

Energiesparerfolge und Energiekennwerte – Bilanz einer Verwirrung

Tobias Loga

Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

- **Typischer Energieverbrauch im Bestand**
- **Verbrauchswerte für Gebäude mit gutem Wärmeschutz**
- **Wie realistisch ist die Energiebilanzberechnung?**
- **Wege zu mehr Transparenz**

1

Typischer Energieverbrauch im Bestand

- ❖ **Zweifel und Vorurteile**
- ❖ **Energieverbrauchsausweis der EnEV**
- ❖ **Verbrauchsstatistiken Wohngebäude**

2

- „In punkto Energieverbrauch ist der Gebäudebestand besser als sein Ruf.“
- „Die von der Wärmedämmung erwartete Energieeinsparung wird nicht erreicht.“
- „Große Dämmstärken bringen nichts.“
- „Die ganze Wärmedämmung nutzt nichts, wenn die Nutzer nicht mitspielen.“
- „Das Rechenverfahren ist reine Theorie. Die Realität sieht ganz anders aus.“

komplexes Thema, keine einfachen Antworten!
Verunsicherung bremst die Modernisierungsdynamik!

3

Erklärungsversuch für die Abweichung von Bedarf und Verbrauch – ein Beispiel

Untersuchung der ARGE Zeitgemäßes Bauen Kiel:
„Unsere alten Häuser sind besser als ihr Ruf“

Einfamilienhäuser

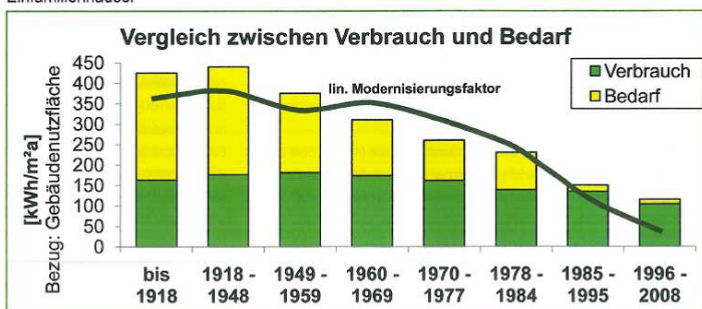


Abb. 12 Vergleich Energieverbrauch und Energiebedarf bei Einfamilienhäusern

kleine Mehrfamilienhäuser

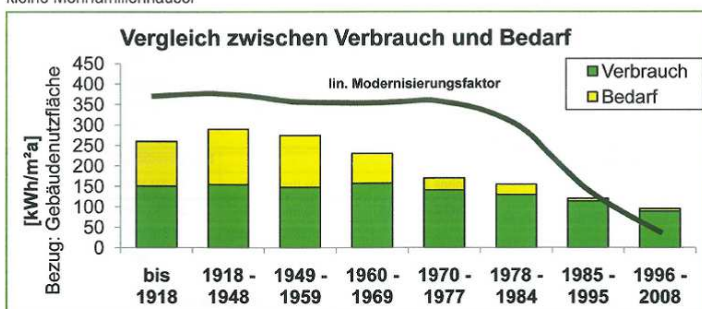


Abb. 13 Vergleich Energieverbrauch und Energiebedarf bei kleinen Mehrfamilienhäusern

„Der durchschnittliche energetische Kennwert, beispielsweise für ein Einfamilienhaus der Baualtersklasse bis 1918, müsste nach der Gebäudetypologie bei ca. 420 kWh/m²a liegen. Durch die bereits erfolgten Modernisierungsmaßnahmen ergibt sich im Gebäudebestand ein wesentlich niedriger Energiekennwert in Höhe von 163 kWh/m²a. Natürlich muss auch das sparsame Nutzerverhalten einiger Immobilienbewohner bzw. -besitzer hierbei berücksichtigt werden, allerdings liegt die Auswirkung von sparsamen oder anspruchsvollem Nutzerverhalten erfahrungsgemäß bei höchstens 10-20%.“

Quelle: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. Kiel (Nr. 238, Heft 1/09): **Unsere alten Häuser sind besser als ihr Ruf**
Verbrauchsdatenauswertung – Wohngebäude. Untersuchung zur Ermittlung und Bewertung von Energieverbräuchen im Gebäudebestand
in Zusammenarbeit und gefördert durch: Haus & Grund Eigentümerschutz – Gemeinschaft Schieswig-Hoistsein

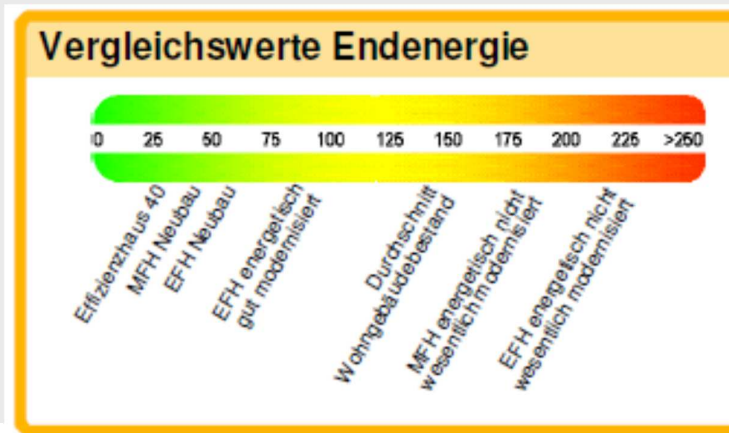
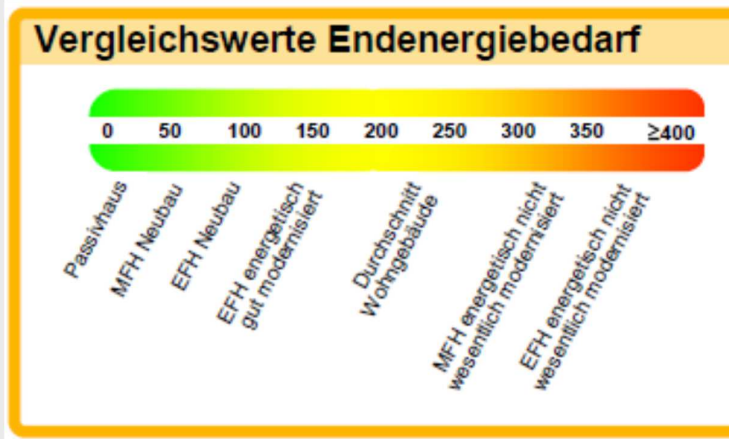
4

Energieverbrauchsausweis ... und sein Beitrag zur Verunsicherung

Vergleichsskala Verbrauchsausweis

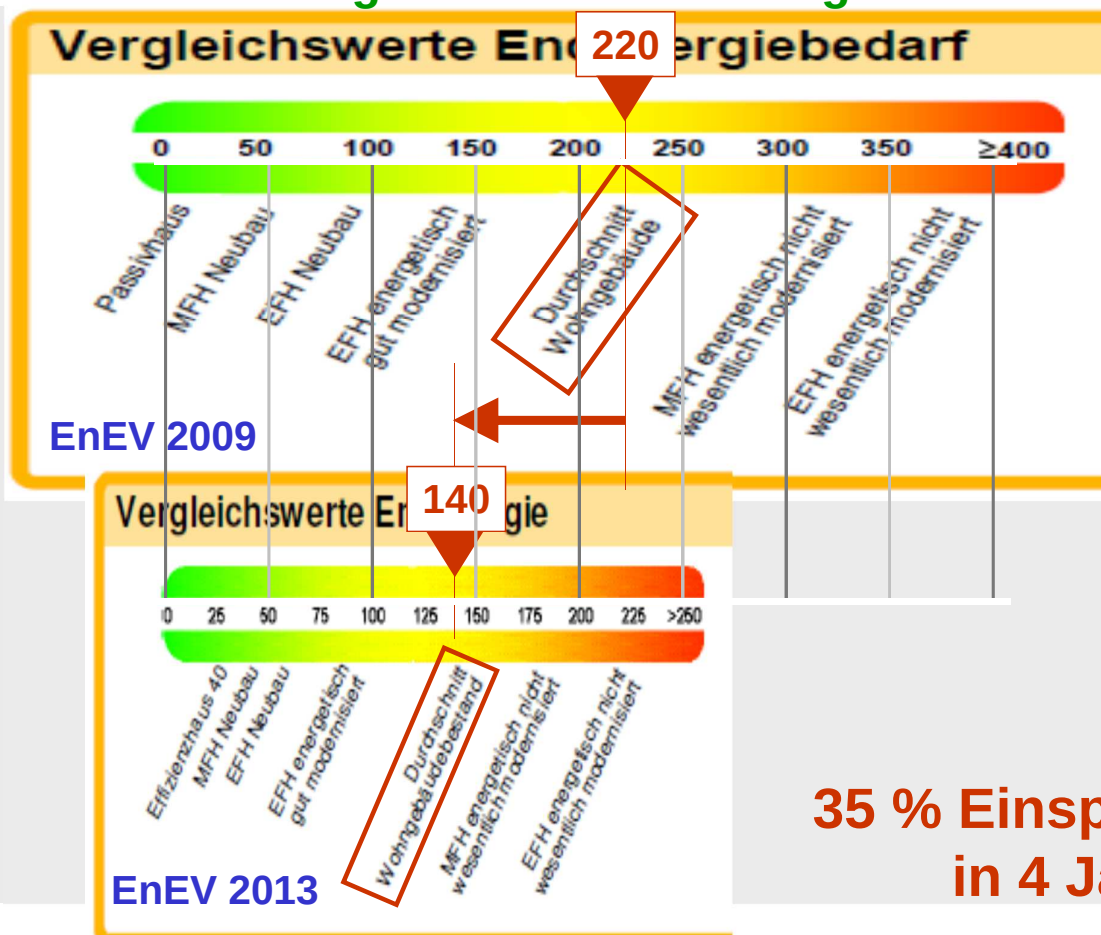
EnEV 2009

Entwurf
EnEV 2013



5

Energieverbrauchsausweis ... und sein Beitrag zur Verunsicherung



6

Wohngebäude

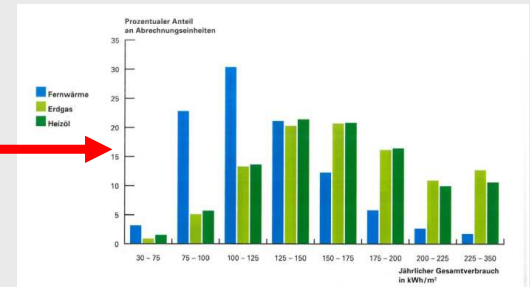
■ Abrechnungsunternehmen
(insbesondere Techem
„Energiekennwerte“)

■ Heizspiegel

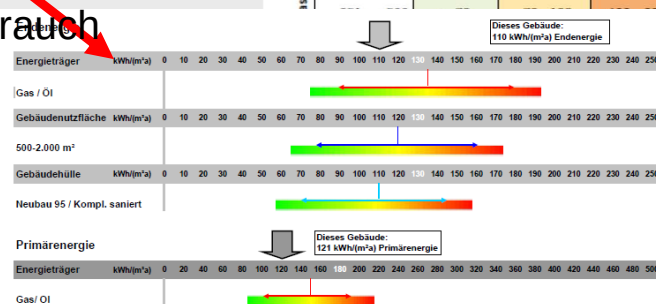
■ Untersuchung der
TU Braunschweig
„Vergleichswerte für Verbrauch
bei Wohngebäuden“

■ VDI 3807, ages

■ ...



Gebäudefläche (2) in m²	Verbrauch in kWh je m² und Jahr (Vergleichswerte für das Abrechnungsjahr 2011)			
	niedrig	mittel*	erhöht*	zu hoch*
Heizöl	100 – 250	< 87	87 – 141	142 – 217
	251 – 500	< 84	84 – 138	139 – 212
	501 – 1.000	< 81	81 – 135	136 – 208
	> 1.000	< 79	79 – 132	133 – 205



