

21. VGQ HOLZBAU FORUM 2023

HOLZBAU IN TRANSFORMATION BRINGT NEUE HERAUSFORDERUNGEN



Maison Climat | Biel-Bienne | TU: Beer Holzbau AG, Ostermundigen | Architektur: Bürgi Schärer, Bern | Fotograf: Damian Poffet

Prebound, Rebound, Performance Gap – Was stimmt nicht zwischen dem Energiebedarf und dem Energieverbrauch von Wohngebäuden?

Dr. Caroline Hoffmann, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Muttenz

Prebound, Rebound, Performance Gap – Was stimmt nicht zwischen dem Energiebedarf und dem Energieverbrauch von Wohngebäuden?

Dr. Caroline Hoffmann
Prof. Dr. Achim Geissler

21. VGQ HOLZBAU FORUM 14.03.2023

V.01 2023.02.14

Definitionen

Begriff	Prebound	Rebound	Performance Gap
Alternativbegriffe	-	-	Energie-Performanz-Lücke
Definition	Der tatsächliche Energieverbrauch liegt unter dem zu erwartenden/kalkulierten Energiebedarf.	Mass, in dem durch Verhaltensreaktionen eine technische Effizienzsteigerung und eine damit einhergehende kostengünstigere Energiedienstleistung die kalkulierten Einsparungen konterkariert.	Mass für die Differenz zwischen tatsächlichem Verbrauch und errechnetem Bedarf
Beispiel	Der berechnete HWB liegt bei 60 kWh/(m ² a), der gemessene HWV liegt bei 45 kWh/(m ² a), z.B. infolge einer Teilbeheizung im realen Betrieb.	Durch eine Sanierung können 10 kWh/(m ² a) eingespart werden, durch zusätzlichen Energieverbrauch (z. B: erhöhte Raumtemperatur) werden real nur 5 kWh/(m ² a).	Nach einer Sanierung liegt der HWB _{St} (Def. siehe Kap. 2.1) bei 30 kWh/(m ² a), der HWV liegt bei 40 kWh/(m ² a). (HWB-HWV)/HWV = -25 % Die Formel kann auch (HWV-HWB)/HWB lauten.
Bezug auf	Bestandsgebäude	Sanierte Bestandsgebäude und Neubauten	Neubauten und Bestandsgebäude
Auswirkung	Zu optimistische Prognosen	Die erwartete Einsparung bleibt aus	

Folgen Prebound / Rebound Effekt?

Monatsbilanzverfahren EN ISO 13790 bei unsanierten Bestandsgebäuden zur

- energetischen Einordnung Gebäude
- Prognoseinstrument für Heizwärmebedarf
(Bewertung Sanierungsmassnahmen)

Gefahr: falsche Prognose zur Einsparung

Schweiz: Empfehlung SIA 380/1:2016 bei Gebäudeerneuerungen (0.3.2):

Vergleich zwischen Berechnungs- und Messdaten

Fragestellung

Ist die Abweichung zwischen berechnetem Heizwärmebedarf (SIA 380/1) und erfasstem Heizwärmeverbrauch systematisch?

Wenn ja, was sind die Gründe?

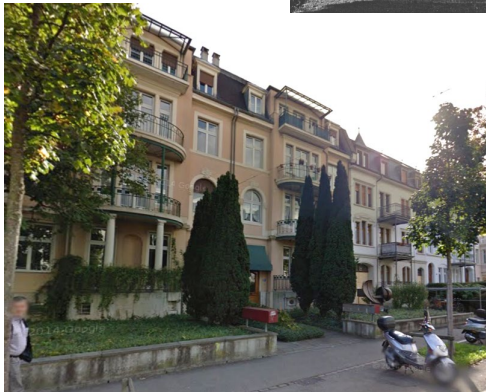
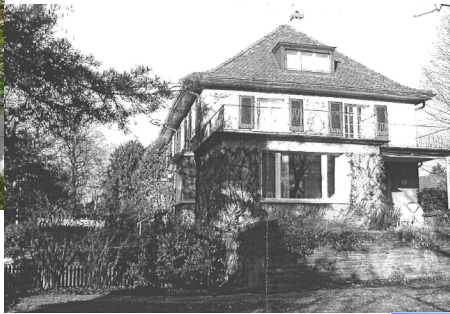
- monatliches anstatt dynamisches Berechnungsverfahren wird verwendet
- Nutzungsbedingte Einflussfaktoren: z. B. Raumtemperatur ist in der Realität höher
- Verlustbedingte Einflussfaktoren: z. B. falsche U-Werte für bestehende Bauteile wurden berechnet

Vorgehen

Beantwortung Fragen anhand von drei Gebäudegruppen mit Verbrauchsdaten

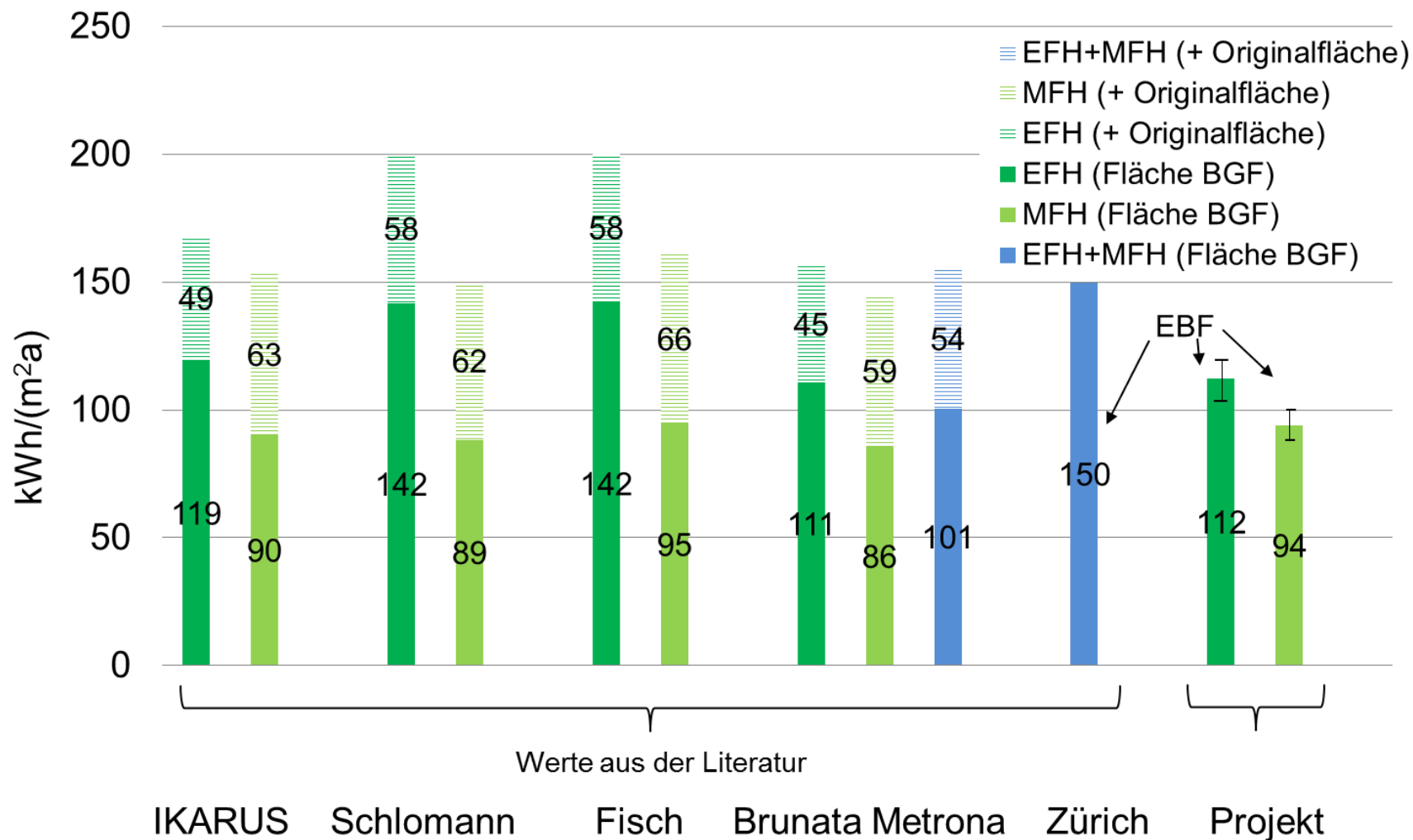
1. Feinanalyse: detaillierte Messdaten
2 Gebäude (1x Wohnen, 1x Büro)
2. Grobanalyse 1 : monatliche Messdaten
11 Gebäude (8 x MFH Wohnen, 2 x EFH Wohnen, 1 x Mischnutzung)
3. Grobanalyse 2 : jährliche Ablesedaten
20 Gebäude (5 MFH Wohnen, 15 EFH Wohnen)

n|w



Einordnung Verbrauch Gebäude

Verbrauchsdaten Heizwärme und Warmwasser



Definition Abweichung

$$= \frac{(\text{Heizwärmebedarf} - \text{Heizwärmeverbrauch})}{\text{Heizwärmeverbrauch}} 100 [\%]$$

