

Transparenz auf dem Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele - Monitoring der energetischen Qualität und des tatsächlichen Verbrauchs

Tobias Loga (IWU)

- "Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks": Erweiterung und Nutzen
- Benchmark-Vergleich
- Schätzfunktionen für den Energieverbrauch
- Empfehlungen

Hinweis: Wenn nicht anders vermerkt beziehen sich die Energiekennwerte bei dieser Präsentation immer auf die (beheizte) Wohnfläche und auf den Brennwert.

1

Hauptquellen für den Vortrag (mit Kurzbezeichnungen)

■ „Modellprojekt Verbrauchsbenchmarks (IWU 2019)“

Projekt „Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks – Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens“ gefördert durch das Land Hessen

Projektlaufzeit: Oktober 2017 bis Juni 2019

<https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/2017/mp-verbrauchsbenchmarks/>

■ „Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)“

Loga, Tobias; Stein, Britta; Hacke, Ulrike; Müller, André; Großklos, Marc; Born, Rolf; Renz, Ina; Cischinsky, Holger; Hörner, Michael; Weber, Ines: 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; Bonn, März 2019

ISSN 1868-0097

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

2

Motivation: Warum ist die Verbesserung der Transparenz (derzeit) besonders wichtig?

Ziele

- Verdopplung der Umsetzungsrate Wärmeschutz, dabei hohe Wärmeschutzstandards
- hoher Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung des Restwärmebedarfs
- ➔ Minderung des fossilen Energieverbrauchs / der CO₂-Emissionen um 80% bis 2050

Triebfeder / Motivation von Gebäudeeigentümern

- ökonomische Randbedingungen: teure fossile Energie
- Investitionsentscheidungen aus Gründen des Klimaschutzes

beim derzeitigen Energiepreis:

- ökonomische Erwägungen sind keine ausreichende Triebfeder (nur partielle Refinanzierung der zusätzlich nötigen Maßnahmen)
- um zumindest die zweite Triebfeder zu aktivieren / motivieren: Transparenz bezüglich des erreichten Levels der CO₂-Emissionen erforderlich

Zielgrößen (Daumenregeln):

- gebäudebezogen: „Effizienzhaus 40“-Standard
 - personenbezogen: eine halbe Tonne CO₂ pro Kopf für Heizen/WW (derzeit im Mittel fast zwei Tonnen)
- } **zuverlässige Prognose**
+
tatsächliche Erreichung

3

„Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks“ – weitere Ergebnisse

- **Erweiterung Stichprobe**
- **Benchmark-Tabelle**
- **Nutzen**

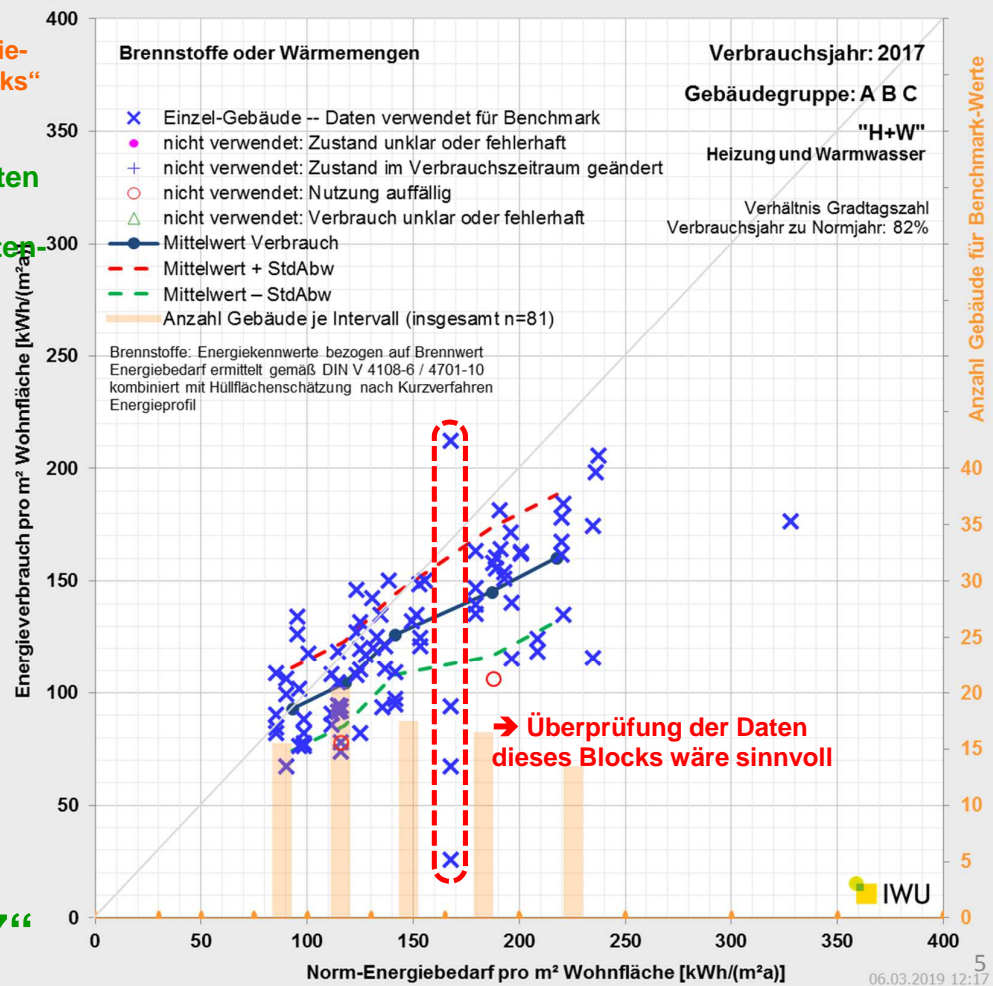
4

„Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks“ – Erweiterungstest

Ergänzung von Daten aus zwei weiteren Samples (ohne Datenüberprüfung!)

Vergleichswerte Heizung und Warmwasser für das Verbrauchsjahr 2017

Benchmarks „H+W 2017“



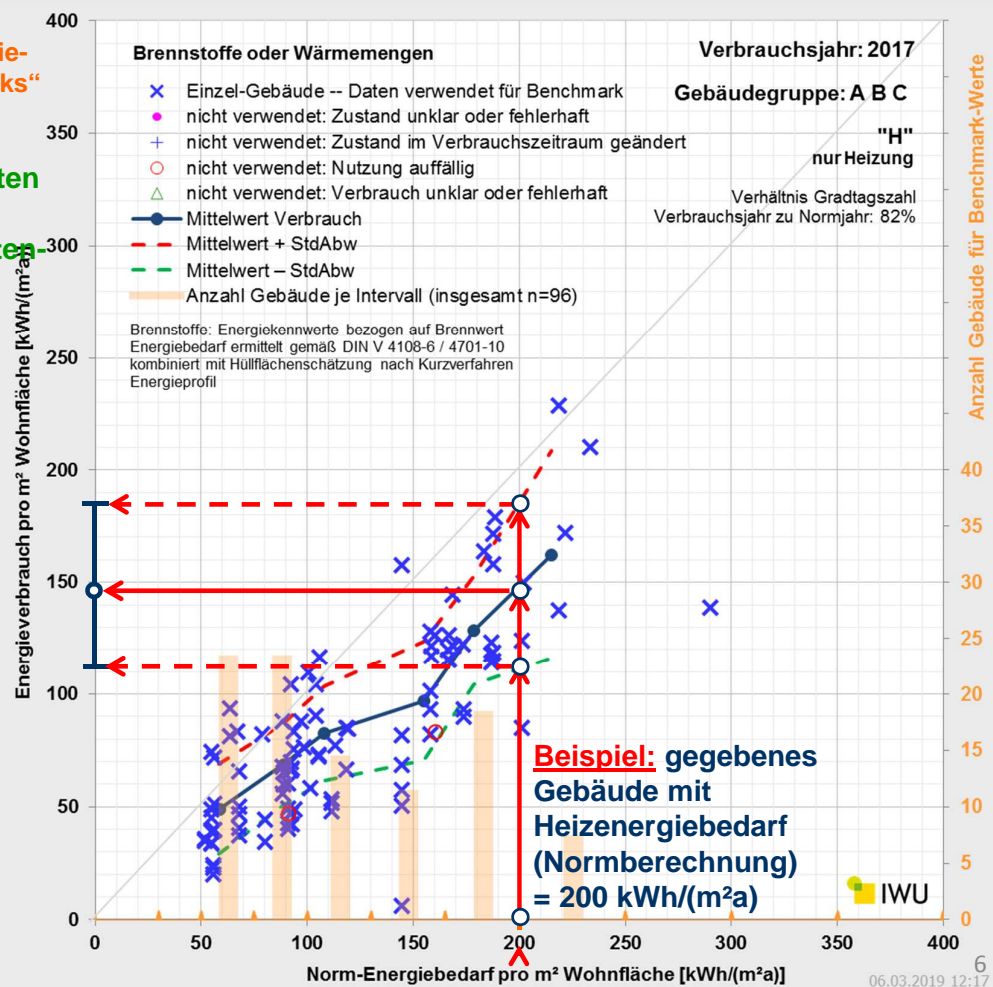
„Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks“ – Erweiterungstest

Ergänzung von Daten aus zwei weiteren Samples (ohne Datenüberprüfung!)

