

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

Hörburger GmbH, Objekt Nr. 14 – Einzelhandelsfiliale

## 1. Systembeschreibung

Betrachtet wird das Gesamt-System „Filiale“ in Bezug auf den elektrischen Gesamt-Energiebedarf. Zusätzliche Wärme ist vorhanden und wird zur Beheizung der Neben- und Verkaufsflächen genutzt. Die Verbraucher, die in die energetische Betrachtung zur Optimierung miteinbezogen werden, sind drei Lüftungsanlagen, die im nachfolgenden zusammengefasst als ein Lüftungssystem betrachtet werden. Optimiert wird in einem ersten Schritt der elektrische Energiebedarf durch die Implementierung einer bedarfsgeführten Regel- und Steuereinheit für die Lüftungsanlage. Für das vorliegende System wurde im Rahmen der Energieeffizienz-Steigerung vorerst nur die Lüftungsanlage betrachtet. Im kontinuierlichen Verbesserungsprozess des Gesamtsystems werden in den folgenden Förderjahren noch weitere Maßnahmen durchgeführt, um die Energieeffizienz in Bezug auf das Gesamtsystem weiter zu steigern.

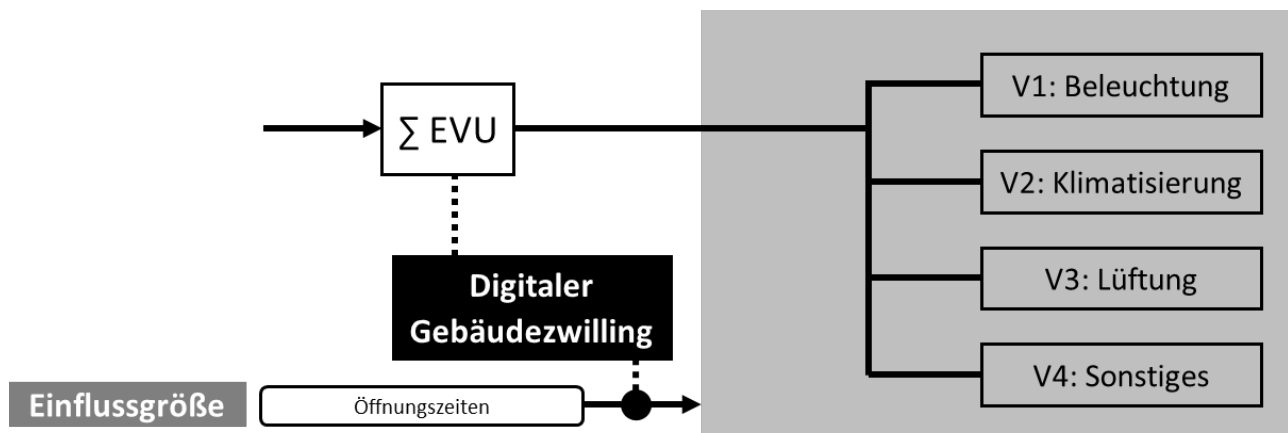


Abbildung 1: Systemskizze mit den Einflussgrößen für die betrachtete Filiale

**Messkonzept:** Standard-Messkonzept

**Energieeffizienzmaßnahmen:**

1. Bedarfsgeführte Ansteuerung der Lüftungsanlagen

## 2. Modellbildung

### Beschreibung der Einflussgrößen

Einflussgröße	Beschreibung
Öffnungsstunden pro Tag (x1)	Öffnungsdauer in Stunden für jeden Tag

Tabelle 1: Einflussgrößen für die Modellbildung

### Baseline-Zeitraum

Zur Bildung des Modells und als Baseline wurde der Zeitraum vom 25.09.2018 bis zum 17.04.2019 vor Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen gewählt. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgte im April und Mai 2019, sodass der Berichtszeitraum ab dem 09.05.2019 begann. Der gewählte Zeitraum für die Baseline umfasst für das betrachtete System kein gesamtes Jahr, da vor dem Beginn des Baseline-Zeitraums im September 2018 eine andere Betriebsführung erkennbar ist. Dennoch eignet sich der Zeitraum von mehr als 9 Monaten zur Baseline-Bildung, da das Filial-Verhalten bezüglich des Energiebedarfes ausreichend gut ohne den Einbezug von Temperatureinflüssen modelliert werden kann.

