

Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow, Hochschule Magdeburg/Stendal  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Ostfalia Wolfenbüttel

# Aus Verbräuchen lernen – TGA-Systeme und Modernisierungsstrategien in der Wohnungswirtschaft

Wolfenbüttel, 06. Mai 2022

gefördert durch



[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

DBU-Projekt Az.: 33780/01  
„Energieanalyse aus dem  
Verbrauch für die Wohnungs-  
wirtschaft“

## **Inhalt**

### **Aus Verbräuchen lernen:**

- 1. ... der Verbrauch als Entscheidungshilfe**
- 2. ... beispielhafte Modernisierungsprojekte**
- 3. ... verallgemeinerte Erkenntnisse zur Qualitätssicherung**

### **Hinweise auf Literatur und Downloads**



**Aus Verbräuchen lernen:**

**... der Verbrauch  
als Entscheidungshilfe**

### Schritt 1: Messtechnik installieren

- Energiezufuhr (Gas, Strom, Fernwärme)
- erzeugte Wärme (hinter Erzeuger) – meist der einzig zusätzliche Zähler
- Gesamtwasser
- Warmwasser (gemessen vor oder nach Erwärmung)

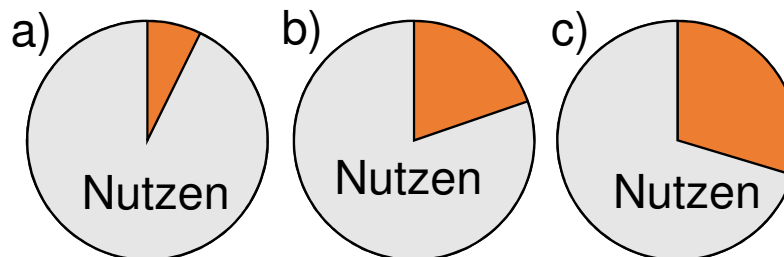


### Schritt 2: Messen für etwa 1 Jahr

- Wärme, Strom: mind. jeden Monat besser jede Woche einmal Zähler ablesen oder digital erfassen
- Wasser: mind. einmal im Jahr, besser jeden Monat einmal Zähler ablesen oder digital erfassen

### Schritt 3: Grobanalyse Erzeuger auf Basis von Jahreswerten

- Feststellen, ob Nutzungsgrad bzw. Arbeitszahl a) gut, b) normal oder c) schlecht ist



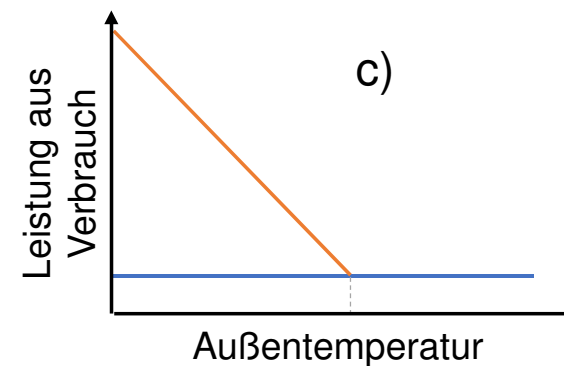
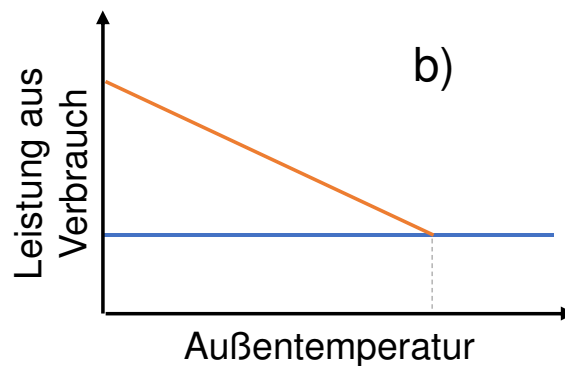
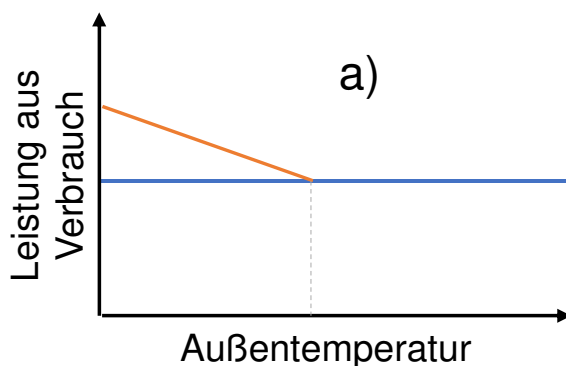
Entscheidungshilfe für neuen Erzeuger (c)

### Schritt 4: Heizungs- und Warmwasserprofil auf Basis von Monats- Wochenwerten

- Feststellen, ob a) größer, b) normaler oder c) geringer Warmwassersockel



Entscheidungshilfe für Maßnahmen  
an der Trinkwassererwärmung (a)



- Feststellen, ob a) geringe, b) mittlere oder c) große Heizsteigung



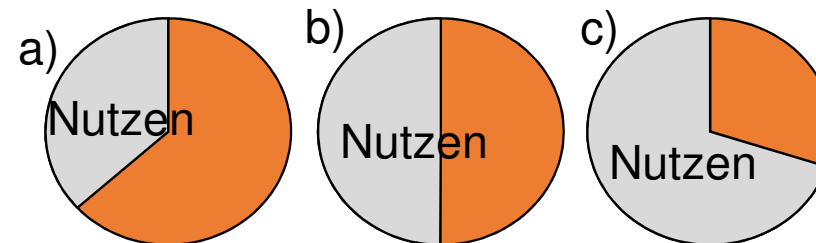
Entscheidungshilfe für Dämm-  
maßnahmen oder Fenstertausch (c)



Heizlast zur Erzeugerauswahl (a – c)

## Schritt 5: Detailanalyse Trinkwarmwasser

- Feststellen, ob Nutzwärmeanteil a) gering, b) normal oder c) hoch ist

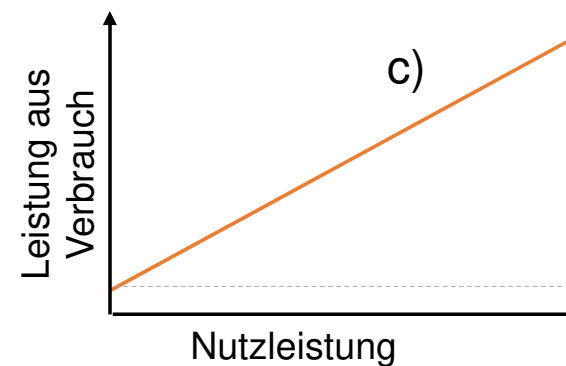
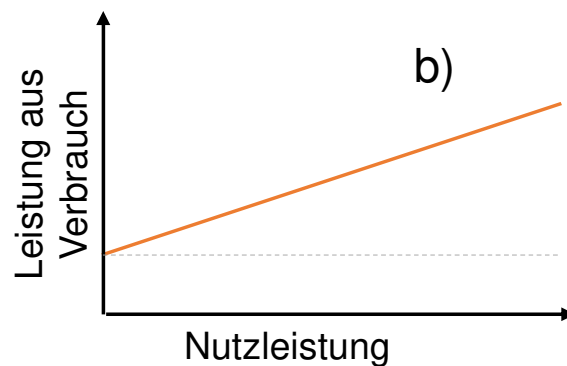
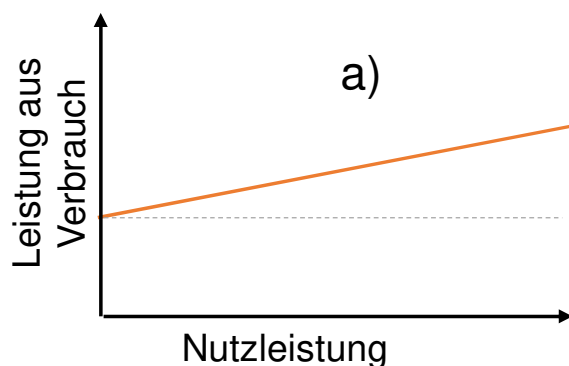


➔ Entscheidungshilfe für Dezentralisierung, Teildezentralisierung oder Systeme mit Wohnungsstationen (a, b)

➔ Entscheidungshilfe für Nachdämmen der Leitungen, aber Systembeibehalt (b, c)

## Schritt 6: Detailanalyse Wärmeerzeugung

- Feststellen, ob a) hoher, b) mittlerer oder c) geringer Leistungssockel (=Betriebsbereitschaft) vorliegt



- Feststellen, ob a) geringe, b) mittlere oder c) hohe Umwandlungsverluste (=schlechter, mittlerer, hoher Wirkungsgrad) vorliegen

Entscheidungshilfe für Betriebs-  
optimierung, z. B. Zeitprogramme  
oder neuer Erzeuger (a – b)

Entscheidungshilfe für anderen  
Erzeuger oder Betriebsoptimierung ,  
z.B. Temperaturen (b – c)

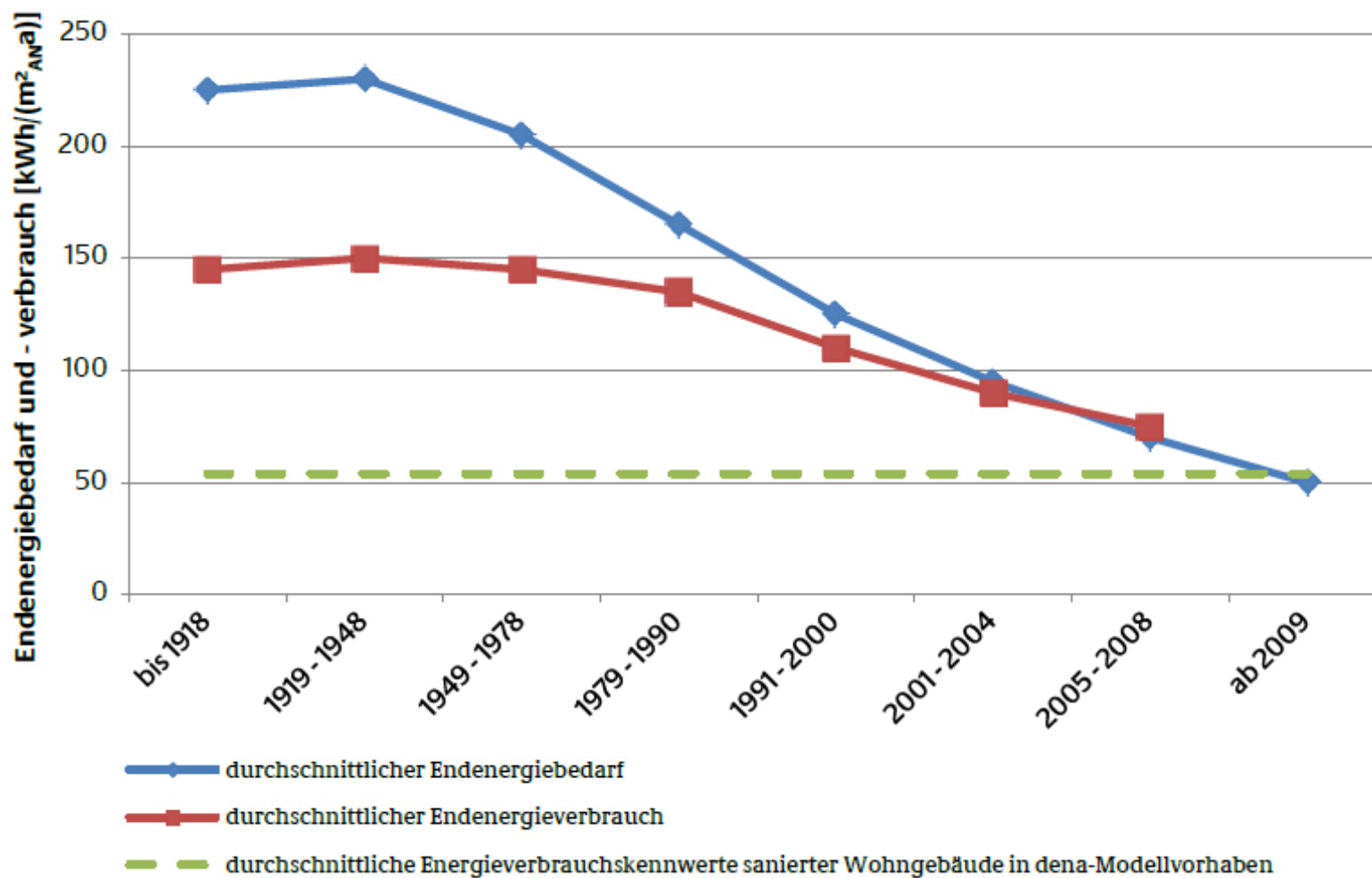
**Aus Verbräuchen lernen:**

**... beispielhafte**

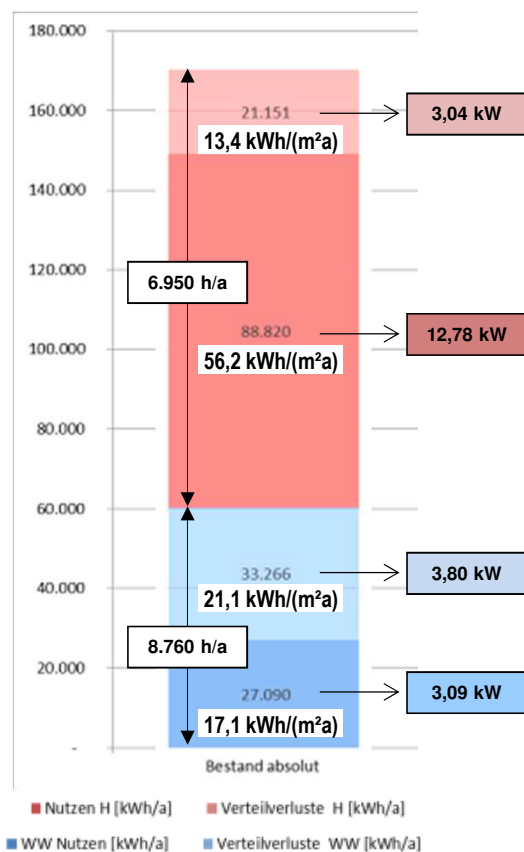
**Modernisierungsprojekte**



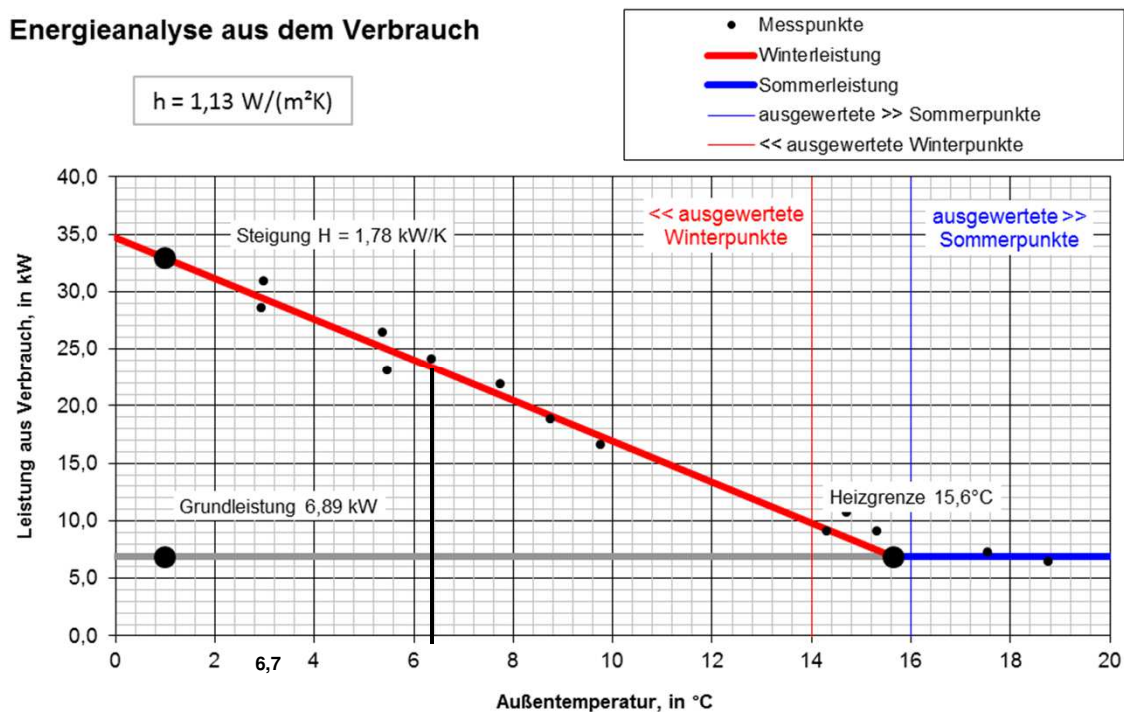
## Diskrepanz zwischen Bedarf und Verbrauch nach DENA



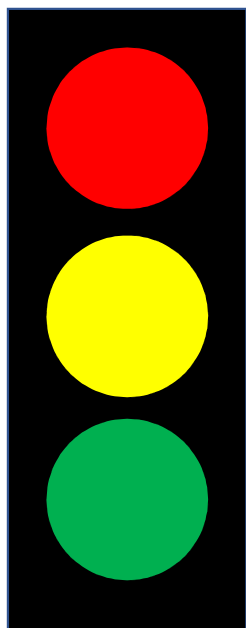
## Beispiel einer EAV mit Teilkennwerten – Hannover/Stöcken



Energieanalyse aus dem Verbrauch



## Ampelsystem für bauliche Analysen



**Behringstraße ungünstig  
(noch ungedämmt)**  
h-Wert 1,91 W/(m<sup>2</sup>K)

**Quartier Stöcken**  
h-Wert 1,1 bis 1,5 W/(m<sup>2</sup>K)

**Bahnstadt Heidelberg:  
sehr gut**  
h-Wert ca. 0,5 W/(m<sup>2</sup>K)



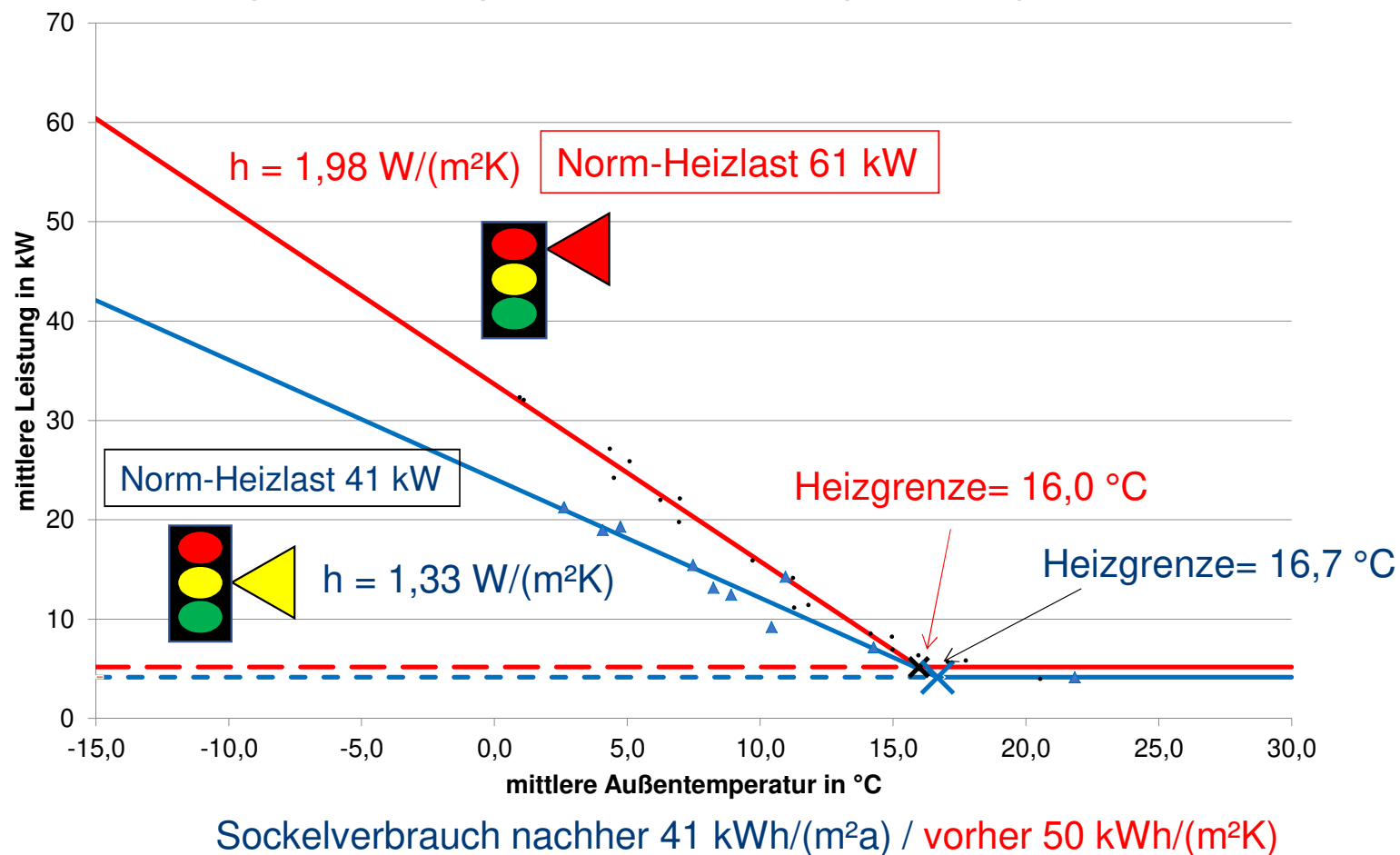
... aus der  
Heizsteigung  
ermittelt

$$h \text{ [W/(m}^2\text{K)]} = \frac{H \text{ [W/K]}}{A_{\text{Wohn}} \text{ [m}^2\text{]}}$$

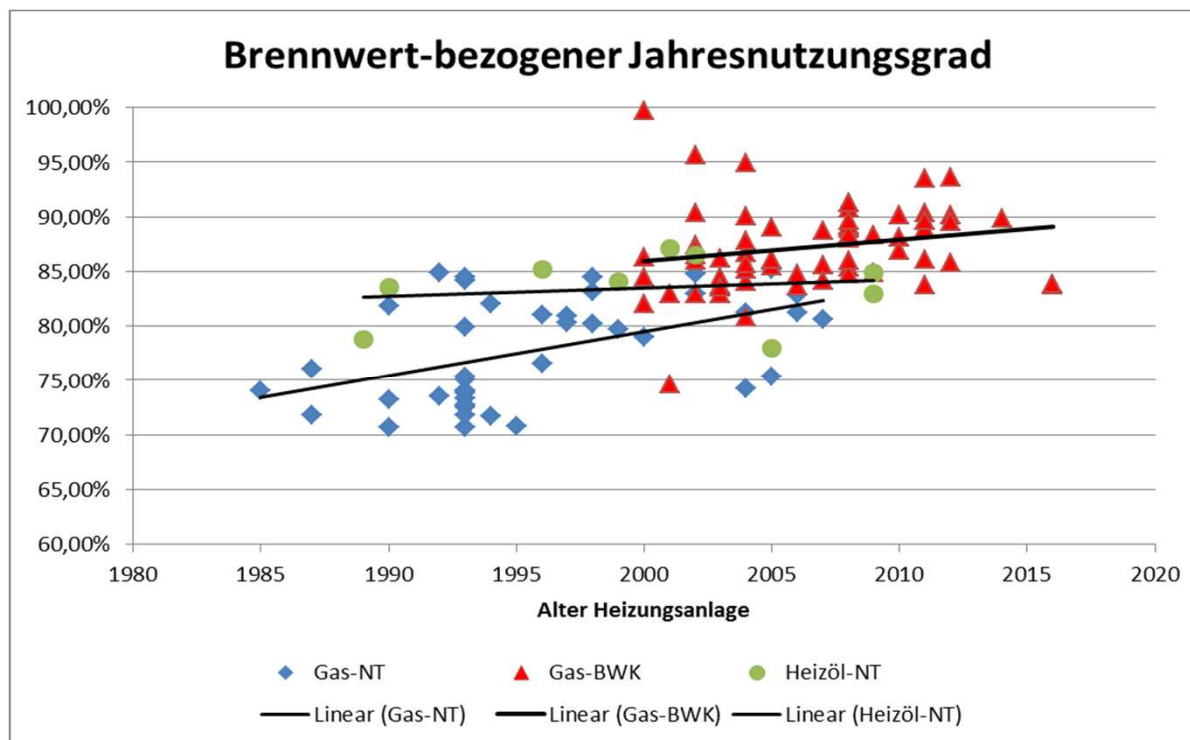
## Monitoring einer Komplettmodernisierung – Nibelungen, Braunschweig/Behringstraße



bei alleiniger  
Dämmung der  
Außenwand lassen  
sich  $U_{\text{alt}}$  und  $U_{\text{neu}}$  aus  
 $\Delta H$  bestimmen



**Jahresnutzungsgrade in der Praxis  
– GEWOBA Bremen**



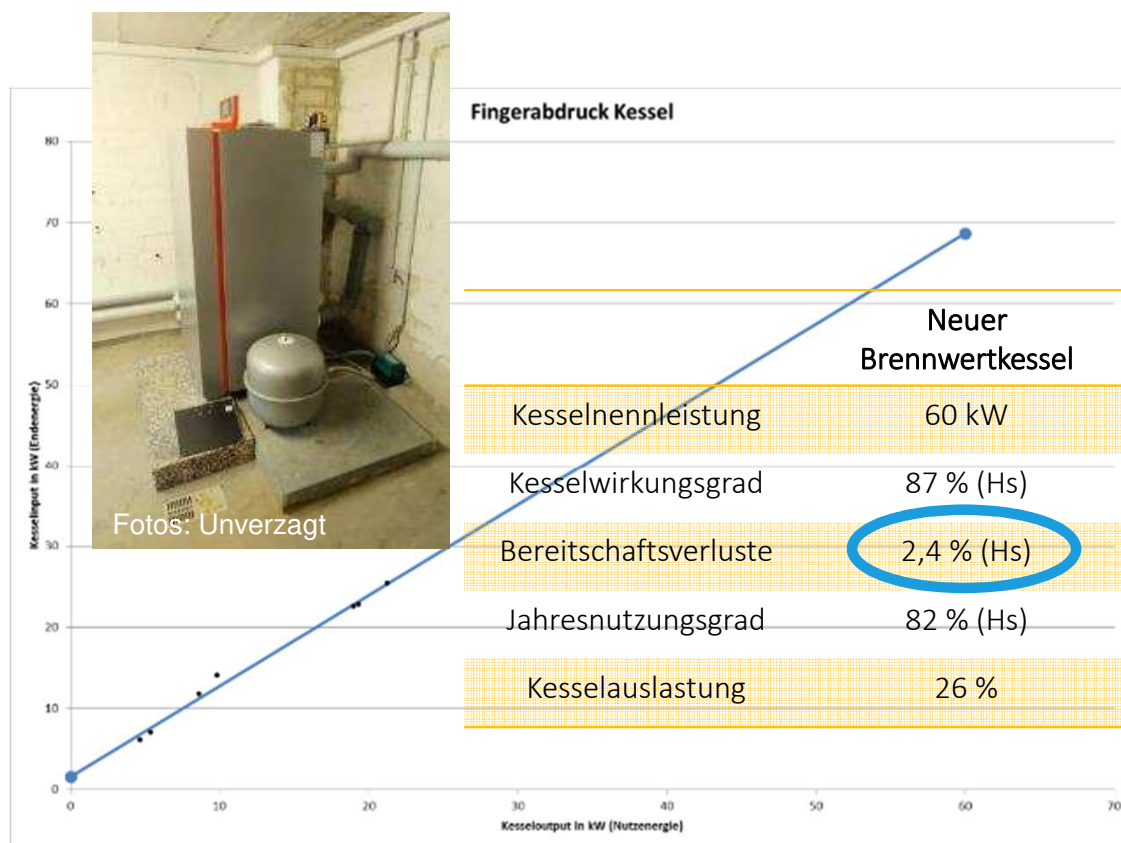
Der Unterschied von 74 %  
zu 88 % entspricht im  
deutschen Bestandswohn-  
gebäude [150 kWh/(m<sup>2</sup>a)]

ca. 32 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
oder 1,80 €/m<sup>2</sup>a

Versteckter Gewinn von  
Wärmelieferanten

- Vorschlag Verband für Wärmelieferung BWK (Bj. 1995): 74%
- Auswertung BWK mit WMZ – DBU-Projektpartner (Bild, rot): 88%
- Best Practice gemessen in optimierten Anlagen: 94%
- Normnutzungsgradangaben der Kesselhersteller: 98%

## Betriebsoptimierung einer Brennwertkesselanlage – Nibelungen Braunschweig

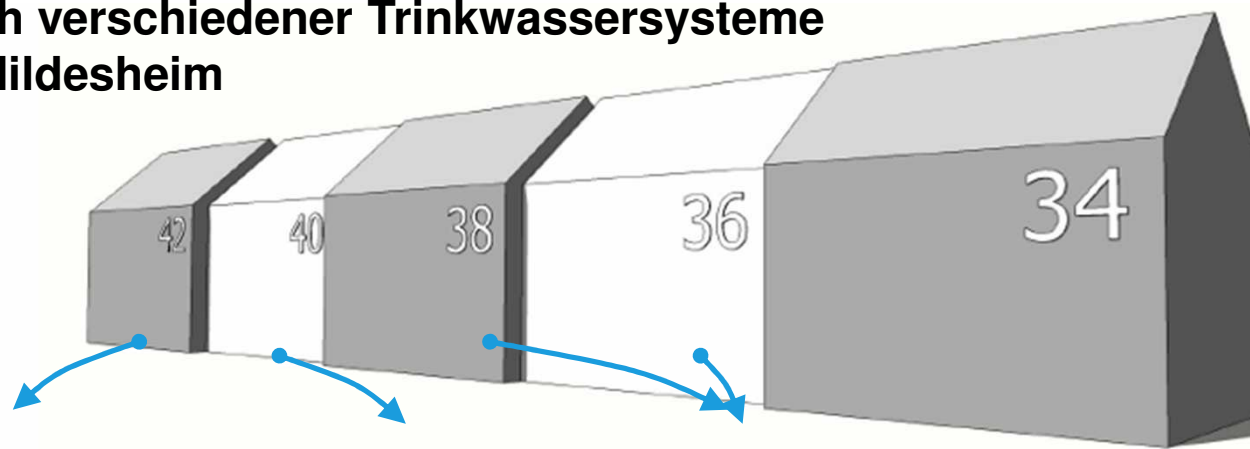


Korrektur Position  
Temperaturfühler  
führt zur Einsparung  
von rund 10 kWh/(m<sup>2</sup>a)



Brennwertkessel nach Betriebsoptimierung	
Kesselnennleistung	60 kW
Kesselwirkungsgrad	88 % (Hs)
Bereitschaftsverluste	0,4 % (Hs)
Jahresnutzungsgrad	87 % (Hs)
Kesselauslastung	23 %

## Vergleich verschiedener Trinkwassersysteme – GBG Hildesheim



unterschiedliche Lüftungsvarianten in 36/38

zentr. Frischwasserstation mit UMF	kombinierte Wohnungsstation	Frischwasserstation je WE	elektrischer DLE		
13,8	16,4	13,8	8,0	Nutzen	kWh/(m <sup>2</sup> a)
12,4	11,2	13,2	0,0	Verteilverlust	kWh/(m <sup>2</sup> a)
53 %	59 %	51 %	100 %	$\eta_d$	
4.350	5.270	5.200	3.900	Invest H&WW	€/WE
0,59	0,51	0,55	0,62	Bruttoheizkosten	€/(m <sup>2</sup> mon)



**Aus Verbräuchen lernen:**

**... verallgemeinerte Erkenntnisse  
zur Qualitätssicherung**



man nehme...

1. das übliche Bilanzschema von Nutz-, über End- bis Primärenergie sowie CO<sub>2</sub>
2. ein durchschnittliches Ein- und Zweifamilienhaus sowie ein Mehrfamilienhaus nach IWU/ARGE und statistischem Jahrbuch (Geometrie)
3. typische vorhandene Gebäude- und Technikausstattung in den 20 Mio. Gebäuden nach IWU/Beuth (prozentuale Vorkommenshäufigkeiten)
4. Erfahrungen aus Projekten mit Kennwerten für reale Effizienzen (Ostfalia/DBU Brennwertkessel, ISE Wärmepumpen, Ostfalia/ISFH Solarthermie u.a.) sowie Auswirkungen von Qualitätssicherung (Ostfalia/DBU Optimus Hydraulischer Abgleich u.a.)
5. Prognosen zur Bestandsentwicklung (Zubau/Abriss), Kosten und Energieträgerherkunft

und programmiere ...

ein Exceltool zur einfachen Abschätzung von Maßnahmen, incl. Qualitätssicherung

**MFH ohne Qualitätssicherung**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>Wichtige Ergebnisse</b>												
2		h	qh	qoutgH	η JAZH	qH	qPH		qhw	qHW	eHW	e	Ke
3		W/(m²K)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	—	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)		kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	kg/(m²a)	€/a
4	V:	1,73	93,3	102,8	0,88	116,8	128,5		V: 111,4	151,6	31,5	45,9	9.030
5	N:	1,73	93,3	104,1	2,10	49,5	89,1		N: 111,4	66,9	29,7	44,1	8.683
6		0%	0%	1%	139%	-58%	-31%		0%	-56%	-6%	-4%	-4%
7		q̇	qw	qoutgW	η JAZW	qW	qPW		qel	qPV	qPVselbst	qPV,rück	
8		W/m²	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	—	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)		kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	
9	V:	55	14,6	30,6	0,88	34,8	38,3		V: 32,4	0,0	0,0	0,0	Mehr:
10	N:	55	14,6	30,6	1,76	17,4	31,3		N: 32,4	0,0	0,0	0,0	Voll:
11		0%	0%	0%	100%	-50%	-18%		0%	k.A.	k.A.		
12	<b>Verteilnetze Trinkwarmwasser</b>												
161	<input checked="" type="checkbox"/>	Verteilnetz W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
162		Ø dezentral zen/mZ zen/oZ											
169	<b>Vorarbeiten zur Wärmepumpenbewertung Außenluft</b>												
219	<b>Vorarbeiten zur Wärmepumpenbewertung Erdreich</b>												
260	<b>Vorarbeiten zur Bewertung anderer Erzeuger</b>												
275	<b>Erzeuger</b>												
276	<input checked="" type="checkbox"/>	Art der Erzeugung Heizung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
277		Ø Holz GasNT ÖINT GasBW ÖIBW FW Strom AUWP EWP											
303	<input checked="" type="checkbox"/>	Art der Erzeugung Trinkwarmw.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
304		Ø Holz GasNT ÖINT GasBW ÖIBW FW Strom AUWP EWP											



Ø MFH, Wohnfläche 470 m²  
Hülle Ø  
TGA: TWW zentral, Heizkörper, keine Solarthermie/  
PV/Lüftungsanlage

Gas-Brennwert-Kessel: 152 kWh/(m²a) ohne Qualitätssicherung  
AU-Wärmepumpe: 67 kWh/(m²a) ohne Qualitätssicherung

## MFH mit Qualitätssicherung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>Wichtige Ergebnisse</b>												
2		h	qh	qoutgH	η JAZH	qH	qPH		qhw	qHW	eHW	e	Ke
3		W/(m²K)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	—	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)		kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kg/(m²a)	kg/(m²a)	€/a
4	V:	1,61	84,0	91,1	0,93	98,0	107,8		V: 100,0	130,2	27,1	41,5	8.158
5	N:	1,61	84,0	91,9	2,48	37,1	66,7		N: 100,0	51,8	23,0	37,4	7.362
6		0%	0%	1%	167%	-62%	-38%		0%	-60%	-15%	-10%	-10%
7		q̇	qw	qoutgW	η JAZW	qW	qPW		qel	qPV	qPVselbst	qPV,rück	
8		W/m²	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	—	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)		kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	
9	V:	52	14,6	30,0	0,93	32,2	35,5		V: 32,4	0,0	0,0	0,0	Mehr:
10	N:	52	14,6	30,0	2,03	14,8	26,6		N: 32,4	0,0	0,0	0,0	Voll:
11		0%	0%	0%	119%	-54%	-25%		0%	k.A.	k.A.		
12	<b>Verteilnetze Trinkwarmwasser</b>												
161	<input checked="" type="checkbox"/>	Verteilnetz W		<input checked="" type="checkbox"/>									
162		∅		dezentral	zen/mZ	zen/oZ							
169	<b>Vorarbeiten zur Wärmepumpenbewertung Außenluft</b>												
219	<b>Vorarbeiten zur Wärmepumpenbewertung Erdreich</b>												
260	<b>Vorarbeiten zur Bewertung anderer Erzeuger</b>												
275	<b>Erzeuger</b>												
276	<input checked="" type="checkbox"/>	Art der Erzeugung Heizung						<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
277		∅		Holz	GasNT	ÖINT	GasBW	ÖIBW	FW	Strom	AUWP	EWP	
303	<input checked="" type="checkbox"/>	Art der Erzeugung Trinkwarmwasser					<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>
304		∅		Holz	GasNT	ÖINT	GasBW	ÖIBW	FW	Strom	AUWP	EWP	

Freeware-Tool (Excel)  
ohne Zahleneingaben

- Außenwand (5 Optionen)
- Fenster (5 Optionen)
- Dach/OGD (5 Optionen)
- Kellerdecke/Boden (5 O.)
- Heizungsübergabe (3 O.)
- Trinkwarmwasser (3 O.)
- Heizungserzeuger (10 O.)
- TWW-Erzeuger (10 O.)
- Photovoltaik (3 Optionen)
- Solarthermie (3 Optionen)
- Lüftungstechnik (3 Optionen)

Gas-Brennwert-Kessel: 130 kWh/(m²a) mit Qualitätssicherung -14%  
 AU-Wärmepumpe: 52 kWh/(m²a) mit Qualitätssicherung -22 %

# Hinweise auf Literatur und Downloads

## Literatur und Links



Internet  
[www.Delta-Q.de](http://www.Delta-Q.de)



Exceltool zur Verbrauchsauswertung, Energieanalyse  
Gebäude und Erzeuger (EAV) mit Erläuterungen

<https://www.delta-q.de/energie/eav-verbrauch/>



Projektbericht DBU: Energiekonzepte mit Erfolgsnachweis auf  
Basis der EAV in der Wohnungswirtschaft

<https://www.delta-q.de/projekte/dbu-energiekonzepte/>



Exceltool zur überschlägigen Bilanzierung von baulichen und  
anlagentechnischen Maßnahmen sowie Qualitätssicherung

<https://www.delta-q.de/energie/standardbilanz/>



Projektbericht TAB: Anwendung der Standardbilanz mit  
Prognose von notwendigen Maßnahmen für klimaneutralen  
Gebäudebestand

<https://www.delta-q.de/projekte/tab-gebaeudesanierung/>

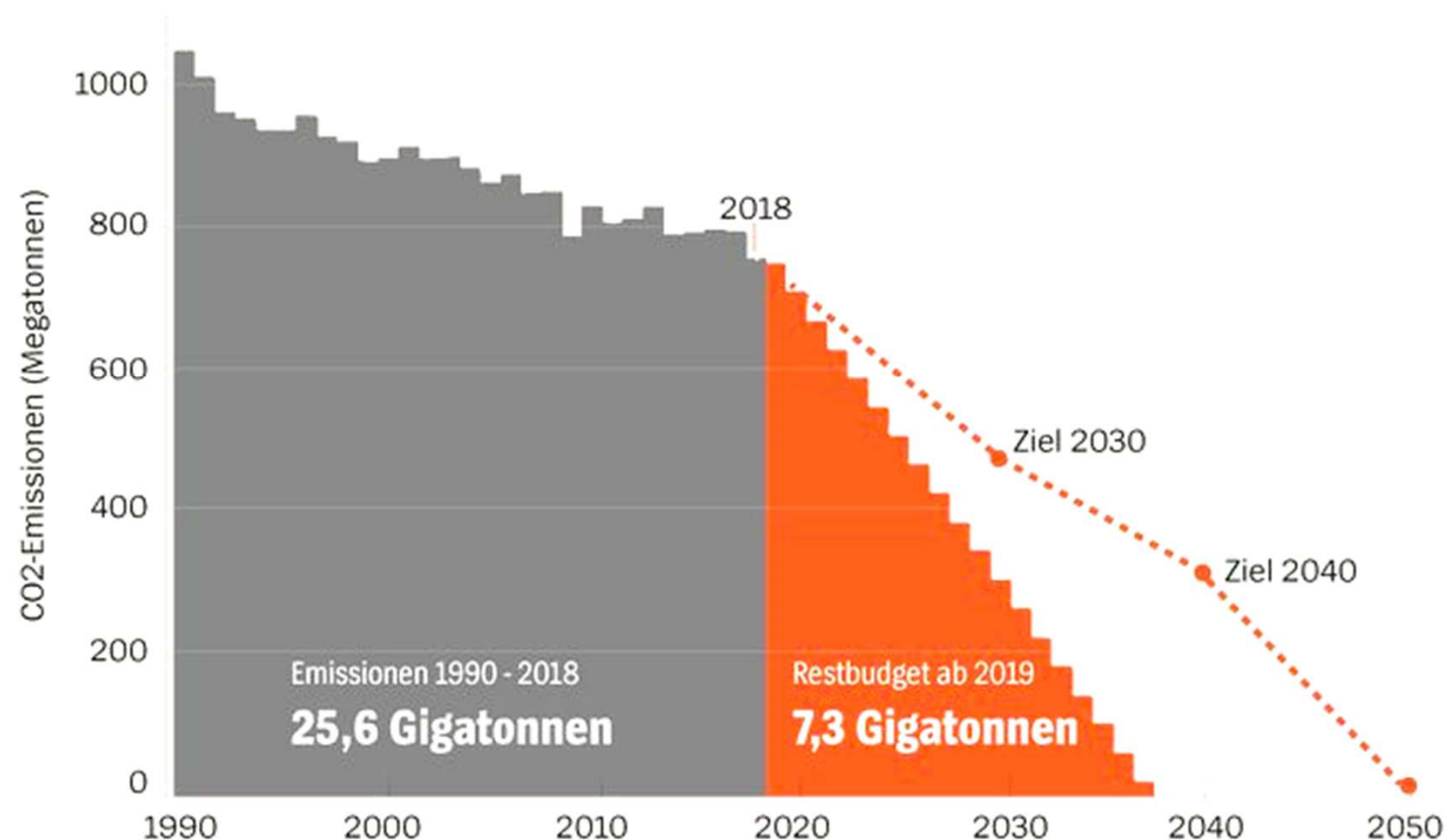


**Bekannte und neue  
Empfehlungen seit ca. 1987**

**Leitlinien wirtschaftliches Bauen:  
Technik: wenig aber effizient**

## Das verbleibende Emissionsbudget

### CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland



Quelle: Prof. Stefan Rahmstorf  
DER SPIEGEL