

Sachbericht

**Anlage zum Verwendungsnachweis Bundesförderung für das Pilotprogramm
Einsparzähler**

Inhalt

1	Energetische Ausgangsbasis (Baseline) und Energieeinsparungen.....	3
1.1	Zusammenfassung: Erreichte Einsparung für alle Projekte	4
1.2	Schnellrestaurant Nr. PLZ-71_S1 (PLZ Gebiet 71, Baden-Württemberg)	5
1.2.1	Allgemeines	5
1.2.2	Baseline Datengrundlage und Methode.....	5
1.2.3	Baseline Erweiterung.....	7
1.2.4	Validierung des Baseline-Modells und Ungültige Werte.....	8
1.2.5	Einsparberechnung für PLZ-71_S1.....	10
1.3	Schnellrestaurant Nr. PLZ-77_S1 (PLZ Gebiet 77, Baden-Württemberg)	12
1.3.1	Allgemeines	12
1.3.2	Baseline-Messung: Aussonderung ungültiger Datenpunkte (OFF)	12
1.3.3	Modellvalidierung (nur Lüftung+Klima) PLZ-77_S1	16
1.3.4	Einsparberechnung für PLZ-77_S1.....	17
1.4	Schnellrestaurant Nr. PLZ-80_S1 (PLZ Gebiet 80, Bayern).....	19
1.4.1	Projekthintergrund	19
1.4.2	Baseline-Erstellung Strom.....	20
1.4.3	Einsparberechnung Strom	25
1.4.4	Baseline-Erstellung Wärme	27
1.4.5	Einsparberechnung Wärme	29
1.5	Schnellrestaurant Nr. PLZ-66_S1 (PLZ Gebiet 66, Saarland) – Korrigierte Baseline & Einsparberechnung.....	31
1.5.1	Strom- Einsparberechnung für den Einsparzeitraum VN4	31
1.5.2	Flüssiggas: korrigierte Baseline sowie Einsparung für Zeiträume ZVN2 und ZVN3.....	31
1.6	Schnellrestaurants mit Referenz-Baseline vom Schnellrestaurant PLZ-94_S1 – erreichte Einsparung	32
1.6.1	Schnellrestaurant Nr. PLZ-94_S1 (PLZ Gebiet 94, Bayern)	36
1.6.2	Schnellrestaurant Nr. PLZ-89_S1 (PLZ Gebiet 89, Baden-Württemberg)	38
1.6.3	Schnellrestaurant Nr. PLZ-97_S1 (PLZ Gebiet 97, Bayern)	40
1.6.4	Schnellrestaurant Nr. PLZ-75_S1 (PLZ Gebiet 75, Baden-Württemberg).....	42
1.6.5	Schnellrestaurant Nr. PLZ-97_S2 (PLZ Gebiet 97, Baden-Württemberg).....	44
1.6.6	Schnellrestaurant Nr. PLZ-73_S1 (PLZ Gebiet 73, Baden-Württemberg).....	46
1.6.7	Schnellrestaurant Nr. PLZ-83_S1 (PLZ Gebiet 83, Bayern)	48
1.6.8	Schnellrestaurant Nr. PLZ-63_S1 (PLZ Gebiet 63, Hessen)	50
1.6.9	Schnellrestaurant Nr. PLZ-83_S2 (PLZ Gebiet 83, Bayern)	52
1.6.10	Schnellrestaurant Nr. PLZ-84_S2 (PLZ Gebiet 84, Bayern)	54
1.7	Schnellrestaurant Nr. PLZ-84_S1 (PLZ Gebiet 84, Bayern) – erreichte Einsparung	56

1 Energetische Ausgangsbasis (Baseline) und Energieeinsparungen

Die energetische Ausgangsbasis ist wegen der Heterogenität von Lüftungsanlagen und der unterschiedlichen (Wärme-)Energieträger je Endkunde projektspezifisch zu definieren. In Kapitel 13 (siehe unten) sind alle Projekte aufgelistet, für die eine Baseline-Messung, oftmals mit mobilem Messequipment, stattgefunden hat.

Wegen der komplexen Endkunden-spezifischen Modellbildung beschränken wir uns in den nachfolgenden Ausführungen darauf, die Baseline nur für diejenigen Endkundenprojekte zu beschreiben, für welche wir in diesem Zwischenverwendungsnachweis Einsparungen für die Leistungskomponente geltend machen. Einsparungen werden in diesem ZVN für die in diesem Kapitel dargestellten Projekte geltend gemacht.

Hierbei wird die Baseline stets in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und teilweise in Abhängigkeit von der Uhrzeit bzw. den Betriebszeiten modelliert. Bzgl. der Umgebungstemperatur greifen wir stets auf öffentlich verfügbare Umgebungstemperatur-Messdaten des Deutschen Wetterdienstes für die nächst gelegene Wetterstation zurück, üblicherweise in hoher zeitlicher Auflösung (10 Min.). Zwar könnten wir auch eigene Messdaten verwenden, zumal wir die Umgebungstemperatur quasi immer mit-messen. Wenn wir allerdings Baseline-Messung und Einsparmessung an unterschiedlichen Messpositionen und ggf. mit unterschiedlicher Sensorik messen, was oftmals unvermeidlich ist, können sich leicht Mess-Abweichungen von mehreren Kelvin einstellen, die zu systematischen Verzerrungen bei der Einsparberechnung führen würden.

Das erste Unterkapitel (0) fasst die Detail-Ergebnisse der nachfolgenden Unterkapitel zusammen und stellt somit die gesamte im Verwendungsnachweiszeitraum erzielte Einsparung bzw. Leistungskomponente dar. Die drei Unterkapitel, 1.2, 1.3 und 1.4 beschreiben Anlagen, deren Einsparberechnungen in diesem Verwendungsnachweis neu hinzugekommen sind, wo also die Baseline neu aufgestellt wird. In den Kapiteln 1.5, 1.6 und 1.7 sind Einsparberechnungen dargestellt, welche die Einsparungen gegen eine Baseline rechnen, die bereits in den vorangegangenen Verwendungsnachweiszeiträumen dargestellt wurden.