### Baseline-Bildung

Zur Baseline-Bildung wird die Modellbildung auf Basis der Regressions-Analyse anhand von Tages-Werten durchgeführt. Das vorliegende System zeigte vor der Effizienz-Maßnahme einen massiven Mehrverbrauch auf, der sich durch einen Defekt sowie eine nicht bedarfsgerechte Ansteuerung der Lüftungsanlage begründete. Die gewählte Baseline zeigt den Energiebedarf in Abhängigkeit von den Filial-Betriebsstunden pro Tag auf. Da der Baseline-Zeitraum keine Tage mit Kühl-Bedarf miteinbezieht, kann der Temperatureinfluss nicht modelliert werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass eine Modellierung mit Außentemperatureinfluss besonders an Tagen mit Außentemperaturen  $> 25\text{ °C}$  in einem höheren elektrischen Energiebedarf resultieren würde. 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 zwei Darstellungen gegenübergestellt. Dazu wird der Verlauf im Zeitraum der Baseline-Bildung, sowie des Berichtszeitraums aufgezeigt. Der unbereinigte Verlauf (in rot) zeigt die tatsächlich benötigte elektrische Energiemenge auf. Der bereinigte Verlauf (in schwarz) zeigt den durch die Einflussgröße gebildeten Verlauf der benötigten elektrischen Energiemenge pro Tag als Modell auf. Im Baseline-Zeitraum kann gegengeprüft werden, wie gut das Modell den IST-Bedarf abbildet. In der zweiten Darstellung ist im weiteren Verlauf des Berichtszeitraums zu sehen, inwieweit sich der Betrieb der Filiale geändert hat und die resultierende Auswirkung auf den elektrischen Energiebedarf.

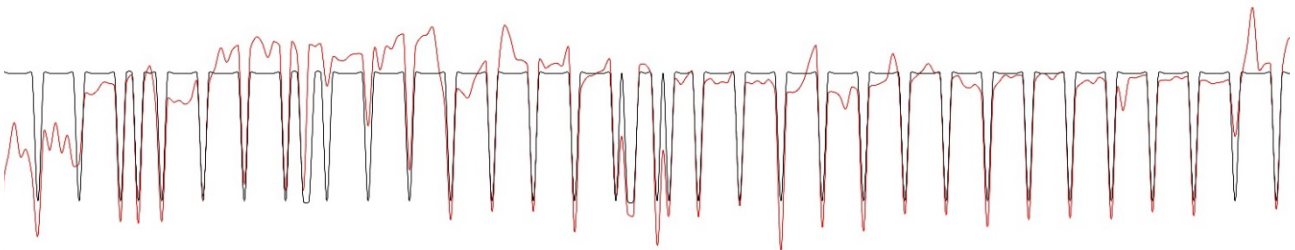


Abbildung 2: Baseline-Zeitraum (25. September 2018 – 17. April 2019). Rot: unbereinigt; Schwarz: bereinigt.

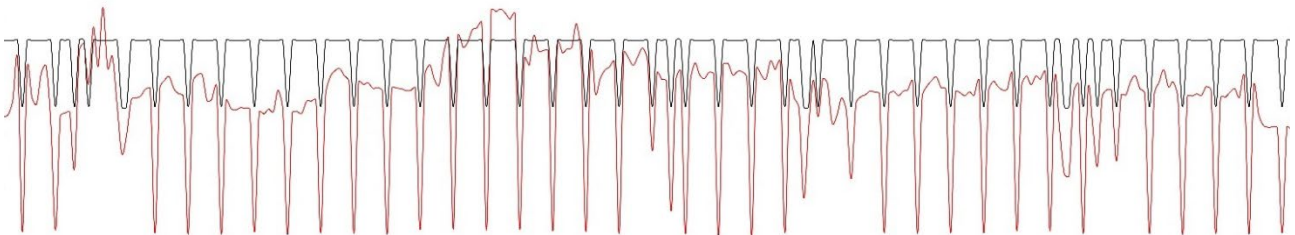


Abbildung 3: Ausschnitt Berichtszeitraum (Mai 2019 – Januar 2020). Rot: unbereinigt; Schwarz: bereinigt.