> 217
> 212
> 208
> 205
> 233
> 225
> 217
> 212
> 195
> 190
> 185
> 181

7

TU Braunschweig: Verbrauchskennwerte Öl + Gas / Heizung + Warmwasser

Datenerhebung für die Erstellung von
Energieverbrauchsausweisen

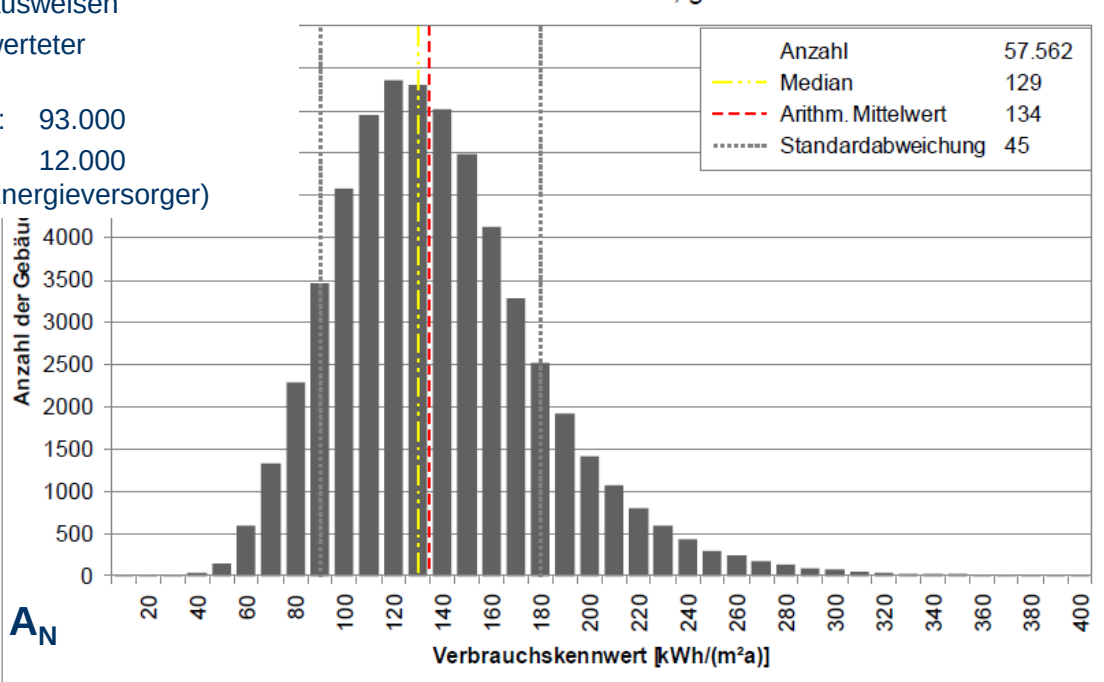
Gesamtzahl ausgewerteter
Wohngebäude:

Brunata-METRONA: 93.000

delta GmbH Leipzig: 12.000

(Dienstleistung für Energieversorger)

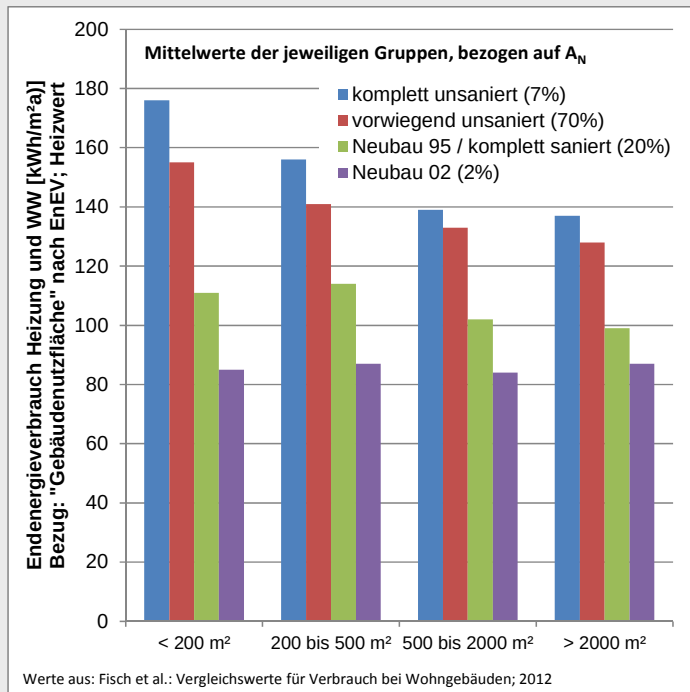
Verbrauchswerte Öl+Gas, gesamt



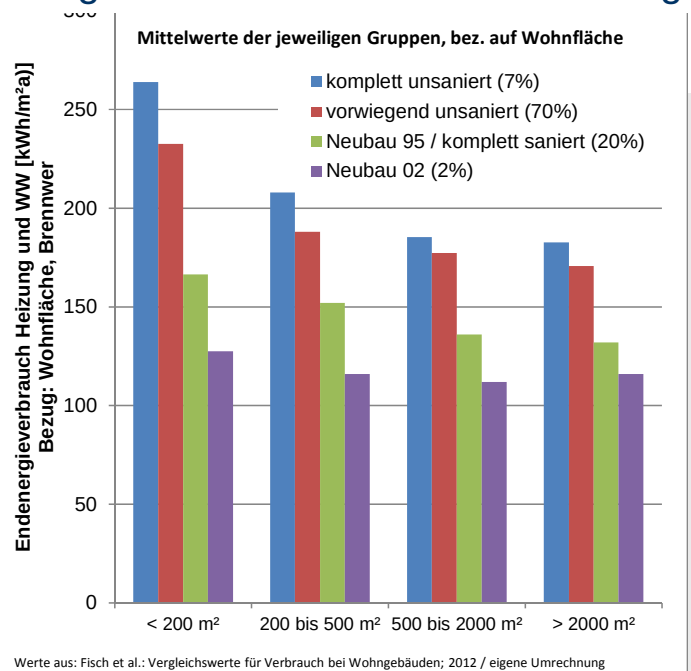
Bezug: A_N

bei Bezug auf
Wohnfläche:

Differenzierung nach Modernisierungszustand



umgerechnet auf Wohnflächenbezug



1. „komplett unsaniert“ Isolier- oder Einfachverglasung
keine Dämmung der Außenwände
keine Dämmung des Daches
2. „vorwiegend unsaniert“ Isolierverglasung
mäßig gedämmte Außenwände oder
mäßig gedämmtes Dach
- 3.a. „komplett saniert“ Isolierverglasung
gedämmte Außenwände und
gedämmtes Dach
Baujahr vor 1995
- 3.b. „Baujahr ab 1995“ Standard gemäß Wärmeschutzverordnung 1995
4. „Baujahr ab 2002“ Standard gemäß Energieeinsparverordnung 2002

Quelle: Fisch et al.: Vergleichswerte für Verbrauch bei Wohngebäuden. BMVBS-Online-Publikation 11/2012.