1.1 Zusammenfassung: Erreichte Einsparung für alle Projekte

Die nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse dieses Kapitels 7 und die daraus abgeleitete Vergütungshöhe für die Leistungskomponente zusammen:

Tabelle 1: Erreichte Einsparung für alle Endkundenprojekte aus VN4 (Strom à 17 ct/kWh, Gas+Fernwärme à 7 ct/kWh,)

Kapitel	Standort	Eingesparter Energie-träger	Beginn Messperiode	Ende Messperiode	kWh Ein-sparung	€ Einsparung
Summe Leistungs-kompo-nente	Alle Projekte	Alle Ener-gie-träger				132.247,72 €
Summe Leistungs-kompo-nente	Alle Projekte	Strom			653.147	111.034,99 €
Summe Leistungs-kompo-nente	Alle Projekte	Gas, Wärme, Kälte			303.039	21.212,73 €
7.1	PLZ-71_S1	Strom	22.09.2021	30.09.2022	65.952	11.211,88 €
7.2	PLZ-77_S1	Strom	18.11.2021	30.09.2022	49.582	8.428,87 €
7.3.2	PLZ-80_S1	Strom	09.10.2021	08.10.2022	131.750	22.397,43 €
7.3.5	PLZ-80_S1	Fernwärme	09.11.2021	08.10.2022	87.899	6.152,94 €
7.4.1	PLZ-66_S1	Strom	01.10.2021	30.09.2022	129.893	22.081,89 €
7.4.2	PLZ-66_S1	Gas	01.10.2021	30.09.2022	215.140	15.069,81 €
7.5.1	PLZ-94_S1	Strom	01.10.2021	30.09.2022	40.429	6.873,00 €
7.5.2	PLZ-89_S1	Strom	01.10.2021	30.09.2022	57.996	9.859,31 €
7.5.3	PLZ-97_S1	Strom	01.10.2021	30.09.2022	53.067	9.021,41 €
7.5.4	PLZ-75_S1	Strom	08.11.2021	30.09.2022	38.000	6.460,02 €
7.5.5	PLZ-97_S2	Strom	22.03.2022	30.09.2022	33.291	5.659,39 €
7.5.6	PLZ-73_S1	Strom	22.04.2022	30.09.2022	9.276	1.576,84 €
7.5.7	PLZ-83_S1	Strom	20.06.2022	30.09.2022	8.012	1.362,06 €
7.5.8	PLZ-63_S1	Strom	29.06.2022	30.09.2022	12.544	2.132,40 €
7.5.9	PLZ-83_S2	Strom	02.07.2022	30.09.2022	16.032	2.725,41 €
7.5.10	PLZ-84_S2	Strom	14.09.2022	30.09.2022	2.117	359,95 €
7.6	PLZ-84_S1	Strom	01.10.2021	30.09.2022	5.206	885,01 €

Folglich ergibt sich aus den obigen Darstellungen eine beantragte Leistungskomponente für diesen Zwischenverwendungsnachweis in Höhe von 132.280,27 €.

1.2 Schnellrestaurant Nr. PLZ-71_S1 (PLZ Gebiet 71, Baden-Württemberg)

1.2.1 Allgemeines

Beim Schnellrestaurant PLZ-71_S1 handelt es sich um ein bereits bestehendes Restaurant. Am 08.09.2021 fand ein von uns durchgeführter Umbau statt: Durch einen Auftrag des Restaurantbetreibers wurde das Lüftungssystem mit unserem Monitoring- und Regelungs-System, u.a. mit unserem neu entwickelten Hard- und Software-Paket „KitchenEye“, ausgestattet. Dieses System reguliert sowohl den Luftvolumenstrom in der Dunstabzugshaube sowie entsprechend auch die Luftzufuhr je nach Bedarf, bzw. entsprechend der Auslastung der Küche. „KitchenEye“ berücksichtigt hierbei, neben der Dampfmenge in der Haube (gemessen über eine Lichtschranke), auch das Raumklima im Restaurant und im Küchenbereich, um den Energieverbrauch möglichst gering zu halten und dabei trotzdem gute Komfort- und Luftqualitätsbedingungen zu erhalten.

Das einsparrelevante technische System besteht aus einer kombinierten Zu- und Abluft-Anlage mit Wärmerückgewinnung. Die Raumtemperatur wird durch die Zuluft geregelt.

Das Restaurant ist von Sonntag bis Donnerstag von 11:00 bis 23:00 und sowohl Freitag als auch Samstag von 11:00 bis 00:00 geöffnet.

1.2.2 Baseline Datengrundlage und Methode

Aufgrund der Tatsache, dass die Lüftungsanlage vor dem Umbau Tag und Nacht in Betrieb war, haben wir beschlossen, für die Baseline-Modellierung keine Differenzierung zwischen Tag- und Nachtverbrauch vorzunehmen. Entsprechend gibt es eine Baseline, die den gesamten Energiebedarf vor dem Umbau modelliert.

Mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate und eines Optimierungsalgorithmus, haben wir unsere Baseline bestimmt. Die Datenrundlage für unsere Baseline sind Strom-Messdaten, die vor Ort am Lüftungsgerät (und der Klimaanlage) gemessen wurden, um den Verbrauch unabhängig von den uns vorliegenden Lastgangdaten zu erfassen. Die Wetterdaten für den Standort PLZ-71_S1 kommen aus der DWD-Station „04349“ in Sachsenheim.

Für die Erstellung der Baseline wurden Daten aus einem Zeitraum von ca. 89 Tagen vor dem Umbau (11.06.21 / 21:10 Uhr) bis zum (07.09.21 / 15:00 Uhr), allerdings mit Unterbrechungen (siehe unten), verwendet. Wir konnten trotz der kurzen Messdauer und drei Messausfällen ein Temperaturspektrum von ca. 8,6 °C bis 33,4 °C abdecken.

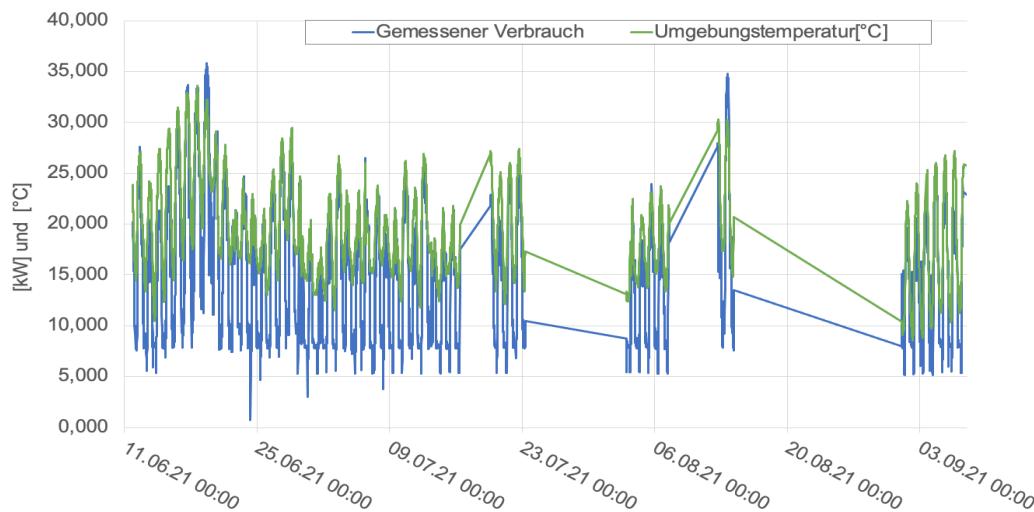


Abbildung 1: Messzeitraum auf dem die Baseline-Erstellung größtenteils beruht. Die Lücken in der Messung sind auf Fehler bei der Datenübertragung zurückzuführen. (Die Bereiche ohne jegliche „ups and downs“ sind Messlücken.) Die Tatsache, dass die Leistungswerte nie auf (nahe) 0 kW abfallen, belegen, dass die Anlage auch nachts nicht abgeschaltet war, weswegen wir auf eine Unterscheidung in Tag-Baseline und Nacht-Baseline verzichten.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, konnten keine Messwerte für den Temperaturbereich unterhalb von 8.6°C erfasst werden. Zunächst haben wir daher zunächst eine trilineare Regression auf die vorliegenden Messdaten bezogen, durchgeführt. Das Ergebnis ist graphisch in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

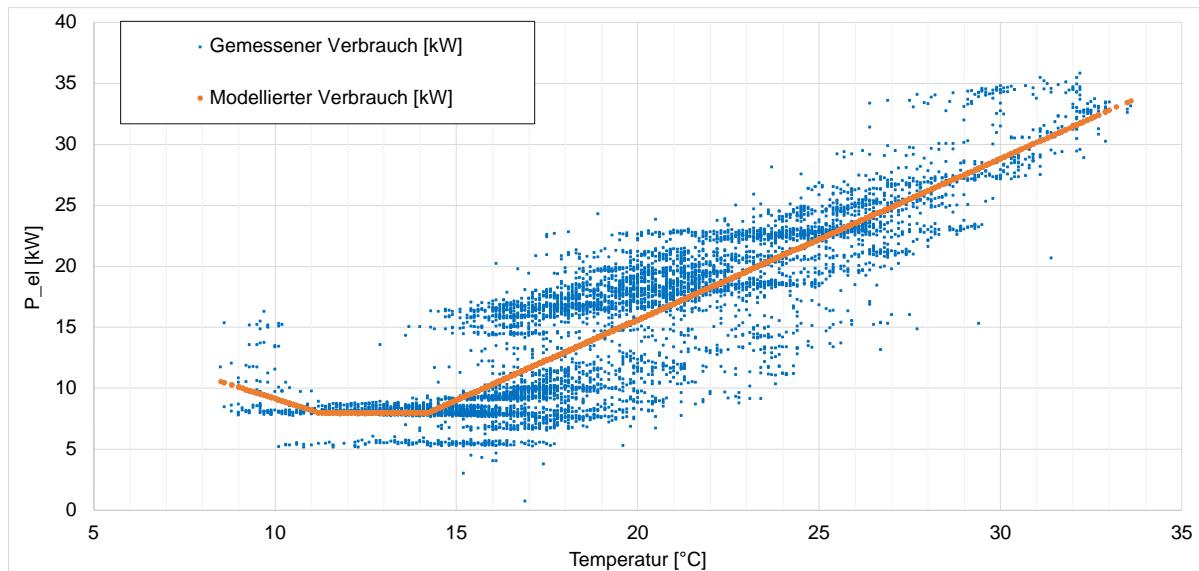


Abbildung 2: Unsere Datengrundlage aufgetragen über der Temperatur. Unter 8,6 °C gibt es keine Datenpunkte.

Nun bestand die Aufgabe darin, das vorhandene Baseline-Modell für kalte Umgebungstemperaturen zu extrapoliieren. Da die Kältemaschinen zur Raumluftkühlung der mit Abstand wichtigste Einflussfaktor auf die temperaturabhängigen Gesamtverbräuche von Schnellrestaurants sind, haben wir uns dazu entschieden, das Modell für kalte Temperaturen aus den Lastgangdaten, also den 15 Min. Stromverbrauchswerten des gesamten Restaurants, abzuleiten.

1.2.3 Baseline Erweiterung

Aus den Lastgangdaten haben wir, ebenfalls über die Methode der tri-linearen Regression, die folgende Baseline ermitteln können:

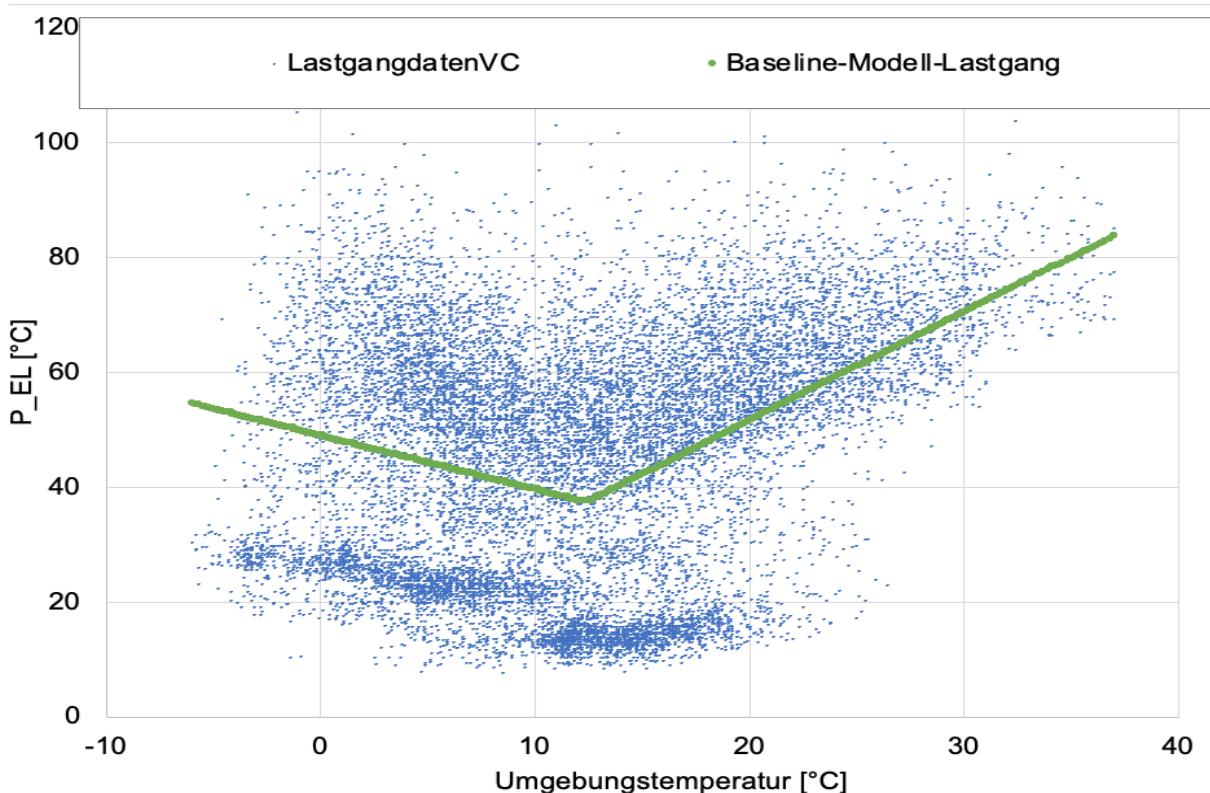


Abbildung 3: Die Lastgangdaten des Restaurants vor dem Ausbruch von COVID19 (Feb2019-Feb2020, Tag & Nacht).

Da nur Temperaturen unterhalb 8,6 °C die Lüftungsmessdaten unvollständig sind, reicht es die erste der drei Geraden, zu betrachten. Diese hat die Formel:

$$P(T) = -0,937 \cdot T + 49,148$$

Im Vergleich hat der in Abbildung 2 sehende Ansatz die Formel:

$$P(T) = -0,941 \cdot T + 18,552$$

Die Verbräuche, die durch die Lastgangdaten erfasst werden, umfassen den gesamten Strombedarf. Somit sind diese insgesamt wesentlich höher als unsere erfassten Messdaten. Daher lässt sich konstante Teil der beiden vorangehenden Gleichungen nicht zur Erweiterung der Baseline heranziehen. Da die Steigung in diesem Fall aber den wachsenden Heizbedarf bei kalten Temperaturen modelliert, sind die Steigungskoeffizienten hier hilfreicher.

Und tatsächlich sind die Steigungen $m_{\text{Lastgang}} = -0,937$ für die und $m_{\text{Ansatz}} = -0,941$ sehr ähnlich, was die Behauptung stützt, dass Lüftung+Klima der wesentliche temperaturabhängige Strom-Verbraucher ist, insbesondere im Heizbetrieb der

Wärmepumpen. Wir halten es daher für angemessen, die auf Messdaten beruhende Baseline mit den genannten Werten der Lastgang-Baseline für das Heizen zu erweitern.

Unser niedrigster, vorhandener Messpunkt liegt bei 8,6 °C daher endet auch an diesem Punkt unser bisheriges Modell. Um den Punkt zu bestimmen an dem die Baseline erweitert werden kann, setzen wir $T = 8,6 \text{ [°C]}$ in die Formel für das Baseline-Modell der Lastgangdaten und erhalten so den Punkt $P_{\min}(8,6|10,5)$.

Das Baseline-Modell besteht folglich aus vier Geraden mit folgenden Koeffizienten:

		m_i	c_i
I	heizen	-0,94150	18,55209 für $T < 8,6 \text{ [°C]}$
II	heizen	-0,93682	18,51180 für $8,6 \text{ [°C]} \leq T < 11,2 \text{ [°C]}$
III	weder/noch	0	7,97823 für $11,2 \text{ [°C]} \leq T < 14,2 \text{ [°C]}$
IV	kühlen	1,32179	-10,82059 für $14,2 \text{ [°C]} \leq T$

Eine graphische Visualisierung der Baseline ist – im Abgleich mit den Messdaten des Einsparzeitraums – in Abbildung 6, weiter unten im Dokument, dargestellt.

1.2.4 Validierung des Baseline-Modells und Ungültige Werte

In der nachfolgenden Abbildung haben wir die Lüftungsmessdaten sowie die aus dem Baseline-Modell abgeleiteten Verbräuche berechnet und graphisch gegenübergestellt. Wir haben dies anhand einer Woche mit einer besonders großen Temperaturspreizung getan.

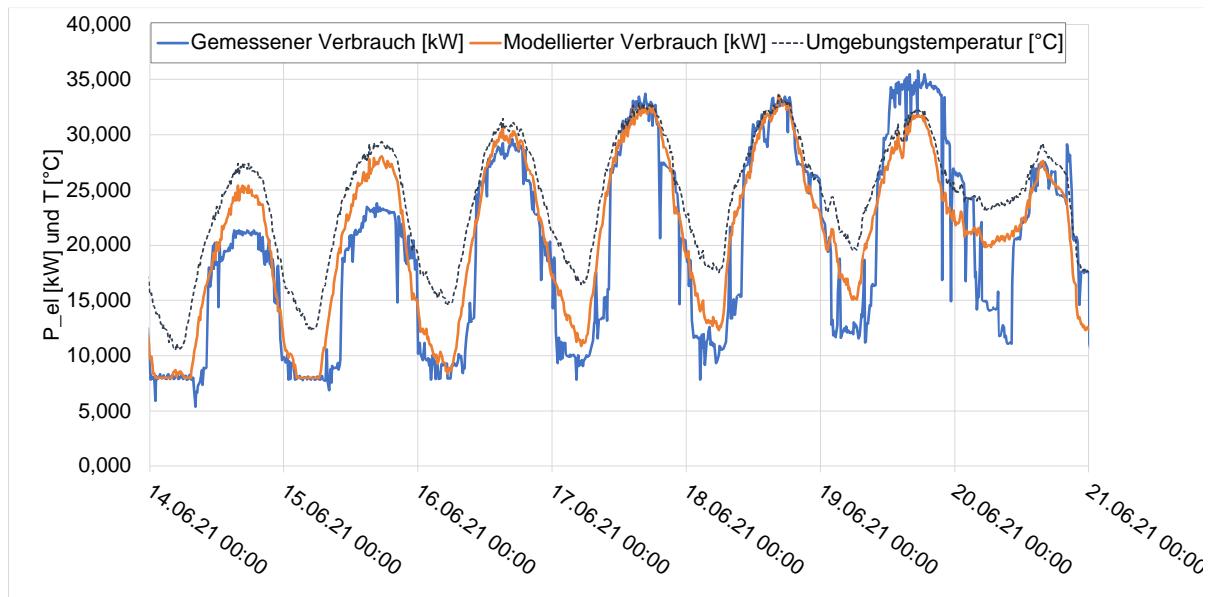


Abbildung 4: Eine Beispielwoche mit großem Temperaturspektrum von knapp über 10°C bis 33°C.

Allgemein lässt sich sagen, dass das Modell die Wirklichkeit, bzw. die gemessenen Stromverbräuche gut beschreibt.

Bei niedrigen Temperaturen hat unser Modell eine Tendenz dazu, die tatsächlich gemessenen Werte leicht zu unterschätzen und bei hohen Temperaturen zu überschätzen.

Um unser Modell weitergehend und quantitativ zu verifizieren, haben wir eine Tabelle mit den modellierten und gemessenen Werten im Vergleich angelegt. Wir haben uns hier für einen wochenweisen Vergleich entschieden. Die Darstellung für 89 Tage wäre zu unübersichtlich, die Darstellung für drei Monate zu grob.

Da es immer wieder Messunterbrechungen durch eine mangelhafte Datenübertragung gab, haben einige Wochen keine oder weniger Mess- und Modellierungswerte.

Tabelle 2: Modellvalidierung PLZ-71_S1

KW (2021)	kWh Messwerte	kWh Fit (Baseline)	Baseline über Messwerte
KW 23	26.807	27.219	1,5%
KW 24	112.502	119.904	6,6%
KW 25	87.180	85.503	-1,9%
KW 26	74.777	75.010	0,3%
KW 27	78.281	75.552	-3,5%
KW 28	43.875	42.185	-3,9%
KW 29	37.756	39.312	4,1%
KW 30	-	-	-
KW 31	41.815	39.927	-4,5%
KW 32	24.700	23.786	-3,7%
KW 33	-	-	-
KW 34	-	-	-
KW 35	46.901	43.593	-7,1%
KW 36 (Umbau)	15.382	15.893	3,3%
SUMME	589.976	587.885	-0,4 %

Die Abweichungen zwischen den modellierten und den gemessenen Verbräuchen bewegen sich zwischen -7,1% und +6,6%. Diese sind im Einzelnen zwar nicht unerheblich, betragen aber in Summe, über den gesamten Messzeitraum, lediglich -0,4% Abweichung. Dabei liegt der Baseline-Verbrauch um diese 0,4 unterhalb der Messwerte, was tendenziell zu einer Unterschätzung der ausgewiesenen Einsparung führt und folglich fördertechnisch unkritisch ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unser Baseline-Modell über den gesamten Messzeitraum die Realität gut abbildet.

1.2.5 Einsparberechnung für PLZ-71_S1

Auch bei unseren Messungen im Einsparzeitraum (22.09.2021-30.09.2022) gibt es ein paar Messausfälle, die auf eine fehlerhafte Datenübertragung und einen vorübergehenden Messdatenserver-Ausfall im August 2022 zurückzuführen sind. Diese Ausfälle werden bei der Berechnung der Einsparung nicht berücksichtigt.

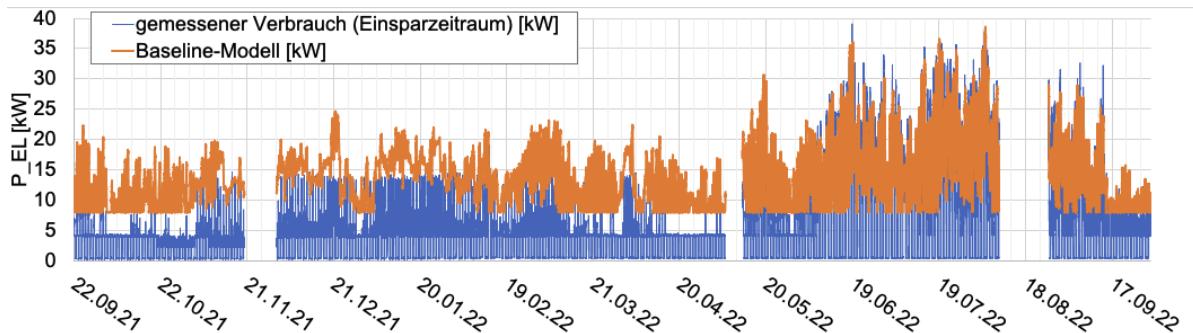


Abbildung 5: Baseline-Verbrauch und der tatsächlich gemessene Verbrauch nach dem Umbau im Einsparzeitraum.
Auch hier haben wir die Messlücken nicht für die Einsparung berücksichtigt.

In der nachfolgenden Abbildung werden Baseline-Verbrauch und gemessener Verbrauch im Einsparzeitraum umgebungstemperaturabhängig dargestellt:

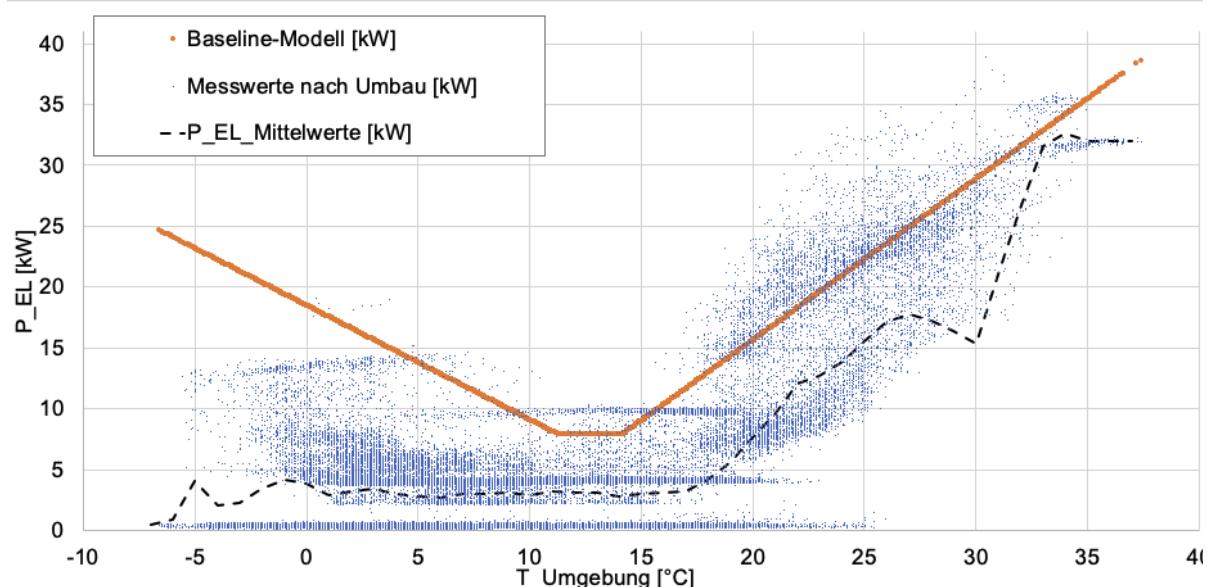


Abbildung 6: Stromverbrauch aus Baseline und Einsparzeitraum, umgebungstemperaturabhängig, die gestrichelte schwarze Linie zeigt die Leistungs-Mittelwerte im Einsparzeitraum, zur besseren quantitativeren Einordnung der Punktwolke

Die Bestimmung der Einsparung erfolgt wie folgt: Der gemessene Verbrauch im Einsparzeitraum wird von dem vom Baseline-Modell vorhergesagten Verbrauch subtrahiert.

$$\text{Einsparung}(T) = \text{Baseline}(T) - \text{Messwert}(T)$$

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Im Einsparzeitraum (22.09.2021-30.09.2022) konnte eine Einsparung von 65.952 [kWh] bzw. 11.211,88 € erreicht werden, genaueres in der folgenden Tabelle:

Tabelle 3: Einsparberechnung PLZ-71_S1

Monat	Gemessen [kWh]	Modelliert [kWh]	Einsparung [kWh]	Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Sep 21	804	2.302	1.498	254,58 €
Oct 21	2.169	8.228	6.059	1.030,01 €
Nov 21	1.248	6.273	5.024	854,16 €
Dec 21	2.819	10.675	7.856	1.335,48 €
Jan 22	3.358	11.888	8.530	1.450,04 €
Feb 22	2.506	8.890	6.384	1.085,31 €
Mar 22	2.510	9.971	7.461	1.268,36 €
Apr 22	2.338	8.443	6.105	1.037,89 €
May 22	2.981	7.603	4.622	785,75 €
Jun 22	8.899	11.715	2.816	478,73 €
Jul 22	9.873	13.234	3.360	571,24 €
Aug 22	4.068	6.226	2.159	366,97 €
Sep 22	4.410	8.489	4.079	693,35 €
SUMME	47.984	113.936	65.952	11.211,88 €

1.3 Schnellrestaurant Nr. PLZ-77_S1 (PLZ Gebiet 77, Baden-Württemberg)

1.3.1 Allgemeines

Die Bestands-Lüftungsanlage des Schnellrestaurant PLZ-77_S1 wurde durch einen Auftrag des Restaurant-Betreibers bzw. Franchisenehmers an die messeffekt GmbH umgerüstet, indem ein Monitoring-System nachgerüstet wurde und die Regelungstechnik erneuert und erweitert wurde. Der Umbau fand im September 2021 durch die Installation eines Monitoring- und Steuerungssystems statt. Die Inbetriebnahme erfolgte am 22. September 2021.

Die Öffnungszeiten des Restaurants, mit Berücksichtigung der Drive-In Betriebszeiten sind wie folgt:

Montag:	09:00-02:00 Uhr
Dienstag:	09:00-02:00 Uhr
Mittwoch:	09:00-03:00 Uhr
Donnerstag:	09:00-03:00 Uhr
Freitag:	09:00-05:00 Uhr
Samstag:	09:00-06:00 Uhr
Sonntag:	09:00-02:00 Uhr

1.3.2 Baseline-Messung: Aussortierung ungültiger Datenpunkte (OFF)

Um die Datengrundlage für die weitere Baseline-Erstellung möglichst sinnvoll zu verwenden, haben wir Messpunkte die unvollständig oder gar nicht vorlagen aussortiert. Unsere Datenbank verwendet Zeitreihen zur Identifikation der einzelnen Messpunkte. D. h. jedem Zeitpunkt werden die Messpunkte verschiedener Kategorien zugeordnet. Zum Beispiel liegt der Verbrauch um 12:10 Uhr, bei 40[kW] und die Außentemperatur beträgt 24 [°C]. Liegt ein Zeitpunkt (bei uns ein 10-Minuten-Wert) nicht vor, liegen auch alle anderen Messpunkte nicht vor und werden als ungültig eingeordnet. Ebenfalls werden die Messpunkte aussortiert, wenn die Daten anderer Kategorien, also T[°C] und P_el[kW] nicht vorliegen. (Beim DWD werden ungültige Messwerte als -999°C deklariert. Wir werten dies entsprechend auch als ungültigen Messwert und somit auch als ungültigen Datenpunkt).

Die Messwerte für diesen Standort stammen aus der Wetterstation mit der Nummer „01602“ in Ohlsbach.

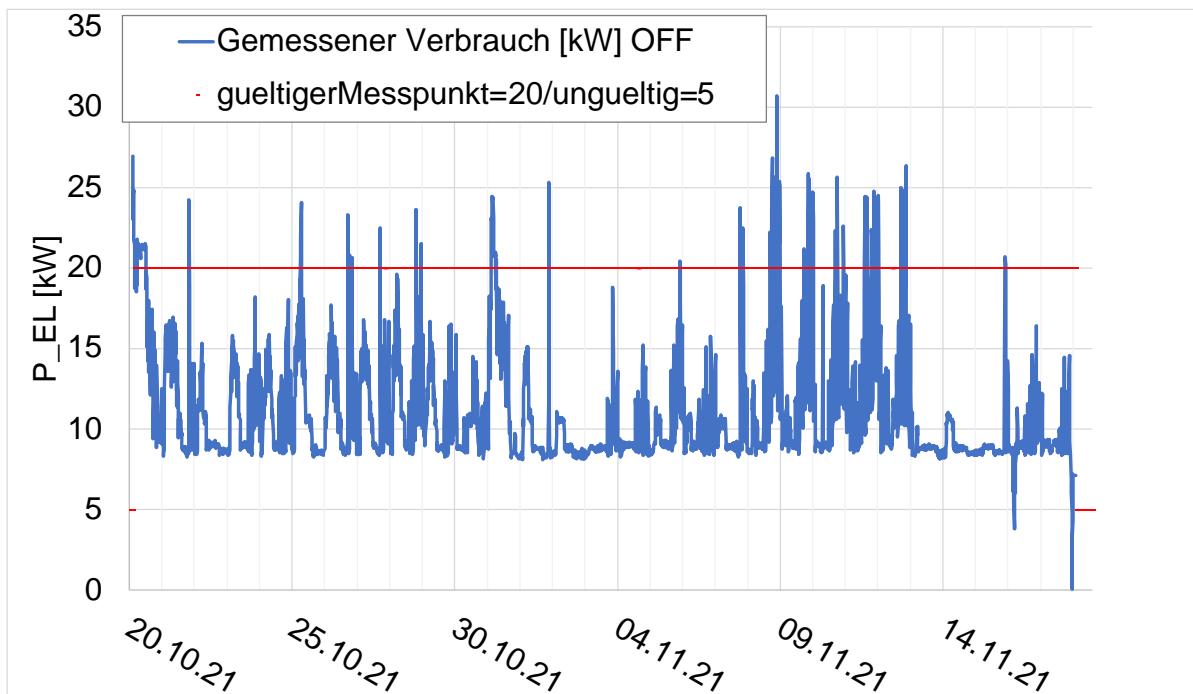


Abbildung 7: Uns lagen Messdaten über den gesamten Messzeitraum vor. Die als „ungültig“ dargestellten Bereiche an den Rändern stellen lediglich den Beginn und das Ende der Messung dar und wurden für die Einsparberechnung nicht weiter berücksichtigt. Weitere Datenlücken lagen nicht vor.

Durch die vollständig vorhandenen Messwerte stand uns trotz des kurzen Messzeitraums von etwa 29 Tagen eine gute Datengrundlage zur Erstellung einer Baseline zur Verfügung, da wir im genannten Herbst-Messzeitraum eine weite Temperaturspanne an Umgebungstemperaturen „einfangen“ konnten, siehe nachfolgende Abbildung.

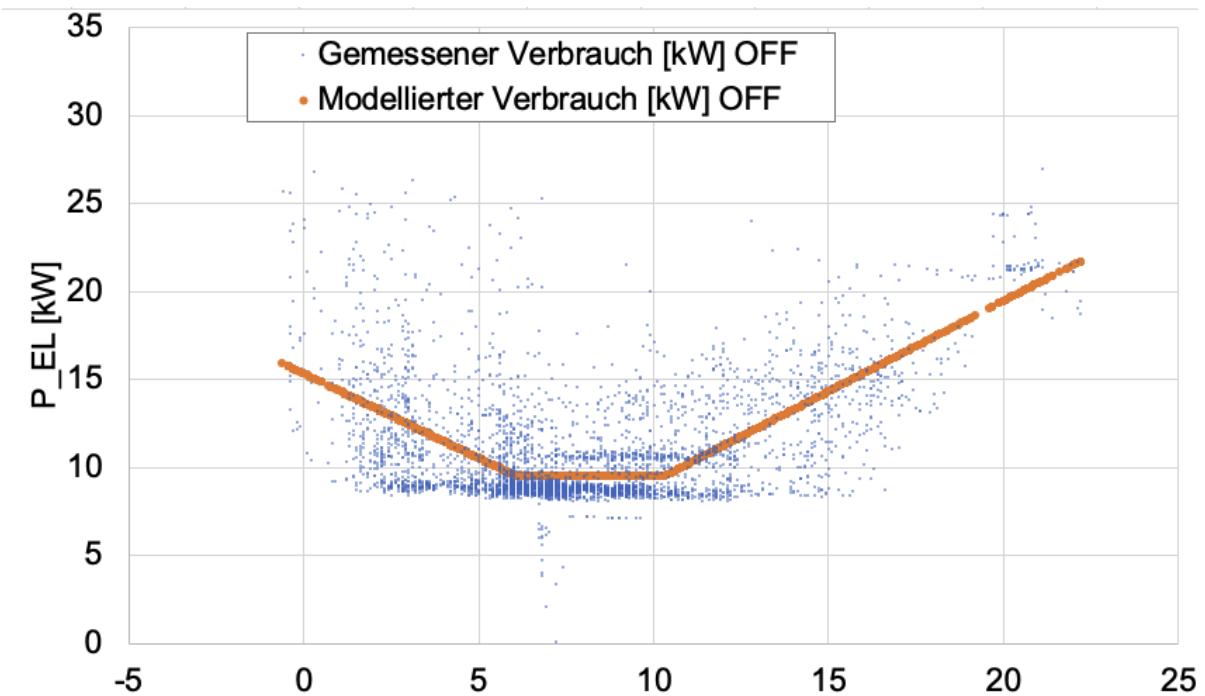


Abbildung 8: Elektrische Leistung über der Umgebungstemperatur sowie davon abgeleitetes Baseline-Modell. Da auch hier die Lüftungsanlage durchgehend ohne Abschaltung betrieben wurde, bildeten wir eine gemeinsame Tag-/Nach-Baseline

Anhand der nun bereinigten Datengrundlage können wir nun eine Baseline zur Vorhersage von elektrischen Leistungen bei bestimmten Temperaturen erstellen. Abbildung 8 zeigt die von uns Erstellte Baseline und die Datengrundlage für ebenjene.

Die Baseline hat folgende Koeffizienten:

		m_i	c_i
I	Heizen	-0,95911	15,32625 für $T < 6,06 \text{ } ^\circ\text{C}$
II	weder/noch	0,00000	9,51224 für $6,06 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T < 10,35 \text{ } ^\circ\text{C}$
III	Kühlen	1,028	-1,13424 für $10,35 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T$

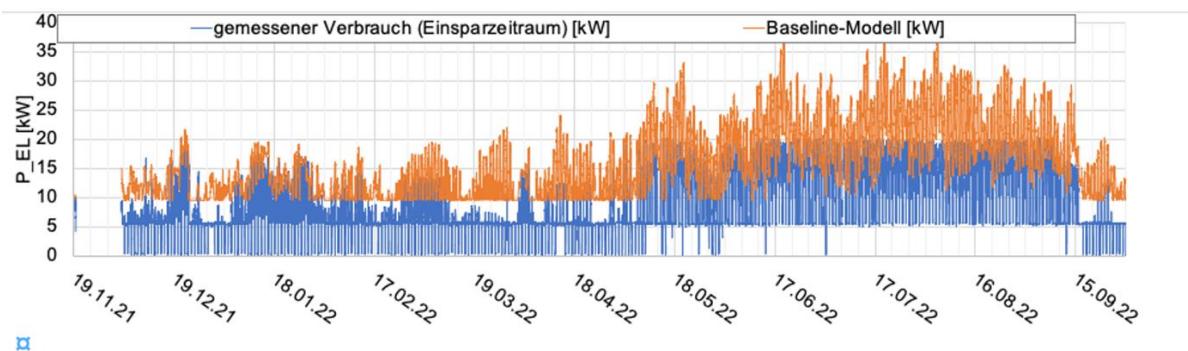


Abbildung 9: Der gemessene Verbrauch in blau und der durch die Baseline modellierte Vorher-Verbrauch in orange.

Da unsere Datengrundlage lediglich einen Temperaturbereich -1 °C bis 23 °C abbildet, die Temperaturen aber im restlichen Jahr höher oder niedriger als dieser Temperaturbereich sein können, müssen wir ein Modell finden, welches das erweiterte Temperaturspektrum berücksichtigt.

Wie auch im Restaurant in PLZ-71_S1 haben wir hierfür Lastgangdaten herangezogen. Da diese durch den Stromanbieter erstellt werden, liegt uns hier ein vollständiger Datensatz für ein ganzes Jahr (09.21-10.22) vor. Wir sind hier auch wie mit unseren Messdaten verfahren und haben die entsprechenden Temperaturdaten des DWD für eine Baseline-Erstellung verwendet.