Vergleichswerte Heizung für das Verbrauchsjahr 2017

typischer Verbrauch 120 bis 180 kWh/(m²a) (= Erwartungsbereich)

Benchmarks „H 2017“



Resultierende Benchmark-Tabelle für gesamte Stichprobe Beispiel "H" – nur Heizung

Auswertung von Analysen zum Verhältnis aus Verbrauch zu Bedarf				H 2016 2017			
"H" - nur Heizung				Verhältnis Gradtagszahl Verbrauchsjahr zu Normjahr: 82%			
Brennstoffe oder Wärme für Heizung und Warmwasser (bei Brennstoffen bezogen auf Brennwert Hs)				Gebäudegruppe: A B C			
Standard-Energiebedarf*		Stichprobe		gemessener Verbrauch, bezogen auf beheizte Wohnfläche			
bezogen auf beheizte Wohnfläche		Anzahl Gebäude x Messjahre	Wohnfläche m ²	Mittelwert	Kalibrierungsfaktor: Verhältnis Verbrauch zu Bedarf		Streubreite** zugeordneter Verbrauch
Intervall	Mittelwert				Mittelwert	relative Streubreite**	
kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)		m ²	kWh/(m ² a)			kWh/(m ² a)
1 ... 30	-	-	-	-	-	-	-
31 ... 50	-	-	-	-	-	-	-
51 ... 75	59	n=43	33.836	55	0,94	±41%	±24
76 ... 100	89	n=47	36.665	77	0,87	±26%	±22
101 ... 130	108	n=28	20.129	82	0,76	±24%	±18
131 ... 165	155	n=22	11.270	91	0,59	±24%	±24
166 ... 200	179	n=36	19.518	129	0,72	±18%	±26
201 ... 250	215	n=14	6.231	165	0,77	±26%	±48
251 ... 300	-	-	-	-	-	-	-

Standard-abweichung erfreulich klein

Nutzen:

Mittelwerte Verbrauch je Bedarfskategorie x m²
→ Hochrechnung Verbrauch Gesamtbestand

Nutzen:

- (a) Verbrauchsprognose für einzelne Gebäude auf der Basis des Normenergiebedarfs (Standardabweichung = Unsicherheit der Prognose)
- (b) Wenn gemessener Verbrauchswert stark abweicht -> Überprüfung Daten + Betrieb

*) Endenergiebedarf ermittelt gemäß DIN V 4108-6 / 4701-10 kombiniert mit Hüllflächens
**) „Streubreite“ = Standardabweichung

Vergleich mit Ergebnissen aus anderen Projekten

- Studien zum Zusammenhang zwischen Verbrauch und Bedarf
- Meta-Analyse im Rahmen des Projekts „Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen“ im Auftrag des BBSR

Meta-Analyse wissenschaftlicher Studien mit dokumentierten Werten für den gemessenen und den nach EnEV berechneten Energiekennwerten

im Rahmen des Projekts „Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen“ (Auftraggeber BBSR)

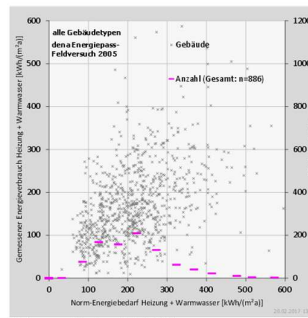
Auswertung des Verbrauch-Bedarf-Zusammenhangs von 6 Studien

Transformation auf vergleichbare Größen (Bezugsfläche, Brennwert)

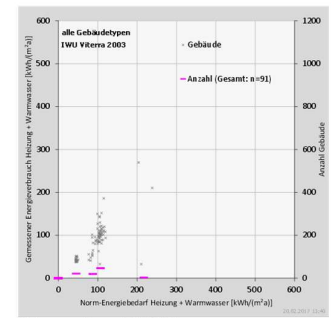
Zusammenführung der Datensätze

Ergebnis: 2856 Datensätze verwendbar (Heizung + Warmwasser / Brennstoffe + Fernwärme)

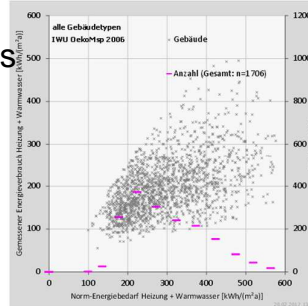
Diagramme aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)



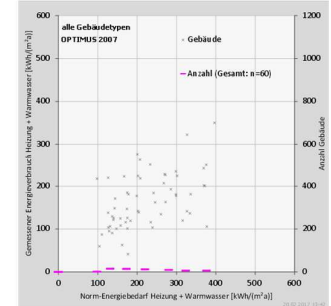
(Daten aus: [Gruber et al. 2005])



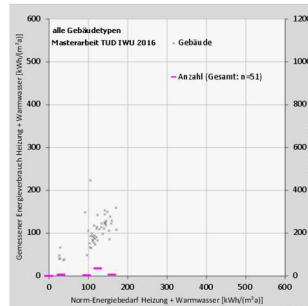
(Daten aus: [Loga et al. 2003])



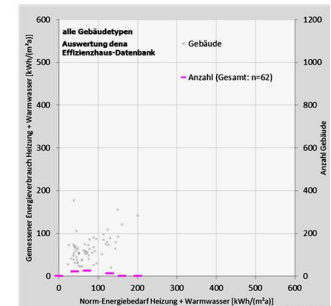
(Daten aus: [Knissel et al. 2006a])



(Daten aus: [Jagnow et al. 2007])



(Daten aus: [Graf 2016])



(Daten aus: [Biqalke et al. 2016])

Zusammenführung der Daten

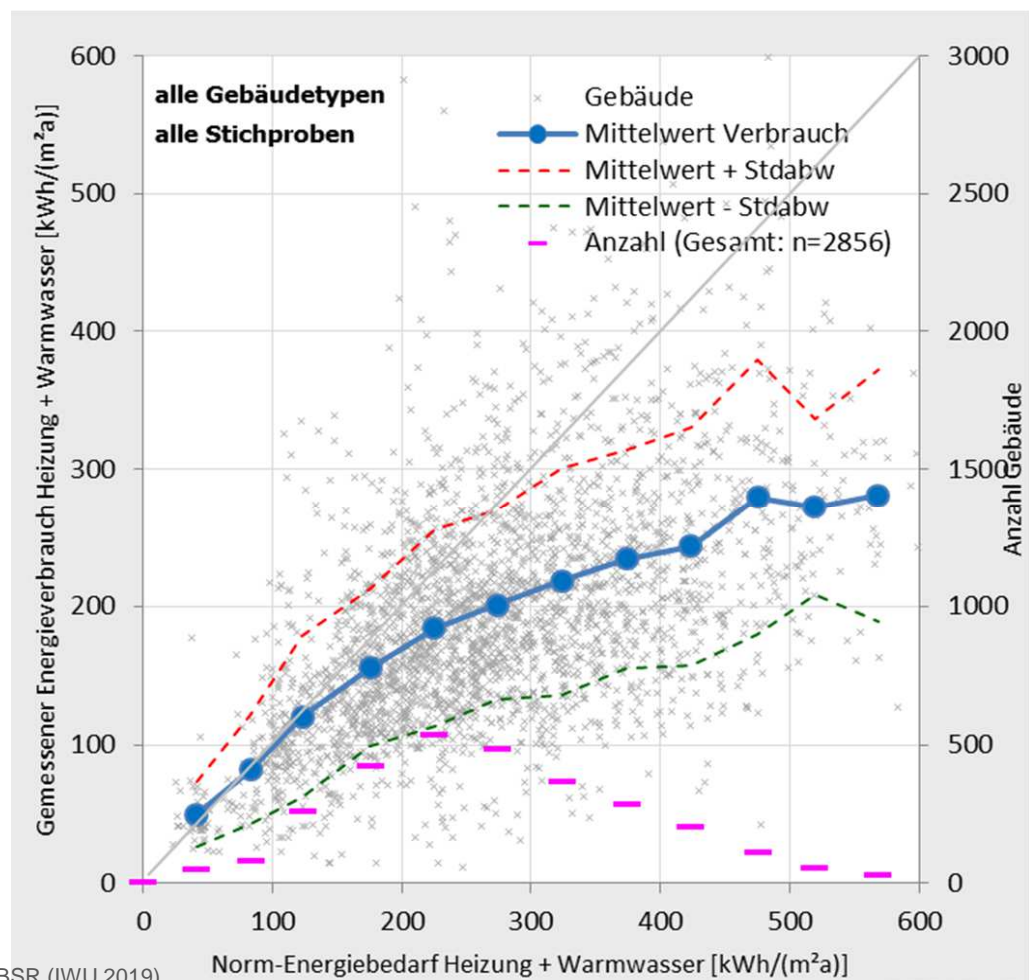


Diagramm aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Benchmark-Tabelle (bedarfsdifferenzierte Verbrauchsbenchmarks)

Anlagen mit Kombi-Betrieb für Heizung und Warmwasser						
Verbrauch Erdgas / Heizöl / Fernwärme für Heizung und Warmwasser (bei Brennstoffen bezogen auf Brennwert H _s)						
Norm-Energiebedarf** bezogen auf beheizte Wohnfläche		Stichprobe Anzahl Gebäude	Mittel- wert kWh/(m ² a)	gemessener Verbrauch, bezogen auf beheizte Wohnfläche		Streubreite* zugeordneter Verbrauch kWh/(m ² a)
Intervall	Mittel- wert kWh/(m ² a)			Kalibrierungsfaktor: Verhältnis Verbrauch zu Bedarf Mittelwert	relative Streubreite*	
1 ... 50	41	n=49	50	1,20	±57%	± 24
51 ... 100	83	n=76	82	0,98	±42%	± 40
101 ... 150	123	n=257	121	0,98	±48%	± 58
151 ... 200	176	n=421	156	0,89	±37%	± 57
201 ... 250	225	n=534	184	0,82	±39%	± 71
251 ... 300	274	n=482	201	0,74	±34%	± 68
301 ... 350	324	n=364	218	0,67	±37%	± 82
351 ... 400	374	n=281	234	0,63	±33%	± 79
401 ... 450	424	n=199	244	0,58	±36%	± 86
451 ... 500	475	n=109	280	0,59	±35%	± 100
501 ... 550	519	n=52	272	0,52	±23%	± 64
551 ... 600	568	n=25	281	0,49	±33%	± 91

** Bedarf berechnet nach DIN V 4108-6 & DIN V 4701-10 (bzw. ähnliche Verfahren) n=2849

* „Streubreite“ = Standardabweichung

Tabelle aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Vergleich mit dem Ergebnis aus dem „Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks“

- ▶ **ähnliche Lage der Benchmarks**
- ▶ **für höhere Bedarfswerte etwas niedrigere Verbrauchswerte**
(zu beachten: keine Witterungsbereinigung)
- ▶ **Streuung erheblich geringer**
(nur MFH: geringerer Nutzereinfluss im Vergleich zur Mischung aus EFH und MFH, Datenqualität besser?)

Modellprojekte Wärmeerzeugung H+W (siehe separater Vortrag):
Rotlintstraße B=40 / V=57
Cordierstraße B=37 / V=53

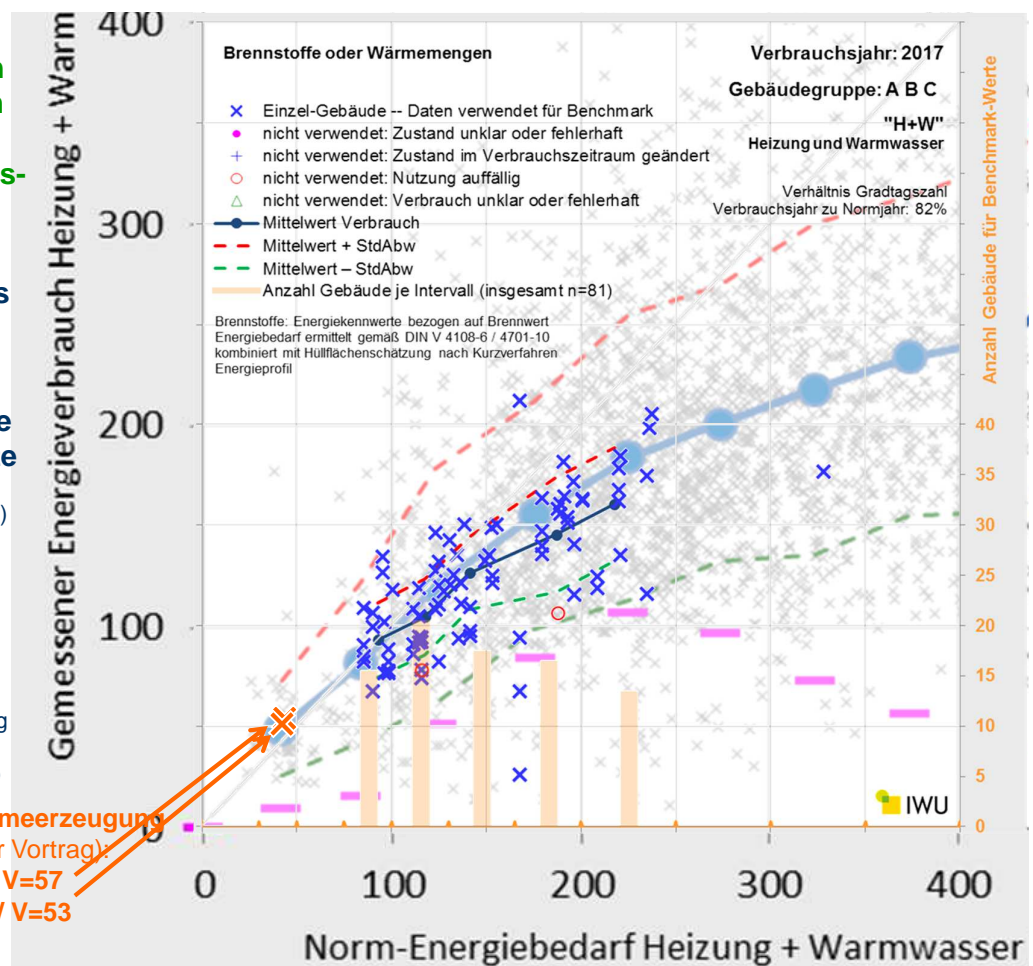


Diagramme aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019) und Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks (IWU 2019)

Schätzfunktionen Energieverbrauch

Benchmark-Tabelle → Nutzung für Prognose des Energieverbrauchs?

- ❖ **Möglichkeit: einfache lineare Interpolation (siehe TABULA-Verfahren 2011 ^{1 2})**
- **funktionale Zuordnung der typischen Spanne des Verbrauchs zu einem Norm-Energiekennwert (Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019))**
- **Überprüfung der Formel des Sanierungsfahrplans**
- **Unschärfe der Schätzung (Spannen des erwarteten Verbrauchs)**
- **Anwendung bei der Energieberatung (Beispiel)**

¹ Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus: TABULA Calculation Method – Energy Use for Heating and Domestic Hot Water; IWU, Darmstadt / Germany – January 2013

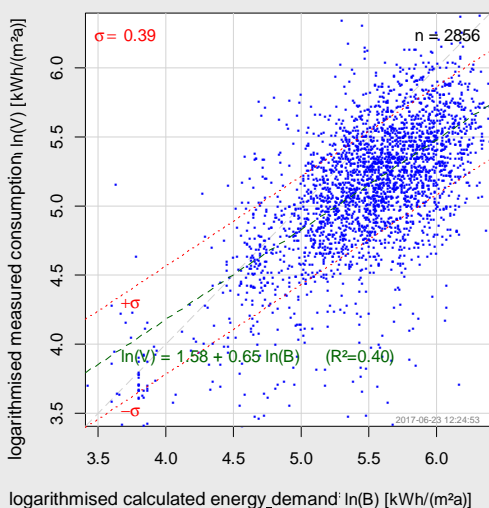
http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_CommonCalculationMethod.pdf

² Loga, Tobias; Stein, Britta; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf: Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden; Broschüre erarbeitet im Rahmen der EU-Projekte TABULA und EPISCOPE; 2. erweiterte Auflage; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2015

http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf

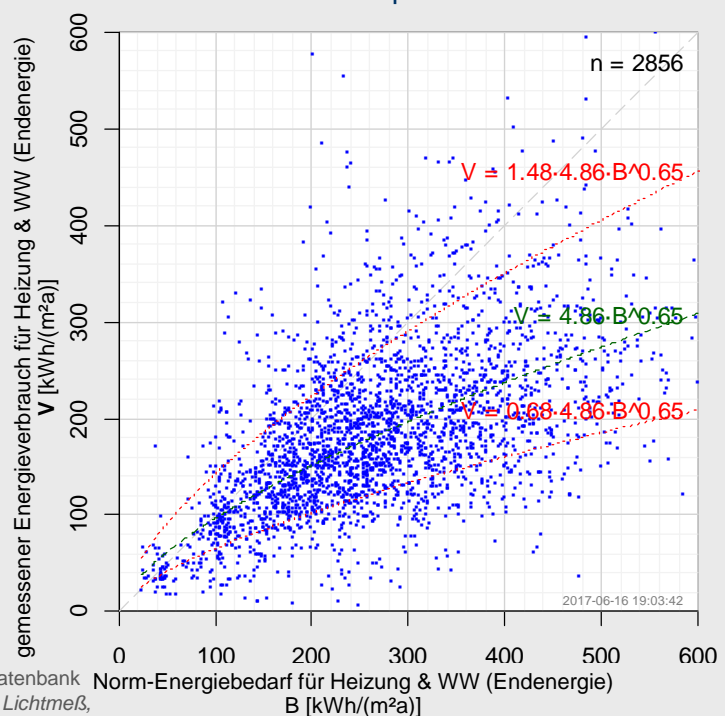
Kalibrierungsfunktionen

Funktionale Beziehung zwischen Norm-Berechnung und mittlerem Verbrauch

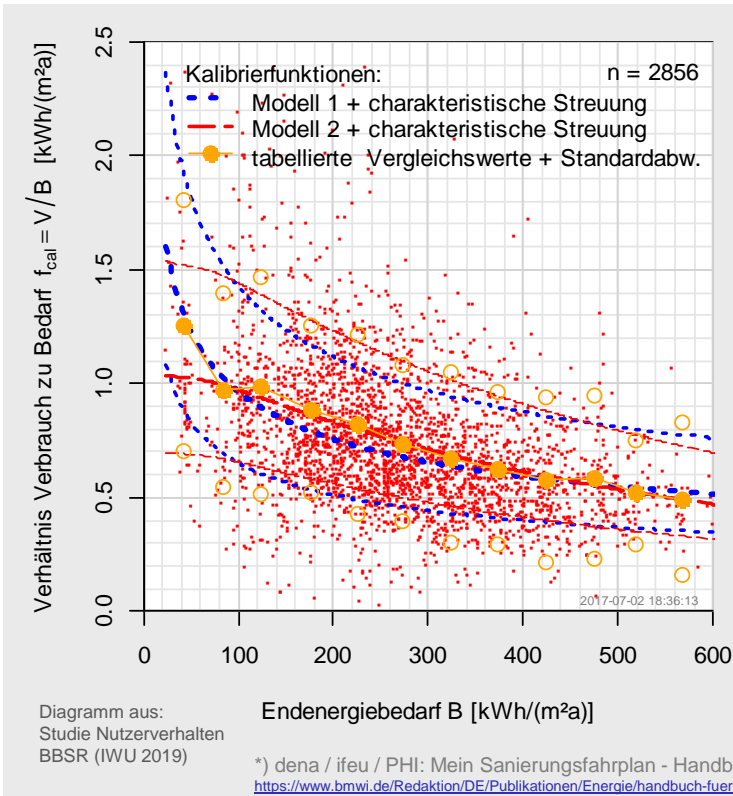


- (1) **Logarithmieren beider Variablen (→ Homoskedastizität erreicht)**
- (2) **Lineares Regressionsmodell der logarithmierten Variablen***

