

## Von „grünen Investitionen“ und „glühenden Landschaften“: Was sind die Treiber des Heizenergieverbrauchs in Mehrfamilienhäusern?

– Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWH-Energieeffizienzindex –

Claus Michelsen, Timo Zumbro\*, Marius Claudy\*\*

*Investitionen in die Energieeffizienz von Mehrfamilienhäusern müssen sich langfristig für ihre Eigentümer lohnen. Dies ist die notwendige Voraussetzung für höhere Neubau- und Sanierungsaufwendungen, die gewünscht sind, um die von der Europäischen Union und der Bundesregierung aufgerufenen Klimaziele zu erreichen. Der vorliegende Beitrag untersucht die Determinanten der Kapitalintensität im Wohnungsbau, als Näherungsgröße für die hergestellte (energetische) Qualität, und daran anschließend die Frage, wie sich diese auf den durchschnittlichen regionalen Energieverbrauch auswirkt. Die Analyse bezieht sich dabei bewusst auf Mehrfamilienhäuser, Immobilien, die nicht nur den Charakter eines Konsumguts besitzen, sondern darüber hinaus weitgehend als Renditeobjekte unterhalten werden. Dies hat Implikationen für „grüne Investitionen“ zur Verbesserung der Energieeffizienz: Geringere Energiekosten kommen nicht unmittelbar dem Investor zugute – sein Gewinn liegt vielmehr in der Veränderung der erwarteten Kaltmiete, die – neben regionalen Unterschieden in ihrer absoluten Höhe – auch unterschiedlich stark mit Risiko behaftet sein kann. Untersucht wurden diese Zusammenhänge im Rahmen der Energieeffizienzdebatte bisher jedoch noch nicht. Tatsächlich zeigt die durchgeführte empirische Untersuchung, dass Investoren Standorte mit geringerem erwartetem Risiko sowie größeren Mieterträgen bevorzugen und dort entsprechend höhere Mittel für den Geschosswohnungsbau aufwenden.*

Ansprechpartner: Claus Michelsen (Claus.Michelsen@iwh-halle.de)

JEL-Klassifikation: R31, P48

Schlagwörter: Gebäudesanierung, Mehrfamilienhäuser, Energieeffizienz, Energieverbrauch, ista-IWH-Energieeffizienzindex

Regelmäßig berichtet der ista-IWH-Energieeffizienzindex<sup>1</sup> über regionale Unterschiede des Energiebedarfes von Mehrfamilienhäusern in Deutschland.<sup>2</sup> Die Auswertungen zeigen ein deutliches Gefälle zwischen nordwestdeutschen, süddeutschen und ostdeutschen Regionen (vgl. Abbildung) – dessen Ursachen bisher noch nicht umfassend untersucht wurden. Diese Unterschiede zwischen den Regionen sind jedoch von gesamtwirtschaftlicher Relevanz, wurde

doch mit dem Energiekonzept der Bundesregierung der Anspruch eines nahezu klimaneutralen Immobilienbestandes in ganz Deutschland formuliert<sup>3</sup>, und damit einhergehend die Forderung nach erheblichen Investitionen in den Wärmeschutz privater Gebäude. Zu den Gesamtkosten dieser Investitionen werden verschiedene Schätzungen ins Feld geführt. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)<sup>4</sup> taxiert sie auf zwei bis 2,4 Bill. Euro – allein für die Nachrüstaufwendungen im Altbaubestand.<sup>5</sup>

\* Timo Zumbro ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

\*\* Dr. Marius Claudy ist als Dozent am University College Dublin tätig.

<sup>1</sup> Dieser Beitrag ist im Rahmen des durch die Leibniz-Gemeinschaft geförderten Projektes „Energetische Aufwertung und Stadtentwicklung“ (EASE) entstanden, welches in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Dresden und dem E.ON Energy Research Center an der RWTH Aachen bearbeitet wird.

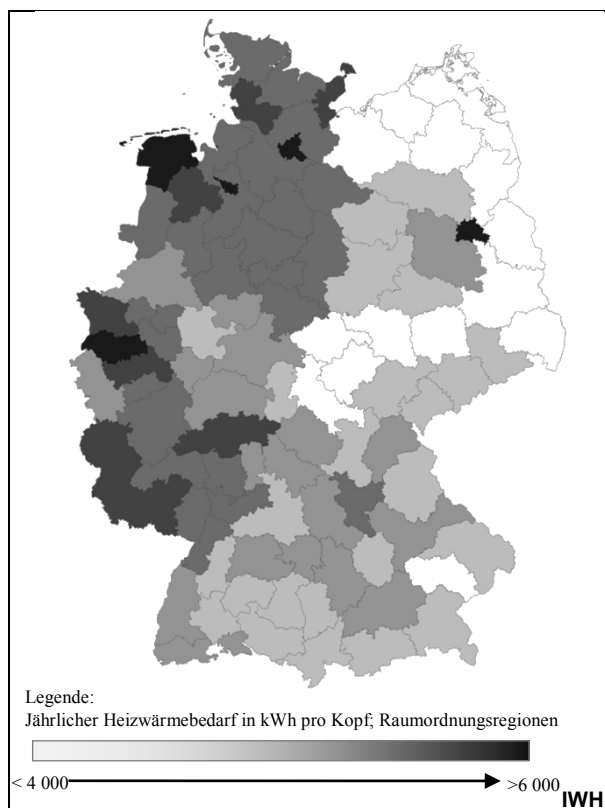
<sup>2</sup> So letztmalig in Barkholz, M. et al.: ista-IWH-Energieeffizienzindex 2011, in: IWH, Wirtschaft im Wandel, Jg. 18 (8-9), 2012, 227.

<sup>3</sup> Vgl. BMWi; BMU: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin 2010.

<sup>4</sup> Vgl. Deutscher Bundestag: Plenarprotokoll 17/61, Stenografischer Bericht, 6350.

<sup>5</sup> Zur Verdeutlichung der Größenordnung: Dies entspricht etwa dem 12,5-Fachen der Haftungsgrenze der Bundesrepublik für den europäischen Rettungsschirm ESM bzw. dem Achtfachen der derzeitigen griechischen Staatsverschuldung (315,8 Mrd. Euro laut Internationalem Währungsfonds IWF).

Abbildung:  
Pro-Kopf-Heizwärmebedarf in Mehrfamilienhäusern  
2006



Quelle: Darstellung des IWH.

In den Beiträgen zum ista-IWH-Energieeffizienzindex wurde stets darauf verwiesen, dass weder der gemessene Energiebedarf noch die Investitionsneigung von Immobilieneigentümern räumlich gleichverteilt sind. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Lasten der energetischen Sanierung unter ungleichen Bedingungen zu schultern sind bzw. gleichmäßige Sanierungsziele massive Umverteilungseffekte nach sich ziehen würden. Für das in Deutschland besonders relevante Segment vermieteter Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (Renditeobjekten) fehlt es bisher an einschlägigen empirischen Untersuchungen sowohl zu den Determinanten des Energieverbrauchs als auch zur Investitionstätigkeit. Die vorliegende Studie betrachtet daher mit den Daten des ista-IWH-Energieeffizienzindex die Determinanten der regionalen Heizenergieverbrauchsmuster. Konkret wird untersucht, wie die Kapitalintensität im Wohnungsbau zu erklären ist und wie sich diese auf den Pro-Kopf-Konsum für Heizwärme im Mehrfamilienhausbestand auswirkt. Der folgende Abschnitt umreißt die zugrunde liegende theoretische Motivation des Beitrags. An-

schließend werden die verwendeten Daten und Methoden näher beschrieben, um abschließend die Ergebnisse der Regressionsgleichungen kritisch zu diskutieren.

### *Privater Heizenergiebedarf: Zusammenspiel aus individuellem Wohlempfinden und Energieeffizienz*

Der ista-IWH-Energieeffizienzindex basiert auf der Auswertung tatsächlicher Heizkostenabrechnungen einer großen Zahl von Mehrfamilienhäusern in Deutschland.<sup>6</sup> Implizit wird dabei unterstellt, dass das Aggregat dieser Daten im Wesentlichen den energetischen/technischen Zustand des Bestandes abbildet, während sich der Einfluss von Haushaltseigenschaften (Unterschiede im Einkommen, Altersstrukturen etc.) im Durchschnitt von Region zu Region nicht unterscheidet. Aus theoretischer Perspektive ist hier jedoch auch mit einem nutzerspezifischen Einfluss zu rechnen, legt man die Haushaltsproduktionstheorie zugrunde, welche die meisten Studien zum privaten Energiekonsum als Ausgangspunkt wählen.<sup>7</sup> Dabei wird Energie als Vorleistung für die Produktion energieintensiver Dienstleistungen, wie z. B. von beheiztem Wohnraum, gesehen. Diese Dienstleistungen werden, allgemein gesprochen, mit den Produktionsfaktoren Energie und Kapital erstellt. Bei gegebenen Präferenzen werden der Energiekonsum und die Kapitalintensität fortlaufend entsprechend der Veränderung der Faktorpreise angepasst (vgl. Kasten 1).

<sup>6</sup> Der ista-IWH-Energieeffizienzindex basiert auf der Auswertung von jährlich rund 300 000 Heizkostenabrechnungen für Mehrfamilienhäuser. Damit sind deutschlandweit rund 14% der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern enthalten. Die ista Deutschland GmbH ist ein weltweit tätiger Dienstleister im Bereich der Verbrauchserfassung und -abrechnung von Energie.

<sup>7</sup> Für eine Übersicht der Literatur siehe z. B. *Madlener, R.*: Econometric Analysis of Residential Energy Demand: A Survey, in: *Journal of Energy Literature*, Vol. 2 (2), 1996, 3-32. – *Aydinalp-Koksal, M.*; *Ugursal, V. I.*: Comparison of Neural Network, Conditional Demand Analysis, and Engineering Approaches for Modeling End-use Energy Consumption in the Residential Sector, in: *Applied Energy*, Vol. 85 (4), 2008, 271-296. – *Kavgic, M.*; *Mavrogianni, A.*; *Mumovic, D.*; *Summerfield, A.*; *Stevanovic, Z.*; *Djurovic-Petrovic, M.*: A Review of Bottom-up Building Stock Models for Energy Consumption in the Residential Sector, in: *Building and Environment*, Vol. 45 (7), 2010, 1683-1697. – *Swan, L. G.*; *Ugursal, V. I.*: Modeling of End-use Energy Consumption in the Residential Sector: A Review of Modeling Techniques, in: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13 (8), 2009, 1819-1835.

Kasten 1:  
Private Heizenergienachfrage

Haushalte ziehen Nutzen aus dem Konsum energieintensiver Dienstleistungen ( $ED$ ) und einem Bündel übriger Konsumgüter ( $X$ ).

$$U = f(ED, X) \quad (1)$$

$ED$  wird dabei mit den Faktoren Energie ( $E$ ) und Kapital ( $K$ ) produziert. Die klimatischen Nebenbedingungen ( $W$ ) und sozio-ökonomischen Faktoren ( $Z$ ) beeinflussen dabei den Produktionsprozess.

$$ED = f(E, K, W, Z) \quad (2)$$

Die Nachfrage wird entsprechend dem Haushaltseinkommen ( $Y$ ) gemäß der gängigen Annahmen der Nutzenmaximierung (Grenzertrag = Grenzkosten) optimiert. Bei gegebenen Preisen für  $E$ ,  $K$  und  $X$  ist die gleichgewichtige Nachfrage nach Heizenergie als Funktion

$$E^* = f(P_E, P_K, Y, Z, W) \quad (3)$$

und die gleichgewichtige Kapitalintensität als

$$K^* = f(P_E, P_K, Y, Z, W) \quad (4)$$

zu formulieren.

Im Falle von Immobilien greift diese Betrachtung allerdings zu kurz: Deren Langlebigkeit und die hohe Kapitalintensität in der Bereitstellung legen einen sequenziellen Prozess nahe, der zunächst die einmalige Entscheidung über den Baustandard (diskret) und nachgelagert die Entscheidung über die Nutzungsintensität (kontinuierlich) beinhaltet.<sup>8</sup> Der energetische Standard (die Kapitalintensität) wird erst nach einer gewissen Nutzungsdauer (bei Häusern i. d. R. nach mehr als 20 Jahren) erneut grundlegend verändert.<sup>9</sup> Historische Entwicklungen, wie das Wachstum von Städten in einer bestimmten

<sup>8</sup> Viele Studien betrachten entweder die Entscheidung über den Kapitalbestand ( $K$ ) oder den Energiekonsum ( $E$ ). Auf Mikroebene für Deutschland z. B. *Braun, F. G.*: Determinants of Households' Space Heating Type: A Discrete Choice Analysis for German Households, in: *Energy Policy*, Vol. 38 (10), 2010, 5493-5503, und *Rehdanz, K.*: Determinants of Residential Space Heating Expenditures in Germany, in: *Energy Economics*, Vol. 29 (2), 2007, 167-182.

<sup>9</sup> Vgl. *Arnott, R.*; *Davidson, R.*; *Pines, D.*: Housing Quality, Maintenance and Rehabilitation, in: *The Review of Economic Studies*, Vol. 50 (3), 1983, 467-494. Für grundlegende Ausführungen zum Discrete-Continuous-Ansatz vgl. *Hanemann, W. M.*: Discrete/Continuous Models of Consumer Demand, in: *Econometrica*, Vol. 52 (3), 1984, 541-561, und *Nesbakken, R.*: Energy Consumption for Space Heating: A Discrete-continuous Approach, in: *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 103 (1), 2001, 165-184.

Epoche und die damit verbundenen technischen Eigenschaften und Baustile,<sup>10</sup> spielen eine wichtige Rolle in der Modellierung des Energiekonsums privater Haushalte.

Der dieser Darstellung zugrunde liegende diskret-kontinuierliche Untersuchungsansatz ist allerdings nur im Falle selbstnutzender Immobilieneigentümer einschlägig, für die der Nutzen eines erhöhten Kapitaleinsatzes in der Energieeinsparung liegt. Bei vermieteten Renditeobjekten besteht hingegen keine Übereinstimmung zwischen Investor und Nutznießer energetischer Sanierungen. Für Vermieter ist die Steigerung des Ertrags, d. h. der Kaltmiete<sup>11</sup> und des Immobilienwertes, maßgeblich für die Optimierung der Investitionsentscheidung. Für die Zahlungsbereitschaft von Mietern sind aktuelle Marktbedingungen entscheidend (z. B. Leerstand, regionale Einkommensniveaus). Der Immobilienwert hingegen ist weitgehend durch Erwartungen von Investoren an die zukünftige Entwicklung eines Marktes bestimmt (Langlebigkeit von Immobilien).

Ein in der Immobilienökonomik gängiges Maß für den letztgenannten Aspekt (das Investorenvertrauen in die zukünftige Attraktivität eines Marktes) ist das Verhältnis von durchschnittlichen Quadratmeterpreisen zu Jahresmieten, das zum Ausdruck bringt, wie viele Jahresmieten für die Refinanzierung der Baukosten durch Investoren in Kauf genommen werden. Je größer dieser Multiplikator, desto geringer wird das Risiko bzw. desto höher werden die Chancen von Ertragssteigerungen eingeschätzt. Bei gegebenen sonstigen Parametern, wie beispielsweise dem Einkommensniveau, der steuerlichen Belastung und der Leerstandsrate, sollte diese Kennziffer einen maßgeblichen Erklärungs-

<sup>10</sup> Vgl. *Michelsen, C.*; *Müller-Michelsen, S.*: Energieeffizienz im Altbau: Werden die Sanierungspotenziale überschätzt? Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWH-Energieeffizienzindex, in: *IWH, Wirtschaft im Wandel*, Jg. 16 (9), 2010, 447-455.

<sup>11</sup> Dabei geht es nicht allein um echte Mieterhöhungen – vielmehr ist der Ertrag auch in einem reduzierten Leerstand und der langfristigen Marktfähigkeit der Immobilie, und damit im veränderten Erwartungswert zukünftiger Mietzahlungen zu sehen. Vgl. hierzu grundlegend *DiPasquale, D.*; *Wheaton, W.*: The Markets for Real Estate Assets and Space: A Conceptual Framework, in: *Real Estate Economics*, Vol. 20 (2), 1992, 181-197, sowie *Capozza, D.*; *Seguin, P. J.*: Expectations, Efficiency, and Euphoria in the Housing Market, in: *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 26 (3-4), 1996, 369-386.

wert für die Niveauunterschiede in der Kapitalintensität haben.

### Daten und Methoden

Der Heizenergieverbrauch wurde bisher in erster Linie für selbstgenutztes Eigentum untersucht (vgl. Fußnote 8) – eine Betrachtung von Mehrfamilienhäusern, typischerweise Renditeobjekte und ein relevantes Marktsegment in vielen Ländern, unterblieb bisher jedoch. Die Ursache kann in den vergleichsweise hohen Anforderungen an die Daten gesehen werden. So müssten, um die gängigen mikroökonomischen Untersuchungen auch für Mehrfamilienhäuser durchführen zu können, Informationen über die Mieterhaushalte, Gebäude, deren Marktumfeld sowie deren Eigentümer vorliegen. Die in Deutschland regelmäßig erhobenen Daten erlauben eine derartige Betrachtung nicht. Für die ungenauere Alternative, eine Untersuchung aggregierter Daten, fehlte es bisher an einer entsprechenden Untergliederung nach Immobilienmarktsegmenten. Diese Lücke schließen die Daten, die im Rahmen des ista-IWH-Energieeffizienzindex veröffentlicht werden. Auf Basis dieser Informationen, ergänzt um Angaben der amtlichen Statistik, wird im Folgenden ein System aus zwei Gleichungen für einen Querschnitt (für das Jahr 2006) von 97 Raumordnungsregionen geschätzt.

In der ersten Gleichung wird der durchschnittliche und klimabereinigte Pro-Kopf-Energieverbrauch ( $E$ ) einer Raumordnungsregion als Funktion

- i) sozio-ökonomischer Daten (Altersstruktur, Haushaltsgröße, Pro-Kopf-Wohnflächenkonsum, Einkommen und Eigentümeranteil;  $Z$  entsprechend der Darstellung im vorangegangenen Abschnitt),
- ii) der Energiepreise ( $P_E$ ),
- iii) der Alters- und Größenzusammensetzung des Immobilienbestandes und
- iv) der Höhe der Neubau- und Sanierungsaufwendungen je Quadratmeter Wohnfläche erklärt. Sie gelten als Näherungsgröße für den Kapitaleinsatz ( $K$ ) bzw. die gegenwärtig hergestellte Qualität von Immobilien.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Neubau- und Sanierungskosten, unabhängig vom Grundstückswert, sind miteinander korreliert. Die Aufwendungen für die Neuerrichtung von Gebäuden kann daher auch als grobe Näherungsgröße für das Kostenniveau in der Altbau-sanierung gesehen werden. Zudem ist dieser Wert kurzfristig nicht besonders volatil – näherungsweise ist somit nicht

Die zweite Gleichung erklärt den durchschnittlichen Kapitaleinsatz ( $K$ ) im Wohnungsbau einer Region als Funktion

- i) der Mieteinnahmen,
- ii) des Grundsteueraufkommens je Quadratmeter Wohnfläche,
- iii) des durchschnittlichen Leerstandes und des selbstnutzenden Eigentümeranteils sowie
- iv) des Multiplikators der Jahresnettokaltmiete je Quadratmeter.

### Kasten 2: Methode

Der so genannte Zellner-Schätzer bietet die einfachste Form, mögliche unbeobachtete Zusammenhänge zwischen zwei Schätzgleichungen einzubeziehen, indem er die kontemporäre Korrelation der Störterme zweier oder mehrerer Schätzgleichungen zulässt. Das zu schätzende Gleichungssystem kann dabei wie folgt notiert werden:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix}$$

bzw. mit Hilfe des Kronecker-Produkts  $y^* = X^* \beta^* + \varepsilon^*$ . Dabei ist  $V = \text{Var}(\varepsilon^*) = \Sigma_c \otimes I_n$  und

$$\Sigma_c = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 \end{pmatrix}.$$

Im Gegensatz zu einer unabhängigen Schätzung beider Gleichungen mittels Kleinste-Quadrate-Schätzung (OLS) wird im Rahmen der *seemingly unrelated regression* eine Korrektur des Schätzers um die Einflüsse der weiteren Gleichungen vorgenommen. Dabei wird bei vorliegender Korrelation die Effizienz der Schätzung erhöht. Liegt keine Korrelation vor, entspricht die Schätzung einer einfachen OLS-Schätzung. In der hier durchgeführten Untersuchung liegt es nahe, eine gegenseitige Beeinflussung der Gleichungen zu vermuten, sind doch in vielerlei Hinsicht endogene Zusammenhänge, wie beispielsweise zwischen Altersstruktur und Einkommen, Mieten und Energieeffizienz etc. denkbar. Eine Korrelation der Störterme  $\varepsilon^*$  und  $\sigma_{12} > 0$  ist daher zu erwarten.

In beiden Gleichungen wird zudem eine Kontrollvariable für die Neuen Länder eingefügt. Die Variablen, ihre Definition und deskriptive Statistiken sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Geschätzt wird dieses Gleichungssystem im Rahmen einer schein-

nur das Ausgabeniveau der aktuellen Periode, sondern ebenfalls das der jüngeren Vergangenheit abgebildet.

Tabelle 1:  
Variablen, Definitionen, Quellen und deskriptive Statistiken

Variable	Definition	Quelle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweichung
Energieverbrauch <sup>a</sup>	Heizenergie pro Kopf (klimabereinigt) in kWh/Jahr	ista-IWH-Energieeffizienzindex	4 809,5	3 404,3	6 605,6	702,3
Einkommen	verfügbares Einkommen je Haushaltsmitglied (1 000 Euro)	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,6	0,5	0,9	0,1
Miete <sup>b</sup>	einkommens- und marktspezifisch bereinigte monatliche Kaltmiete pro m <sup>2</sup> Wohnfläche	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0	-1,27	1,44	0,5
Energiepreis <sup>c</sup>	Preis (Cent) je kWh Gas der Region	Techem AG	8,7	7,7	10,1	0,5
Wohnflächenkonsum <sup>d</sup>	einkommens- und marktspezifisch bereinigte Flächennachfrage pro Kopf	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0	-3,2	6,2	1,7
Rentner	Anteil > 65-Jährige an der Gesamtbevölkerung	Statistisches Bundesamt	19,4	16,8	23,6	1,5
Minderjährige	Anteil Minderjähriger an der Gesamtbevölkerung	Statistisches Bundesamt	17,8	13,3	22,2	2,3
Haushaltsgröße	Personen je Haushalt	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	2,3	1,9	2,7	0,1
Eigentümerquote	Anteil der selbstgenutzten Wohnungen in Mehrfamilienhäusern	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,2	0	0,3	0,1
Bauqualität <sup>e</sup>	Neubaukosten in Euro je m <sup>2</sup> Wohnfläche	Statistisches Bundesamt	668,5	576	801,8	49,2
Sanierungsquote	Wohnungssanierungen/ Wohnungsbestand*1 000	Statistisches Bundesamt	6,6	1,9	14,2	2,5
Gebäude 1978 bis 1995	Anteil der zwischen 1978 und 1995 errichteten Gebäude	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,1	0,1	0,2	0
Nachkriegsbauten	Anteil der zwischen 1949 und 1977 errichteten Gebäude	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,4	0,2	0,6	0,1
Altbauten	Anteil der bis 1949 errichteten Gebäude	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,3	0,1	0,5	0,1
große Gebäude	Anteil der Gebäude mit mehr als zwölf Wohnungen	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	0,1	0	0,2	0
Multiplikator	Neubaukosten/Jahresnettokaltmiete (jeweils in Euro je m <sup>2</sup> )	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation/ Statistisches Bundesamt	10,3	7	14,3	1,3
Grundsteuer B	durchschnittliche Steuerbelastung in Euro je m <sup>2</sup> Wohnfläche	Statistisches Bundesamt	0,4	0,2	0,8	0,1
Leerstand	Anteil leerstehender Wohnungen in Mehrfamilienhäusern in %	Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation	10,2	3,4	32,7	5
Dummy Neue Länder	Region liegt in Ostdeutschland = 1	Statistisches Bundesamt	0,2	0	1	0,4

<sup>a</sup> Der Pro-Kopf-Energiekonsum wird über den klimabereinigten Mittelwert des ista-IWH-Energieeffizienzindex und Informationen aus der Mikrozensuszusatzserhebung zur Wohnsituation (Haushaltsgröße, Wohnflächenkonsum) jeweils für das Jahr 2006 errechnet. Die Umweltökonomische Gesamtrechnung weist für 2006 einen Pro-Kopf-Energiekonsum privater Haushalte in Höhe von rund 8 600 kWh pro Jahr aus. Davon entfallen rund 75% auf Heizwärme, was ca. 6 500 kWh entspricht. Mehrfamilienhäuser weisen in der Regel allein über ihr günstigeres Verhältnis von Wohnfläche zu Gebäudeaußenhülle einen geringeren Energieverbrauch auf, was den hier genannten Wert plausibel erscheinen lässt. – <sup>b</sup> Analog zu c gilt dies für die Miete in der zweiten Schätzgleichung. Hier wird das Residuum der Hilfsregression der Kaltmiete als Funktion von Leerstand, Einkommen und einem Ostdeutschland Dummy verwendet. Es wird als höhere, über die marktübliche Höhe hinausgehende Zahlungsbereitschaft für das Gut Wohnraum interpretiert. – <sup>c</sup> Da amtliche Daten nicht vorliegen, wird auf Informationen aus Techem: Energiekennwerte: Hilfen für den Wohnungswirt. Eine Studie der Techem AG, Ausgabe 2008, zurückgegriffen. Verwendung finden die mittleren Kosten je kWh Erdgas. Durch die Kopplung des Gaspreises an den Erdölpreis sind die Preise dieser Energieträger stark miteinander korreliert. Andere, wie Strom, Fernwärme oder Koks, spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle. – <sup>d</sup> Der Pro-Kopf-Wohnflächenkonsum ist maßgeblich durch die sozio-ökonomischen Variablen mitbestimmt. Um hier dem Problem der Multikollinearität zu begegnen, wurde eine Hilfsregression durchgeführt und das Residuum, der unerklärte Rest der Hilfsregression, als unkorrelierte Variable in die Schätzung eingeführt. Das Residuum kann als Maß für die Präferenzunterschiede für das Gut Wohnraum im interregionalen Vergleich interpretiert werden. – <sup>e</sup> Die amtliche Statistik weist die tatsächlichen Kosten des Bauwerkes (ohne Grundstück) in Euro je Kubikmeter neu errichteten Wohnraums aus. Um näherungsweise die Kosten je Quadratmeter zu ermitteln, wurde der Kubikmeterpreis mit dem Faktor drei multipliziert (implizit wird dabei unterstellt, dass die ungefähre Geschosshöhe im Neubau bei rund drei Metern liegt). Darin enthalten sind sowohl Kosten für Material, die im regionalen Vergleich keine signifikanten Unterschiede aufweisen sollten, als auch die Löhne. Hier ist eine Bereinigung der Zahlen um regionale Lohnunterschiede nicht möglich, da entsprechende Informationen nicht vorliegen.