Wertungsbereich = Abweichung \leq , bzw. $\geq \pm 15\%$

Abweichungen alle 33 Gebäude



20 Gebäude:
Berechnung überschreitet
den Messwert
+17 bis +167%

3 Gebäude:
Berechnung unterschreitet
den Messwert
-18 bis -22%

10 Gebäude:
Abweichung $\leq 15\%$

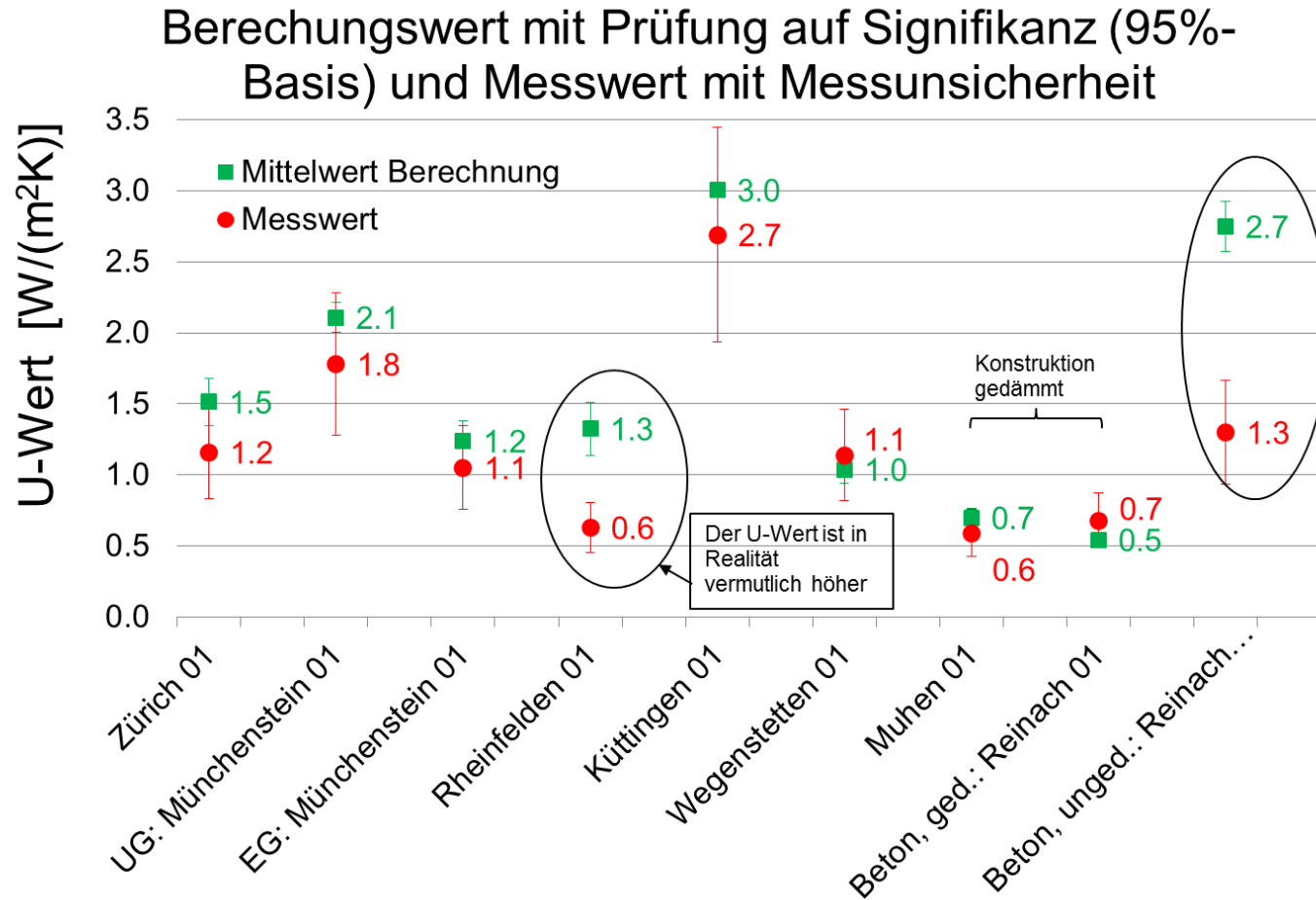
Ergebnisse alle 33 Gebäude

In SIA 380/1 ist keine einzelne Fehlannahme alleine für die festzustellenden Abweichungen verantwortlich zu machen.

Mehrere Ursachen:

- Unschärfen bei der Bereinigung von Messwerten und projektbezogene Ursachen
- Nutzerverhalten (Raumtemperatur, Teilbeheizung)
- **konstruktionsbezogene Rechenwerte**
- **Klimadaten**

Zu «schlechte» U-Werte?



$$\text{Standardabweichung } \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n-1}}$$

$$\text{Standardabweichung Mittelwert } \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

«Anpassung» U-Werte

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{wand} + \frac{1}{h_e}} \quad [W/(m^2K)]$$

Wärmeübergangskoeffizient aussen: $h_e = 25 \text{ W}/(m^2K)$



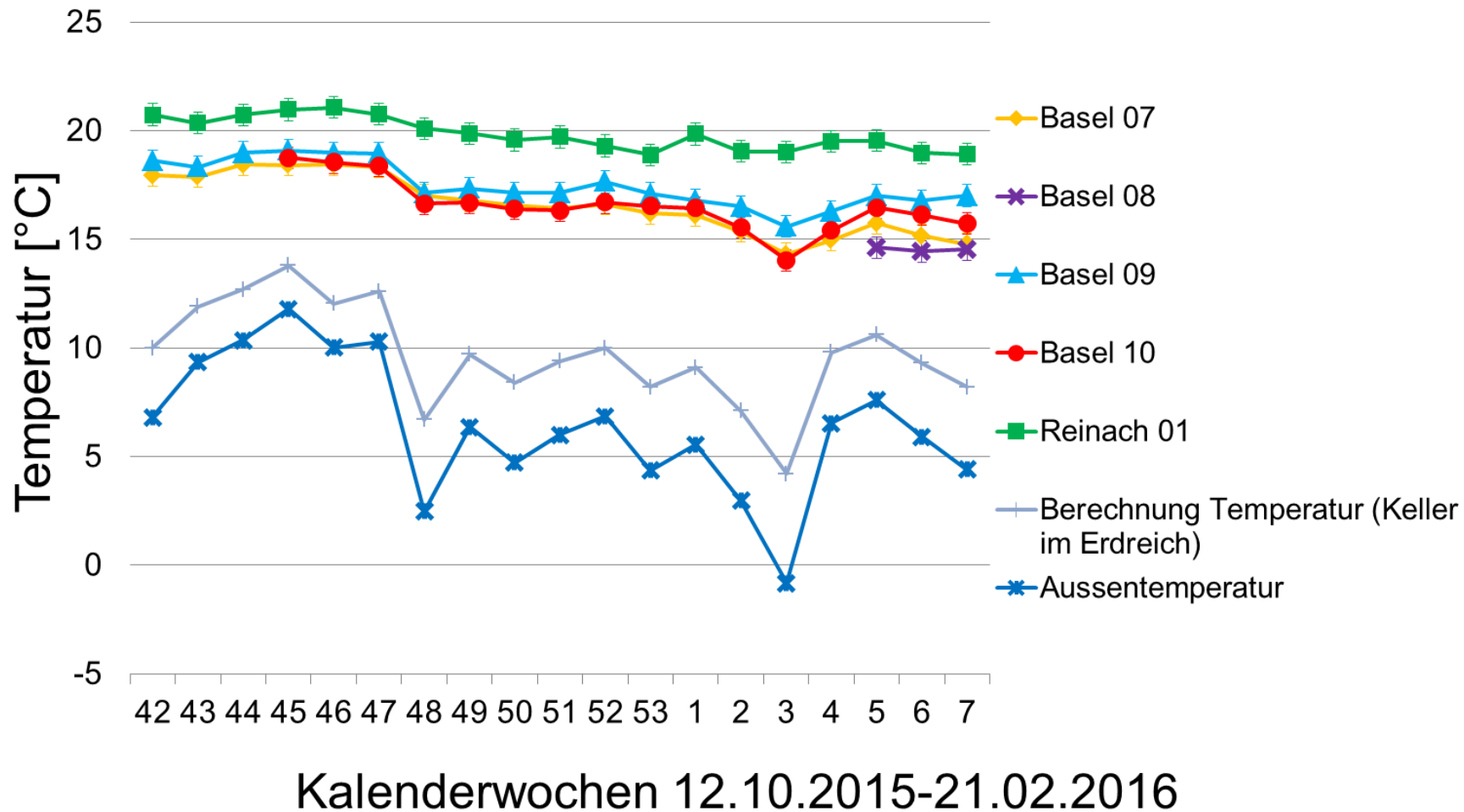
Konvektion und Strahlung

$$h_{ce} = 4 + 4v$$

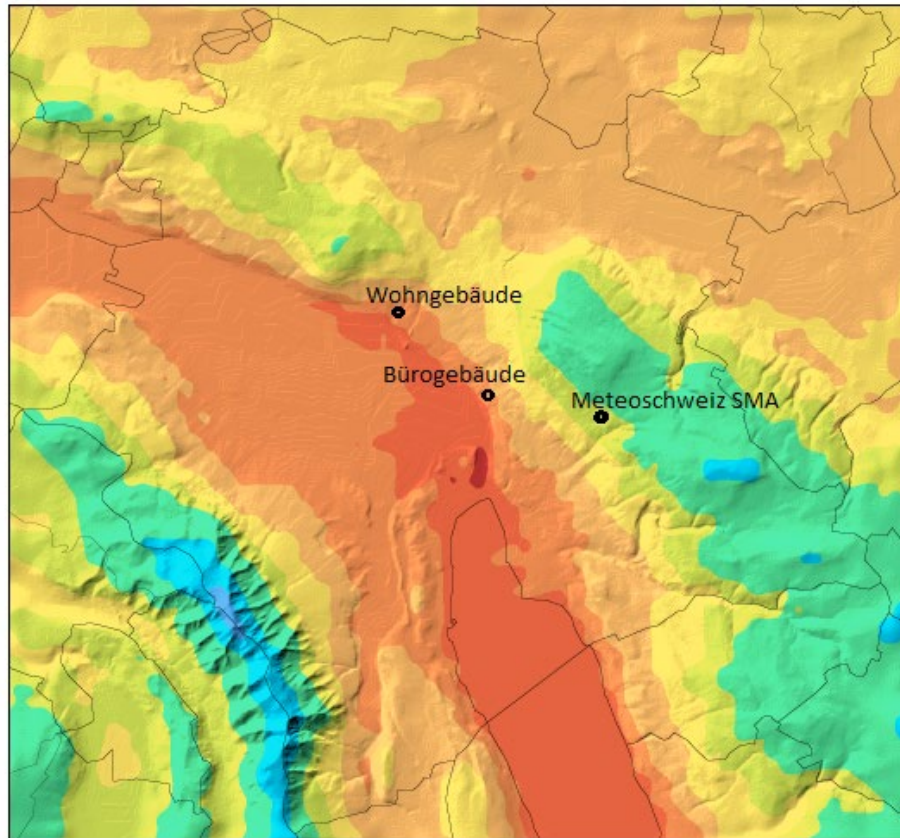
$v = \text{Windgeschwindigkeit}$

Zu tiefe Temperaturen für Keller?

Wöchentliche Mittelwerte Kellertemperatur



Klimadaten



- Zeitraum Messperiode
- Lage des Gebäude (baulicher Kontext)

Die Verwendung der Klimadaten aus der Ablesungsperiode bringt eine deutliche Annäherung an den HWV, kann aber nicht die gesamte Abweichung überbrücken.

Quelle: E. Parlow, D. Scherer, U. Fehrenbach: Klimaanalyse der Stadt Zürich (KLAZ), 2010

Hinweise zur Datenbereinigung der Mess- und Ablesewerte

- Nutzungsgrad Wärmeerzeugung
- Ermittlung Verluste Wärmeverteilung ausserhalb der thermischen Hülle
- Abspaltung Warmwasserbereitung
- Heizgradtagsbereinigung

Was tun? HWB unterschreitet den HWV

Nochmals die Eingabeparameter kontrollieren.

Was tun? HWB überschreitet den HWV

1. Klimadaten aus Zeitraum Messperiode nehmen
2. Abweichendes Nutzerverhalten berücksichtigen
(Innentemperaturen, Nachtabenkung oder Teilbeheizung des Gebäudes).
3. Transmissionsverluste anpassen
 - b-Faktor z. B. auf 0.5.
 - U-Werte.
 - Wärmebrücken

Dank

Förderung: Bundesamt für Energie, BFE

Projektteam:

Dr. Caroline Hoffmann (INEB, FHNW), Prof. Dr. Achim Geissler (INEB, FHNW), Martin Ménar (Lemon Consult), Lara Carisch (Lemon Consult)

Gebäudemessdaten:

- BS_01, BS_02, BS_03, BS_04, BS_05 und PR_01: Informationen Gebäude: CPV/CAP Pensionskasse Coop, Messdaten: Rapp Enserv AG
- BA_01, BS_06: pom+ Consulting AG
- LU_01: Thomas Marti
- RI_01: Beat Rothweiler
- Gebäudemessdaten GA2: Christoph Sibold, (INEB, FHNW)