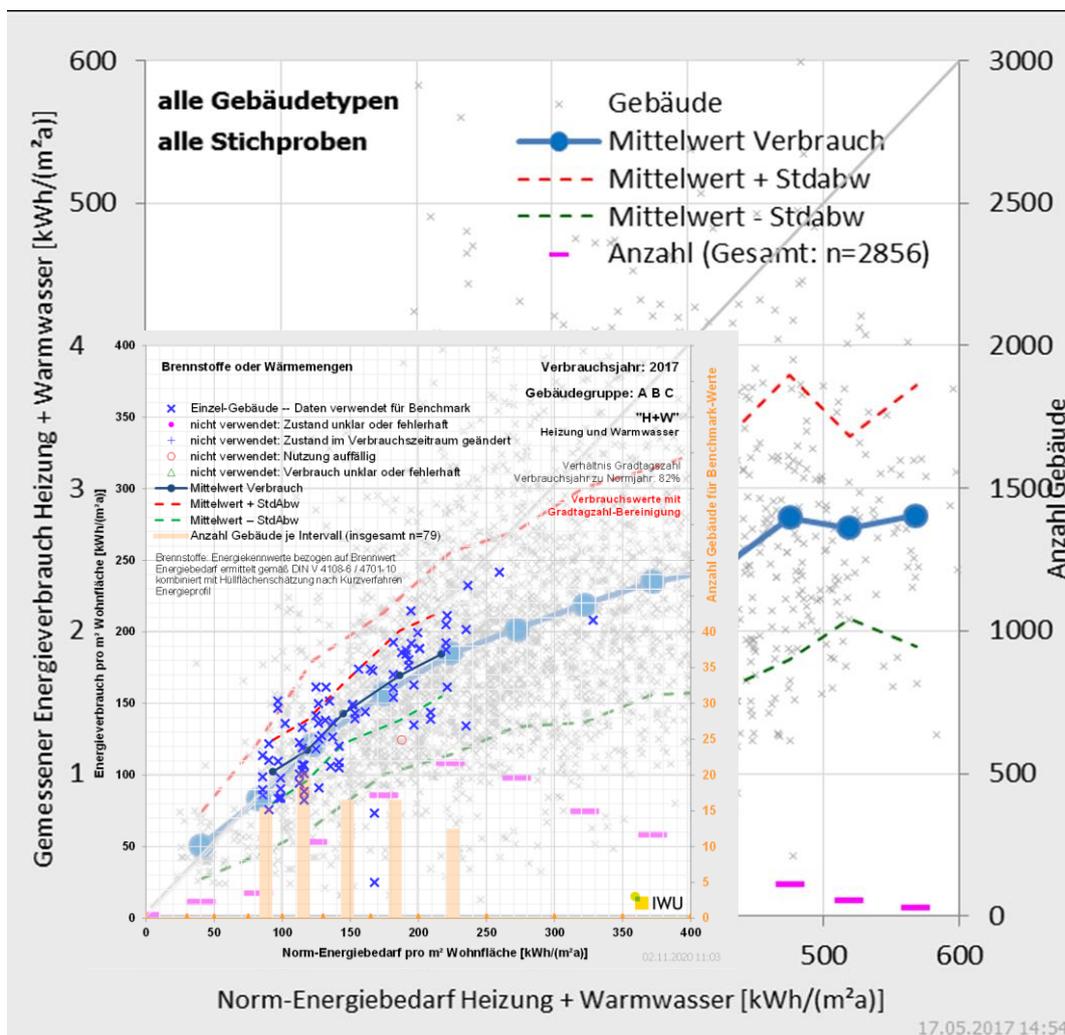
Auswertung von Analysen zum Verhältnis aus Verbrauch zu Bedarf						H 2017	
„H“ - nur Heizung						Gebäudegruppe: A B C	
Verbrauch Brennstoffe oder Wärme für Heizung und Warmwasser (bei Brennstoffen bezogen auf Brennwert H <sub>s</sub> )							
Standard-Energiebedarf*		Stichprobe		gemessener Verbrauch, bezogen auf beheizte Wohnfläche			
bezogen auf beheizte Wohnfläche				Mittelwert	Kalibrierungsfaktor: Verhältnis Verbrauch zu Bedarf		Streubreite** zugeordneter Verbrauch
Intervall	Mittelwert	Anzahl Gebäude	Wohnfläche		Mittelwert	relative Streubreite**	
kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)			kWh/(m <sup>2</sup> a)
1 ... 30	-	-	-	-	-	-	-
31 ... 50	-	-	-	-	-	-	-
51 ... 75	59	n=23	17.710	49	0,84	±36%	± 20
76 ... 100	89	n=21	15.600	65	0,73	±22%	± 15
101 ... 130	108	n=16	12.486	85	0,79	±27%	± 21
131 ... 165	155	n=11	5.635	97	0,62	±24%	± 26
166 ... 200	179	n=18	9.759	129	0,72	±17%	± 24
201 ... 250	215	n=7	3.115	162	0,76	±25%	± 46
251 ... 300	-	-	-	-	-	-	-
Summe		n=96	64.306				

\*) Endenergiebedarf ermittelt gemäß DIN V 4108-6 / 4701-10 kombiniert mit Hüllflächenschätzung nach Kurzverfahren Energieprofil  
 \*\*) „Streubreite“ = Standardabweichung

**Tabelle 2. Benchmark-Tabellen "H+W" und "H" für die erweiterte Stichprobe**

## Vergleich der Benchmarks mit Analysen des Verbrauch-Bedarf-Zusammenhangs anderer Gebäudegruppen

Die je Energiebedarfsintervall gebildeten Mittelwerte des Verbrauchs und zugehörigen Streuungen können mit den Ergebnissen einer anderen Studie verglichen werden (Loga/Stein 2020, methodische Grundlagen in Loga et al. (2019)). Dort wurden verschiedene in der Vergangenheit durchgeführte Analysen des Zusammenhangs zwischen gemessenem Energieverbrauch und berechnetem Normenergiebedarf zusammengeführt. Die Bedarf-Verbrauch-Wertepaare der über 2800 Wohngebäude und die in ähnlicher Weise gebildeten bedarfsdifferenzierten Verbrauchsbenchmarks zeigt Bild 7. Zum Vergleich ist das Benchmark-Diagramm „H+W“ für die erweiterte Stichprobe aus dem vorangegangenen Abschnitt (Bild 6a) in einer modifizierten Version mit dargestellt: Die Verbrauchswerte der NHW wurden für diesen Vergleich gradtagzahl-bereinigt – der gemessene Verbrauch für Heizung aus der Abrechnung wurde also mit einem Faktor korrigiert, der das Verhältnis zwischen Gradtagzahl des Standardklimas Deutschland und der Gradtagzahl für das Verbrauchsjahr am Standort wiedergibt.



**Bild 7: Überlagerung der gradtagzahlbereinigten Verbrauch-Bedarf-Analysen der erweiterten NHW-Stichprobe mit der in Loga et al. (2019) durchgeführten Analyse** (gegenüber dem Benchmark-Diagramm Bild 6 und dem in Loga et al. (2020) dokumentierten Vergleich geänderte Darstellung mit Gradtagzahl-Bereinigung der NHW-Verbrauchswerte)

Die überlagerte Darstellung der Kurven zeigt, dass die Verbrauchsbenchmarks (Mittelwerte) beider Untersuchungen sehr gut übereinstimmen.

Auffällig ist, dass die Streuung bei der NHW-Gebäudestichprobe erheblich kleiner ist. Dies ist auf Grund des Nutzereinflusses auch zu erwarten, denn im Gegensatz zur NHW-Stichprobe sind in der Vergleichsstudie neben Mehrfamilienhäusern auch sehr viele Einfamilien- und Reihenhäuser enthalten. Je mehr Wohneinheiten ein Gebäude aufweist, desto stärker gleichen sich für das Gesamtgebäude zufällige Unterschiede im Verhalten aus. Die vergleichsweise geringe Streuung der Verbrauchsbenchmarks der NHW-Gebäudestichprobe spricht aber auch für die Datenqualität, denn bei einer größeren Zahl von fehlerhaften Einträgen würde sich ein deutlich diffuseres Bild ergeben.

## Resümee und Ausblick

Das vorgestellte Modellprojekt zeigt, dass ein kontinuierlicher Soll-Ist-Vergleich auf Basis der Heizkostenabrechnung für den Bestand eines Wohnungsunternehmens mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Voraussetzung ist neben einer gut strukturierten Abrechnungsdatenbank die systematische Erfassung und Pflege der Informationen zum energetischen Zustand und die darauf basierende Energiebedarfsberechnung. So können für verschiedene Energiebedarfsklassen Mittelwerte des Energieverbrauchs gebildet werden, die in Form von Verbrauchsbenchmarks als Vergleichswerte dienen.

Die für das betrachtete Quartier in dieser Weise durchgeführten Analysen zeigen einen sehr ausgeprägten Zusammenhang zwischen dem gemessenen Verbrauch und dem berechneten Bedarf. Die energetische Modernisierung bewirkt also generell eine erhebliche Minderung der Verbrauchswerte. Die Gebäude mit einem erhöhten Verbrauch konnten identifiziert und Maßnahmen zur Verbesserung eingeleitet werden.

Die Fortsetzung der Soll-Ist-Analysen in den Folgejahren sowie gegebenenfalls die Ausweitung auf weitere Teile des NHW-Bestands scheinen mit vertretbarem Aufwand möglich und wären eine gute Ausgangsbasis für ein systematisches Energiemanagement. Damit könnten auch empirisch abgesicherte Verbrauchskennwerte als Grundlage für Investitionsentscheidungen im Unternehmen bereitgestellt und die Zielerreichung bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen real überprüft werden.

Eine Herausforderung bleibt die Frage, wie ein solches Verbrauchscontrolling auch für Gebäude ohne Heizkostenabrechnung umgesetzt werden könnte, also für Gebäude, bei denen eine direkte Abrechnung der Fernwärme- oder Gasversorger mit den Mietern erfolgt. Hier wäre sicherlich eine Kooperation mit den Versorgern oder Dienstleistern sinnvoll.

Soll dieses Konzept in anderen Wohnungsunternehmen umgesetzt werden, so wäre als erster Schritt der Aufbau und die kontinuierliche Pflege einer Datentabelle zur Erfassung des energetischen Zustands anzugehen. Sinnvolle weitere Schritte hin zur

Einführung eines Verbrauchscontrollings können einer Checkliste entnommen werden, die die Erfahrungen im "Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks" widerspiegelt (Anhang A in Loga et al. 2020).

## Referenzen

Loga, Tobias; Swiderek, Stefan; Grafe, Michael (2020): Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks. Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens; Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt; ISBN: 978-3-941140-65-3

<https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/2017/meb-nh/>

(auf dieser Projektseite finden sich auch die im Projekt entwickelte Excel-Mappe für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich sowie ein Demo des von der NHW verwendeten Excel-Tools „EnergyProfile.xls“)

Loga, Tobias; Stein, Britta; Hacke, Ulrike; Müller, André; Großklos, Marc; Born, Rolf; Renz, Ina; Cischinsky, Holger; Hörner, Michael; Weber, Ines (2019): Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen; Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR); BBSR-Online-Publikation 04/2019; ISSN 1868-0097

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2019/bbsr-online-04-2019-dl.pdf>

Loga, Tobias; Stein, Britta (2020): Prognose des Heizenergieverbrauchs von Wohngebäuden auf Basis des EnEV-Nachweises. Tagungsband der EffizienzTagung Bauen + Modernisieren; 13. und 14. November 2020; Hannover

Das hier vorgestellte Projekt wurde mit Unterstützung des Landes Hessen durchgeführt

HESSEN



Hessisches Ministerium  
für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Wohnen