

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

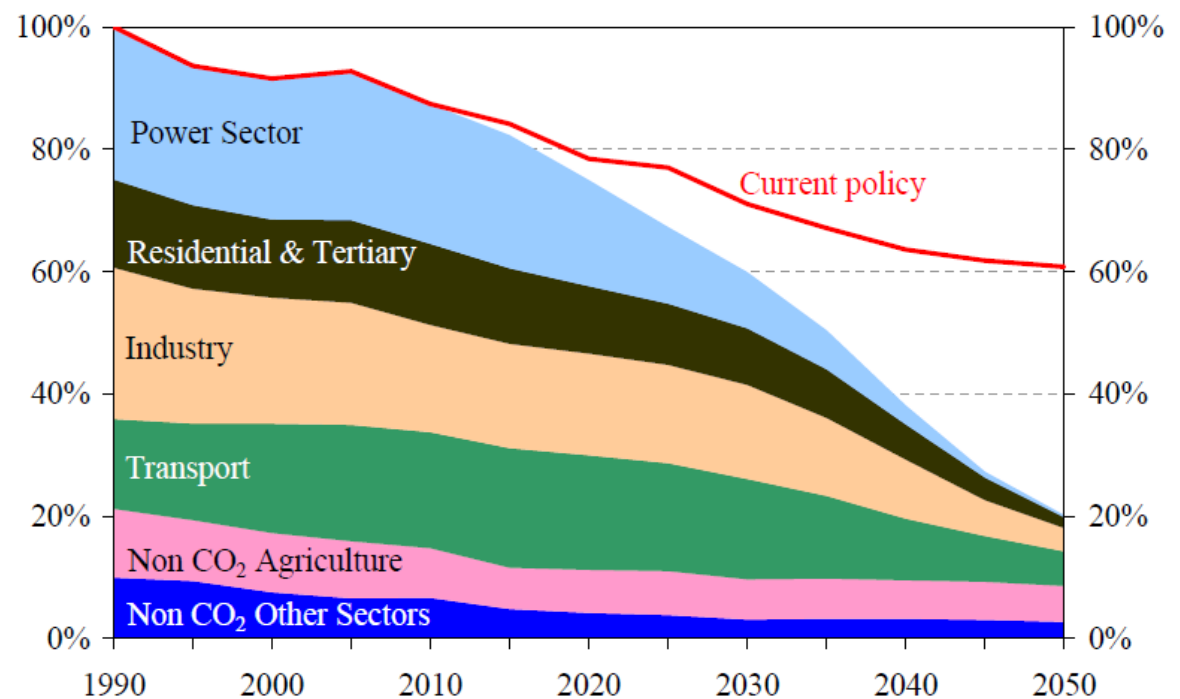


Agenda

- **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



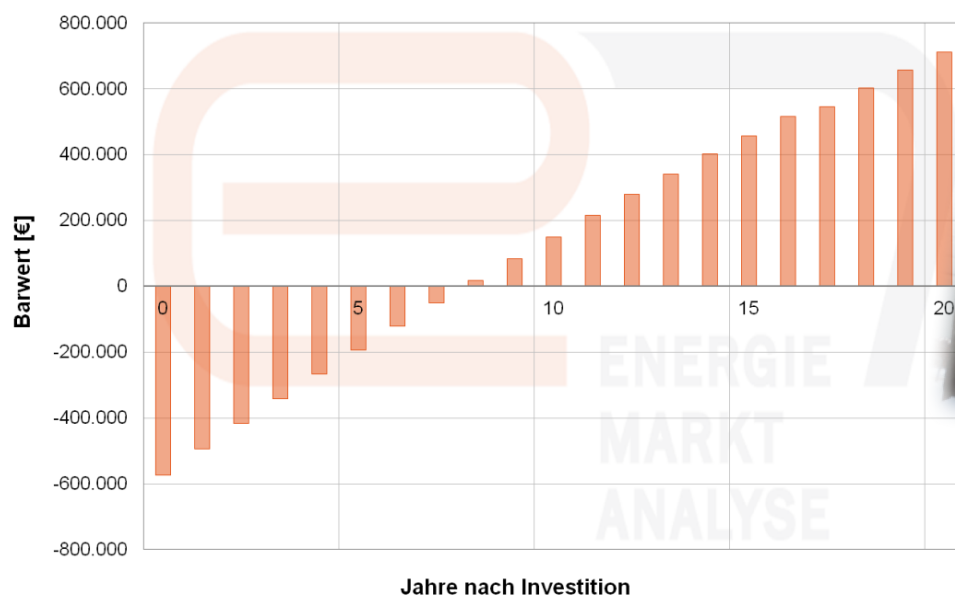
Quelle: [1]

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

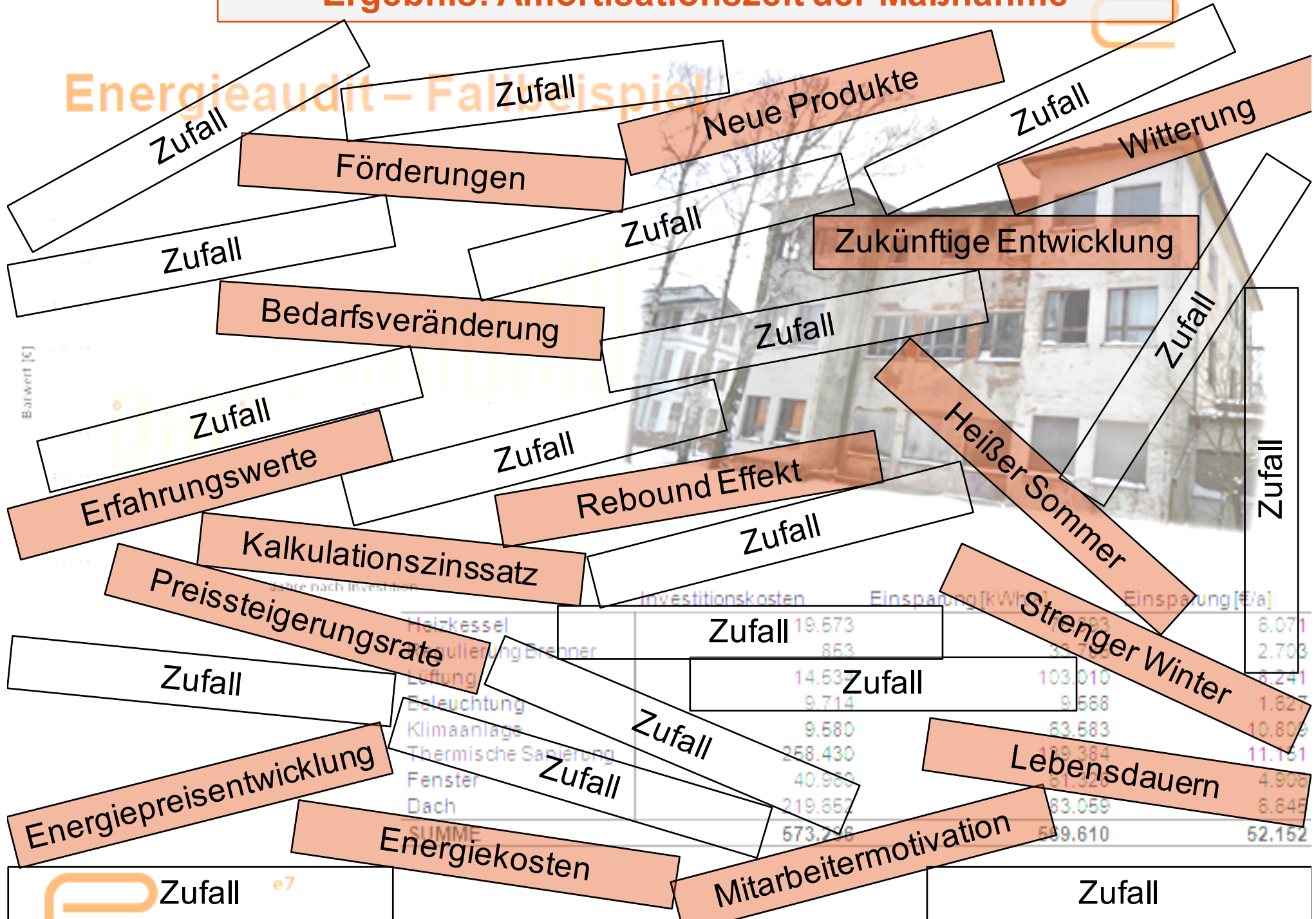


Quelle: [2]

| | 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 |
| SUMME | 573.296 | 569.610 | 52.152 |

Ergebnis: Amortisationszeit der Maßnahme

Energieaudit – Fallbeispiel

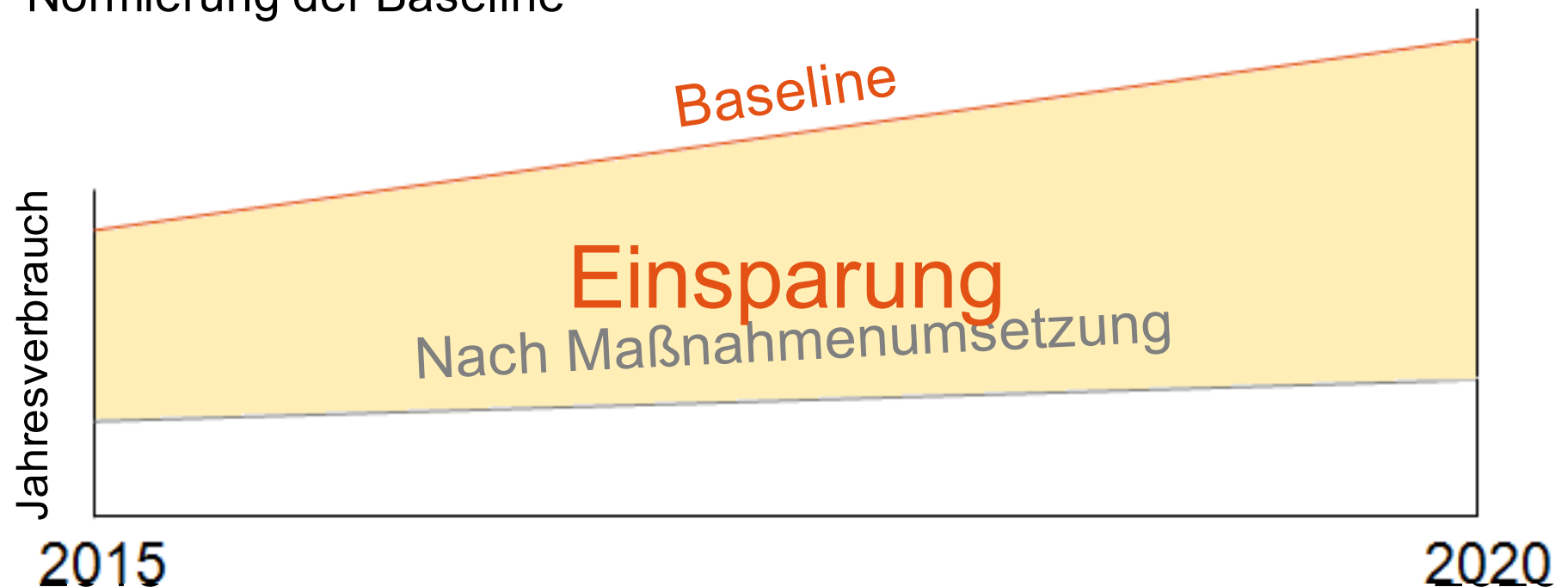


Unsichere Einflussgrößen

- 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

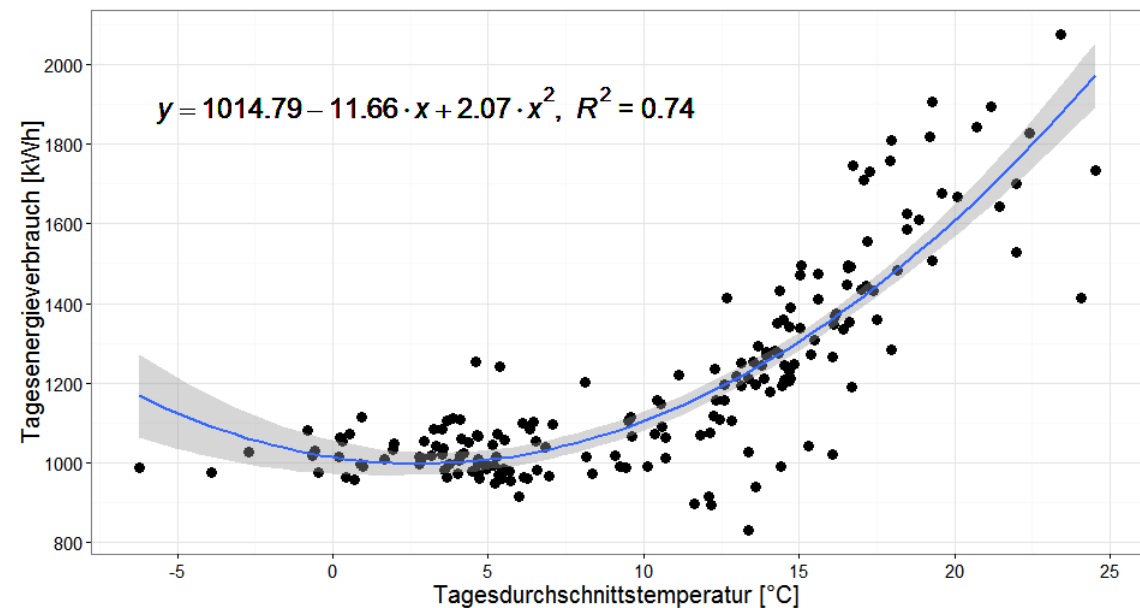
Normierung der Baseline

- Geringer Datenbestand - Anpassungsfaktoren

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

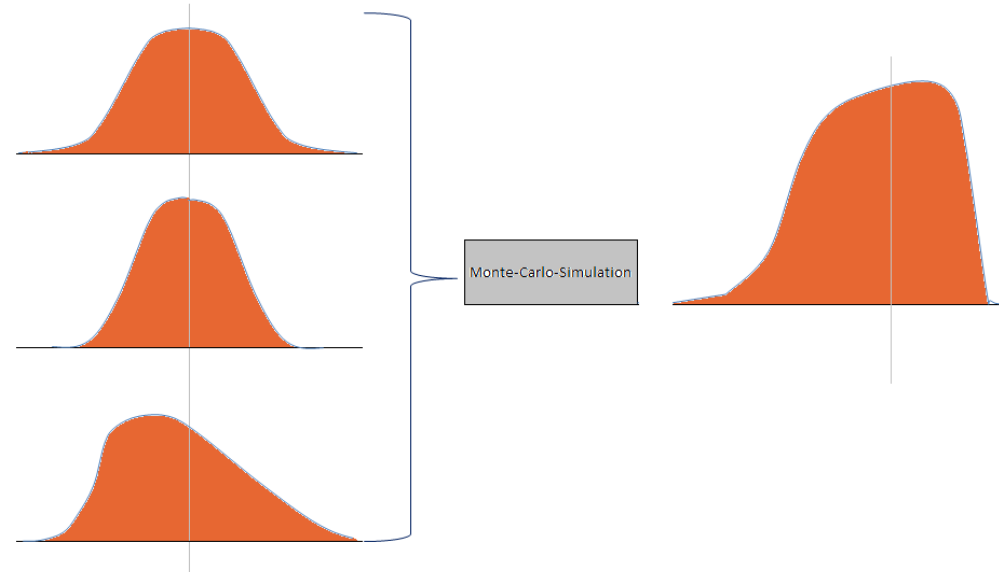
- Hohe Datendichte - Regressionsmodell

- *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

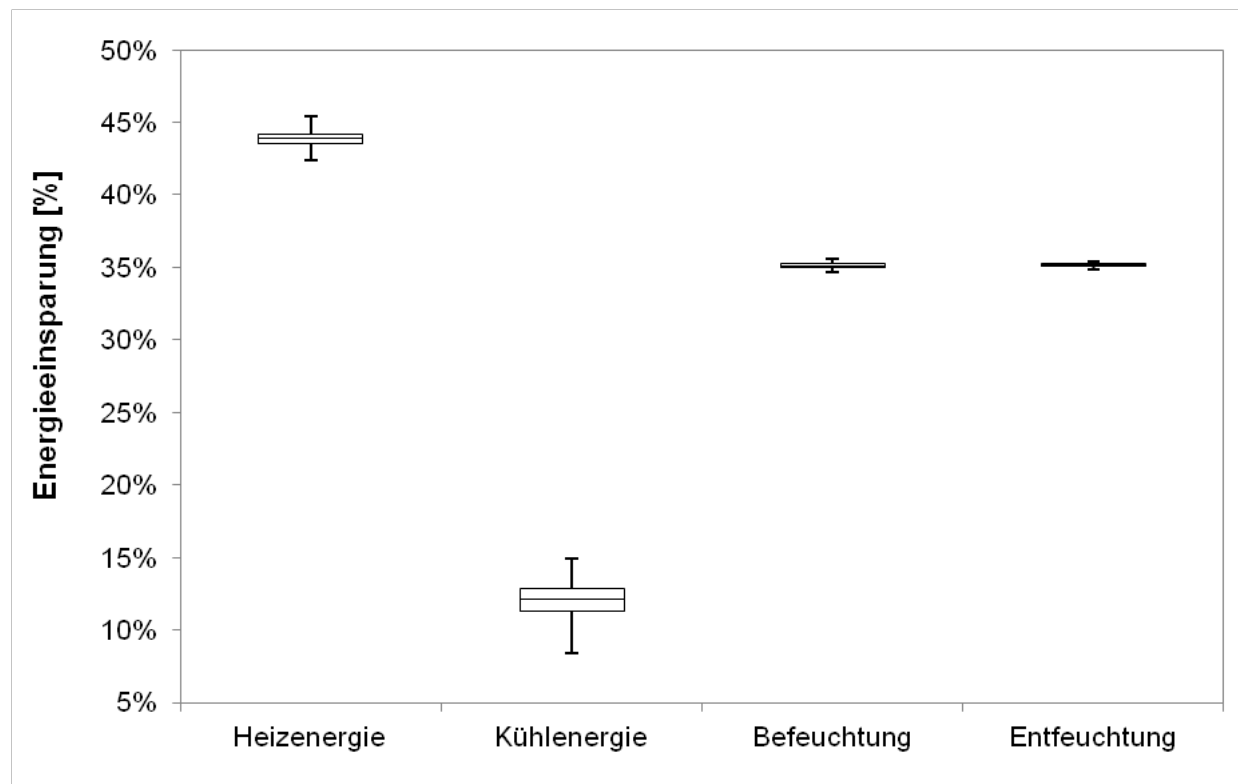
Anwendungsbeispiele – konkrete Maßnahmen

- **Raumluftechnische Anlagen**

- Ventilator- / Antriebstausch
- Wärmerückgewinnung
- Betriebsparameteroptimierung
- Feuchterückgewinnung

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

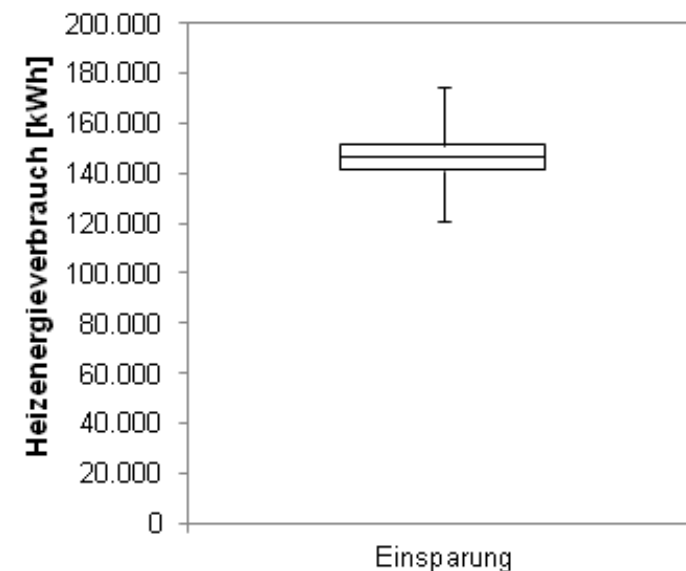
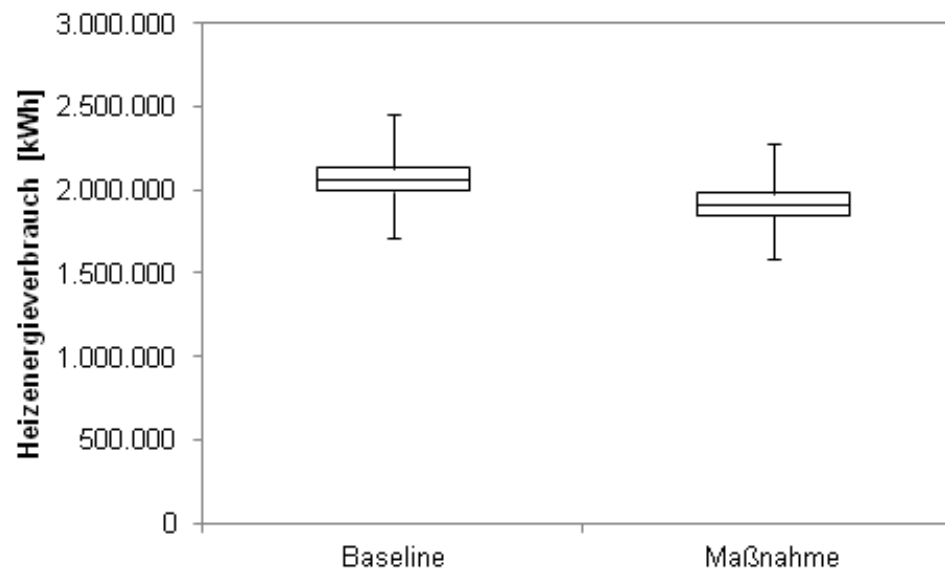
$$\Delta E = (\Delta P_{zu} + \Delta P_{ab}) \cdot \Delta t_{op}$$



- **Heizungsanlagen**

- Regelung Heizsaison
- Betriebsparameteroptimierung
- Komponententausch

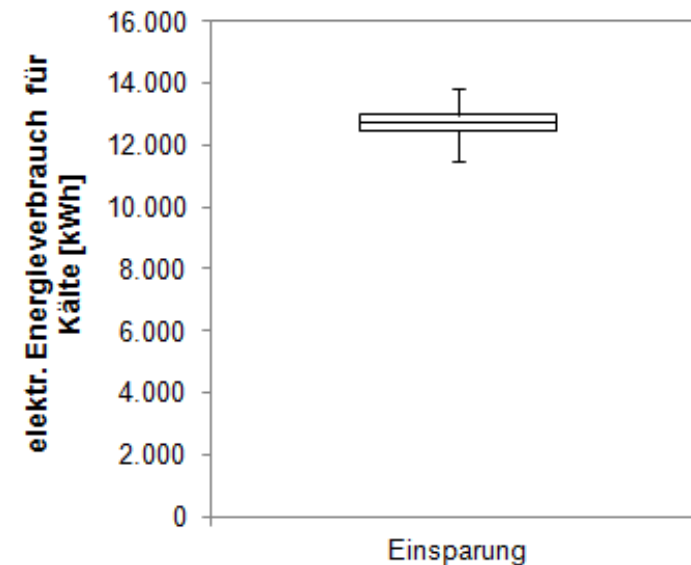
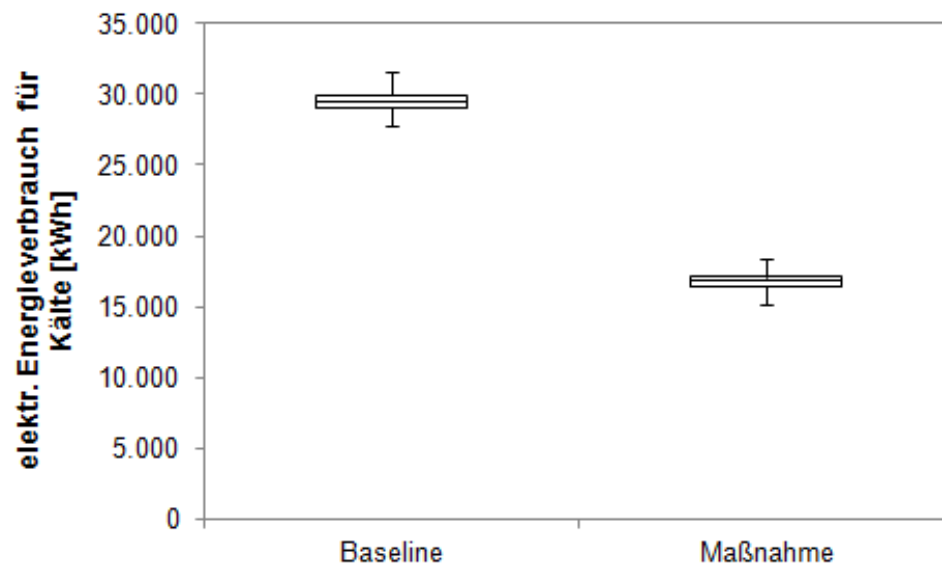
$$\tilde{Q}_{Norm}^M = (\tilde{Q}_{Norm} - \tilde{Q}_{WW}) \cdot \frac{\overline{HGT}_{[TRY]}^M}{\overline{HGT}_{[TRY]}^0}$$



● Klimaanlagen

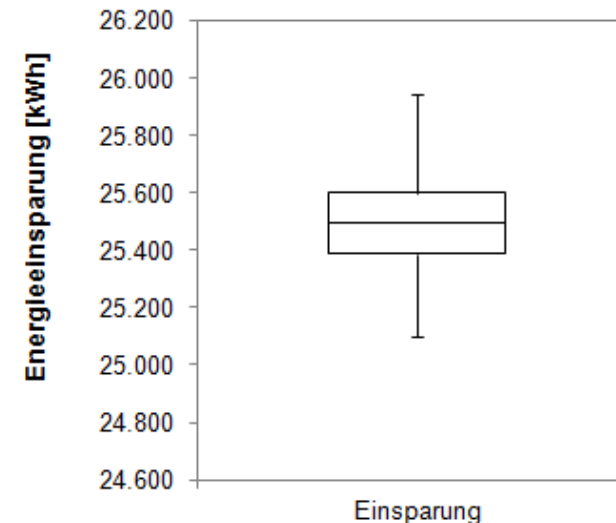
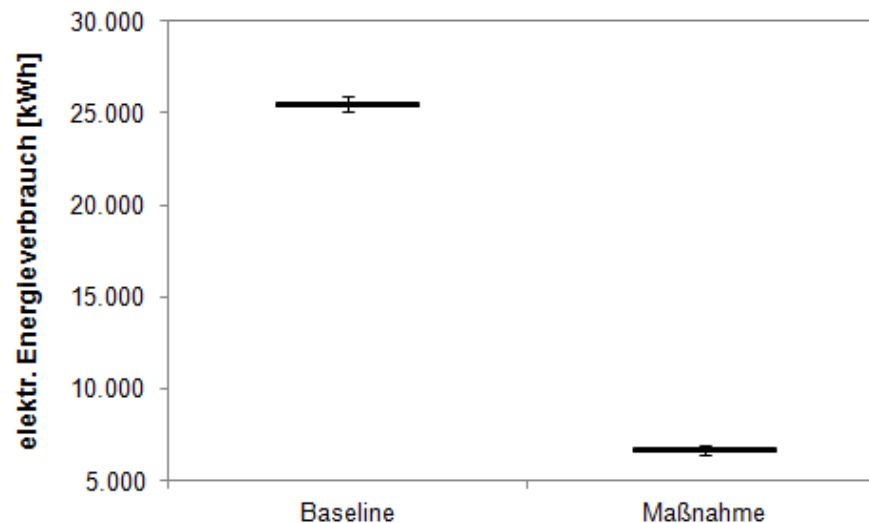
- Regelung Kühlsaison
- Betriebsparameteroptimierung
- Free Cooling über Lüftungsanlage
- Komponententausch

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



- **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

- [1] 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