Fragebogen Verbrauchsausweis – Grundlage der Einstufung „saniert“



BRUNATA-METRONA

(93 000 Gebäude)

5.6 Angaben zum Gebäude

Wärmedämmung der Außenwände

noch nicht verbessert ☐ vor 1995 nachträglich verbessert ☐ Gebäudebaujahr > 1995 bzw. ab 1995 nachträglich verbessert ☐

Wärmedämmung des Daches

noch nicht verbessert ☐ vor 1995 nachträglich verbessert ☐ Gebäudebaujahr > 1995 bzw. ab 1995 nachträglich verbessert ☐

Wärmedämmung der Kellerdecken

noch nicht verbessert ☐ vor 1995 nachträglich verbessert ☐ Gebäudebaujahr > 1995 bzw. ab 1995 nachträglich verbessert ☐

Fenster

überwiegend Einfachverglasung ☐ besser, z.B. Zweifachverglasung ☐ Stand der Technik, z.B. Wärmeschutzverglasung ☐

→ keine Information zu Dämmstärke und Flächenanteil der Maßnahmen, keine eindeutige Abfrage der Fenster-Qualität

delta GmbH

(12.000 Gebäude)

→ Information zu Dämmstärke von Dach und Außenwand sowie zur Fenster-Qualität abgefragt; Flächenanteil der Maßnahmen fehlt; Kellerdecke fehlt

Angaben zur energetischen Bewertung des Gebäudes

Art der Fensterverglasung

- ☐ Einfach ☐ Verbundfenster
☐ Isolierglas ☐ Wärmeschutzisolierglas
☐ Sonstige
☐ ggf. U-Wert (Hinweis: früher k-Wert)

Art der Heizung

- ☐ Heizkörper ☐ Fußbodenheizung
☐ Sonstige

Lüftungsart

- ☐ Fenster ☐ Lüftungsanlage
☐ Sonstige

Außenwände

Material
Wandstärke cm ggf. U-Wert
(Hinweis: früher k-Wert)

Wärmedämmung

☐ keine ☐ innen ☐ außen
 Material Stärke cm

Dach

Wärmedämmung

☐ keine ☐ innen ☐ außen
 Material Stärke cm

→ Abfrage des Gebäudezustands im Zusammenhang mit Verbrauchsdaten = guter Ansatz; in Zukunft präzisere Fragen nach Modernisierungszustand

Quelle: Brunata-Website und ASUE-Broschüre

Welche Verbrauchskennwerte können durch wirksamen Wärmeschutz tatsächlich erreicht werden?

- ❖ ... unter optimalen Bedingungen?
(Neubau / Modellprojekt / motivierte Bewohner)
- ❖ ... in der Breite?
(Modernisierung von Mietwohngebäuden)

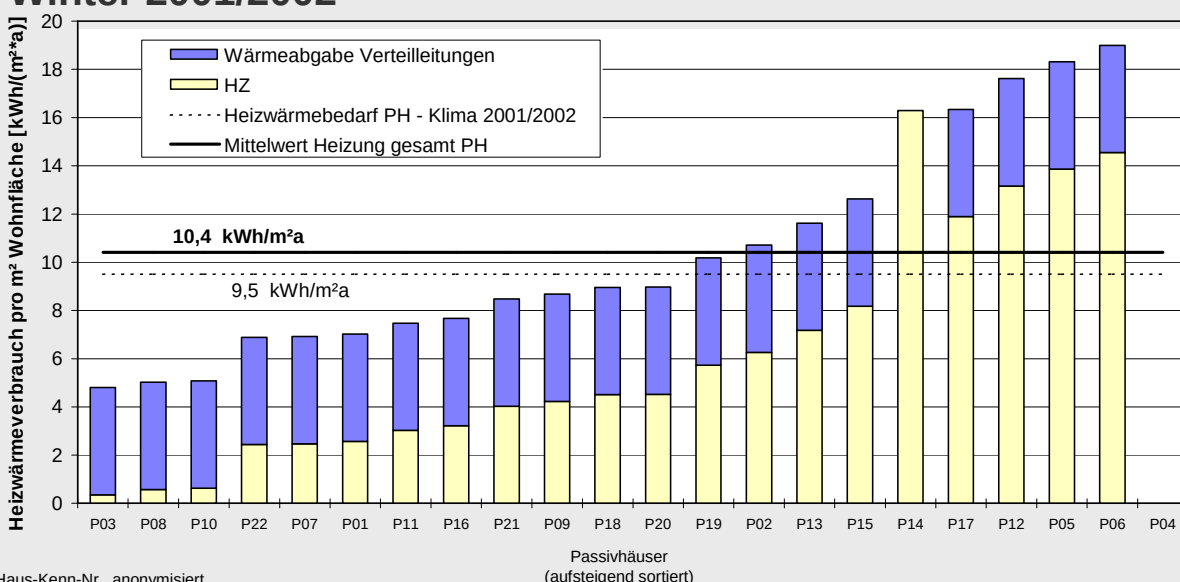
11

Dokumentierte Passivhaus-Neubau-Projekte belegen: minimale Verbrauchskennwerte unter Praxisbedingungen erreichbar!

Beispiel:
Passivhaus-Reihenhäuser Wiesbaden
„Gartenhofsiedlung Lummerlund“



Winter 2001/2002

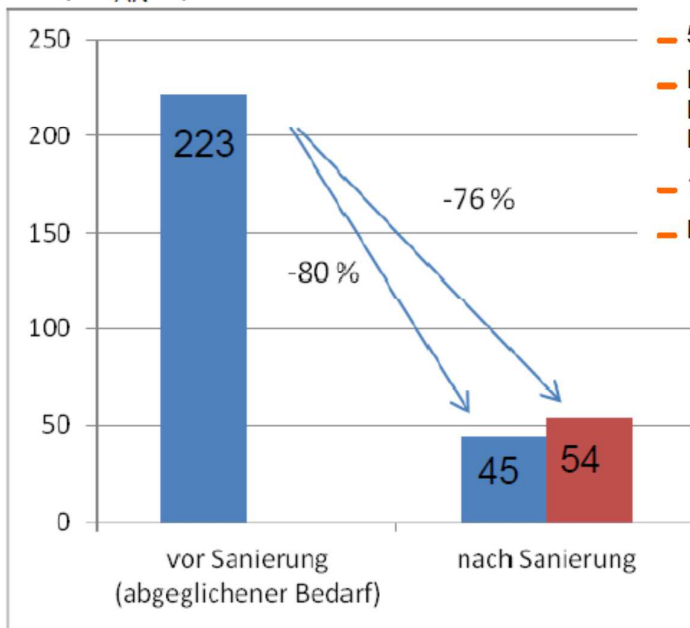


Quelle: Feist, W.; Loga, T. und Großklos, M.: Durch Messungen bestätigt – Jahresheizenergieverbrauch bei 22 Passivhäusern in Wiesbaden unter 15 kWh/m² Wohnfläche, in BundesBaUblatt, 3/2000, S. 23-27.

12

Verbrauchsauswertung von dena-Modellprojekten (63 Gebäude)

kWh/(m²_{AN} a)



- Derzeit ca. 200 Modellprojekte fertig gestellt.
- 63 Projekte, die seit mind. 2 Wintern fertig gestellt sind und plausible/vollständige Daten nach Sanierung vorweisen konnten.
- 52 MFH, 11 EFH/ZFH
- Einzelabfrage der Verbrauchsabrechnungen + einseitiges Datenblatt (Fertigstellungstermine, Energieträger, Leerstände)
- 19 Projekte mit Daten VOR und NACH Sanierung
- Maßstab: Endenergie



Quelle: Vortrag von Uwe Bigalke (dena) auf der IWU-Fachtagung "Die energetische Zukunft des Wohngebäudebestands – Modelle, Szenarien und Monitoring " am 31. Mai 2012 in Darmstadt

Standort		Baujahr	Anzahl Vollgeschosse	Wohnfläche	Anzahl Wohneinheiten	Maßnahmen						gemessener Verbrauch nach Modernisierung		
						Dach	oberste Geschossdecke	Außenwand	Fußboden / Kellerdecke	Fenster	Anlagentechnik	Energieträger	Messzeitraum	Messwert*
Villingen-Schwenningen		1957	3	1.110 m²	18	-	16 cm PS	14 cm WDVS PS	12 cm PS	2-WSV	Zentralheizung mit Gas-Brennwertkessel	Erdgas	1997-1998	H+W 91 kWh/(m²a)
Wiesbaden-Klarental		1960	9	1.728 m²	24	14 cm MF	-	neue Vorhang Fassade 8 bis 12 cm MF	6 cm MF	2-WSV	Fernwärme-Übergabestation modernisiert	Fernwärme		H+W 80 kWh/(m²a)
Ludwigshafen Bruckviertel		1951	3	699 m²	9	14 cm PS zwischen + 6 cm auf den Sparren	-	20 cm WDVS Neopor	20 cm PS	3-WSV im Kunststoffrahmen	Lüftung mit WRG Nahwärme + Gas-Brennstoffzelle	Erdgas	2001-2004	HW 22 kWh/(m²a)
Berlin Emrichstraße		1960	4	2.029 m²	48	-	20 cm MF	14 cm WDVS PS	10 cm MF	2-WSV	Fernwärme-Übergabestation modernisiert	Fernwärme	2001-2004	H+W 95 kWh/(m²a)
Berlin Albert-Schweitzer-Viertel		1968	5	5.256 m²	60	-	20 cm MF	12 cm WDVS PS Giebelseiten 20 cm PS	14 cm MF	2-WSV, Nordseiten 3-WSV	Fernwärme-Übergabestation / Lüftung mit WRG / Solaranlage	Fernwärme	2002-2005	H+W 60 kWh/(m²a)
Augsburg Jean-Paul-Platz		1930	3	894 m²	6	-	25 cm Neopor	20 cm WDVS Neopor	14 cm PS/MF	3-WSV im Kunststoffrahmen	Lüftung mit WRG Gas-BW-Kessel	Erdgas	2003-2005	HW 27 kWh/(m²a)
Nürnberg Bernadottestraße 42 - 48		1964	3 nach Sanierung 4	1.578 + 498 m²	18 + 6	40 cm Neopor	22 cm Neopor	20 cm WDVS Neopor	12 bis 24 cm	3-WSV im Kunststoffrahmen	Lüftung mit WRG Fernwärme	Fernwärme	2006-2007	H: 22 kWh/(m²a)
Nürnberg Ingolstädter Straße		1952	3	980 m²	12	-	25 cm WL-G 035	20 cm WDVS WL-G 035	20 cm WL-G 035	3-WSV im Kunststoffrahmen	Lüftung mit WRG Fernwärme + Gebädewärme	Fernwärme	2005-2006	H+W 39 kWh/(m²a)

Verbrauchswerte von modernisierten MFHs

- Beispiele -

Recherche: Rolf Born, IWU

Nürnberg Ingolstädter Straße		1952	3	980 m²	12	-	25 cm WLG 035	20 cm WDVS WLG 035	20 cm WLG 035	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Lüftung mit WRG Fernwärme + Solarthermie	Fern- wärme	2005- 2006	H+W: 39 kWh/(m²a)
Hannover Auf dem Hollen		1959	4	1.353 m²	20	-	20 cm WLG 035	20 cm WDVS WLG 035	6 cm MF	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Lüftung mit WRG Umstellung von Gas auf Fernwärme	Fern- wärme	2005- 2006	H: 39 kWh/(m²a)
Frankfurt Tevesstraße 36 - 46		1951	4	4.673 m²	53	Neues Staffelgeschoss in Holz- Leichtbau, 40 cm Min-Faser im Dach	20 - 26 cm Polystyrol oder Min- Faser	8 cm PU	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Lüftung mit WRG + Solarthermie	Erdgas	2006 - 2008	H+W: 48 kWh/(m²a)	
Schönkirchen Anschützsiedlung		1955	2	1.103 m²	16	20 cm Min-Faser	Trocken- boden 6 cm Polystyrol, WLG 035	16 cm Polystyrol WDVS, WLG 040	Kellerseitig 6 cm Polystyrol, WLG 035	2-WSV	NT-Kessel	Erdgas		H: 65 kWh/(m²a)
Mannheim Gartenstadt		1930	2	1.150 m²	24	36 cm Polystyrol	-	20 cm Polystyrol	25 cm Polystyrol	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Nahwärme + BHKW (Stirling) Lüftung mit WRG	Erdgas	2005 - 2006	H: 27 kWh/(m²a)
Hofheim Wilhelmstraße 35		1927	2	182 m²	2	24 Min- Faser	-	Straße: 4 cm Vakuum- dämmplatte sonst 20 cm Polystyrol	4 cm Polystyrol	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Pelletkessel Nahwärme f. 3 Geb. Abluftanlage	Pellets	2007 - 2008	H: 32 kWh/(m²a)
Zittau Bautzener Str. 11		1880	4	1.070 m²	11	18 cm Mineral- faser	Flachdach 16 cm Polystyrol	Fassade 5 cm Kalkumslilikat Hofseite 10 cm Polystyrol	10 cm Polystyrol	Kasten- fenster mit Wärme- schutzglas	Brennwert- kessel + Abluftwärme- pumpe zur WW- Versorgung	Gas	2005- 2006	H: 53 kWh/(m²a)
Wittenberg Straße der Befreiung		1976	5	4.418 m²	80	20 cm Min-Faser Einblas- dämmung	-	8cm Polystyrol	8 cm Min- Faser von unten	2-WSV	Luft- kollektor + Lüftung mit WRG	Fern- wärme	1999- 2000	H: 58 kWh/(m²a)
Ludwigshafen Hohelooßstraße		1965	3	75 m²	12	-	vorhanden 14 cm zusätzlich 24 cm	30cm Polystyrol	12 cm Polyurethan	3-WSV im Kunststoff- rahmen	Lüftung mit WRG, Nahwärme mit BHKW	Gas	2006- 2008	H: 16 kWh/(m²a)

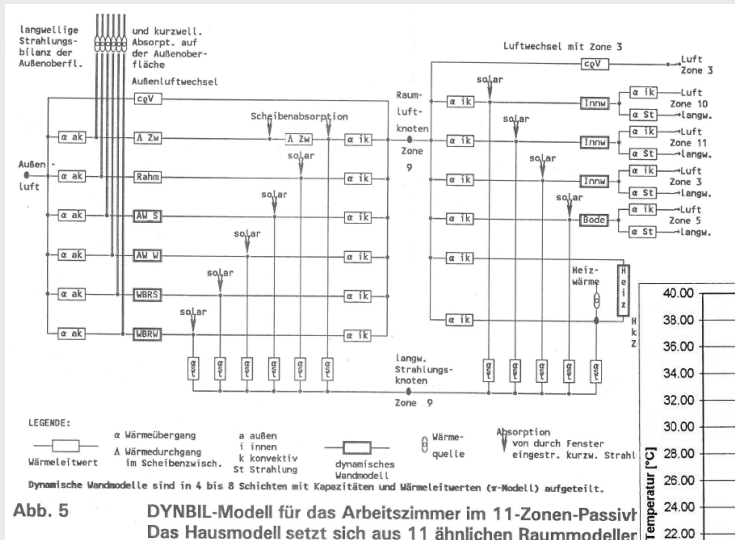
Verbrauchs- werte von modernisierten MFHs

- Beispiele -

Recherche: Rolf Born, IWU

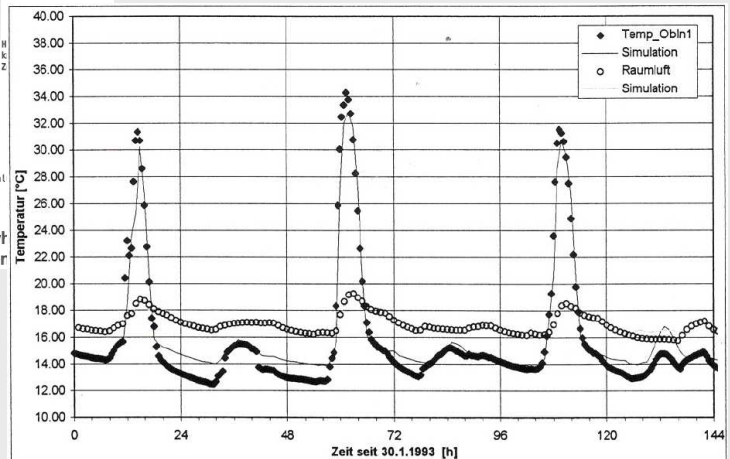
Wie realistisch ist die Energiebilanzberechnung?

- ❖ physikalische Modelle
- ❖ Kenntnisse über die Eingangsgrößen



Simulationsmodell

Beispiel: DYNBIL /
Dissertation von Wolfgang Feist



Vergleich zwischen
Simulation und Messung
Beispiel: Passivhaus Kranichstein

➔ hervorragende Übereinstimmung mit realen Vorgängen

Quelle: Feist, W.; Loga, T.: Vergleich von Messung und Simulation; Protokollband Nr. 5 des Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser; PHI, Darmstadt 1997

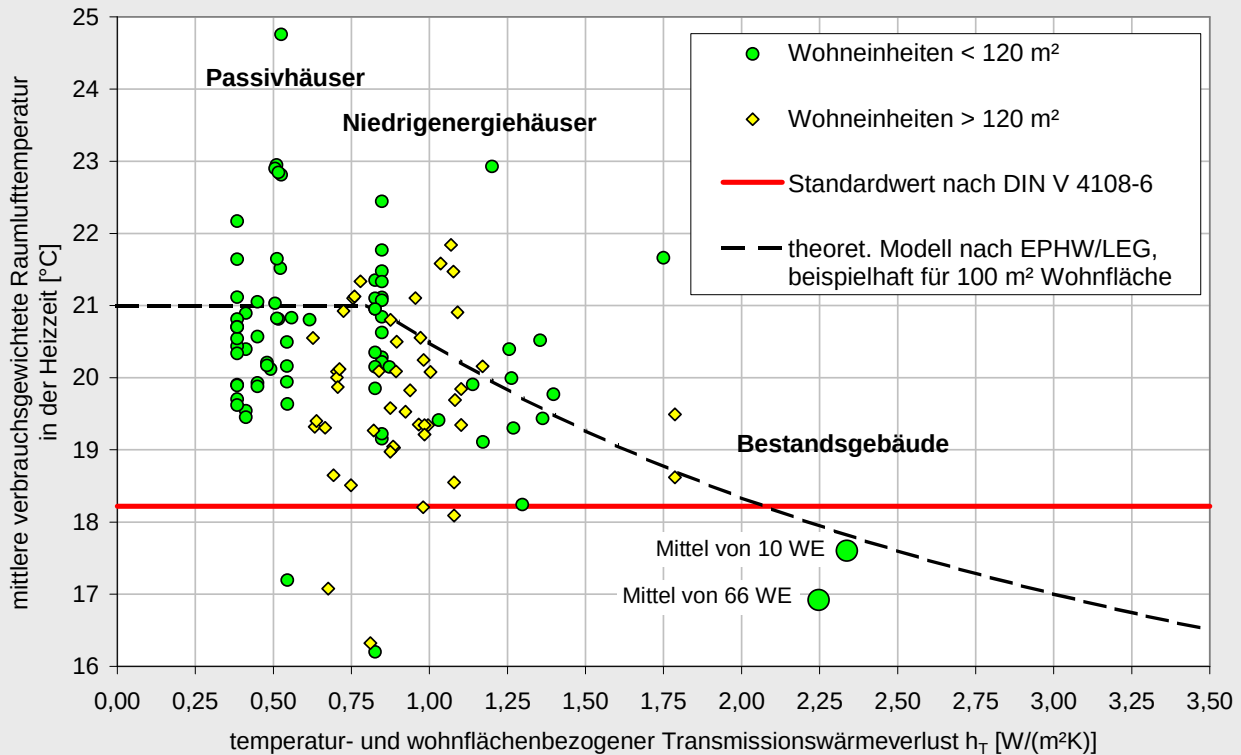
Physikalische Modelle

- detaillierte Bauteilmodelle
- dynamische Simulation
- Laborbedingungen (Abmessungen + Materialdaten + Randbedingungen)
- ➔ exakte Voraussage
- ➔ Abgleich vereinfachte Verfahren (Monats-, HP-Bilanz)

Fragen: Wie gut bekannt sind die Eingangsgrößen ...

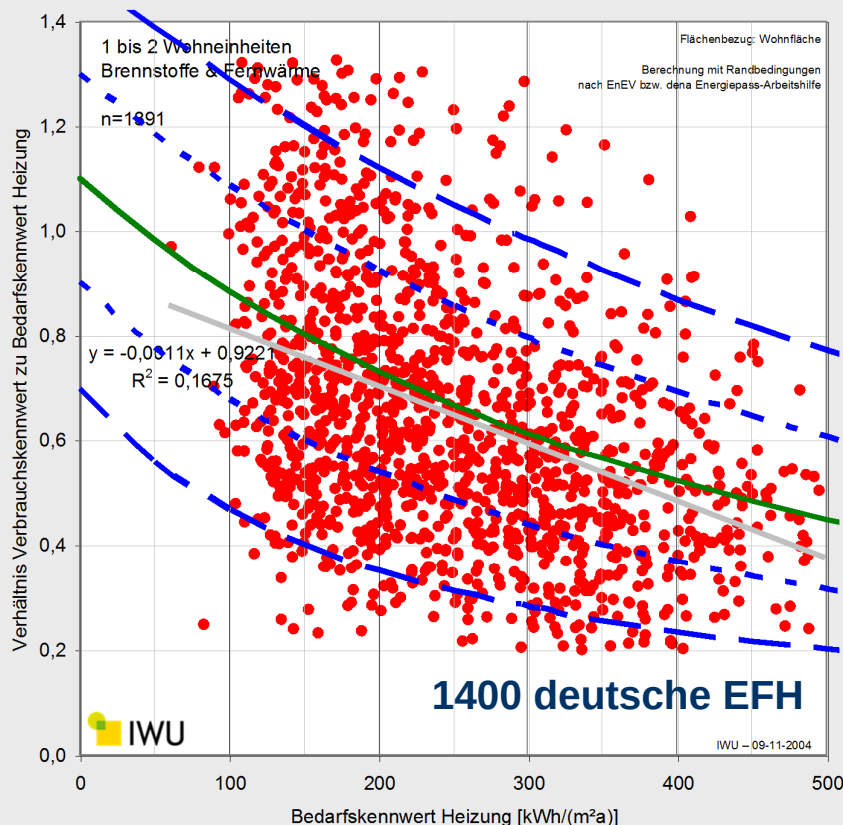
- Geometrisches Modell?
- Materialien? Schichtdicken? Wärmeübergänge?
- äußere Randbedingungen? (Klima)
- innere Randbedingungen? (Nutzung)

Systematische Abhängigkeit der mittleren Raumtemperatur vom Wärmeschutz-Standard



aus: Loga, T.; Großklos, M.; Knissel, J.: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. IWU Darmstadt, Juli 2003

Notwendige Aufgabe: Validierung und Kalibrierung des Modells mit Messwerten



analysiert im Rahmen des Projekts „Ökologischer Mietspiegel Darmstadt“

Energiesparerfolge und Energiekennwerte – Wege zu mehr Transparenz

- ❖ Jenseits des Energieausweises
- ❖ Rebound-Effekt
- ❖ Benchmarks und Monitoring

23

Energieausweis für Wohngebäude: Kritikpunkte

- Bezug auf synthetische Fläche A_N
→ Eine Verbraucher-Information muss auf ihm bekannte Fläche Bezug nehmen.
- gleiche Vergleichsskala für Energiebedarfs- und Energieverbrauchsausweis (EnEV 2007 gemäß Bedarf / EnEV 2013 gemäß Verbrauch)
→ zwei unterschiedliche Vergleichsskalen erforderlich
- Modernisierungsempfehlungen mit Normnutzung (Amortisationszeiten, ...)
→ keine Vorgaben für Modernisierungsempfehlungen / Gestaltung der Energieberatung muss anlassbezogen sein → Akteuren überlassen

24

☹️ Problematik Energieausweis: nur „1:1 Umsetzung“ entlang dem Wortlaut der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD)

😊 Grundanliegen der EPBD = Transparenz bezüglich energetischer Qualität → **Herausforderungen:**

➤ **Vergleichswerte in der Abrechnung:**

Einordnung des eigenen Energieverbrauchs (Vergleich mit Durchschnitts- und Bestwerten) in der jährlich (oder monatlich) wiederkehrenden Abrechnung.

Möglichkeit für Miet- und Kaufinteressenten, die letzte Abrechnung einzusehen.

➤ **Monitoring modernisierter Gebäude:**

Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit dem „Erwartungswert“ des Verbrauchs

25

Förderung der Markttransparenz: Einheitlich transparente Energiekostenabrechnung

- Heizkostenabrechnung
- Erdgas*- und Fernwärme-Abrechnung
- Strom*-Abrechnung bei Heizanwendung

Angaben:

- Kennwerte: Endenergie, Kosten pro m² Wohnfläche
- Benchmarks / Vergleichswerte:
 - a) Kennwerte der Vorjahre
 - b) Kennwert des ganzen Hauses (bei MFH)
 - c) Statistiken Verbrauchskennwerte Bestand (Gebäude mit gleichen Energieträgern)
- optional: typischer Energieverbrauch für Gebäudetyp nach energetischer Modernisierung

“Rebound-Effekt” durch wärmetechnische Modernisierung
= höhere mittlere Raumtemperatur aus drei Gründen:

- (1) geringere Auswirkung der Nachtabenkung (große Zeitkonstante)
- (2) höhere Temperaturen in unbeheizten Räumen innerhalb der thermischen Hülle (relativ stärkere thermische Kopplung der Räume untereinander)
- (3) geringere Kosten für eine höhere Wohnraum-Temperatur (z.B. „1 Grad mehr kostet nur noch 25 € statt 100 € jährlich.“)

Eine Abweichung des Energieverbrauchs vom Energiebedarf (bei realistischer Berechnung) ...

- ... kann und darf nicht als „Rebound-Effekt“ abgetan werden!
- ... erfordert die nähere Analyse: insbes. die Überprüfung der Anlagentechnik (Regelung), die Information der Bewohner, ...

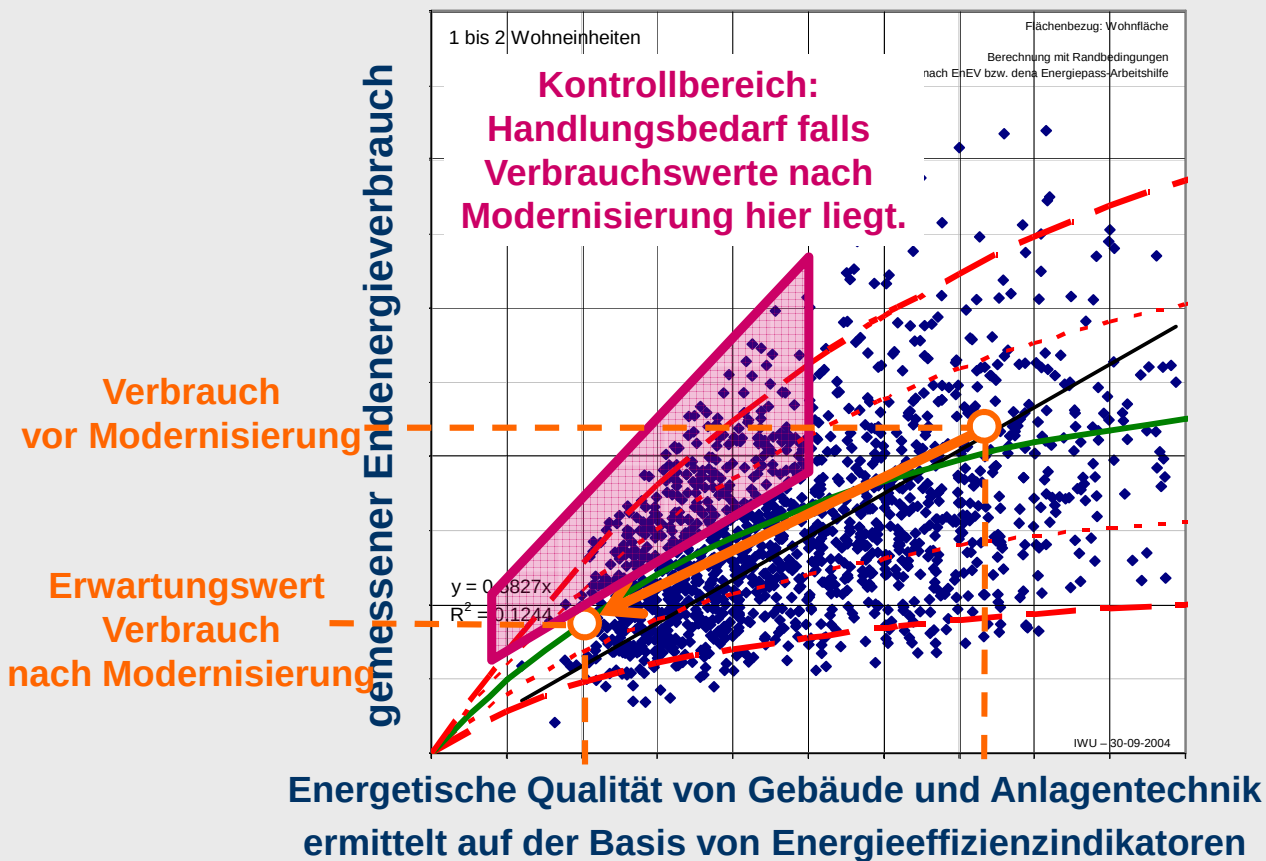
27

Gebäudebestände und -portfolios: Monitoring der Modernisierungsprozesse und -erfolge

Grundlage: Basis-Satz von Energieeffizienz-Indikatoren

- **Grunddaten:** Wohnfläche, Anzahl Vollgeschosse, Beheizungssituation im Keller- und Dachgeschoss, Anzahl Nachbargebäude, Anzahl Wohnungen, ...
- **energetische Qualität der thermischen Hülle:** Baujahr, Art der Konstruktion, Jahr/Typ/Umfang/Qualität später umgesetzter Modernisierungen
- **Charakterisierung des Wärmeversorgungssystems:** Typen der Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung für Heizung und Warmwasser, Jahr der Installation / Erneuerung
- **gemessener Energieverbrauch:** Energieträger, Verbrauch je Jahr, ohne/mit Warmwasser ...

28



29

Resümee: Bedarf + Verbrauch = Monitoring

- Energiebilanzberechnungen sind nützlich und verlässlich ...
... sofern sie mit der Realität abgeglichen sind.
(Notwendigkeit für alle physikalischen Modelle)
- „Realistisch“ ist keinesfalls gleichbedeutend mit „kompliziert“; im Gegenteil: Einfache Modelle lassen sich leichter validieren als komplexe.
- (Realistische) Berechnungen sind notwendig für Monitoring
= Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit dem Erwartungswert des Verbrauchs (realistisch berechneter Bedarf).
- Monitoring-Aktivitäten müssen auf allen Ebenen in Zukunft verstärkt werden: beim Einzelgebäude (selbstnutzender Eigentümer), bei Portfolios (Wohnungsunternehmen), bei Kundengruppen (Energieversorger, Abrechnungsdienstleister), auf kommunaler, Landes- und Bundesebene

30