#### Ergebnis der Baseline-Bildung

Als Ergebnis der statistischen Modell-Bildung ergibt sich folgende mathematische Funktion in Abhängigkeit einer Einflussgröße:

$$\text{Energiemenge pro Tag [kWh]} = 1430,4 + 64,72 * x1$$

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	0,887
Bestimmtheitsmaß	0,788
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,787
Standardfehler	114,4
Beobachtungen	205

Tabelle 2: Statistische Ergebniswerte der linearen Regression

**Einsparungen im Zeitraum 09.05.2019 – 14.06.2022 (Ergebnis aus Berechnung nach Modellanpassung):**

Energienmenge: 641.468 kWh

Effizienzsteigerung: 30 % (eingesparte Energiemenge in Bezug auf Modell-Verbrauch im Betrachtungszeitraum)

**Ergänzende Anmerkungen nach Überarbeitung zum 3. Zwischennachweis 2021 (Modell 2):**

Zur Verbesserung der Modellgüte (R2) wurde das Regressionsmodell weiter angepasst:

- Umstellung von Tages- auf Stundenbasis
- Berücksichtigung von Sonderöffnungen und Sonderschließungen
- Identifikation weiterer Einflussgrößen im Baseline-Zeitraum und Berücksichtigung dieser in der Modellbildung:
  - „Vor-Nach-Bereitung“ (x2): Berücksichtigt die vor und nach der Öffnungszeit gemessene Last, die durch z. B. Ein-/Ausschaltung von Beleuchtungskomponenten erklärbar ist.
  - „Sonntage“ (x3): Entsprechend den Öffnungszeiten ist an den Sonntagen von keinem Energieverbrauch auszugehen. Im Lastgang ist jedoch eine erhöhte Last im Vergleich zu den Nachtstunden zu erkennen.
- Die Berücksichtigung der Außentemperatur über die Einflussgrößen „Kühl-Differenz“ und „Heiz-Differenz“ wurde nach weiterer Überprüfung ausgeschlossen. Deren Einfluss auf den Modellverlauf ist vernachlässigbar. (Die Modell-Koeffizienten liegen bei 0,1 bzw. -0,1). Ein Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Energieverbrauch ist dem Lastgang auch nicht zu entnehmen.
- Der Zeitraum für die Baseline-Bildung bleibt unverändert.
- Neuer Korrelationskoeffizient: 0,912, (adj.) Bestimmtheitsmaß: 0,832
- Die Abbildung des Lastganges auf Basis von Stundenwerten durch die Modellwerte im Baseline-Zeitraum ist in Abbildung 4 ersichtlich.



Abbildung 4: Lastgang aus Messwerten (grau) und Modellrechnung (rot) im Baseline-Zeitraum, Ausschnitt vom 06.12.18 – 19.12.18

- Die Energieeinsparung im Nachweiszeitraum durch Absenkung der Grundlast zeigt Abbildung 5.

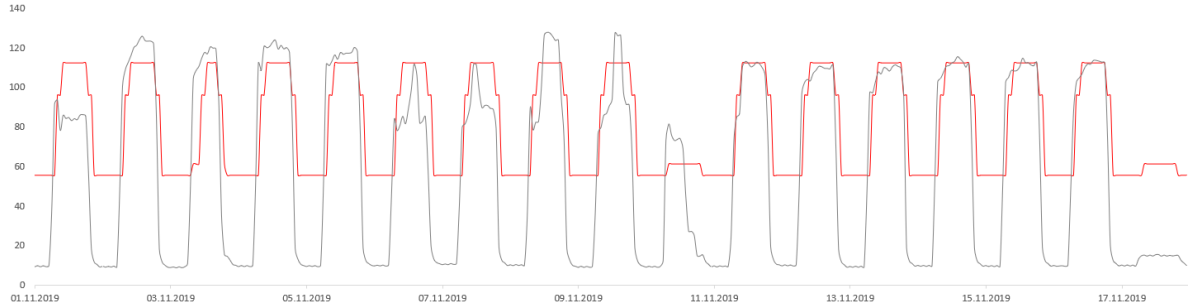


Abbildung 5: Lastgang aus Messwerten (grau) und Modellrechnung (rot) im Nachweiszeitraum, Ausschnitt vom 01.11.19 – 17.11.19

#### Ergänzende Anmerkungen nach Überarbeitung zum 4. Zwischennachweis 2022 (Modell 3):

- Die Abhängigkeit der Last von der Außentemperatur während der Öffnungszeiten am Standort wurde durch Auftragung der Messwerte im Zeitraum vor Umsetzung der Effizienzmaßnahme in einem Streudiagramm untersucht.
- Ein Außentemperatureinfluss konnte nicht nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 6 und 7), sodass die Außentemperatur auch weiterhin nicht als Einflussgröße in der Modellbildung beachtet wird.
- Die weiterhin identifizierten Einflussgrößen „Vor-Nach-Bereitung“ (x2) und „Sonntage“ (x3) wurden weiter untersucht und deren Berücksichtigung als Einflussfaktor im Modell weiter angepasst:
  - „Vor-Nach-Bereitung“ (x2): Anstelle der Ableitung aus dem Lastgang wird der Einfluss anhand des spezifischen Zeitbezuges abgebildet.
  - „Sonntage“ (x3): Die regelmäßig während derselben Uhrzeiten auftretende erhöhte Grundlast konnte auf eine Grundbeleuchtung zurückgeführt werden. Während der Werktage (Öffnungszeiten) fiel diese in die gemessene Gesamtlast und war daher nur an den Sonn- und Feiertagen explizit erkennbar. Die Einflussgröße wurde in „Grundbeleuchtung“ umbenannt.
- Nach Neuberechnung der Modellparameter mit den Einflussgrößen Öffnungszeiten (x1), „Vor-Nach-Bereitung“ (x2) und „Grundbeleuchtung“ (x3) ergibt sich für den Modelllastgang folgende Funktion:

$$\text{Lastgang}_{\text{neu}}[\text{kW}] = 56,56 + 45,25 * x1 + 35,22 * x2 + 9,97 * x3$$

Mit den statistischen Werten:

Multipler Korrelationskoeffizient: 0,915; Bestimmtheitsmaß: 0,836; Adj. Bestimmtheitsmaß: 0,836;

Standardfehler: 11,52.

- Die aus der Differenz von Modell- und gemessenem Lastgang berechneten Energieeinsparungen ändern sich im bisher betrachteten Nachweiszeitraum gegenüber dem zuvor eingereichten Modell nur unwesentlich ( $< 1\%$ ). Nachfolgend eine vergleichende Übersicht der bisherigen (eingereichten) mit den Neuberechneten Summen.

	Berechnete Energieeinsparungen in kWh			Abweichung Modell 2-3
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	
1. Förderjahr	13.333	16.520	16.528	0 %
2. Förderjahr	180.748	213.055	214.677	1 %
3. Förderjahr	186.832	224.978	224.428	0 %
4. Förderjahr	175.800	200.529	199.641	0 %
Gesamt	556.713	655.082	655.274	0 %

Tabelle 3: Vergleich der berechneten Energieeinsparungen in kWh vor und nach der Modellanpassung von Modell 2 zu Modell 3

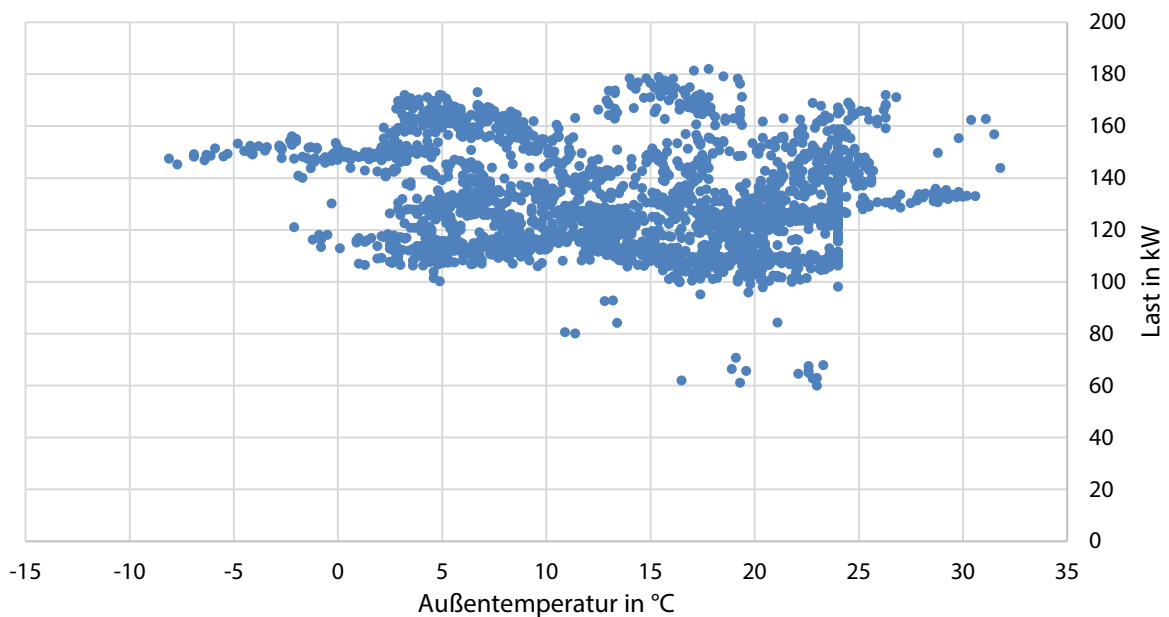


Abbildung 6: Mittlere stündliche Leistung über der Außentemperatur. Messwerte aus dem Jahr 2018 während der Öffnungszeiten ( $\text{ÖZ} = 1$ )

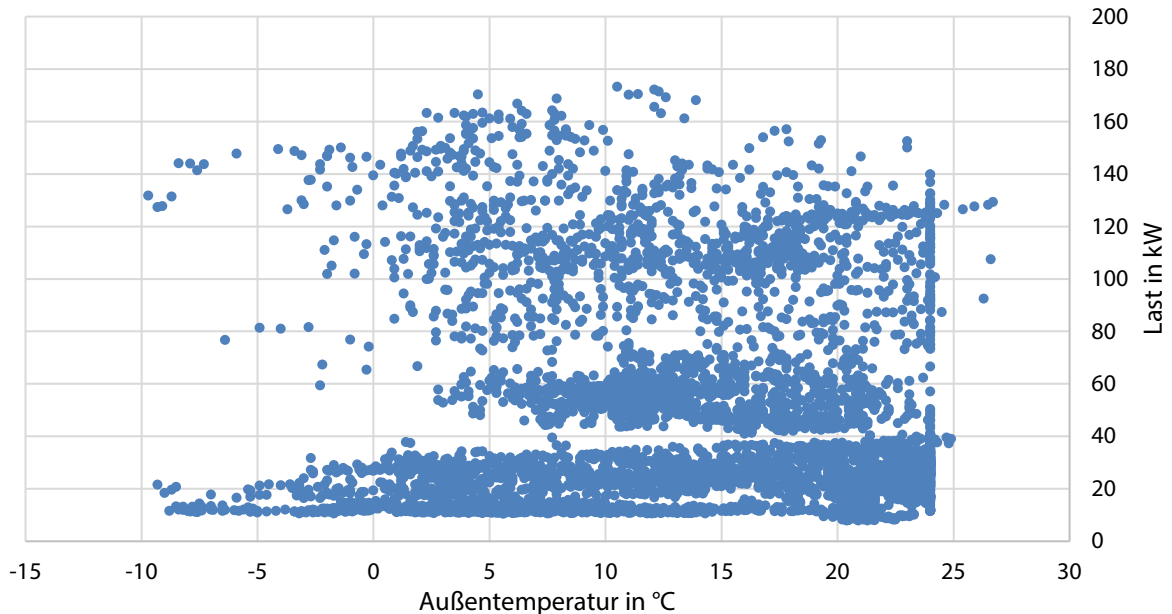


Abbildung 7: Mittlere stündliche Leistung über der Außentemperatur. Messwerte aus dem Jahr 2018 außerhalb der Öffnungszeiten (ÖZ = 0)

### Ergänzende Anmerkungen nach Überarbeitung zum 5. Zwischennachweis 2023 (Modell 4):

#### 1. Bereinigung um Datenlücken (Fehldaten)

- In einer nachträglichen Überarbeitung des Modell 3 wurden die Berechnungen zum Einsparnachweis auf Fehldaten im Nachweiszeitraum bereinigt.
- Auf Grundlage einer Plausibilitätsanalyse der Messwerte wurden Zeiträume identifiziert, in denen Fehldaten durch Probleme in der Datenerfassung bzw. -übertragung generiert wurden. Diese können auf Störungen in der Datenverbindung und/oder Gerätefehler (Stromzähler) zurückgeführt werden. Dadurch sind in den betreffenden Zeiträumen Datenlücken entstanden, die als Messwerte  $\leq 0,1$  kW definiert werden.
- Die Datenlücken umfassen einen Zeitraum von insgesamt 7,5 Tagen. Konkret sind folgende Zeiträume betroffen:
  - 20.04.2021 (00:00 – 06:00 Uhr)
  - 28.07.2021
  - 15.10.2021 – 19.10.2021
  - 24.11.2021
- Die Bereinigung erfolgt mit der Berechnung der Energieeinsparungen aus der kumulierten Differenz zwischen Modell- und gemessener Last durch das Ausklammern von Zeiträumen mit unplausiblen Messwerten in den Lastdaten.

- Die berechneten Energieeinsparungen ändern sich damit wie folgt (Abweichungen rot markiert):

	Berechnete Energieeinsparungen in kWh				Abweichung Modell 3-4
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	
1. Förderjahr	13.333	16.520	16.528	16.528	0 %
2. Förderjahr	180.748	213.055	214.677	214.677	0 %
3. Förderjahr	186.832	224.978	224.428	224.032	0,2 %
4. Förderjahr	175.800	200.529	199.641	186.231	6,7 %
Gesamt	556.713	655.082	655.274	641.468	2,1 %

Tabelle 4: Vergleich der berechneten Energieeinsparungen in kWh vor und nach der Modellanpassung von Modell 3 zu Modell 4

## 2. Nicht-Berücksichtigung der Sommermonate im Modellzeitraum

- Die Sommermonate wurden nicht im Modell berücksichtigt: Die im für die Baseline-Bildung verfügbaren Zeitraum (Datenverfügbarkeit) vorherrschende, wechselnde Betriebsführung machte die Modellbildung auf Grundlage von Lastgangdaten eines kompletten Jahres unmöglich. Wie in den einleitenden Ausführungen zum Baseline-Zeitraum sowie in den „Ergänzenden Anmerkungen nach Überarbeitung“ zum 3. bzw. 4. Zwischennachweis diskutiert, kann ein Außentemperatureinfluss auf den betrachteten Lastgang ausgeschlossen werden. Auf dieser Grundlage wird das Ausklammern der Sommermonate bei der Modellerstellung begründet.

## 3. Nachgewiesene Einsparungen überwiegend außerhalb der Öffnungszeiten (ÖZ):

- In der Gegenüberstellung von Modell- und Ist-Lastgang ist eine deutliche Energieeinsparung außerhalb der Öffnungszeiten (ÖZ) zu erkennen, wohingegen der Energieverbrauch während der ÖZ nahezu unverändert bleibt.
- Die Einsparungen können auf die in der Modellbeschreibung beschriebenen Maßnahmen zurückgeführt werden: Durch die bedarfsgeführte Ansteuerung der Lüftungsanlagen wurde die zuvor beobachtete erhöhte Grundlast deutlich reduziert. Diese war auf den zeitunabhängigen Betrieb der Lüftung zurückzuführen.
- Die Änderung des Energieverbrauchs während bzw. außerhalb der ÖZ wurde durch Gegenüberstellung der in den entsprechenden Zeiten gemessenen Energiemengen vor und nach Maßnahmenumsetzung weiter untersucht. Der Einfluss der Nicht-ÖZ auf die Menge der berechneten Energieeinsparungen wird im Vergleich der mittleren jährlichen Energiemengen deutlich:



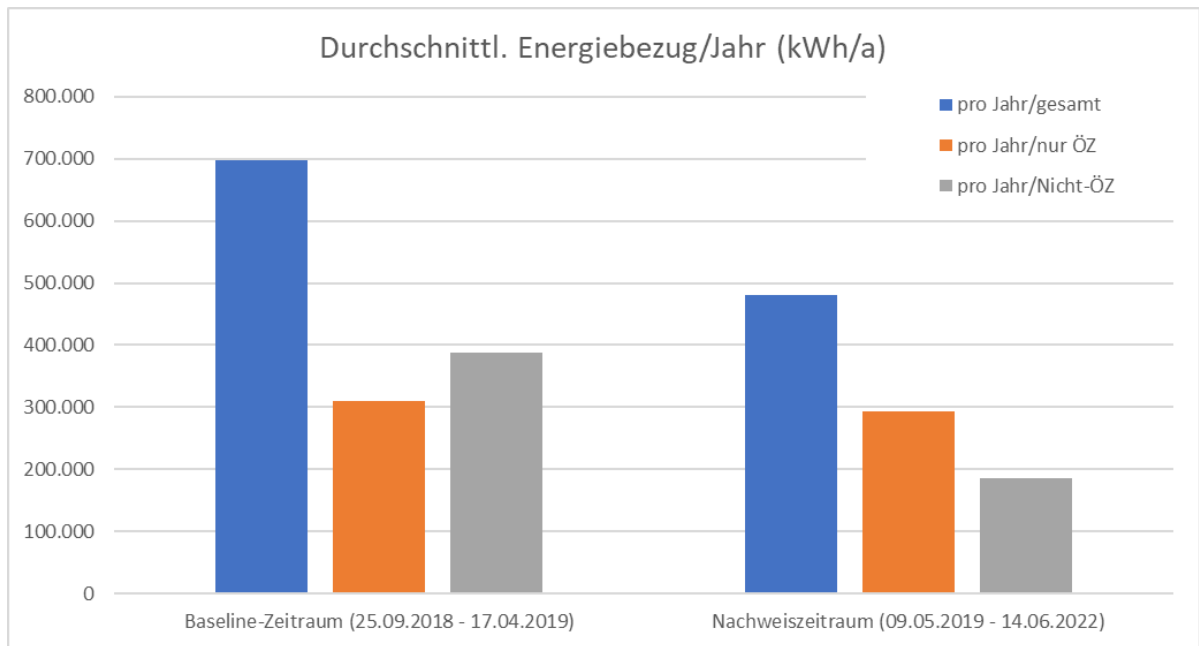


Abbildung 8: Durchschnittlicher Energiebezug / Jahr (kWh/a)

Dieser Trend bestätigt sich weiter in der Entwicklung der absoluten Jahresenergiemengen (optimierter Betrieb nach Maßnahmenumsetzung im Mai/Juni 2019 ab 2020):

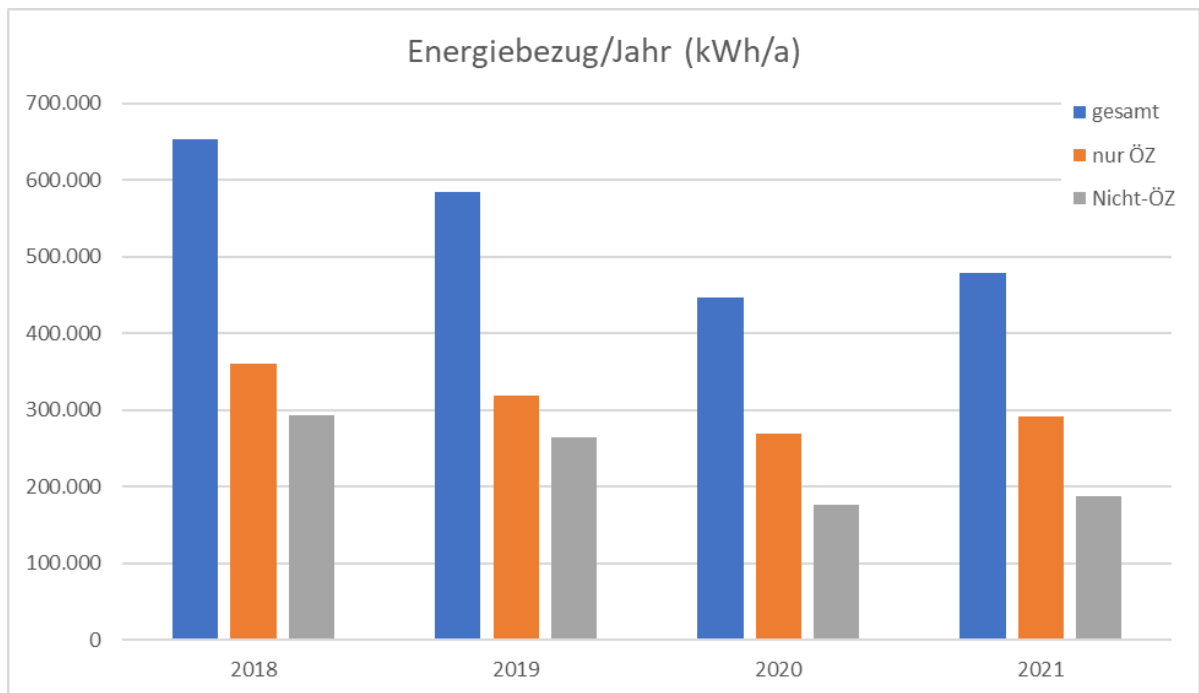


Abbildung 9: Absolute Jahresenergiemengen pro Jahr

## 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](mailto:erfurt@hoerburger.de)

[www.hoerburger.de](http://www.hoerburger.de)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages