

NACHWEIS-DOKUMENTATION – EINSPARZÄHLERPROJEKT (ESZ-A-2018044)

Hörburger GmbH, Objekt Nr. 13 – Einzelhandelsfiliale

1. Systembeschreibung

Betrachtet wird das Gesamt-System „Filiale“ in Bezug auf den elektrischen Gesamt-Energiebedarf. Ein zusätzlicher Wärme-Eintrag existiert zentral durch die Lüftungsanlage des Einkaufszentrums, eine Möglichkeit zur Einflussnahme auf die vorkonditionierte Luftmenge ist durch den Filialisten nicht gegeben. Die Verbraucher, die in die energetische Betrachtung zur Optimierung miteinbezogen werden, sind: Beleuchtung und Klimatisierung. Optimiert wird der Energiebedarf durch die Implementierung von bedarfsgeführten Regel- und Steuereinheiten für Klimatisierung und Beleuchtung. Als weitere Maßnahme werden ineffiziente Komponenten ausgewechselt.

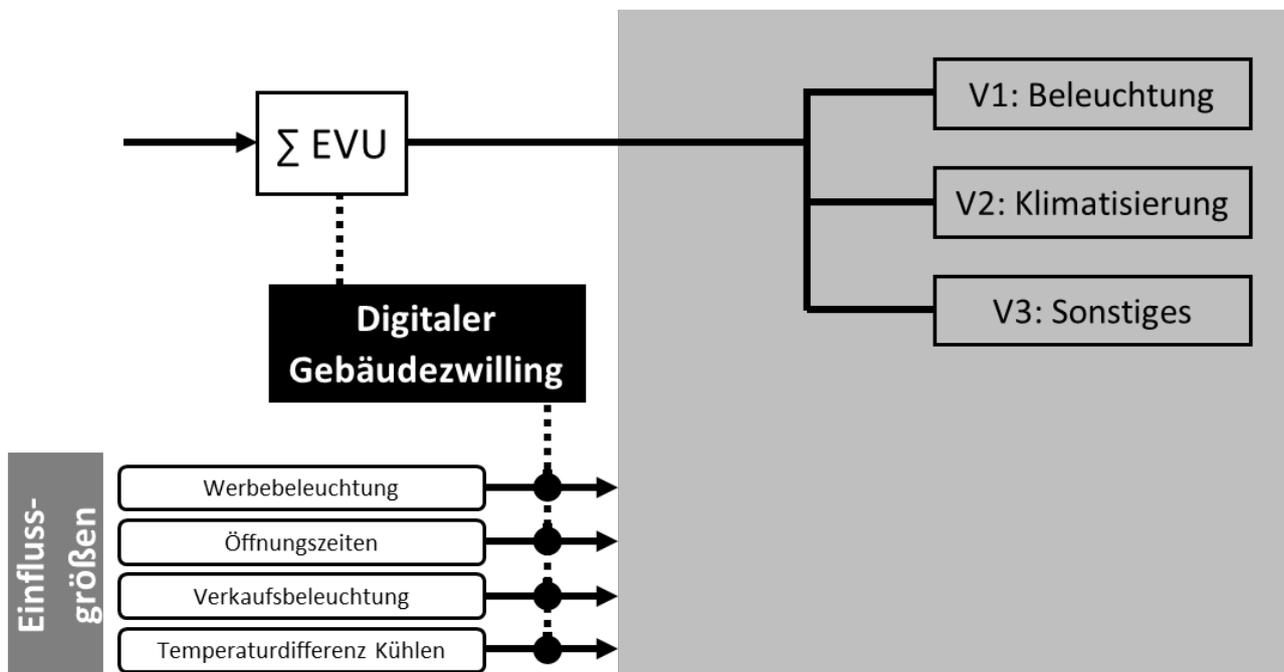


Abbildung 1: Systemskizze mit den Einflussgrößen für die betrachtete Filiale

Messkonzept: Standard-Messkonzept

Energieeffizienzmaßnahmen:

1. Austausch von konventioneller Beleuchtung durch LED
2. Austausch von Klimaaußengeräten durch effizientere Anlagen
3. Bedarfsgeführte Ansteuerung von Beleuchtung
4. Bedarfsgeführte Ansteuerung von Klimatisierungskomponenten

2. Modellbildung

Beschreibung der Einflussgrößen

| Einflussgröße | Beschreibung |
|---------------------------------|---|
| Werbebeleuchtung (x1) | Beschreibung der Schaltzeiten der Werbebeleuchtung |
| Öffnungszeiten (x2) | Beschreibung des Zeitplans der Geschäftszeiten der Filiale |
| Verkaufsbeleuchtung (x3) | Beschreibung der Schaltzeiten der Verkaufsbeleuchtung |
| Temperaturdifferenz Kühlen (x4) | Wert zur Beschreibung des Kühl-Falles in Abhängigkeit der Außentemperatur |

Tabelle 1: Einflussgrößen für die Modellbildung

Alle Einflussgrößen sind stündlich verfügbar. Ein einfacher **Zeitbezug mit der Funktion AN/AUS** wird wie folgt beschrieben:

- „1“ als Stundenwert beschreibt, dass die Komponente eingeschaltet ist.
- „0“ als Stundenwert beschreibt, dass die Komponente ausgeschaltet ist.
- Für Einflussgrößen nach der Effizienzmaßnahme liegen die Daten in einer höheren Auflösung vor, es werden zusätzlich neben einer „1“ und einer „0“ auch die Werte „0,25“, „0,5“ und „0,75“ für die Aktivität von 15, 30 und 45 Minuten genutzt.

Anomalien:

- Zusätzliche Anomalien wurden im Baseline-Zeitraum nicht identifiziert.

Außentemperatur-Einfluss und Schwellwert-Kühlen:

- Analysen haben gezeigt, dass für die betrachtete Filiale innerhalb eines großen Temperaturspektrums gekühlt wird.
- Ein starker Anstieg in der Nutzung der Kühlung verzeichnet sich im Kühl-Ast ab einer Außentemperatur von $> 10\text{ °C}$.
- Zusätzliche Analysen haben gezeigt, dass die höchste Korrelation zwischen Außentemperatur und elektrischer Last resultiert, wenn Kühlaktivität ab $> 10\text{ °C}$ angenommen wird.

Die Werte für den Heiz-Fall und Kühl-Fall beschreiben sich wie folgt:

- Heiz-Fall: Ein Einfluss durch die Außentemperatur auf den Lastgang ist aufgrund der spezifischen Lage der Filiale im Einkaufscenter nicht zu erkennen.
- Kühl-Fall: „Außentemperatur T_A “ – „Schwellwert-Kühlen T_S “ → Einflussgröße Kühl-Fall: $T_A - T_S$

Baseline-Zeitraum

Zur Bildung des Modells und als Baseline wurde der Zeitraum vom 01.01.2016 bis zum 12.01.2019 vor Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen gewählt. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgte im Januar und Februar 2019, sodass der Berichtszeitraum ab dem 18.02.2019 begann.

Baseline-Bildung

Zur Baseline-Bildung wird die Modellbildung auf Basis der Regressions-Analyse anhand von Stunden-Werten durchgeführt. Die hohe Auflösung auf Stundenbasis dient außerdem dazu das Modell als Digitalen Gebäudewilling sowohl zur Prognose von Energieverbräuchen und -potenzialen als auch zur Erkennung von Anomalien einzusetzen. Als Lastgangdaten wurden Daten vom RLM-Einspeisezähler des Messstellenbetreibers genutzt.

3. Ergebnisse und Auswertung

Beispielhafte Ausschnitte des Lastgangs

Im Folgenden wird der tatsächliche Lastgang dem Modelllastgang in drei Darstellungen gegenübergestellt. Dazu wird der Verlauf im Zeitraum der Baseline-Bildung, der Effizienz-Maßnahme sowie wie des Berichtszeitraums aufgezeigt. Der unbereinigte Lastgang (in rot) zeigt den tatsächlich gemessenen Lastgang auf. Der bereinigte Lastgang (in schwarz) zeigt den durch die Einflussgrößen gebildeten Lastgang als Modell auf. Im Baseline-Zeitraum kann gegengeprüft werden, wie gut das Modell den IST-Lastgang abbildet. Die zweite Darstellung im Umsetzungszeitraum der Effizienzmaßnahme zeigt den Rückgang der Last durch die Maßnahme auf. In der dritten Darstellung ist im weiteren Verlauf des Berichtszeitraums zu sehen, inwieweit sich der Betrieb der Filiale geändert hat und die resultierende Auswirkung auf den Lastgang.

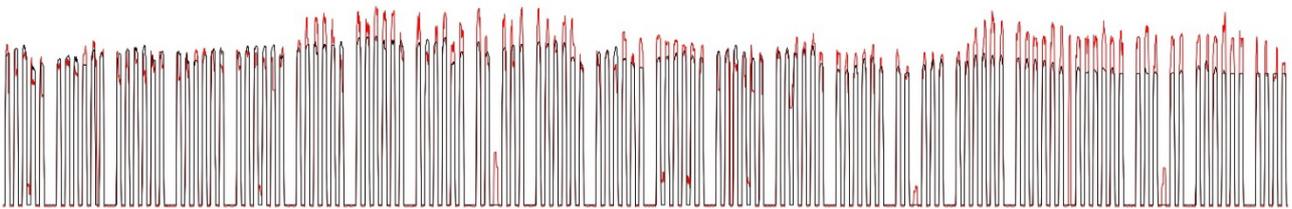


Abbildung 2: Ausschnitt aus Baseline-Zeitraum (Juni 2018 – Dezember 2018). Rot: unbereinigt; Schwarz: bereinigt.



Abbildung 3: Ausschnitt Umsetzungszeitraum der Effizienzmaßnahme (November 2018 – Juni 2019). Rot: unbereinigt; Schwarz: bereinigt.

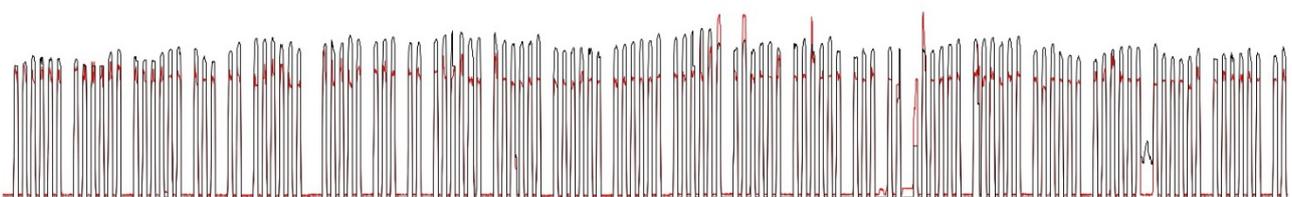


Abbildung 4: Ausschnitt Berichtszeitraum (Mai 2019 – September 2019). Rot: unbereinigt; Schwarz: bereinigt.

Ergebnis der Baseline-Bildung

Als Ergebnis der statistischen Modell-Bildung ergibt sich folgende mathematische Funktion in Abhängigkeit der vier Einflussgrößen:

$$\text{Lastgang [kW]} = 1,11 + 7,04 * x_1 + 4,45 * x_2 + 6,40 * x_3 + 0,21 * x_4$$

Wobei die Zuordnung zu den Einflussgrößen aus der Tabelle der vorherigen Seite entnommen werden kann.

Die Lineare Regression zur Erstellung des Modells zeigt dabei folgende statistische Ergebnis-Werte auf:

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,968 |
| Bestimmtheitsmaß | 0,937 |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß | 0,937 |
| Standardfehler | 2,34 |
| Beobachtungen | 26.592 |

Tabelle 2: Statistische Ergebniswerte der linearen Regression

Einsparungen im Zeitraum 18.02.2019 – 14.06.2023 (Ergebnis aus Berechnung nach Modellanpassung):

Energiemenge: 35.931 kWh

Effizienzsteigerung: 12 % (eingesparte Energiemenge in Bezug auf Modell-Verbrauch im Betrachtungszeitraum)

Ergänzende Anmerkungen nach Überarbeitung zum 4. Zwischennachweis 2022:

- Die Abhängigkeit der Last von der Außentemperatur während der Öffnungszeiten am Standort wurde durch Auftragung der Messwerte im Baseline-Zeitraum in einem Streudiagramm untersucht.
- Es wurden fehlerhafte Daten (Temperaturwert = „-999“) im Datensatz ausfindig gemacht und die für die Modellbildung sowie für den Einsparnachweis verwendeten Daten bereinigt.
- Der Außentemperatureinfluss ab $T_s = 10\text{ °C}$ (Kühlfall) hat sich bestätigt.
- Durch die Bereinigung der Temperaturdaten und Neuberechnung der Modellparameter ergibt sich für den Modelllastgang folgende Funktion:

$$\text{Lastgang_neu [kW]} = 1,11 + 7,04 * x_1 + 4,48 * x_2 + 6,41 * x_3 + 0,22 * x_4$$

Mit den statistischen Werten:

Multipler Korrelationskoeffizient: 0,968; Bestimmtheitsmaß: 0,937; Adj. Bestimmtheitsmaß: 0,937; Standardfehler: 2,34.

- Die aus der Differenz von Modell- und gemessenem Lastgang berechneten Energieeinsparungen ändern sich im bisher betrachteten Nachweiszeitraum um weniger als 1 %. Nachfolgend eine vergleichende Übersicht der bisherigen (eingereichten) mit den Neuberechneten Summen.

| | Berechnete Energieeinsparungen in kWh | | |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|------------|
| | Bisheriges Modell (eingereicht) | Nach Modellanpassung | Abweichung |
| 1. Förderjahr | 2.661 | 2.642 | -1 % |
| 2. Förderjahr | 7.968 | 8.032 | 1 % |
| 3. Förderjahr | 5.894 | 5.869 | 0 % |
| 4. Förderjahr | 9.285 | 9.212 | -1 % |
| Gesamt | 25.808 | 25.756 | 0 % |

Tabelle 3: Vergleich der berechneten Energieeinsparungen in kWh vor und nach der Modellanpassung

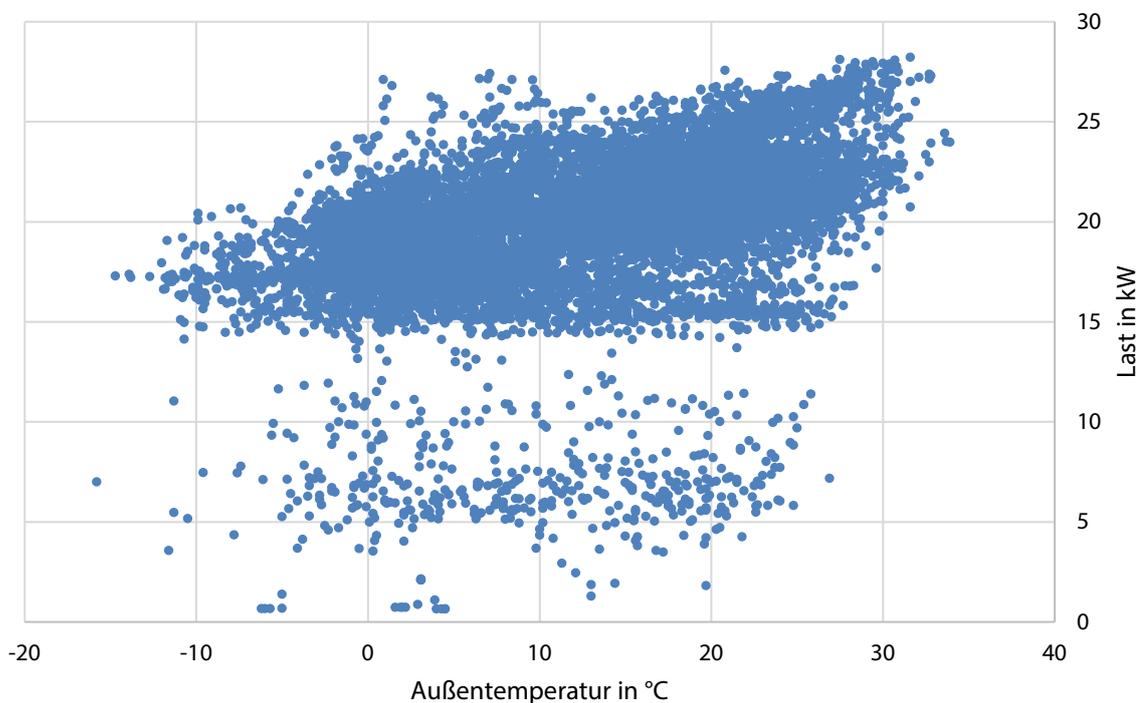


Abbildung 5: Temperaturabhängigkeit der Last im Baseline-Zeitraum (01.01.16 – 12.01.19, Öffnungszeiten)

Sie haben Fragen zu diesem Nachweis oder ganz allgemein zum Förderprogramm Einsparzähler und unseren Lösungen?

Wir sind gerne für Sie da.

Hörburger GmbH
Niederlassung Erfurt
Am Urbicher Kreuz 32
99099 Erfurt

Ihr Ansprechpartner:
Anni Blumenstock
Tel. +49 (0) 361 / 44214-0
E-Mail: erfurt@hoerburger.de

www.hoerburger.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages