

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

Hörburger GmbH, Objekt Nr. 54 – Einzelhandel Elektrofachmarkt

1. Systembeschreibung

Betrachtet wird das Gesamtsystem „Filiale“ in Bezug auf den elektrischen Gesamtenergiebedarf für die Verkaufsfläche. Die Wärmebereitstellung erfolgt über Klimaaußengeräte. Die Klimatisierung des Marktes erfolgt über die Klimaanlage im 3-Leiter-System und Umschaltboxen mit Klimainnenkassetten auf der Verkaufsfläche mit zusätzlichen Wandgeräten für Nebenflächen, sowie weiteren Klimakassetten in Nebenräumen. Zusätzlich verfügt die Lüftungsanlage über ein Kühlregister, wobei die genaue Zuordnung der Klimaaußengeräte zur Lüftungsanlage nicht eindeutig ist.

Die Verbraucher, welche in die energetische Betrachtung zur Optimierung miteinbezogen werden, sind: Beleuchtung, Klimatisierung, Lüftung.

Optimiert wird der Energiebedarf durch die Implementierung von bedarfsgeführten Regel- und Steuereinheiten für Klimatisierung und Beleuchtung.

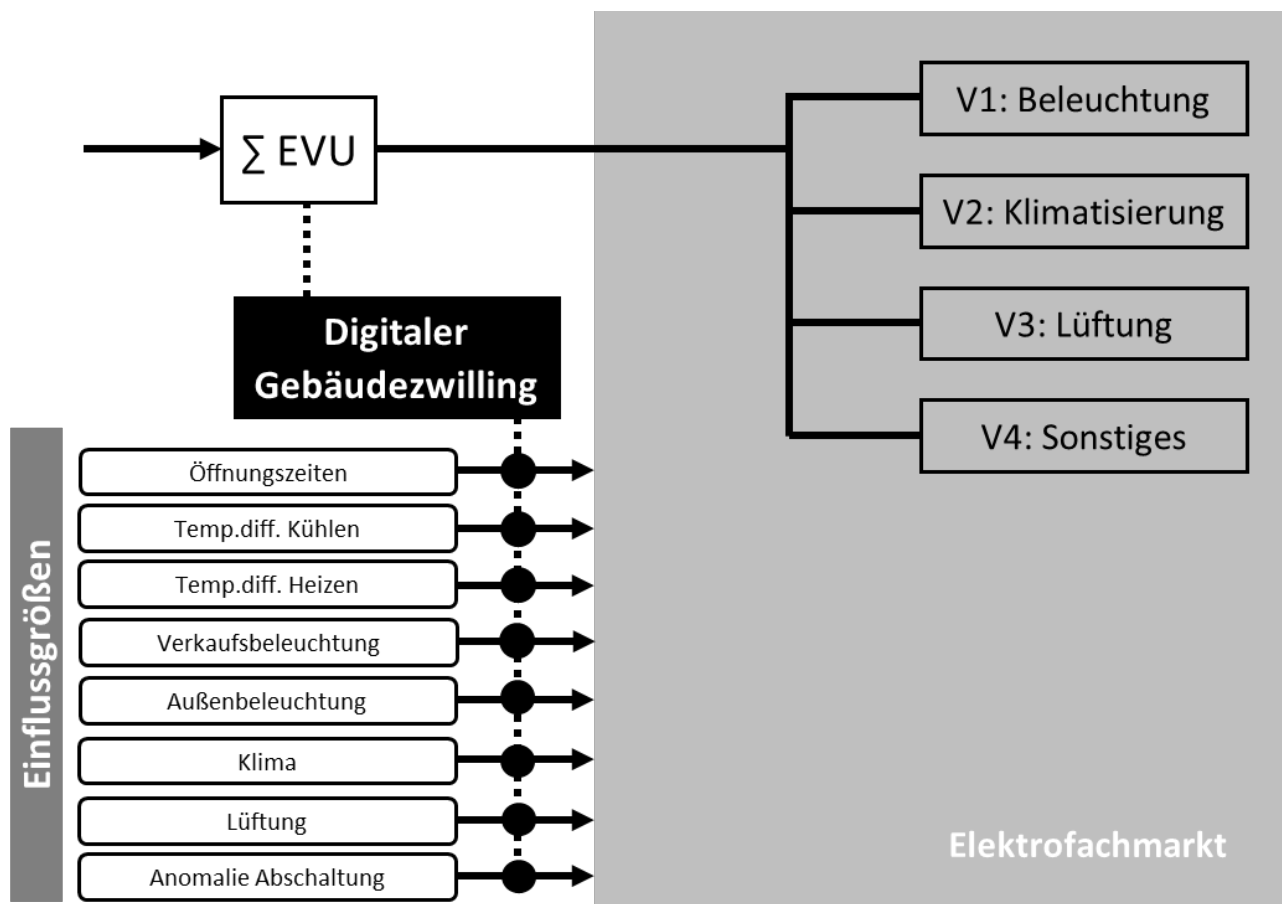


Abbildung 1: Systemskizze mit den Einflussgrößen für die betrachtete Filiale

Messkonzept: Standard-Messkonzept

Energieeffizienzmaßnahmen:

1. Bedarfsgeführte Ansteuerung von Beleuchtung
2. Bedarfsgeführte Ansteuerung von Klimatisierung und Lüftung

2. Modellbildung

Beschreibung der Einflussgrößen

Einflussgröße	Beschreibung
Öffnungszeiten (x1)	Beschreibung der Geschäftszeiten der Filiale
Verkaufsbeleuchtung (x2)	Beschreibung der Schaltzeiten der Verkaufsbeleuchtung
Außenbeleuchtung (x3)	Beschreibung der Schaltzeiten der Werbe-/Außenbeleuchtung
Temperaturdifferenz Kühlen (x4)	Wert zur Beschreibung des Kühl-Falles in Abhängigkeit der Außentemperatur
Temperaturdifferenz Heizen (x5)	Wert zur Beschreibung des Heiz-Falles in Abhängigkeit der Außentemperatur
Klimaanlage (x6)	Einschaltung Klimaanlage nach Zeitschaltprogramm
Lüftung (x7)	Einschaltung Lüftungsanlage nach Zeitschaltprogramm
Anomalie Abschaltung (x8)	Händische Abschaltung Klima/Lüftung

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

Einfluss der **Außentemperatur T_A** :

- Aus der Analyse des Lastgangs im Betrachtungszeitraum ergibt sich, dass Leistungsspitzen über das gesamte Jahr durch die temperaturabhängige Zuschaltung der Lüftungs- bzw. Klimageräte auftreten.

Der Einfluss der Größen **„Heizen“ und „Kühlen“** wird wie folgt beschrieben:

- „Kühlen“: Außentemperatur $T_A > \text{Schwellwert } T_S \rightarrow \text{Einflussgröße: } x_4 = T_A - T_S$
- „Heizen“: Außentemperatur $T_A < \text{Schwellwert } T_S \rightarrow \text{Einflussgröße: } x_5 = T_S - T_A$
- Über die Einflussgrößen „Heizen“ und „Kühlen“ werden die Einflüsse der temperaturabhängigen Zuschaltung der Lüftungs- bzw. Klimaanlage abgebildet.

Baseline-Zeitraum

Zur Bildung des Modells (Baseline) wurde der Zeitraum vom 28.04.2020 bis zum 15.12.2020 vor Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen gewählt. Für die Modellbildung wurden die Lastgangdaten außerhalb der pandemiebedingten Ladenschließungen bzw. den Teillastbetrieben gewählt. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgte im Dezember 2020, sodass der Berichtszeitraum am 17.12.2020 beginnt. Der im Zeitraum 17.12.2020 – 27.05.2021 vorherrschende Teillastbetrieb wurde als Sonderöffnung berücksichtigt (siehe Abb. 3).

Baseline-Bildung

Zur Baseline-Bildung wurde mittels Regressionsanalyse ein Modell auf Basis von Stundenwerten erstellt. Die hohe Auflösung auf Stundenbasis dient außerdem dazu, das Modell als digitalen Gebäudewilling zur Prognose von Energieverbräuchen und -potentialen als auch zur Erkennung von Anomalien einzusetzen. Als Lastgangdaten wurden Daten vom RLM-Einspeisezähler des Messstellenbetreibers genutzt.

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

$$\begin{aligned} \text{Lastgang [kW]} \\ = 21,32 + 22,70 * x1 + 15,65 * x2 + 1,62 * x3 + 1,37 * x4 + 0,49 * x5 + 1,53 \\ * x6 + 0,59 * x7 - 19,44 * x8 \end{aligned}$$

Die Zuordnung der Koeffizienten zu den Einflussgrößen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 2 zeigt die statistischen Ergebniswerte der linearen Regression zum verwendeten Modell.

Multipler Korrelationskoeffizient	0,972063961
Bestimmtheitsmaß	0,944908345
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,944829076
Standardfehler	5,376506186
Beobachtungen	5569

Tabelle 2: Statistische Ergebniswerte der linearen Regression

3. Ergebnisse und Auswertung

Beschreibung der Lastgänge vor, während und nach den Effizienzmaßnahmen

Im Folgenden wird der Reallastgang dem Modelllastgang in zwei Darstellungen gegenübergestellt. Dazu wird der Verlauf im Zeitraum der Baseline-Bildung sowie während des Berichtszeitraums aufgezeigt. Der unbereinigte Lastgang (in grau) bildet den tatsächlich gemessenen Lastgang ab. Der bereinigte Lastgang (in rot) stellt den durch die Einflussgrößen gebildeten Lastgang (Modell) dar. Im Baseline-Zeitraum kann gegengeprüft werden, wie gut das Modell den Reallastgang abbildet (Abbildung 2). In Abbildung 3 ist anhand des Lastganges im Berichtszeitraum der Rückgang der Last durch die Effizienzmaßnahmen erkennbar. Die niedrigere Last bis Ende Mai (grün markiert) ist auf die Teilöffnung („Click & Collect“) während des Lockdowns zurückzuführen. Entsprechende Anpassungen im Betrieb einzelner Verbraucher sind über die oben beschriebenen Einflussgrößen im Modell abgebildet.

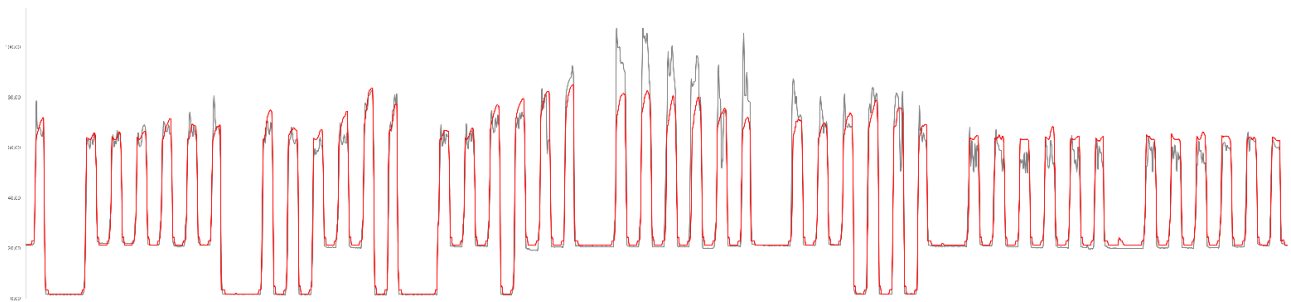


Abbildung 2: Lastgang im Baseline-Zeitraum (Ausschnitt: 18.07.2020 – 05.09.2020). Grau: Reallastgang (Messwerte); Rot: Modelllastgang.

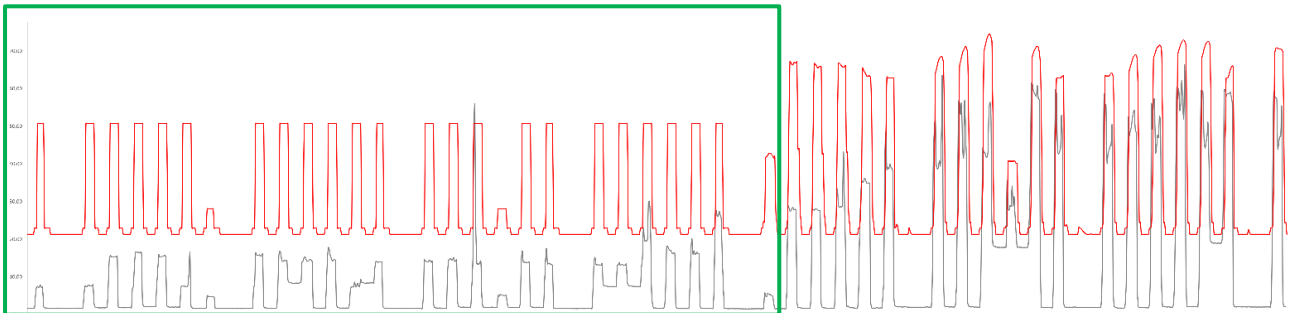


Abbildung 3: Lastgang im Berichtszeitraum (Ausschnitt: 24.04.2021 - 14.06.2021). Grau: Reallastgang (Messwerte); Rot: Modelllastgang, Grün markiert: Teilöffnung „Click & Collect“.

Einsparungen im Zeitraum 17.12.2020 - 14.06.2023:

Energiemenge: 401.203 kWh

Effizienzsteigerung: 48 % (Reduzierte Energiemenge im Vergleich zum Baseline-Zeitraum)

Ergänzende Anmerkungen nach Überarbeitung zum 4. Zwischennachweis 2022:

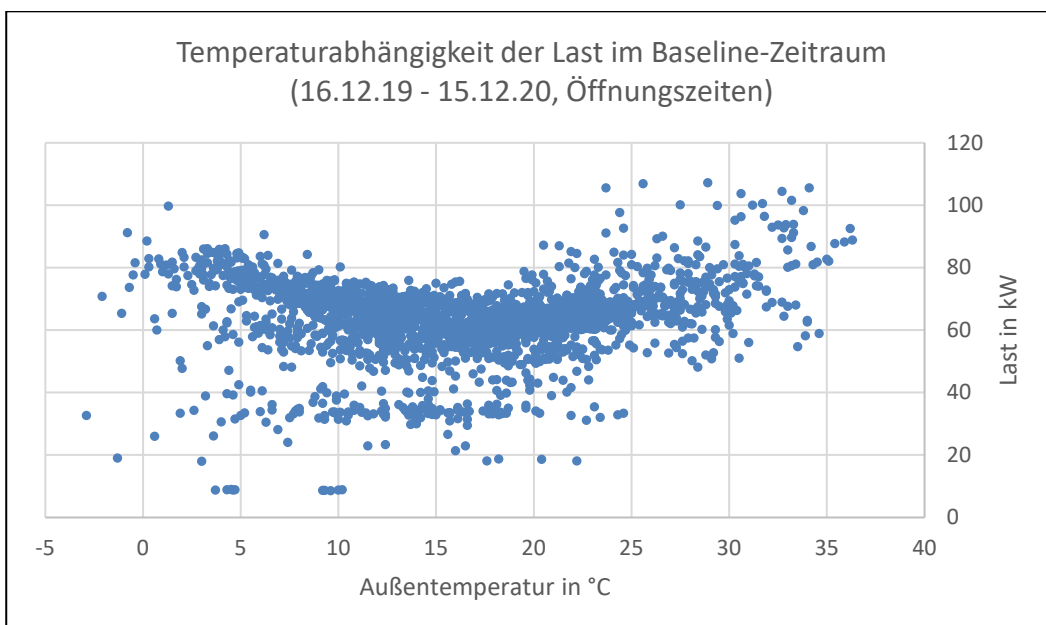
- Der Zeitraum für die Baseline-Bildung wurde auf ein komplettes Jahr ausgeweitet, um alle jahreszeitlich bedingten Effekte in das Modell einzubeziehen.
- Die Abhängigkeit der Last von der Außentemperatur während der Öffnungszeiten am Standort wurde durch Auftragung der Messwerte im Baseline-Zeitraum in einem Streudiagramm untersucht.
- Ein Außentemperatureinfluss konnte nicht nachgewiesen werden. Die Einflussgröße Temperaturdiff. Kühlen (x7) wurde daher aus dem Modell gestrichen.
- Nach Neuberechnung der Modellparameter ergibt sich für den Modelllastgang folgende Funktion:

$$\begin{aligned}
 \text{Lastgang}_{\text{neu}}[\text{kW}] &= 22,54 + 23,48 * x1 + 13,18 * x2 + 2,87 * x3 + 1,26 * x4 + 0,8 * x5 \\
 &+ 0,63 * x6 + 1,71 * x7 - 18,94 * x8
 \end{aligned}$$

Mit den statistischen Werten: Multipler Korrelationskoeffizient: 0,962; Bestimmtheitsmaß: 0,925; Adj. Bestimmtheitsmaß: 0,925; Standardfehler: 6,85.

- Die aus der Differenz von Modell und gemessenem Lastgang berechneten Energieeinsparungen ändern sich im bisher betrachteten Nachweiszeitraum um insgesamt + 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. Förderjahr	-	-	-
3. Förderjahr	86.743	93.816	8 %
4. Förderjahr	140.387	147.256	5 %
gesamt	227.130	241.072	6 %



Korrektur zu den ergänzenden Anmerkungen nach Überarbeitung zum 4. Zwischennachweis 2022:

In der weiteren Überprüfung der vorgenommenen Modellkorrekturen und obenstehenden Ausführungen wurde eine Diskrepanz festgestellt. Folgende Aussage muss entsprechend der tatsächlich erfolgten Anpassungen korrigiert werden:

- Ein Außentemperatureinfluss konnte nicht nachgewiesen werden. Die Einflussgröße Temperaturdiff. Kühlen (x7) wurde daher aus dem Modell gestrichen.

Zu:

- Der Außentemperatureinfluss konnte sowohl für den Heiz- als auch den Kühlfall nachgewiesen werden. In visueller Ableitung aus dem Streudiagramm (Last über Außentemperatur) wurde der Schwellwert für den Heizfall von 18 °C auf 12 °C herabgesetzt, wodurch die Funktion für den Modelllastgang und die daraus berechneten Einsparungen, wie oben angegeben, korrigiert wurden.

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:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages