

Klemens Schlögl

e7 Energie Markt Analyse GmbH

TU Wien Diplomand am IAP



# BEWERTUNGSMETHODE FÜR ENERGIEEFFIZIENZMASSNAHMEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG UNSICHERER EINFLUSSGRÖSSEN



Institut für Angewandte Physik, TU Wien

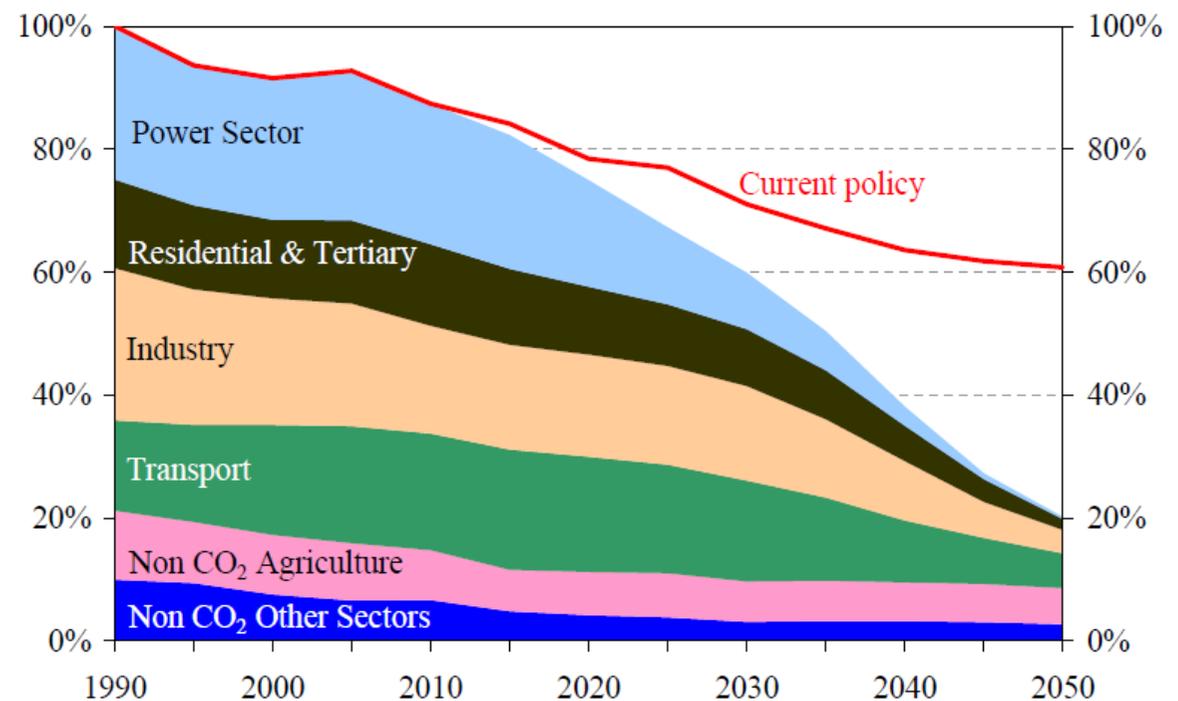


# Agenda

- **Hintergrund und Motivation – Warum Energieeffizienz fördern?**
- **Anforderungen an eine Bewertungsmethode**
- **Typische unsichere Einflussgrößen**
- **Methodik**
- **Anwendungsbeispiele anhand konkreter Maßnahmen**
- **Diskussion**

# Hintergrund und Motivation

- Klimaschutz, Energiewende, Wettbewerbsfähigkeit, Energie als beschränkte Ressource, Importabhängigkeit
- Richtlinie 2012/27/EU – Zielsetzung bis 2050
  - Besondere Bedeutung: Gebäudesektor
  - AT: Bundes-Energieeffizienzgesetz



Quelle: [1]

# Bundes-Energieeffizienzgesetz

## Im Wesentlichen 3 Verpflichtungen

1. Energielieferanten, welche mehr als 25 GWh für heimische Kunden bereitstellen: nachweisbare Effizienzsteigerung um 0,6 % des Vorjahresaufkommens
2. Der Bund verpflichtet sich 3 % seiner Gebäudeflächen zu sanieren
3. Große Unternehmen (> 249 Beschäftigte & Umsatz > 50 Mio. € ODER Bilanzsumme > 43 Mio. €):
  - Implementierung eines Energiemanagementsystems
  - Durchführung eines Energieaudits (alle 4 Jahre)

# Energieaudit – Fallbeispiel

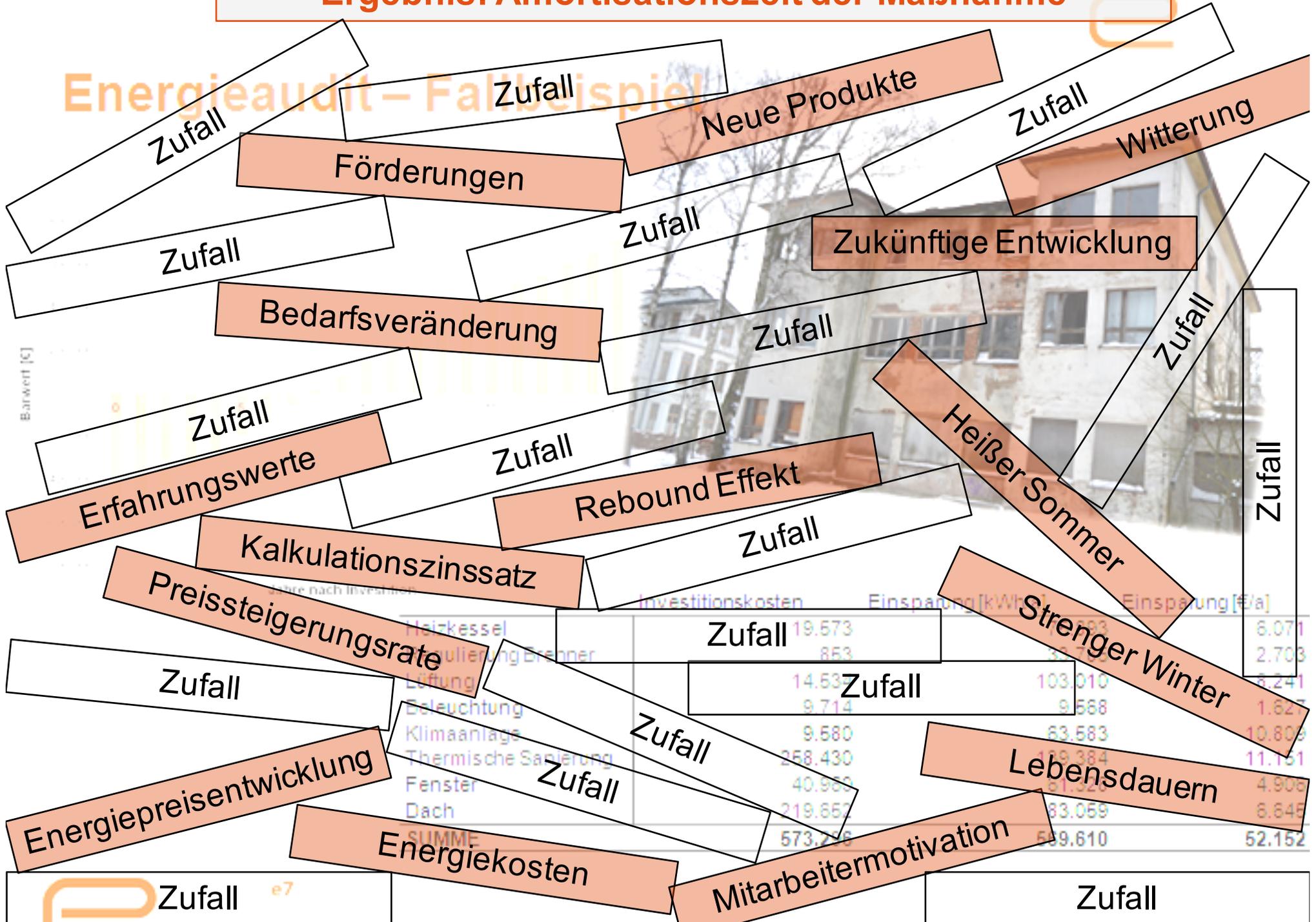


Quelle: [2]

	Investitionskosten [€]	Einsparung [kWh/a]	Einsparung [€/a]
Heizkessel	19.573	75.893	6.071
Regulierung Brenner	853	33.785	2.703
Lüftung	14.534	103.010	8.241
Beleuchtung	9.714	9.568	1.627
Klimaanlage	9.580	63.583	10.809
Thermische Sanierung	258.430	139.384	11.151
Fenster	40.960	61.328	4.906
Dach	219.652	83.059	6.645
<b>SUMME</b>	<b>573.296</b>	<b>569.610</b>	<b>52.152</b>

# Ergebnis: Amortisationszeit der Maßnahme

## Energieaudit – Fallbeispiel



Barwert [€]

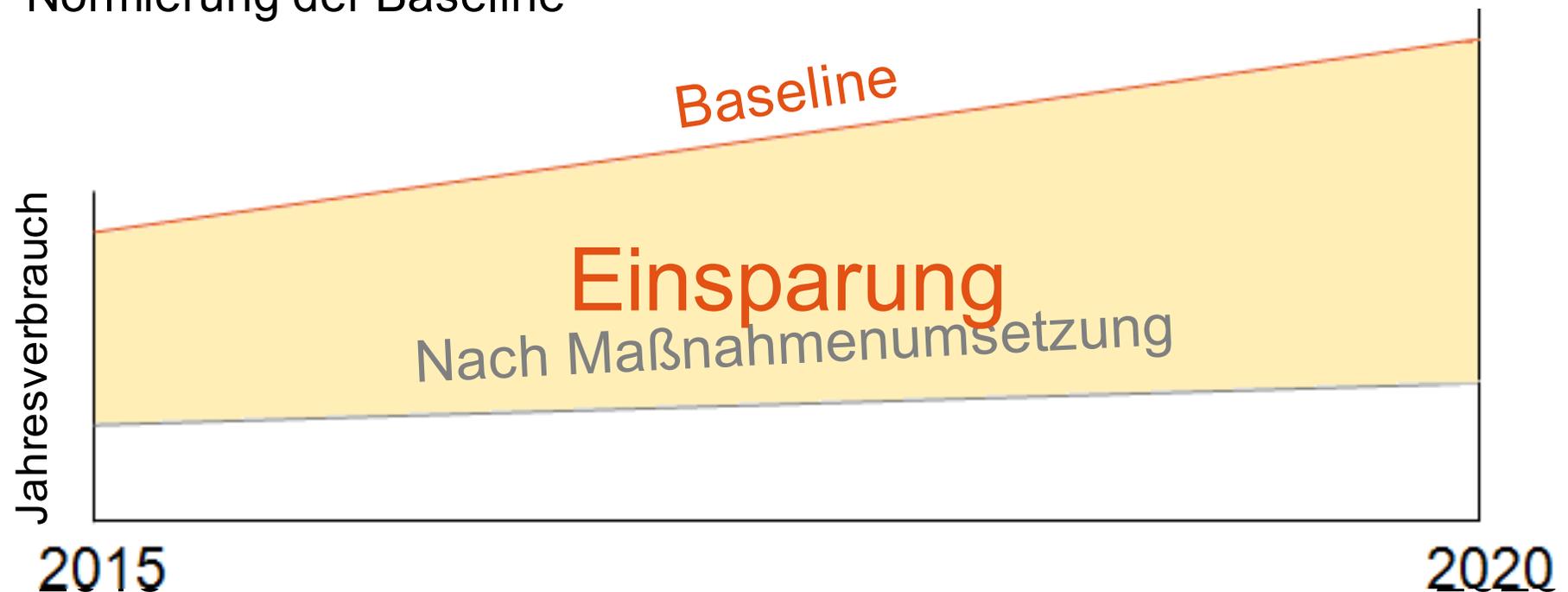
	Investitionskosten	Einsparung [kWh/a]	Einsparung [€/a]
Heizkessel	19.573	1.593	6.071
Wärmepumpe	853	367	2.703
Wärmepumpe Brenner	14.530	103.010	3.241
Lüftung	9.714	9.588	1.625
Beleuchtung	9.580	63.583	10.899
Klimaanlage	258.430	159.384	11.151
Thermische Sanierung	40.960	61.320	4.906
Fenster	219.657	83.059	6.645
Dach			
SUMME	573.276	599.610	52.152

# Unsichere Einflussgrößen

- Außentemperatur
  - Heißer Sommer, strenger Winter
- Belegungsdichte
  - Krankenhausbetten, Buchungslage, Mitarbeiter
- Gebäudenutzungsgrad
  - Öffnungszeiten, Feiertage
- Sämtliche beeinflussbare Modellparameter
  - Lampenbrenndauer, Raumsolltemperatur, Anschlussleistung dimmbarer Leuchtmittel
- Mitarbeitermotivation und -verhalten
  - Rebound-Effekt möglich?
- *Ökonomische Unsicherheiten: Preisentwicklung, Lebensdauer aktuelles System, Zinssätze*

# Struktur der Methodik

- Basis: ÖNORM EN 16212  
*„Energieeffizienz und -einsparberechnungen – Top-Down- und Bottom-Up-Methoden“*
- Baselineverbrauch: Verbrauchssituation ohne Maßnahmenumsetzung
- Normierung der Baseline



# Struktur der Methodik

- Klassifizierung der Modellparameter:

Unsicher (statistisch)	Bekannter Skalar
<i>Brenndauer Beleuchtung, Betriebszeiten Heizung, ...</i>	<i>Anschlussleistungen, Anzahl der Geräte,...</i>

- Simulationsmodell für die Berechnung der erzielbaren Energieeinsparung
- Monte-Carlo-Simulation zur Berücksichtigung der Unsicherheit der entsprechenden Modellparameter

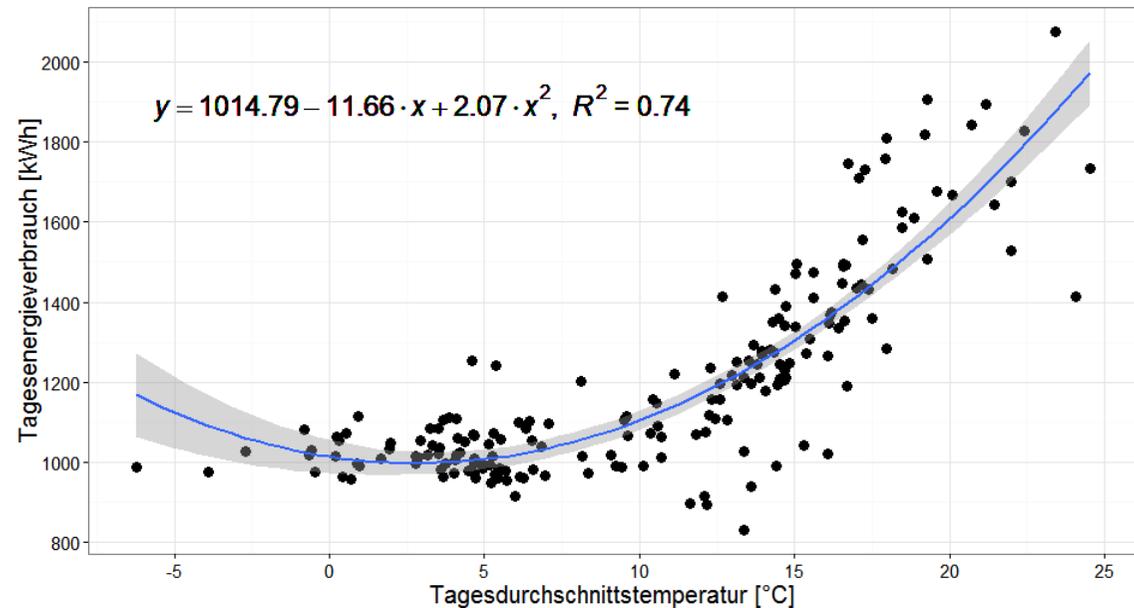
# Normierung der Baseline

- Geringer Datenbestand - Anpassungsfaktoren

$$\dot{Q}_{Norm} = \dot{Q}_{Heiz} \cdot \frac{\overline{HGT}_{[TRY]}}{\overline{HGT}_{[0]}} + \dot{Q}_{WW}$$

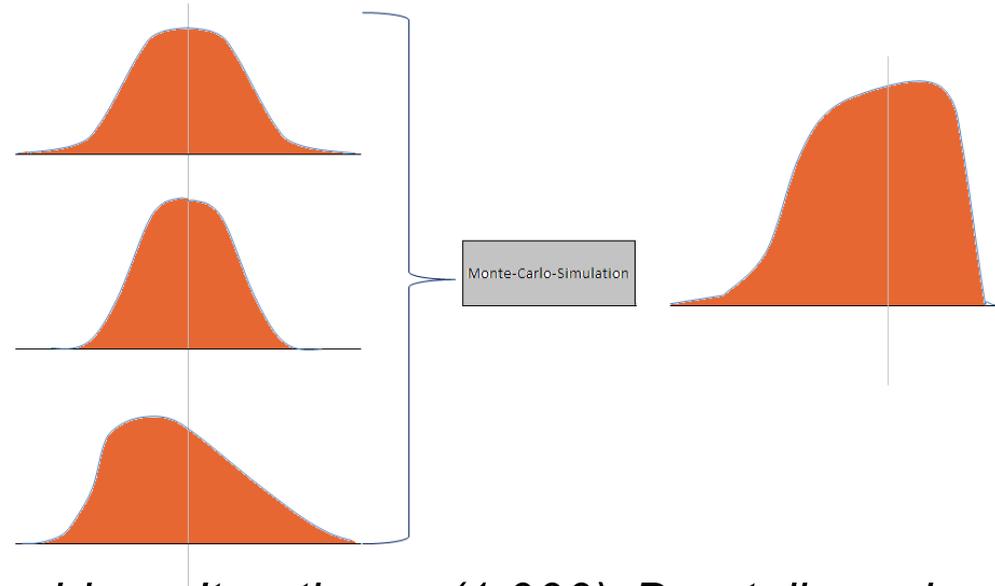
- Hohe Datendichte - Regressionsmodell

- *Schrittweise Modellselektion*
- *Informationskriterium*



# Monte-Carlo-Simulation

- Normierung: Aus bekannten Datensätzen wird Einflussgrößen eine statistische Verteilung zugewiesen, aus welchen gezogen werden kann
- Zuordnung geeigneter statistischer Verteilungen zu unsicheren Parametern des Simulationsmodells



⇒ Geeignete Anzahl von Iterationen (1.000), Darstellung der Ergebnisse als Boxplot

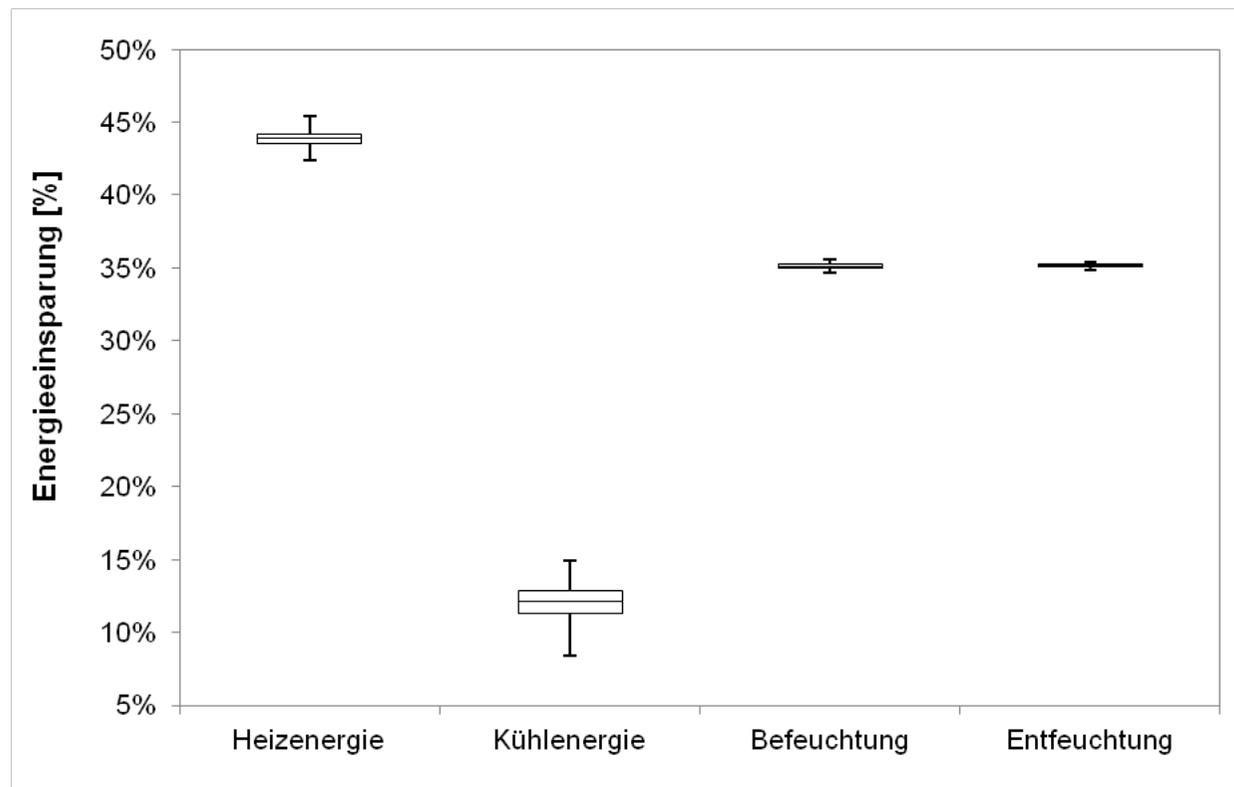
# Anwendungsbeispiele – konkrete Maßnahmen

## ● Raumluftechnische Anlagen

- Ventilator- / Antriebstauch
- Wärmerückgewinnung
- Betriebsparameteroptimierung
- Feuchterückgewinnung

$$Q_V = V_L \cdot \rho_L \cdot c_{p,L} \cdot (T_R - T_A)$$

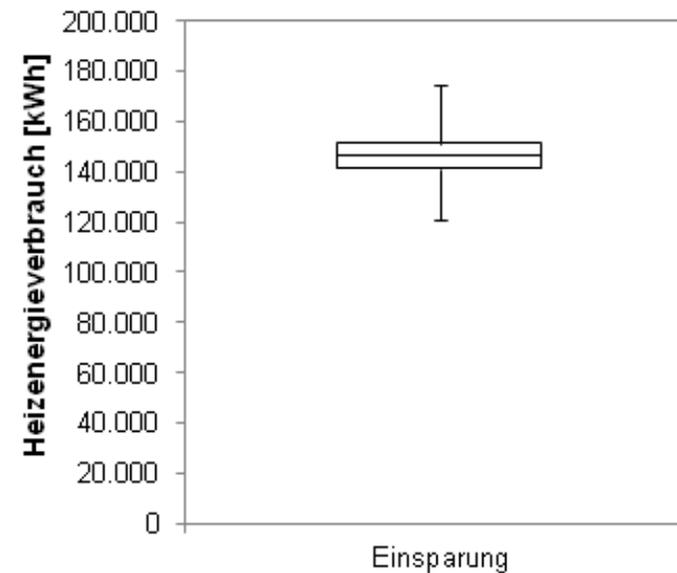
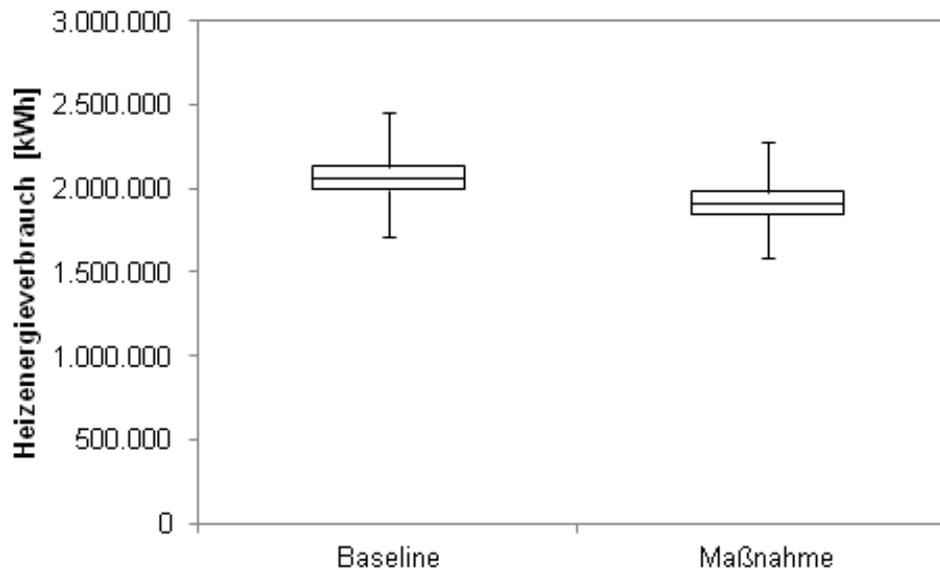
$$\Delta E = (\Delta P_{zu} + \Delta P_{ab}) \cdot \Delta t_{op}$$



- **Heizungsanlagen**

- Regelung Heizsaison
- Betriebsparameteroptimierung
- Komponententausch

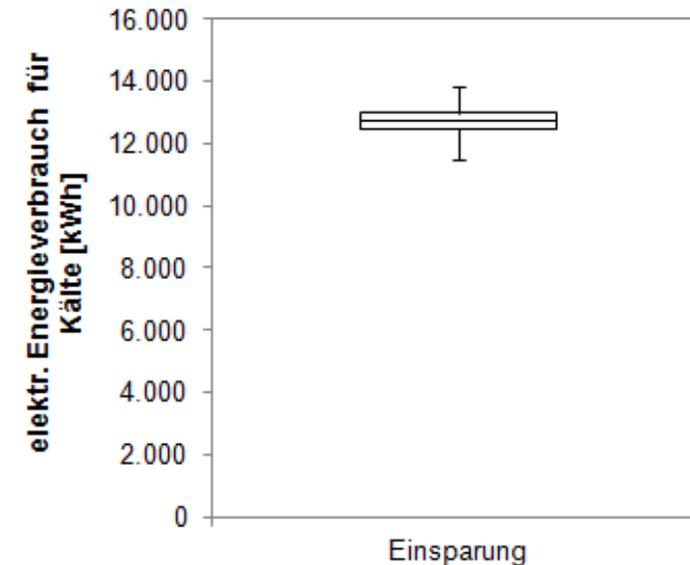
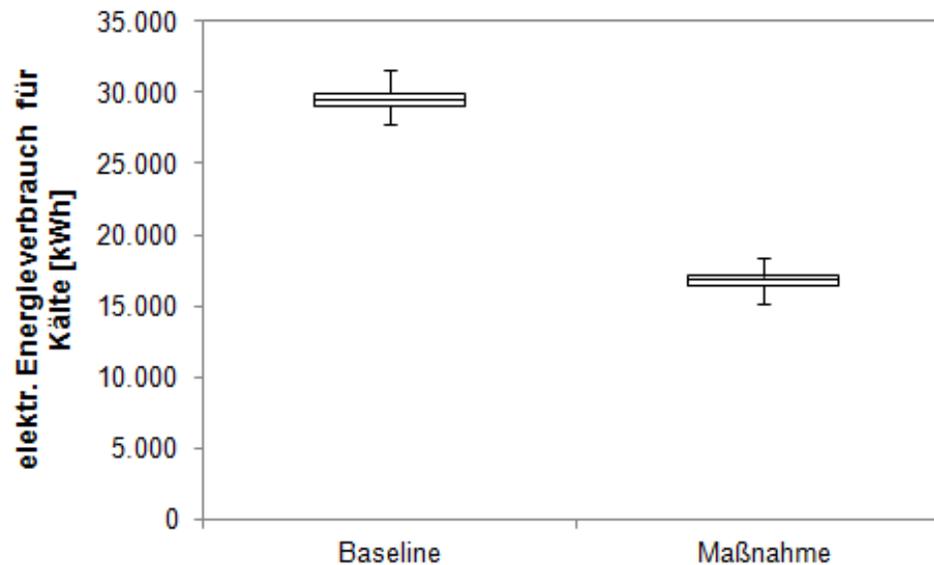
$$\tilde{Q}_{Norm}^M = (\tilde{Q}_{Norm} - \tilde{Q}_{WW}) \cdot \frac{HGT_{[TRY]}^M}{HGT_{[TRY]}^0}$$



## ● Klimaanlagen

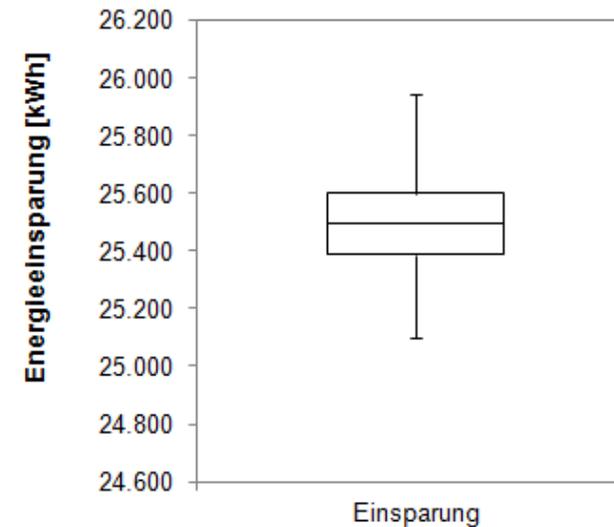
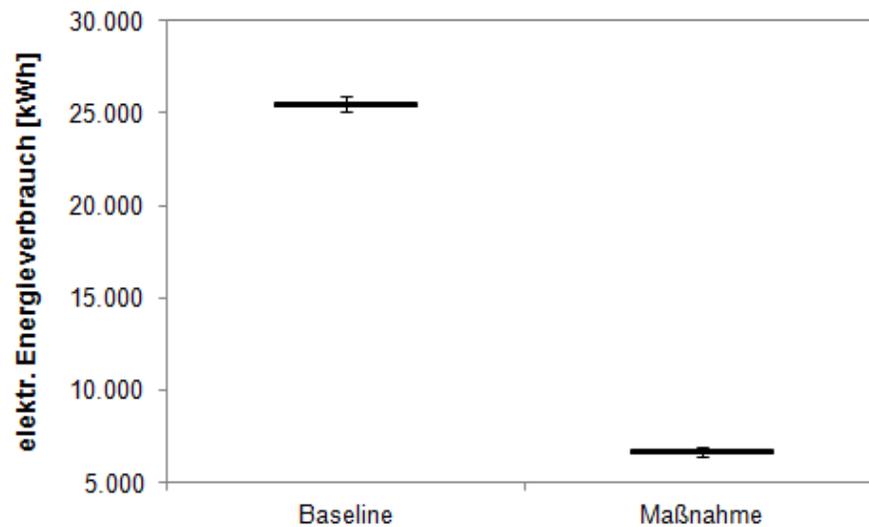
- Regelung Kühlsaison
- Betriebsparameteroptimierung
- Free Cooling über Lüftungsanlage
- Komponententausch

$$\tilde{c}_{Norm}^M = \tilde{c}_{Norm} \cdot \frac{KGT_{[TRY]}^M}{KGT_{[TRY]}^0}$$



- **Beleuchtung**

- Reduktion der Anschlussleistung (Dimmen, Tageslichtsensor)
- Reduktion der Betriebszeit (Tageslichtsensor, Präsenzmelder)



# Resümee

- **Schwankungsbreite für Amortisationszeit**
- **Einfluss der Mitarbeiter quantifizierbar**
- **Effektiver Einsatz von (beschränkten) Budgetmitteln**
- **Bekannte Faktoren für das Gelingen der Maßnahmenumsetzung**

# Quellenangabe und Kontakt

Klemens Schlögl, BSc

Telefon: +43 1 907 80 26 – 62

E-Mail: [klemens.schloegl@e-sieben.at](mailto:klemens.schloegl@e-sieben.at)

- [1] [http://ec.europa.eu/archives/commission\\_2010-2014/hedegaard/headlines/topics/docs/com\\_2011\\_112\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/hedegaard/headlines/topics/docs/com_2011_112_de.pdf), 2.2.2016, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, Europäische Kommission, Brüssel, 2011.
- [2] <http://cathrin-stoffers.de/photos/files/2013/04/Bruchbude.jpg>, 2.2.2016