- (3) **Transformation des Modells in die Originalvariablen → Modell = Exponentialfunktion**



*) Ansatz in Anlehnung an die Auswertung der Energiepass-Datenbank Luxemburg publiziert in: Hörner, Michael; Cischinsky, Holger; Lichtmeß, Markus: Analyse der Diskrepanz von Energiebedarf und -verbrauch bei Energiepässen von Wohngebäuden in Luxemburg; Teil 1: Methode der multiplen linearen Regression; Bauphysik 38 (2016). Heft 3



Modell 1

(logarithmierte Variablen / lineare Regression)

$$f_{cal} = e^{1,58} \cdot q_{del}^{-0,35} = 4,86 q_{del}^{-0,35}$$

$$f_{cal,oben} = 1,48 f_{cal} = 7,19 q_{del}^{-0,35}$$

$$f_{cal,unten} = 0,68 f_{cal} = 3,30 q_{del}^{-0,35}$$

Modell 2

Ansatz gemäß individuellem Sanierungsfahrplan* (bezogen auf den unteren Heizwert)

$$f_{cal,h} = -0,2 + \frac{1,3}{1 + \frac{q_{del,h,c}}{500}}$$

Umformung → Heizung & Warmwasser / Brennwert-Bezug:

$$f_{cal} = -0,2 + \frac{1,3}{1 + \frac{q_{del,h+w,c} - 30}{550}}$$

➔ Vorschlag: Verwendung von Modell 2 für die Kalibrierung des EnEV-Normenergiebedarfs gemäß DIN V 4108-6 / 4701-10 (da bereits eingeführt)

15

Anwendung der Schätzfunktion

Bilanzraum „H“ (nur für Heizung)

Schätzwert des Endenergieverbrauchs für Heizung (bezogen auf die beheizte Wohnfläche):

$$(24) \quad \hat{q}_{del,h,m} = \hat{f}_{cal,h} \cdot q_{del,h,c} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

mit:

$q_{del,h,c}$ berechneter Endenergiebedarf für Heizung, bezogen auf die beheizte Wohnfläche (Norm-Energiebedarf) [kWh/(m²a)]

Als Kalibrierungsfaktor $\hat{f}_{cal,h}$ wird die folgende Schätzfunktion verwendet:

$$(25) \quad \hat{f}_{cal,h} = \max \left(-0,2 + \frac{1,3}{1 + \frac{q_{del,h,c}}{550}}; 0,4 \right) \quad [-]$$

Typische Spanne des Verbrauchs:

$$(30) \quad \text{obere Spanne: } \hat{q}_{del,h,m,sup} = f_{sup,h} \cdot \hat{q}_{del,h,m} = 1,5 \cdot \hat{q}_{del,h,m} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

$$\text{untere Spanne: } \hat{q}_{del,h,m,inf} = f_{inf,h} \cdot \hat{q}_{del,h,m} = 0,7 \cdot \hat{q}_{del,h,m}$$

Bilanzraum „H+W“ (Heizung und Warmwasser)

Vereinfachung: Kalibrierung eines Anteils des Endenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser, der sich aus dem Gesamtwert abzüglich eines Pauschalwerts für Warmwasser zusammensetzt:

Regelfall ($q_{del,h+w,c} > 66 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)

$$(26) \quad \hat{q}_{del,h+w,m} = 33 + \hat{f}_{cal,h} \cdot (q_{del,h+w,c} - 33) \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

$$(27) \quad \hat{f}_{cal,h} = \max \left(-0,2 + \frac{1,3}{1 + \frac{q_{del,h+w,c} - 33}{550}}; 0,4 \right) \quad [-]$$

Sonderfall eines sehr niedrigen Endenergiebedarfs ($q_{del,h+w,c} \leq 66 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)

Vereinfachend wird die Hälfte des Endenergiebedarfs für Hgz. und WW kalibriert:

$$(28) \quad \hat{q}_{del,h+w,m} = \frac{1 + \hat{f}_{cal,h}}{2} q_{del,h+w,c} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

$$(29) \quad \hat{f}_{cal} = -0,2 + \frac{1,3}{1 + \frac{0,5 q_{del,h+w,c}}{550}} \quad [-]$$

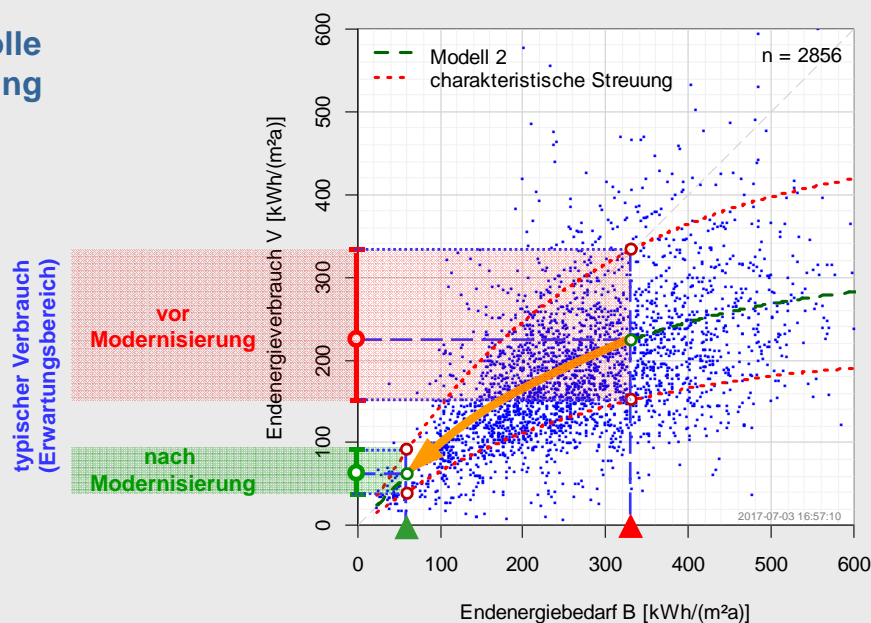
Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Prognose der Energieeinsparung im Rahmen der Energieberatung

Beispiel: Altbau, Verbrauch nicht verfügbar

→ Kalibrierung mit mittleren Verbrauchswerten

Anspruchsvolle
Modernisierung



Prognose der Energieeinsparung im Rahmen der Energieberatung

Beispiel: Altbau, gemessener Verbrauch verfügbar
(nahe dem unteren Rand des Erwartungsbereichs)

→ Prognose: gleiche relative Position im Erwartungsbereich

Anspruchsvolle
Modernisierung

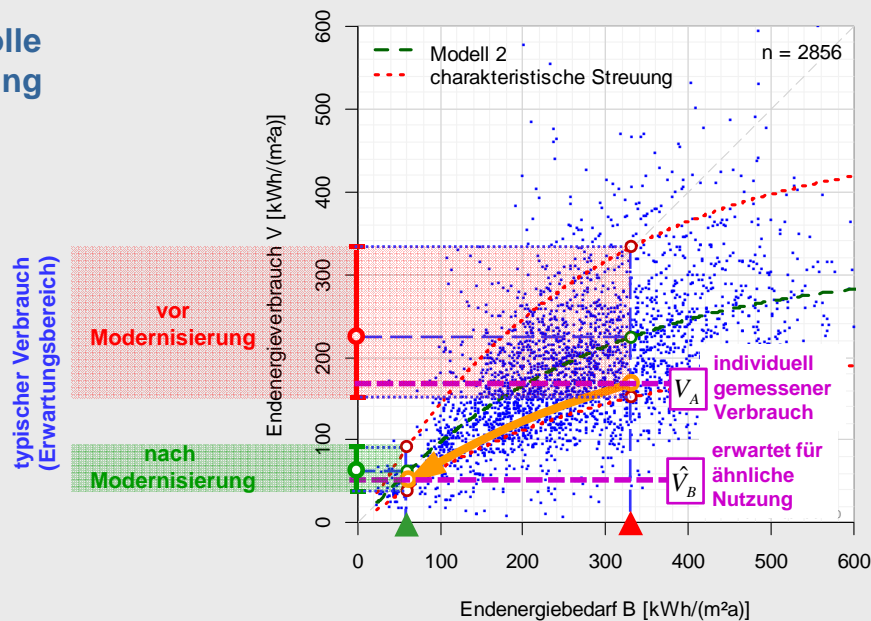


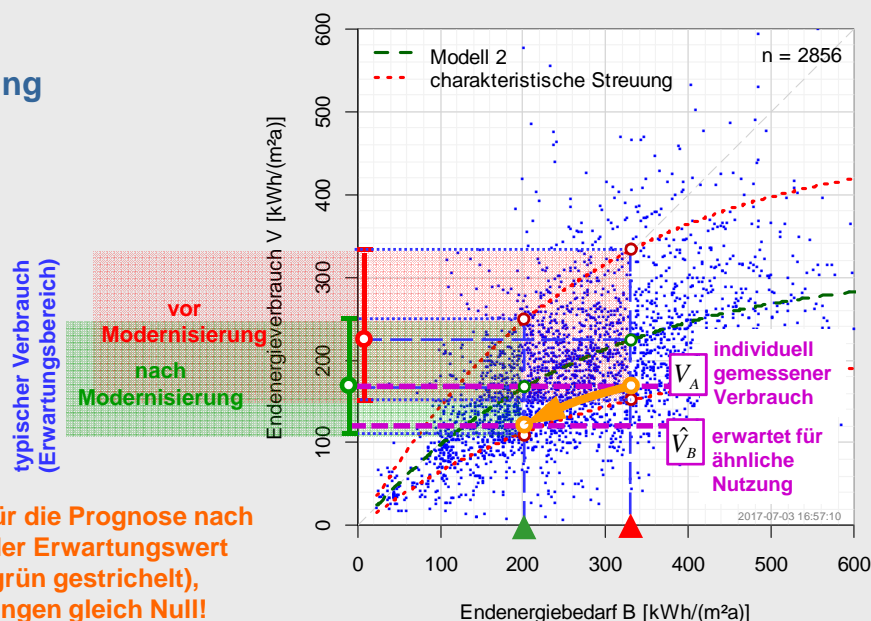
Diagramm aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Prognose der Energieeinsparung im Rahmen der Energieberatung

Beispiel: Altbau, gemessener Verbrauch verfügbar
(nahe dem unteren Rand des Erwartungsbereichs)

→ Prognose: gleiche relative Position im Erwartungsbereich

Teil-
Modernisierung



Achtung: Wenn für die Prognose nach Modernisierung der Erwartungswert verwendet wird (grün gestrichelt), sind die Einsparungen gleich Null! (Kann bei Bewohnerwechsel im EFH leicht passieren.)

Diagramm aus: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Prognosen für einen Zustand nach Modernisierung wenn der Energieverbrauch vor Modernisierung bekannt ist

Zustand A (Ist): Der individuelle Kalibrierungsfaktor für den Ist-Zustand vor Modernisierung (Zustand A) beschreibt das Verhältnis des tatsächlichen Verbrauchs $q_{del,m,A}$ zum Schätzwert des Verbrauchs $\hat{q}_{del,m,A}$:

$$(33) \quad f_{ind,A} = \frac{q_{del,m,A}}{\hat{q}_{del,m,A}} \quad [-]$$

Zustand B (Prognose): Schätzwert des Energieverbrauchs für den hypothetischen Zustand nach Modernisierung (Zustand B), sofern auch nach Modernisierung eine entsprechende Abweichung zu erwarten ist (insbesondere gleiche Nutzung):

$$(34) \quad \hat{q}'_{del,m,B} = f_{ind,B} \cdot \hat{q}_{del,m,B} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

mit $\hat{q}_{del,m,B}$ aus dem Norm-Endenergiebedarf für den Zustand B geschätzter Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser, bezogen auf die beheizte Wohnfläche ermittelt gemäß Gl. (24) oder Gl. (26) $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$

$f_{ind,B}$ individueller Kalibrierungsfaktor für den Zustand B $[-]$

mit $f_{ind,B} = f_{ind,A}$ für $0,7 \leq f_{ind,A} \leq 1,5$

und $f_{ind,B} = 1,0$ sonst.

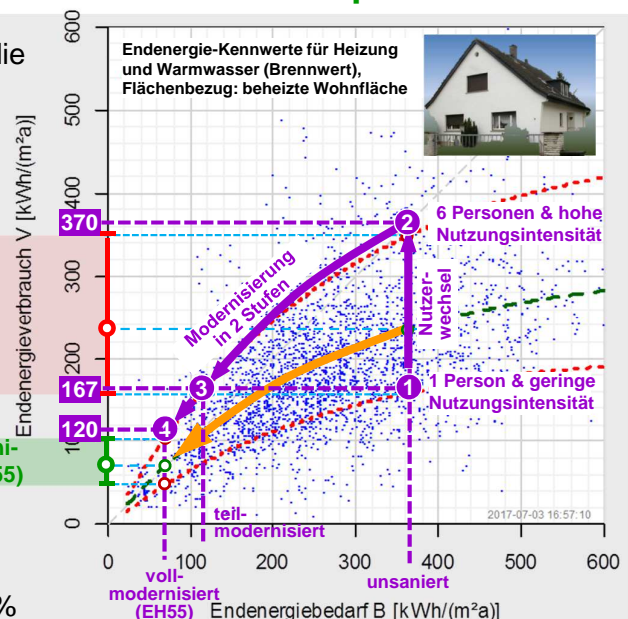
Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Verbrauchs-Bedarfs-Diagramm für ein besseres Verständnis des Verbrauchs – Illustration an einem Beispiel

- (1) Gebäude komplett unsaniert / eine Person, die sich sehr sparsam verhält
- (2) Bewohnerwechsel: Einzug einer Familie mit 6 Personen / tendenziell hohe Nutzungsintensität (Verbrauch mehr als verdoppelt)
- (3) Umsetzung der ersten Stufe einer energetischen Modernisierung (gleicher Verbrauch wie (1))
- (4) Umsetzung der zweiten Stufe einer energetischen Modernisierung auf Effizienzhaus-50-Standard (Verbrauch liegt jetzt bei einem Drittel des Ausgangswertes, jedoch immer noch um 50% höher als beim Durchschnitt gleichartiger Gebäude)

typischer Verbrauch (Erwartungsbereich)

vor Modernisierung
nach Modernisierung (EH55)



CO₂-Emissionen für Hzg & WW pro Kopf

	vor Mod.	nach Mod.
1 Person	6,3 t/a	2,0 t/a
6 Personen	2,3 t/a	0,7 t/a

Achtung: quadratmeterbezogene Aussagen reichen für Beurteilung der Klimaschutzwirkung nicht aus!

Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Übertragung auf DIN V 18599

- ❖ **Bezug der bisher dargestellten Ergebnisse:
DIN V 4108-6 / 4701-10**
- **Aussagen bezüglich des erwarteten
Energieverbrauchs bei Berechnungen
nach DIN V 18599?**
- **Parameterstudie im Rahmen der
Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)**

Übertragung der hergeleiteten Verbrauchsprognose- funktion auf Berechnungen nach DIN V 18599

Zielsetzung

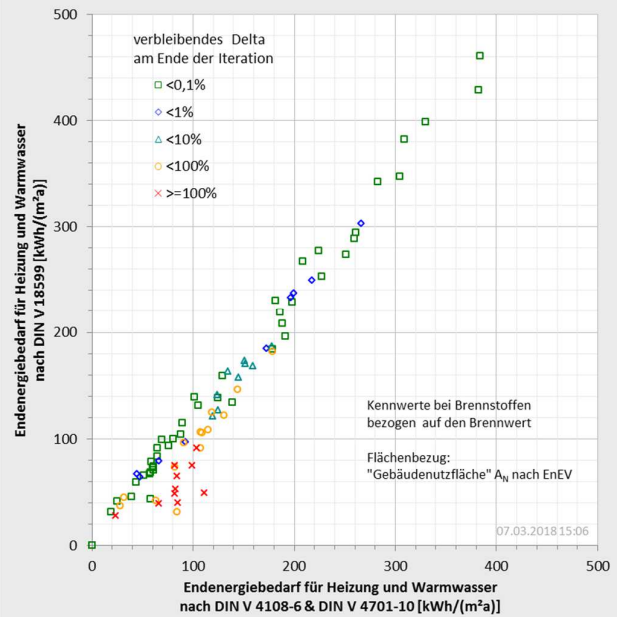
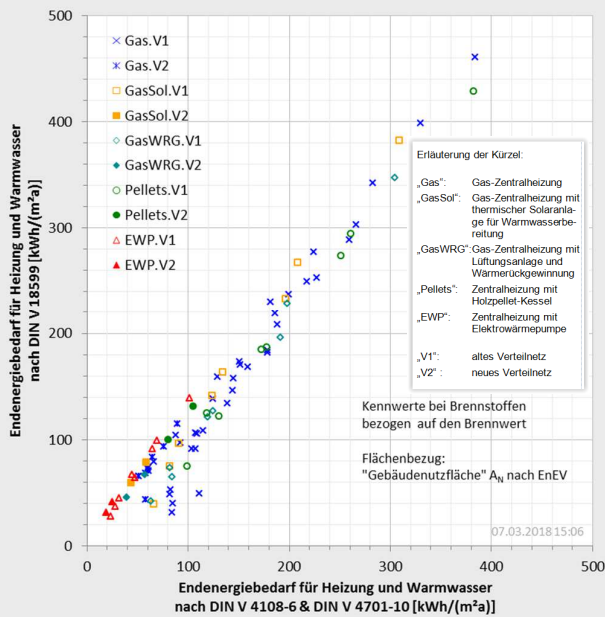
- Ermittlung einer Schätzfunktion für den Endenergiebedarf nach DIN V 4108-6 / 4701-10 bei bekanntem Endenergiebedarf nach DIN V 18599

Durchführung

- Parameterstudie Vergleich DIN V 18599 <-> DIN V 4108-6 / 4701-10
 - ▶ 9 Wohngebäude (3 EFH, 3 RH, 3 MFH)
 - ▶ 4 Wärmeschutzstandards
 - ▶ Wärmeversorgung Gas-Brennwertkessel (Basisfall)
 - ▶ Zusatzsysteme: thermische Solaranlage, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
 - ▶ Alternative Wärmeversorgung: Holzpellet-Kessel, Luft/Wasser-Wärmepumpe

insgesamt 85 Varianten / Software: ZUB-HELENA

- Auswertung mit Regressionsanalyse



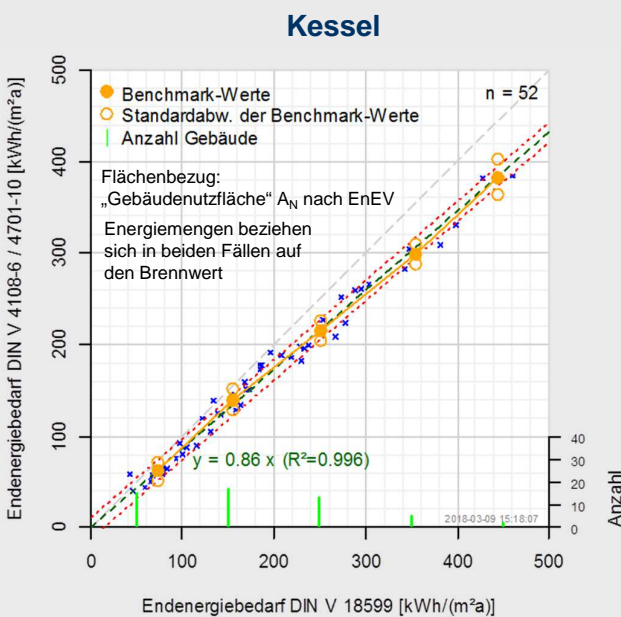
Gemäß DIN V 18599-1:2011-12 (S. 63) ist die Iteration „so lange zu wiederholen, bis zwei aufeinander folgende Ergebnisse für den Nutzwärmebedarf und den Nutzkältebedarf sich jeweils um nicht mehr als 0,1 % voneinander unterscheiden, jedoch höchstens 10-mal. Die sich ergebende Abweichung zwischen den letzten beiden Iterationsschritten soll bei der Berechnung angegeben werden.“

➔ In der Analyse bleiben Fälle mit einem Abbruch der Iteration und einem verbleibenden Delta von mehr als 10 % unberücksichtigt. (85 → 60 Datensätze)

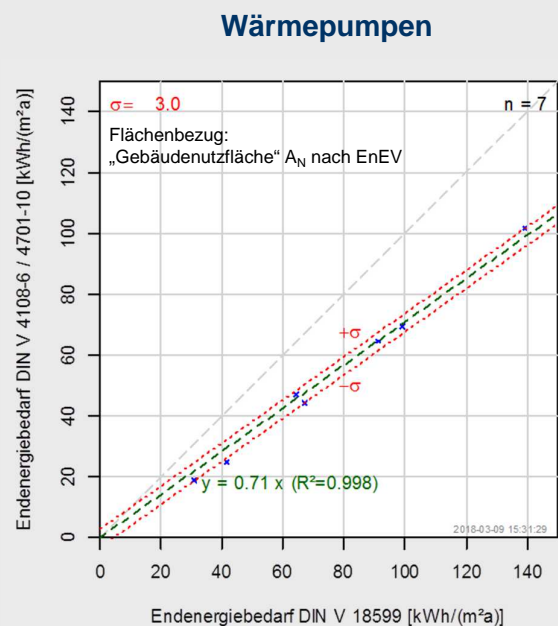
Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

25

Ergebnis der Regressionsanalyse



**Schätzfunktion:
 Faktor 0,86**



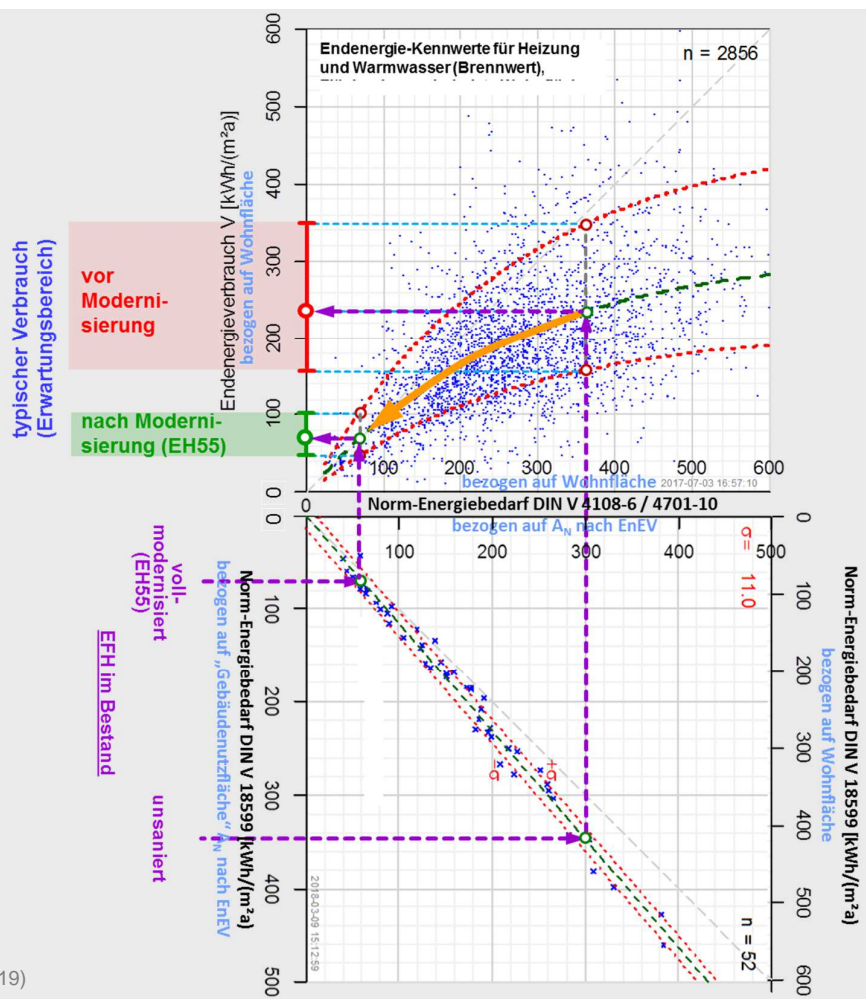
**Schätzfunktion:
 Faktor 0,71**

Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

26

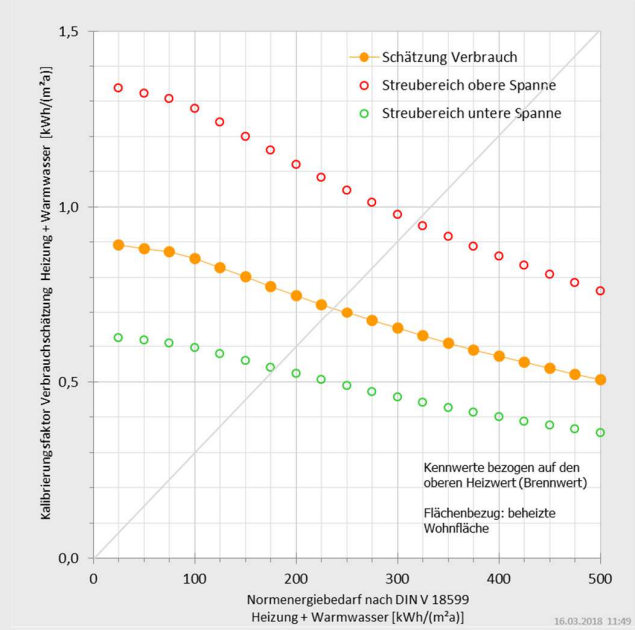
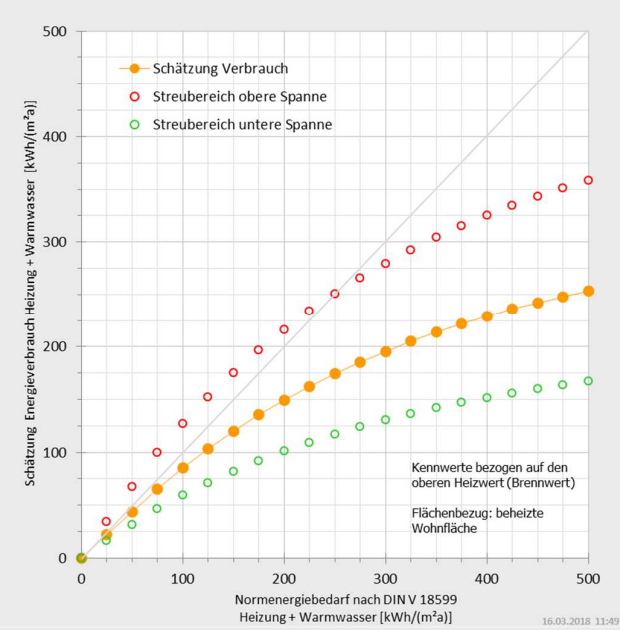
Schätzung des Energieverbrauchs auf der Basis des Endenergiebedarfs nach DIN V 18599:

Visualisierung des Mechanismus und der zu Grunde liegenden empirischen Informationen



Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Abgeleitete Funktionen für die Schätzung des Energieverbrauchs auf der Basis des Norm-Endenergiebedarfs nach DIN V 18599



Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

Unsicherheiten und systematische Abweichungen

- **Unsicherheiten Verbrauch
(Beispiel Blockheizung + Zusammenstellung)**
- **Unsicherheiten Bedarf**
- **Betrachtungen aus dem Modellprojekt
Energieverbrauchsbenchmarks und der
Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)**

29

Beispiel: Blockheizung / Wärmeversorgung für 14 Häuser Daten aus der Jahresabrechnung 2017

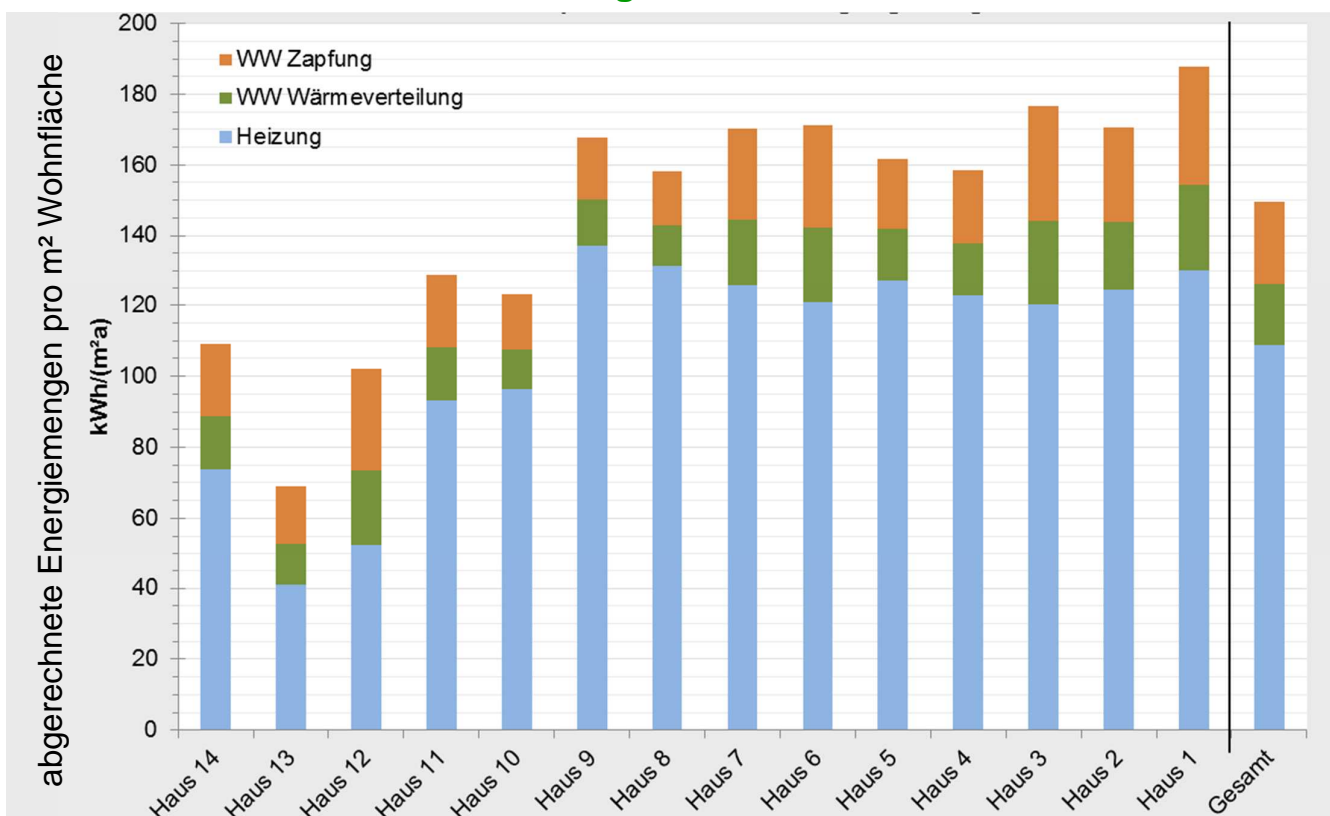


Diagramm aus: Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks (IWU 2019)

30

Schema für Verbrauchsabrechnung Beispielhafte Wärmeversorgungsanlage

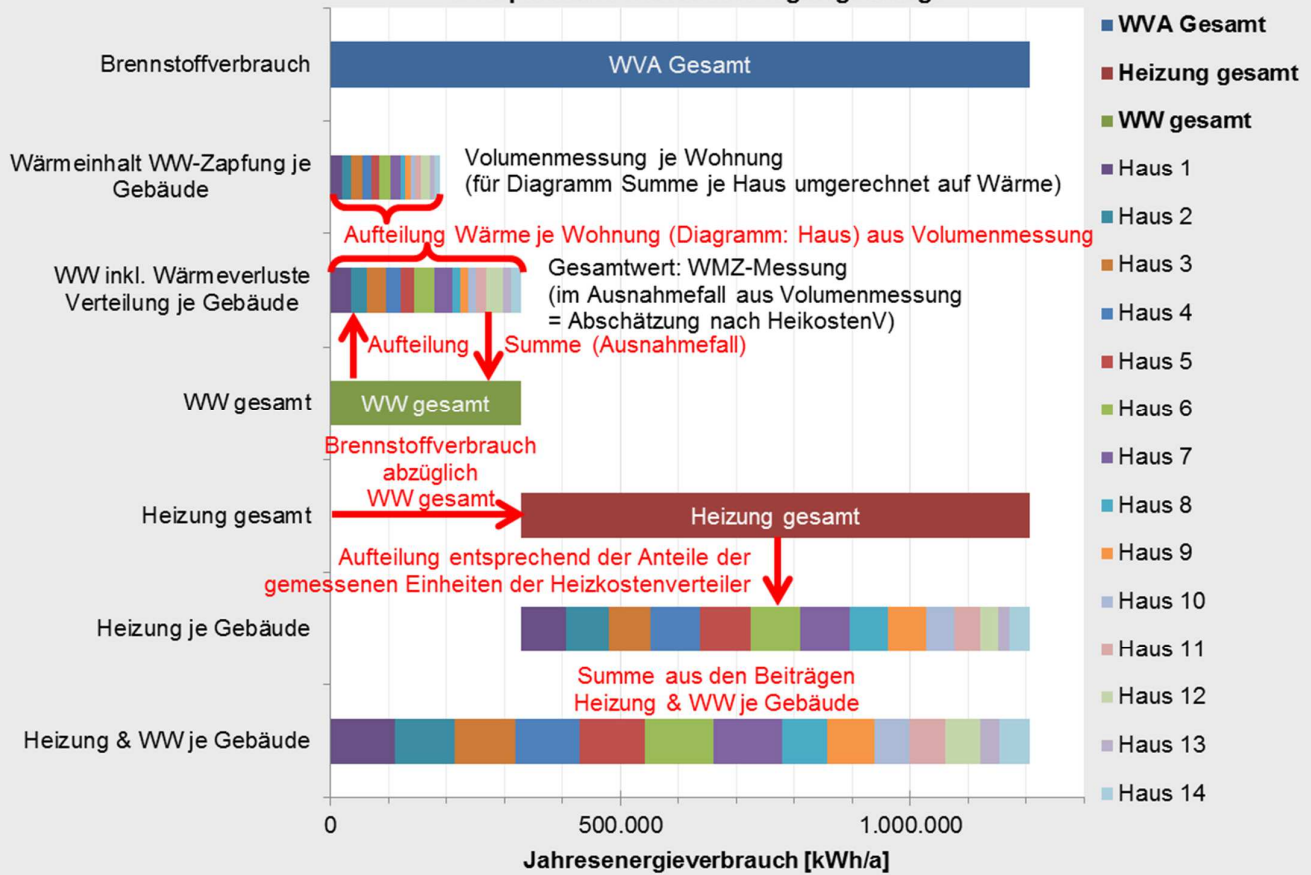


Diagramm aus: Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks (IWU 2019)

31

Unsicherheiten der Verbrauchserfassung + mögliche Ursachen für systematische Verschiebungen



Allgemein

- Messunsicherheiten von Zählern, ggf. Ausfälle

Geschosswohnungsbau

- bei Blockheizung: Zuordnung der Verbrauchsanteile Heizung über Heizkostenverteiler (funktioniert das bei unterschiedlichen Wärmeschutzstandards und / oder Heizungsauslegungen? bei realen hydraulischen Bedingungen?)
- bei Blockheizung: gemessene Wärmemengen können Wärmeverluste erdverlegter Wärmeleitungen enthalten (abhängig davon, ob die Wärmemenge am Kesselausgang oder in einer Hausübergabestation gemessen wird)
- Verbrauchskennwerte Heizung aus Differenzbildung Brennstoffverbrauch und Wärmemengenzähler Warmwasser → Kesselverluste der sommerlichen Warmwasserbereitung werden der Heizung zugeordnet

➔ Die letzten zwei Punkte können durch eine passende Zuordnung der Energiebilanzberechnung neutralisiert werden.

32

Energiebilanzberechnung im Bestand: Unsicherheiten + mögliche Ursachen für systematische Verschiebungen

Mögliche Abweichungen der Realität von den Ansätzen der Normbilanzierung

- **Wärmedurchgang von Konstruktionen:** Aufbau und Wärmeleitfähigkeiten der Schichten, ggf. enthaltende Luftschichten oder nicht erfasste Dämmschichten
- **Wärmeübergänge:** Möbel, Gardinen, Vorhänge, dicke Tapetenschichten auf der Innenseite; nahe Nachbargebäude, Bepflanzungen, Roll-/Klappläden auf der Außenseite
- **Fensterqualität:** Scheibenabstände, Rahmenarten, Vorhandsein von Wärmeschutzverglasung
- **Wärmebrücken** (insbesondere komplexe Situationen wie Kellerabgang oder Treppenhauskopf)
- **Undichtigkeiten:** Fenster und Eingangstüren, Steildach, Kellereingang, ...
- **Hüllflächen:** ungenaue Erfassung / Fehler + Unsicherheiten der Lage
- **Rohrleitungen:** Länge + Qualität der Dämmung (ggf. hinterlüftet) + Armaturen + Durchbrüche
- **Wärmeerzeuger und Speicher:** tatsächliche Ausführung der Dämmung bei
- **Betriebsführung:** wirkliche Temperaturen in der Wärmeverteilung / Dauer des Betriebs
- **Nutzung:** Raumtemperatur, Fensteröffnung, innere Wärmequellen, Verschattung, Warmwasserverbrauch

→ **Systematische Verfälschungen können durch die Verbrauchskalibrierung zwar kompensiert werden, jedoch ist damit die Wirkung von Einzelmaßnahmen immer noch ggf. verfälscht.**

→ **Besser wäre es, die Eingabegrößen im Mittel richtig zu treffen („Realbilanzierung“ im Gegensatz zur „Normbilanzierung“).**

33

Fehlerbetrachtung: Abschätzung des Einflusses der Bandbreiten der Nutzung und anderer Parameter auf den Energiebedarf

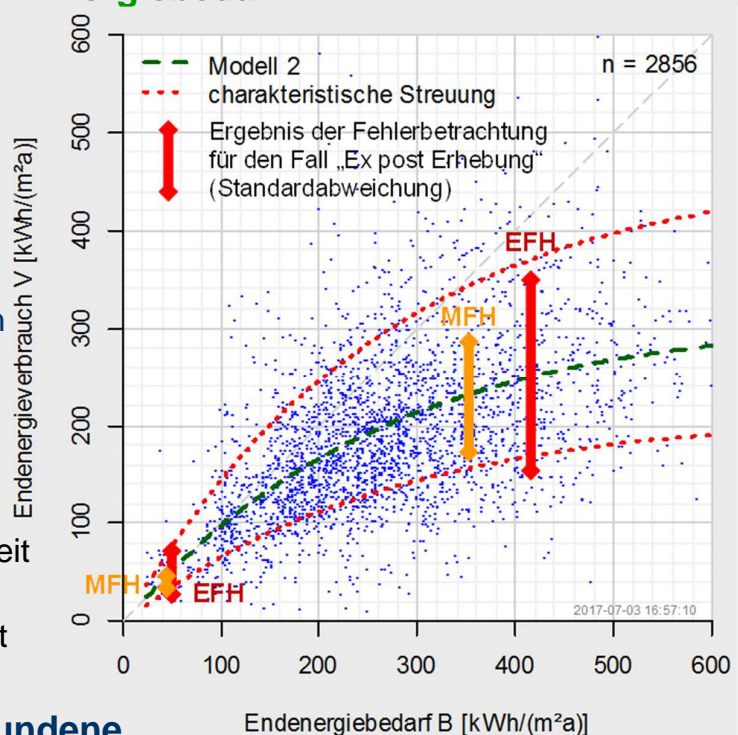
Annahmen für die Unsicherheiten

- Hüllflächen: $\pm 10\%$
- U-Werte: $\pm 20\%$
- Aufwandszahl
Wärmeversorgung: $\pm 10\%$
- Nutzerverhalten entsprechend der in der Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019) festgestellten Variationsbreite (siehe Folgevortrag)

Diagramm

- rot-gepunktete Linien: Unsicherheit der Schätzung des Verbrauchs
- Pfeile: abgeschätzte Unsicherheit der rechnerischen Bilanzierung

➤ **Ergebnis: empirisch vorgefundene Streuung des Energieverbrauchs ist plausibel**



Quelle: Studie Nutzerverhalten BBSR (IWU 2019)

34

Resümee / Empfehlungen

Wissenschaft:

(Methoden / Werkzeuge / Datengrundlagen)

erreicht:

- Vergleichswerte-Tabelle Wohngebäude (Benchmarks): Einordnung des Verbrauchs bei bekanntem Normenergiebedarf
- praktischer Ansatz zur Kalibrierung der Normberechnung auf den typischen Verbrauch und zur Angabe der Unsicherheit
+ Vorschlag für die Energieberatung bei bekanntem Verbrauch

weitere Aufgaben:

- Ausdehnung auf andere Wärmeversorgungssysteme + Aktualisierung
- Differenzierung Unsicherheitsbereich zwischen EFH und MFH
- Realbilanzierung: realistische Eingangsdaten + Unsicherheitsbereich (Fläche und Wärmedurchlässigkeit Gebäudehülle, Effizienz Anlagentechnik, Betriebsführung, Klima, Nutzung)

35

Resümee / Empfehlungen

Hersteller von Software für Energieausweis/Energieberatung:

(Erwartungswerte, Gebäude-Portfolios)

- neben dem Normkennwert: Ausgabe des Erwartungswerts und der typischen Spanne des Verbrauchs; für die Energieberatung Kalibrierung der Normberechnung auf Verbrauchswert
- statt einzelner Projektdateien Datenbank mit Möglichkeit zur Querauswertung? (z.B. Anteil des Bestands mit Außenwanddämmung größer 12 cm)
- Ermöglichen von Szenarienberechnungen (Gesamt-Portfolio + mittlere Gebäude)
- Freigabe aller Nutzungsparameter für den Modus „Energieberatung“

36

Resümee / Empfehlungen

Wohnungswirtschaft:

(Monitoring-Indikatoren / Verbrauch-Bedarf)

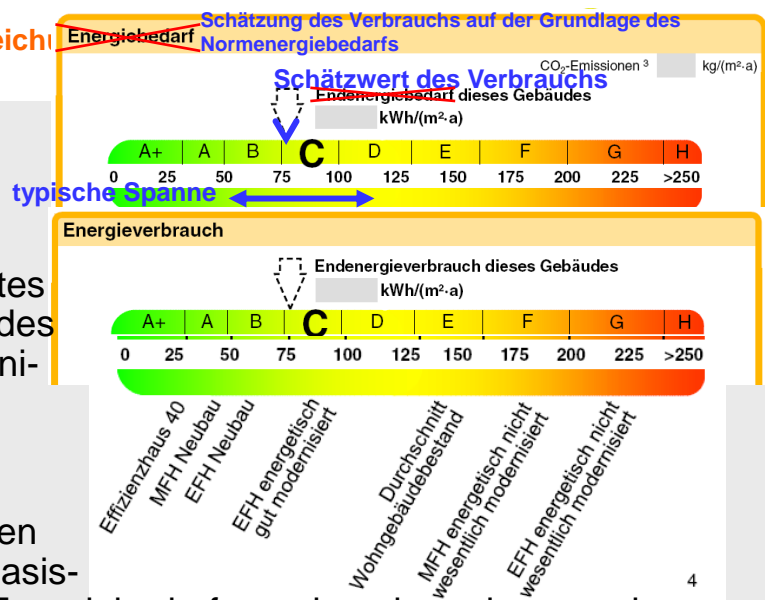
- Tabelle „energetischer Zustand“: Datentabelle mit Basis-Monitoring-Indikatoren anlegen (Erfassungsgrößen orientieren an Energieprofil-Indikatoren): einfache Excel-Tabelle reicht!
- Prozess für Dateneintrag und -pflege in die Tabelle „energetischer Zustand“ organisieren: Anlässe sind Ausstellung von Energiebedarfs- und Verbrauchsausweisen, Modernisierungsplanung, Vor-Ort-Begehungen, ..; dabei Erfassung des Zeitpunkts und der Art der Datenermittlung
- einfache Energiebilanzkalkulation auf der Basis der Monitoring-Indikatoren durchführen (Excel: eine Zeile je Gebäude; Formeln z.B. orientieren an TABULA-Bilanzverfahren)
- statistische Auswertung des in der Heizkostenabrechnung dokumentierten Energieverbrauchs + Zuordnung zu Effizienz kategorien: Identifikation von Ausreißern + Klärung / Durchführung von Maßnahmen

37

Transparenz auf dem Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele Resümee / Empfehlungen

Politik: (Energieausweis)

- Energiebedarfsausweis: Darstellung des Schätzwertes und der typischen Spanne des Energieverbrauchs; Harmonisierung der Einträge in die Vergleichsskala mit dem Verbrauchsausweis
- Definition eines verbindlichen „Statistik-Blattes“ mit den Basis-Monitoring-Indikatoren für Energiebedarfs- und -verbrauchsausweis + Integration der Größen in das Energieausweis-XML-Schema
- Einführung einer Berichtspflicht Energieverbrauch als Ergänzung zum Energiebedarfsausweis bei Neubauten und umfangreichen Modernisierungen (Energieausweis-Ersteller muss Verbrauch abfragen und melden); siehe etabliertes Verfahren in Luxemburg



4

➔ **Weitere Vorschläge und Empfehlungen in der „Studie Berücksichtigung des Nutzerverhalten bei energetischen Verbesserungen“**