Quelle: Zusammenstellung des IWH, N = 97 Raumordnungsregionen.

bar unverbundenen Regression (*seemingly unrelated regression*).<sup>13</sup>

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der oben beschriebenen Schätzgleichung sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst. Als abhängige Variable wurde dabei jeweils der natürliche Logarithmus des Energiekonsums und der Bauqualität verwendet. Die Koeffizienten können daher näherungsweise als Semielastizitäten interpretiert werden. Ihre Werte geben also an, um wie viel Prozent sich die abhängige Variable bei einer absoluten Veränderung der erklärenden Größe um eins ändert. Grundsätzlich weisen die Schätzungen einen hohen Erklärungswert auf: Rund 82% der Streuung des Energieverbrauchs und rund 69% der Streuung der Bauqualität können erklärt werden (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2:  
Modellgüte und zusammenfassende Statistiken

	N	R <sup>2</sup>	F-Test <sup>2</sup>
Gleichung 1	97	0,82	32,13***
Gleichung 2	97	0,69	30,90***
Korrelation der Residuen		0,115	

\*\*\* indiziert Signifikanz zum 1%-Niveau.

Quelle: Berechnungen des IWH.

Die Ergebnisse aus Tabelle 3 zeigen verschiedene Befunde. Zunächst ist festzustellen, dass die sozio-ökonomischen Faktoren eine nicht zu vernachlässigende Rolle für die Erklärung des Niveaus des Heizenergieverbrauchs spielen. Höheres Einkommen und höherer Wohnflächenkonsum steigern demnach den Pro-Kopf-Energieverbrauch signifikant. Zudem hat der Anteil Minderjähriger einen signifikant positiven Einfluss, während das Gegenteil für die Haushaltsgröße und den Anteil von Menschen im Rentenalter festzustellen ist. Letzteres scheint erklärungsbedürftig, ist jedoch bei näherer Betrachtung intuitiv nachvollziehbar. Mit zunehmendem Alter steigt die Wohnfläche je Haushalt, die mit Auszug jüngerer Familienmitglieder häufig

<sup>13</sup> Für weiterführende Erläuterungen zur Methodik siehe *Greene, W. H.: Econometric Analysis*. Pearson Prentice Hall: Essex, 2008, 258 ff. Zusammenfassend ist der SURE-Ansatz gegenüber einer einfachen OLS-Schätzung dann besser, wenn eine Korrelation der Störterme mit einem Regressor vorliegt.

nicht wieder reduziert wird.<sup>14</sup> Die Nutzungsintensität nimmt somit ab und damit der Bedarf, sämtliche Räume gleichermaßen zu beheizen.<sup>15</sup>

Tabelle 3:  
Ergebnisse der Schätzgleichung 1; abhängige Variable: Pro-Kopf-Energiekonsum (natürlicher Logarithmus)

erklärende Variable	Koeffizienten	
Einkommen	0,429**	(0,220)
Energiepreis	-0,017	(0,015)
Wohnflächenkonsum	0,020***	(0,006)
Anteil Rentner	-0,023**	(0,010)
Anteil Minderjährige	0,023**	(0,012)
Haushaltsgröße	-0,272**	(0,107)
Eigentümerquote	-0,408**	(0,168)
Bauqualität	-0,001***	(0,000)
Sanierungsquote	-0,003	(0,006)
Gebäude 1978 bis 1995	-1,245***	(0,442)
Nachkriegsbauten	0,256	(0,266)
Altbauten bis 1948	0,271	(0,318)
große Gebäude	-0,737***	(0,249)
Dummy Neue Länder	-0,147*	(0,072)
Konstante	9,693***	(0,590)

Robuste Standardfehler in Klammern; \*\*\*, \*\*, \* indizieren Signifikanz zum 1%-, 5%- und 10%-Niveau.

Quelle: Berechnungen des IWH.

Die Variablen zum Gebäudebestand zeigen die erwarteten Einflussrichtungen: Sowohl der Anteil großer Gebäude (günstiges Verhältnis von Innen- zu Außenfläche) als auch der Anteil der Häuser, die bei Errichtung einer Regulierung mit energetischen Mindeststandards unterlagen (nach Einführung der Wärmeschutzverordnung im Jahr 1978), senken den Energiebedarf pro Kopf signifikant. Ebenfalls zeigt der Dummy für die Neuen Länder ein signifikant negatives Vorzeichen. Eine Erklärung ist hier in erster Linie in der Investitionstätigkeit der 1990er Jahre und der damit verbundenen weitgehenden Vollsanieung des Altbaubestandes zu suchen.

<sup>14</sup> Vgl. *Jong, G. F. de; Fawcett, J. T.: Motivations for Migration: An Assessment and a Value Expectancy Research Model*, in: G. F. de Jong, R. W. Gardner (eds), *Migration Decision Making*. New York 1981, 13-58.

<sup>15</sup> Insgesamt überwiegt jedoch der Einfluss des Immobilienbestandes sowie der Bau- und Sanierungstätigkeit. Ohne die entsprechenden sozio-ökonomischen Faktoren ist das Modell nach wie vor in der Lage, rund 69% der Streuung zu erklären.

Ein Blick auf die Koeffizienten der Variablen, welche die Sanierungsintensität und -qualität beschreiben, zeigt zunächst den negativen Einfluss der Eigentümerquote auf den Energiebedarf – dieser ist unmittelbar nachvollziehbar. Selbstnutzende Eigentümer stehen nicht vor dem Nutzer-Investor-Dilemma und neigen generell zu höherwertigen Sanierungen bzw. höherwertigem Neubau.<sup>16</sup> Während allerdings die Höhe der Baukosten je Quadratmeter einen signifikant negativen Einfluss auf den Energiebedarf hat (höherpreisige Immobilien also unter sonst gleichen Bedingungen eine bessere Energieeffizienz aufweisen), kann ein Zusammenhang zwischen Sanierungsquote (d. h. genehmigungspflichtige Sanierungen im Bestand) und Energiebedarf nicht nachgewiesen werden. Hier scheint der Indikator die Sanierungstätigkeit nicht umfassend abzubilden. Tatsächlich ist davon auszugehen, dass viele Sanierungen an der Statistik vorbei und damit im nicht genehmigungspflichtigen Bereich stattfinden.

Tabelle 4:  
Ergebnisse der Schätzgleichung 2; abhängige Variable: Bauqualität (Neubauaufwendungen je Quadratmeter; natürlicher Logarithmus)

erklärende Variable	Koeffizienten	
Multiplikator	0,028***	(0,005)
Mieten	0,045***	(0,012)
Eigentümerquote	0,173**	(0,082)
Grundsteuer	-0,406***	(0,053)
Leerstand	-0,001***	(0,003)
Leerstand <sup>2</sup>	0,000	(0,000)
Dummy Neue Länder	0,063***	(0,019)
Konstante	6,421***	(0,053)

Robuste Standardfehler in Klammern; \*\*\*, \*\* indizieren Signifikanz zum 1%- und 5%-Niveau.

Quelle: Berechnungen des IWH.

Wie bereits in den theoretischen Überlegungen ausgeführt wurde, ist die Investitionstätigkeit im Segment der Renditeobjekte in erster Linie an die aktuellen Marktbedingungen und die Erwartungen bezüglich der zukünftigen Entwicklungen am jeweiligen Standort geknüpft. Dies zeigt sich eindeutig in der empirischen Untersuchung zu den Be-

stimmungsgrößen der Bauqualität (vgl. Tabelle 4). Der Multiplikator, als Maß für das Vertrauen und die Zukunftserwartungen im jeweiligen Markt, hat einen signifikant positiven Einfluss auf die Gesamthöhe der Neubauaufwendungen je Quadratmeter (Bauqualität). Darüber hinaus spielen die aktuellen Erträge eine erhebliche Rolle: Die Zahlungsbereitschaft von Mietern steht in einem positiven Zusammenhang mit dem Investitionsvolumen. Negativ wirken die Faktoren Leerstand und Grundsteuerbelastung. Eine höhere Eigentümerquote sowie die Lage in Ostdeutschland wirken sich hingegen positiv aus. Letzteres Ergebnis erscheint kontraintuitiv. Allerdings spricht für den positiven Einfluss der Lage in den Neuen Ländern, dass der dort häufig vermutete erhebliche Nachholbedarf im Bereich höherwertiger Immobilien<sup>17</sup> letztlich, unter sonst gleichen Bedingungen, in höheren Neubauaufwendungen münden sollte.

### Fazit

Der vorliegende Beitrag hat verschiedene Aspekte näher beleuchtet, die in der bisherigen Diskussion um die energetische Gebäudesanierung zwar eine Rolle spielten, jedoch nur in geringem Maße mit empirischen Studien untersetzt waren. Namentlich wurde danach gefragt, was den durchschnittlichen Pro-Kopf-Heizenergiebedarf in Deutschlands Raumordnungsregionen bestimmt und welche Rolle dabei die regionalen Immobilienmarktbedingungen spielen. Dabei konnte der dominante Einfluss der technischen Gebäudeeigenschaften, der Zusammensetzung des Immobilienbestandes nach Alter und Größe und der Höhe der Investitionen je Quadratmeter (Kapitalintensität) aufgezeigt werden.

<sup>17</sup> Zumindest werden entsprechende Einschätzungen an vielen Standorten von Analysten und Maklervereinigungen vertreten, wie z. B. für Halle (Saale), wo ein weiteres Ansteigen der Mieten und Kaufpreise für hochwertigen Wohnraum erwartet wird. Vgl. *CAPITAL*: Strandperle – Die besten Wohnlagen in Halle an der Saale, 10.05.2012. Ähnliches wird für die anderen größeren Zentren in den Neuen Ländern berichtet. Ein alternativer Erklärungsansatz kann in der Subventionierung des ostdeutschen Immobilienmarktes gesucht werden: So zeigt Weiß, dass der Optionswert ostdeutscher Immobilien durch den subventionierten Abriss erhöht ist. Entsprechend erhöhte Ersatzkosten könnten das vorgefundene Ergebnis erklären. Vgl. *Weiß, D.: Stadtumbau – Preise – Investitionen*. Empirische Untersuchungen zum Wohnungsmarkt auf Grundlage der Realoptionstheorie. Wirtschaftspolitik in Forschung und Praxis, Bd. 56, 2011. Verlag Dr. Kovač: Hamburg.

<sup>16</sup> Hierzu grundlegend *Sweeney, J.: Housing Unit Maintenance and the Mode of Tenure*, in: *Journal of Economic Theory*, Vol. 8 (2), 1974, 111-138.

Die durchschnittlichen Aufwendungen für Neubau und Sanierung wiederum sind, dies wurde im Rahmen der zweiten Schätzgleichung gezeigt, in ihrer Höhe wesentlich durch die regionalen Marktbedingungen bestimmt. Das Vertrauen und die Renditeerwartung der Investoren (gemessen im Multiplikator) spielen hier eine wichtige Rolle. Um beispielsweise über diesen Kanal die durchschnittliche Kapitalintensität um 10%, d. h. um 66,9 Euro je Quadratmeter zu steigern, bedürfte es (unter sonst gleichen Bedingungen) eines um knapp 40% höheren Multiplikators (von ungefähr zehn auf 14).

Eine Veränderung der Miete über das marktübliche Niveau hinaus wirkt ebenfalls investitionsanregend. Eine um einen Euro höhere Miete als bei gegebenem Leerstand und Einkommensniveau in einem Markt üblich würde einen Anstieg der Kapitalintensität in Neubau und Sanierung um rund 30 Euro induzieren. In der Folge sänke der Energieverbrauch um jährlich etwa 145 Kilowattstunden pro Kopf bzw. rund 4,5 Kilowattstunden je Quadratmeter, was zu Gaspreisen des betrachteten Jahres 2006 einer jährlichen Ersparnis von 38 Cent pro Quadratmeter entspräche – die einer höheren Miete von rund zwölf Euro gegenüberstünde.

Alternativ bleiben staatliche Anreize, sich stärker in der energetischen Gebäudesanierung zu engagieren. Diese fallen allerdings auf unterschiedlich fruchtbaren Boden und sollten, bei gleichmäßig hohen Ansprüchen an die Energieeffizienz des Immobilienbestandes, dementsprechende regionale Abstufungen in der Förderpolitik enthalten, sofern es sich um Finanzhilfen in Form vergünstigter Darlehen oder Baukostenzuschüsse handelt. Das derzeit verstärkter diskutierte Instrument der steuerlichen Sonderabschreibungen hat in diesem Zusammenhang den Vorteil, dass es an das persönliche Einkommen der Investoren und damit weniger stark an die konkreten Erträge und Wertentwicklungspotenziale der jeweiligen Immobilien geknüpft ist. Allerdings ist dieses Instrument auch mit erheblichen Risiken der Fehlallokation behaftet, was der ostdeutsche Immobilienboom in den 1990er Jahren und dessen bis heute deutlich spürbare Folgen eindrucksvoll gezeigt haben.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Vgl. *Michelsen, C.; Weiß, D.*: What Happened to the East German Housing Market? A Historical Perspective on the Role of Public Funding, in: *Post-Communist Economies*, Vol. 22 (3), 2010, 387-409, und *Michelsen, C.; Weiß, D.*:

Zu guter Letzt bliebe eine durch Bauregulierungen induzierte Verschiebung der gebauten Qualitäten hin zu mehr Energieeffizienz, wie sie z. B. im Rahmen der Energieeinsparverordnung vorgenommen wird. Hier ist allerdings zu bedenken, dass Investoren stets auch die Möglichkeit haben, Investitionen zu verschieben oder überhaupt nicht durchzuführen.<sup>19</sup>

Der Einfluss sozio-ökonomischer Faktoren auf den durchschnittlichen Pro-Kopf-Heizenergiebedarf wurde ebenfalls nachgewiesen. Die Tatsache, dass diese Faktoren für die Erklärung des aggregierten Energiekonsums eine eher untergeordnete Rolle spielen, legt den Schluss nahe, dass mit dem auf Verbrauchsdaten basierenden ista-IWH-Energieeffizienzindex in weiten Teilen die technische Energieeffizienz des Mehrfamilienhausbestandes abgebildet wird. Gleichzeitig wird jedoch auch deutlich, dass die Auswertungen auf regional aggregierter Ebene nicht losgelöst von Faktoren wie dem verfügbaren Einkommen, Altersstrukturen o. Ä. interpretiert werden können und im Nutzerverhalten eine beeinflussbare Stellschraube für die Erreichung der Klimaziele liegt.

---

Förderung des Wohnungsbaus und der städtebaulichen Entwicklung: Von der Lösung zum Problem?, in: Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Hrsg.), 20 Jahre Deutsche Einheit – Von der Transformation zur europäischen Integration. Tagungsband. *IWH-Sonderheft 3/2010*. Halle (Saale) 2010, 311-333.

<sup>19</sup> Vgl. *Rosenschon, S.; Schulz, C.; Michelsen, C.*: Energetische Aufwertung vermieteter Mehrfamilienhäuser: Die kleinen Wohnungsanbieter tun sich schwer. Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWH-Energieeffizienzindex, in: *IWH, Wirtschaft im Wandel*, Jg. 17 (4), 2011, 161-168.