



Foto:

## Der Einfluss des städtischen Klimas auf den Energiebedarf Im Dschungel der Großstadt

Die Standardwetterdaten sind für Energieberater ein wichtiges Hilfsmittel, um den standortbezogenen Energiebedarf eines Gebäudes ermitteln zu können. Allerdings gibt es für ganz Deutschland nur weniger als 50 Wetterdatensätze und für Großstädte wie zum Beispiel Berlin nur einen einzigen. Wie unterschiedlich ist das Mikroklima einer Stadt? Benötigt ein Gebäude am Stadtrand ebenso viel Energie wie ein Stadthaus im Zentrum? Studenten der Hochschule Magdeburg/Stendal sind in ihrer Bachelorarbeit dieser Frage nachgegangen und präsentieren gemeinsam mit ihrer Professorin in diesem Artikel das Ergebnis.

Um bewerten zu können, welchen energetischen Standard ein Gebäude erreichen kann, muss ein Planer oder Energieberater bei Neubauten den Energiebedarf berechnen beziehungsweise bei Altbauten das Einsparpotenzial einschätzen. Dazu greift er unter anderem auf die verfügbaren Standardwetterdaten zurück – so verwendet er zum Beispiel für ein Gebäude in Berlin im Zuge der Beratung das Berliner Standardklima. Abweichend von diesen gemittelten Klimadaten schwanken in der Realität sowohl am kältesten Tag im Winter als auch im Jahresmittel – jährlich und örtlich – die Temperaturen, während die Berechnungssoftware genau einen Datensatz für das Berliner Klima enthält. Üblich sind für Bilanzprogramme weniger als 50 Wetterdatensätze für das gesamte Bundesgebiet, in vielen Fällen beziehen sich Softwareprogramme und Normen dabei auf kaum mehr als 20 Standorte.

Gebäude in verschiedenen städtischen Lagen, im Zentrum oder am Stadtrand werden im Rahmen

einer individuellen Energieberatung meist mit demselben Wetterdatensatz berechnet. Auch bei detaillierten Energieanalysen der Verbrauchswerte mit Korrelation von unterjährigen Messwerten zu Wetterdaten und ähnlichen Analysemethoden greift der Berater auf Wetterdaten zurück, die meist nicht exakt für den betrachteten Standort gelten. Um zu klären, welche Konsequenzen sich daraus ergeben, wird nachfolgend an einem fiktiven Einfamilienhaus und der Stadt Berlin der Einfluss des Lokalklimas auf die Energiebilanz aufgezeigt. Die daraus abgeleiteten Ergebnisse entstammen der Bachelorarbeit zweier Studenten [1], die zugleich Co-Autoren dieses Beitrags sind.

### Ein Testgebäude mit vier Standards

Das fiktive Einfamilienhaus ist als freistehendes Gebäude mit Satteldach und unbeheiztem Keller konzipiert (Abb. 1) und umfasst eine Wohnfläche von 168 m<sup>2</sup>. Es wird davon ausgegangen, dass in dem zweige-

schossigen Haus eine vierköpfige Familie lebt. Vier verschiedene Gebäudestandards werden parallel untersucht:

- der EnEV-Neubaustandard aus dem Jahr 2002,
- der unsanierte Bestand,
- der teilmodernisierte Bestand und
- der Passivhausstandard.

Die Tabelle in Abb. 2 zeigt die festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten sowie die Zuordnung des Baustandards zu einer Heizgrenztemperatur. Neben den vier verschiedenen Gebäudestandards werden zusätzlich zwei verschiedene Varianten zur Wärmezeugung verglichen: ein Gasbrennwertkessel und eine Außenluftwärmepumpe mit zusätzlichem Heizstab als Spitzenlastzeuger (Abb. 3). Es erfolgt keine Bemessung der Wärmezeuger, sondern es wird mit typischen Effizienzen gearbeitet.

### Standortfaktoren

Um herauszufinden, welchen Einfluss das Stadtklima hat, wurden in Berlin Standorte im Zentrum, im mittleren Stadtbereich und am Stadtrand betrachtet (Abb. 4). An den ausgesuchten drei Postleitzahlgebieten treten verschiedene mittlere Außentemperaturen während der Heizperiode auf. Die Erkenntnisse dieser drei Standorte werden anschließend auf alle Postleitzahlbereiche übertragen.

Um die Energiebilanz der in der Stadt verteilten Gebäude individuell zu ermitteln, werden die Klimadaten über eine modifizierte „mittlere Außentemperatur“ und „Länge der Heizperiode“ an den jeweiligen Standort angepasst. Basis sind die vom deutschen Wetterdienst veröffentlichten Klimakorrekturen, die für jede Postleitzahl zur Verfügung stehen. Es werden die Faktoren der Jahre 2002 bis 2010 gemittelt.

Der Klimakorrekturenfaktor ist ein Verhältniswert zwischen der langjährigen mittleren Gradtagszahl von Würzburg (als Standardstandort Deutschland) und der mittleren jährlichen Gradtagszahl des jeweiligen Ortes. Er beschreibt, inwieweit das Klima am Standort von dem des Bezugsortes Würzburg abweicht. Für Berlin-Mitte und das Jahr 2009 beträgt dieser Faktor beispielsweise 1,16, in Berlin-Schmöckwitz liegt er bei 1,11. Daraus lässt sich ablesen, dass in 2009 an beiden Berliner Standorten ein milderes Klima herrschte als



1 Als Testgebäude wurde für die Studie ein zweigeschossiges und nicht unterkellertes Einfamilienhaus generiert

## 2 Vier energetische Gebäudequalitäten

Gebäudestandard	mittlerer U-Wert [W/m²K]		Heizgrenztemperatur [°C]
	opake Bauteile	transparente Bauteile	
Passivhaus	0,16	0,7	10
Neubaustandard 2002	0,26	1,7	12
teilmodernisierter Bestand	0,40	3,2	15
unsanierter Bestand	0,82	4,3	15

üblicherweise in Deutschland – in Berlin-Mitte noch milder als am Stadtrand in Schmöckwitz.

Aus den Klimakorrekturen sowie den Standardgradtagszahlen für Deutschland beziehungsweise Würzburg lassen sich die Gradtagszahlen für Berlin berechnen. Die individualisierte Gradtagszahl enthält jedoch beide Effekte: eine abweichende Heizzeitlänge und abweichende Außentemperaturen. Im Rahmen der Untersuchungen wird daher davon ausgegangen, dass eine abweichende Gradtagszahl je zur Hälfte aus einer abweichenden Heizzeit und zur anderen Hälfte aus einer abweichenden Temperaturdifferenz resultiert. Damit lassen sich näherungsweise individualisierte Klimaranddaten für die drei Teststandorte bestimmen (Abb. 4). Um den Einfluss der solaren Einstrahlung zu ermitteln wurde für die Untersuchung in allen Bilanzen, für alle Baustandards und Standorte auf die Standardwerte für den Ort Berlin zurückgegriffen.

## 3 Vier Baustandards mit jeweils zwei Varianten für die Anlagentechnik

Anlagenteil	Variante mit Kessel	Variante mit Wärmepumpe
Raumheizung	Zentralheizung mit Verteilebene unter der Kellerdecke	
	Passivhaus: Fußbodenheizung, 35/28 °C Auslegung	
	EnEV 2002-Standard: Heizkörperheizung, 55/45 °C Auslegung	
	teilmodernisierter/unsanierter Bestand: Heizkörperheizung, 70/55°C Auslegung	teilmodernisierter/unsanierter Bestand: Heizkörperheizung, 55/45°C Auslegung
Trinkwassererwärmung	Netz mit Zirkulation, Verteilebene unter der Kellerdecke, indirekt beheizter Speicher	
Erzeugung	Brennwertkessel, verbessert	Außenluftwärmepumpe und Heizstab

#### 4 Klimaranddaten für 3 Berliner Klimastati-

Heizgrenze	Berlin Mitte (PLZ: 10115)		Berlin Karlshorst (PLZ: 10318)		Berlin Schmöckwitz (PLZ: 12527)	
	$t_{HP}$	$\vartheta_{a,m}$	$t_{HP}$	$\vartheta_{a,m}$	$t_{HP}$	$\vartheta_{a,m}$
10 °C	173	3,0	177	3,0	177	3,1
12 °C	201	4,0	205	4,1	206	4,1
15 °C	246	5,6	251	5,7	252	5,7

#### Ergebnisse aus 24 Varianten

Insgesamt entstehen 24 verschiedene Varianten, welche mit Hilfe einer ingenieurmäßigen Bilanz mit freien Randdaten („IWU- Energieberatungstools“) hinsichtlich ihrer Endenergie miteinander verglichen werden. Die Tabelle in Abb. 5 zeigt die Ergebnisse für die Varianten mit Gasbrennwertkessel. Der standortbedingte Temperatureinfluss spiegelt sich bei den Kesselvarianten im Heizwärmebedarf und den damit einhergehenden veränderte Erzeugerverlusten sowie in der Höhe der Hilfsenergien wieder.

Es zeigt sich, dass der absolute Einfluss des Standortes innerhalb der Stadt mit besserem Baustandard abnimmt. Beim unsanierten Bestand sind maximal 4 kWh/(m²a) Endenergiedifferenz zwischen Berlin/Mitte und Berlin/Schmöckwitz zu erkennen, beim Passivhausstandard etwa 1 kWh/(m²a).

Abb. 6 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Energiebilanz für ein teilmodernisiertes Einfamilienhaus mit Brennwertkessel, wenn es in einem der 192 Postleitzahlgebiete von Berlin stehen würde. Im Mittel vieler Jahre ist in Randlagen der Stadt ein Mehrbedarf an Endenergie (Gas) von maximal 6 kWh/(m²a) gegenüber einer Lage in der Stadtmitte erkennbar.

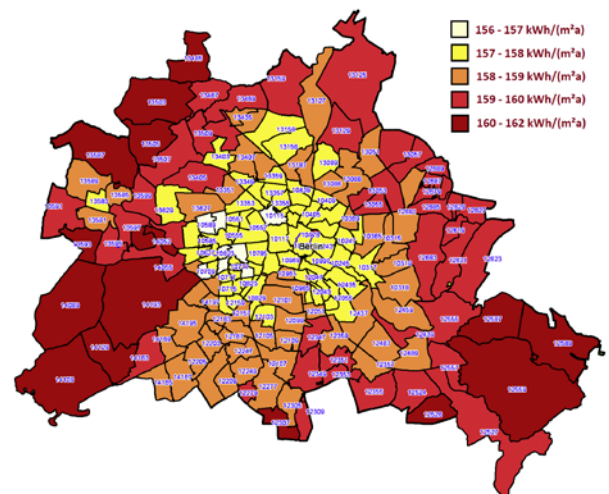
Abb. 7 listet die Ergebnisse für drei der vier Baustandards mit Außenluftwärmepumpe auf. Die Erkenntnisse ähneln denen der Kesselauswertung, wobei die absolu-

ten Änderungen deutlich geringer sind – bis maximal 1 kWh/(m²a) Endenergiedifferenz. Bei den Varianten mit Außenluftwärmepumpe führt das unterschiedliche städtische Klima zu veränderten Heizwärmebedarfswerten, Hilfsenergien sowie Arbeitszahlen der Wärmepumpe.

Abb. 8 verallgemeinert die Ergebnisse für ein Einfamilienhaus mit Baustandard nach EnEV 2002, das an einem beliebigen Standort im Stadtgebiet von Berlin über eine Außenluftwärmepumpe versorgt wird. Im langjährigen Mittel führt die Stadtrandlage zu einem Mehrbedarf an Endenergie (hier Strom) von maximal 3 kWh/(m²a) gegenüber einer Innenstadtlage.

#### Interpretation und Verallgemeinerung

Die Untersuchung zeigt, dass der Einfluss des städtischen Kleinklimas auf den Energiebedarf eines Gebäudes erkennbar ist. Je nach energetischem Standard



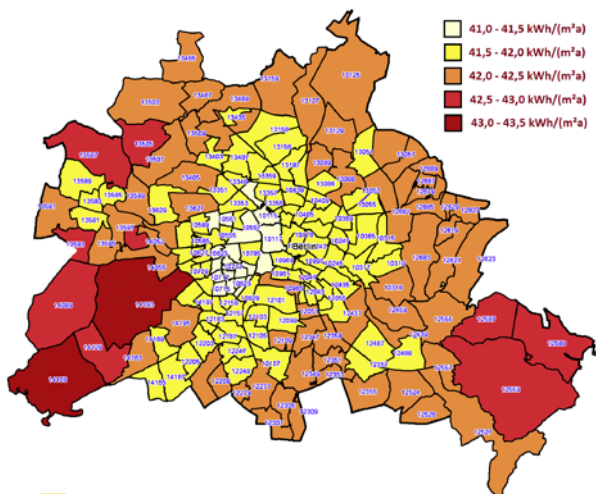
6 Benötigte Endenergie für Wärme im teilmodernisierten Baustandard (mit Gasbrennwertkessel): Die Ergebnisse für die insgesamt 192 Postleitzahlgebiete Berlins liegen im Mittel der Jahre bis zu 6 kWh/(m²a) auseinander.

#### 5 Endenergie der vier energetischen Standards an den drei Standorten

Gebäudestandard	Standort	Endenergie Wärme, in [kWh/(m²a)]	Primärenergie, in [kWh/(m²a)]
Passivhaus	Berlin Mitte	75,2	96,8
	Berlin Karlshorst	76,4	98,3
	Berlin Schmöckwitz	76,4	98,3
Neubaustandard 2002	Berlin Mitte	107,1	133,9
	Berlin Karlshorst	108,7	135,8
	Berlin Schmöckwitz	109,1	136,2
teilmodernisierter Bestand (siehe Abb. 6)	Berlin Mitte	156,7	191,5
	Berlin Karlshorst	159,1	194,2
	Berlin Schmöckwitz	159,4	194,6
unsaniertes Bestand	Berlin Mitte	230,5	275,5
	Berlin Karlshorst	233,9	279,5
	Berlin Schmöckwitz	234,4	280,1

## 7 Endenergie der Varianten mit Außenluftwärmepumpe

Gebäudestandard	Standort	Endenergie Wärme, in [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Primärenergie, in [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Passivhaus	Berlin Mitte	21,0	66,8
	Berlin Karlshorst	21,4	67,9
	Berlin Schmöckwitz	21,4	67,8
Neubaustandard 2002 (siehe Abb. 8)	Berlin Mitte	41,4	121,5
	Berlin Karlshorst	42,1	123,3
	Berlin Schmöckwitz	42,2	123,8
teilmodernisierter Bestand	Berlin Mitte	62,4	178,0
	Berlin Karlshorst	63,4	180,9
	Berlin Schmöckwitz	63,5	181,3



**8** Benötigte Endenergie für Wärme bei einem energetischen Gebäudestandard gemäß EnEV-2002 an den 192 Postleitzahlenstandorten Berlins mit Wärmepumpe

und Anlagenkonzept fallen die Unterschiede zwischen Stadtrand und Zentrum unterschiedlich hoch aus:

- Der absolute Endenergiemehrbedarf ist am Stadtrand bei einer Heizanlage mit Gaskessel größer als mit einer Außenluftwärmepumpe. Der Mehrbedarf nimmt jedoch immer mehr ab, je besser der energetische Gebäudestandard ist.
- Der relative Endenergiemehrbedarf ist hingegen am Stadtrand bei einer Heizanlage mit Gaskessel etwas geringer als mit einer Außenluftwärmepumpe. Die Differenz liegt fast unabhängig vom energetischen Standard bei rund 3,5 bis 4 %.

Die Ergebnisse lassen sich grundsätzlich auch auf Mehrfamilienhäuser übertragen, deren Energiekennwerte bei gleichem Baustandard jeweils nur etwas geringer ausfallen.

Die Mikroklimata einer Stadt wie Berlin weisen in der Praxis vermutlich deutlich größere Schwankungsbreiten auf als es die postleitzahlengenaue Auflösung des Deutschen Wetterdienstes anzeigt. Geht man von

einer doppelt oder dreifach so hohen Streuung aus als in Abb. 4 aufgelistet, ergeben sich entsprechend doppelt oder dreimal so hohe Streuungen bei der Endenergie. Der Verbrauchsunterschied zwischen Innenstadt und Stadtrand beträgt dann mehr als zehn Prozent.

Für die Energieberatung und die eingangs gestellte Frage, welchen Einfluss die Verwendung von Standardklimadaten hat, ist festzuhalten, dass standortbezogene Endenergieunterschiede im Rahmen von Beratungen durchaus erwähnenswert sind. Innerhalb Deutschlands schwanken die Klimata so stark, dass für Beratungen weiterhin empfohlen wird, ein ortsnahes Klima für die individuelle Bilanzierung beziehungsweise Auswertung zu verwenden – und nicht das Standardklima Deutschland. Zum anderen führt aber der Einfluss der unterschiedlichen Witterungsbedingungen einzelner Jahre am selben Ort zu einer weit größeren Variation der Endenergie als durch lokale Unterschiede. Dies sollte ein Energieberater bei seiner Arbeit bedenken und entsprechend kommunizieren.

### Literatur und Quellen

[1] Poet, M. und Winter, D.; Untersuchung des Einflusses von städtischem Klima auf den Energiebedarf von Neubauten und Bestandsgebäuden verschiedener Technik; Bachelorarbeit (unveröffentlicht) an der Hochschule Magdeburg/Stendal, Fachbereich Bauwesen; Magdeburg; 2012.



## AUTOREN

Die Autoren studieren beziehungsweise arbeiten an der Hochschule Magdeburg/Stendal im Fachbereich Bauwesen.

- **Dr.-Ing. Kati Jagnow**, Vertretungsprofessur, TGA und Energiebilanzierung (hinten)
- **Mandy Poet B. Eng**, Masterstudentin „Tief und Verkehrsbau“ (rechts)
- **Daniel Winter B. Eng**, Masterstudent „Tief und Verkehrsbau“ (links)
- **Stephanie Zander, B. Eng**, Masterstudentin „Energieeffizientes Bauen“ (vorn)