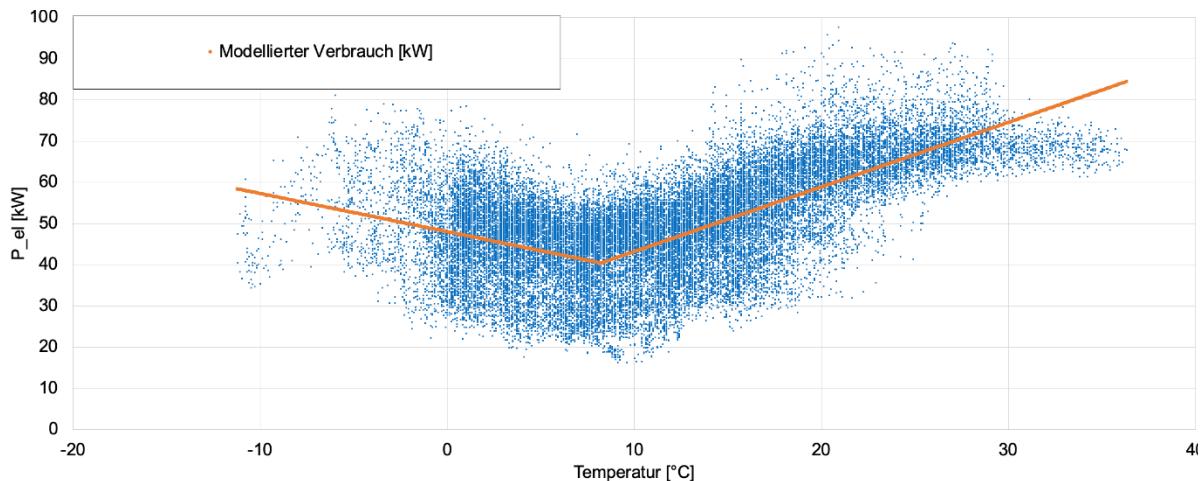


Abbildung 10: Baseline basierend auf den Lastgangdaten aus dem Jahr vor der COVID-19-Pandemie.

Wie in Abbildung 10 zu sehen, bilden die Lastgangdaten ein deutlich größeres Temperaturintervall ab. Auch hier haben wir eine Baseline generiert. Diese hat folgende Koeffizienten:

		m_i	c_i
I	heizen	-0,937	49,148 für $T < 12,013$ [°C]
II	weder/noch	-	37,894 für $12,013$ [°C] $\leq T < 12,639$ [°C]
III	kühlen	1,886	14,052 für $T > 12,639$ [°C]

Um ein geeignetes Modell für den gesamten Temperaturbereich zu finden, haben wir zunächst die Koeffizienten der Lastgang-Baseline und der Messwert-Baseline verglichen. Da sich diese nicht zu sehr voneinander unterscheiden, haben wir uns dazu entschlossen für die weitere Einsparberechnung die Koeffizienten der Lastgang-Baseline zu verwenden. Natürlich nur für die Messwerte für die Einsparberechnung außerhalb des von der Messwert-Baseline eingegrenzten Temperaturintervalls befindet.

1.3.3 Modellvalidierung (nur Lüftung+Klima) PLZ-77_S1

Tabelle 4: Modellvalidierung PLZ-77_S1

Tag	kWh Messwerte	kWh Fit (Baseline)	Fit über Messwerte
20.10.21	248,116	226,882	9 %
21.10.21	309,786	326,909	-6 %
22.10.21	241,275	238,585	1 %
23.10.21	244,747	249,991	-2 %
24.10.21	268,439	269,856	-1 %
25.10.21	293,594	275,500	6 %
26.10.21	261,294	265,908	-2 %
27.10.21	273,705	262,184	4 %
28.10.21	278,994	268,146	4 %
29.10.21	282,137	261,955	7 %
30.10.21	244,708	236,737	3 %
31.10.21	360,835	336,189	7 %
01.11.21	244,741	248,998	-2 %
02.11.21	224,170	230,657	-3 %
03.11.21	206,888	228,294	-10 %
04.11.21	226,723	230,034	-1 %
05.11.21	229,991	233,741	-2 %
06.11.21	257,910	261,864	-2 %
07.11.21	239,040	239,082	0 %
08.11.21	243,044	253,077	-4 %
09.11.21	308,015	300,915	2 %
10.11.21	293,080	287,510	2 %
11.11.21	304,558	303,537	0 %
12.11.21	313,724	317,812	-1 %
13.11.21	264,982	255,917	3 %
14.11.21	219,648	233,330	-6 %
15.11.21	209,156	228,294	-9 %
16.11.21	215,349	229,082	-6 %
17.11.21	232,859	232,190	0 %
18.11.21	104,885	113,213	-8 %
SUMME	7646,3912	7646,3907	0,00001 %

Um unser Modell zu validieren haben wir die von der Baseline vorhergesagten und die tatsächlichen Messwerte (die zur Erstellung der Baseline verwendet wurden) für jeden Tag aufgetragen und die prozentuale Abweichung der Vorhersage vom tatsächlichen Tageswert aufgetragen. Trotz einzelner Schwankungen in der Vorhersage von -9 % bis +10% gegenüber dem tatsächlich gemessenen Tagesverbrauch hat das Modell über den gesamten Baseline-Erstellungszeitraum eine Abweichung von nur 0,00001%. Daher halten wir unsere Baseline für aussagekräftig, um den Verbrauch vor dem Umbau zu modellieren und diesen zu Berechnung der Einsparung heranzuziehen.

1.3.4 Einsparberechnung für PLZ-77_S1

Wie auch bei der Erstellung der Baseline wurden die frei verfügbaren Wetterdaten (der nächstgelegenen Wetterstation) des DWD, verwendet. Ebenfalls wurde die Gültigkeit der einzelnen Messpunkte nach dem oben beschriebenen Modell bestimmt.

Die Messperiode des Einsparzeitraumes war vom 19.11.2021 bis einschl. 30.09.2022. Die Messwerte, die ungültig waren (also nicht oder nur teilweise vorlagen), haben wir für die Einsparberechnung nicht weiter berücksichtigt.

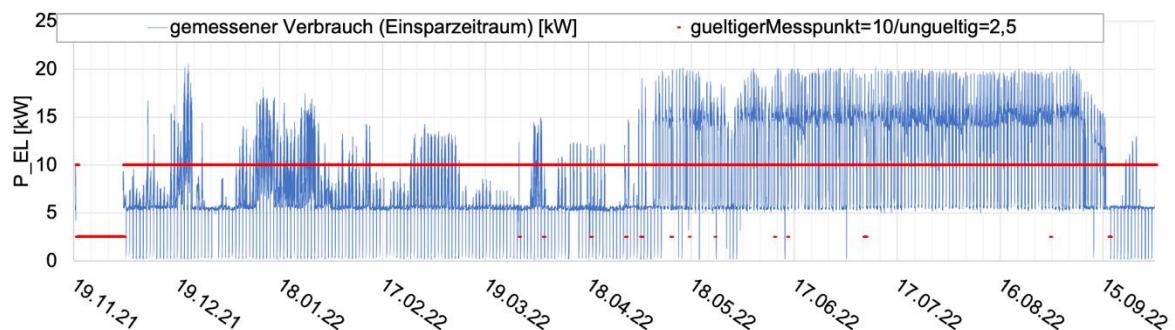


Abbildung 11: Gemessene Verbräuche und Gültigkeit der Daten im Einsparzeitraum

Die nachfolgende Abbildung zeigt den gemessenen Verbrauch im Einsparzeitraum und Baseline-Verbrauch.

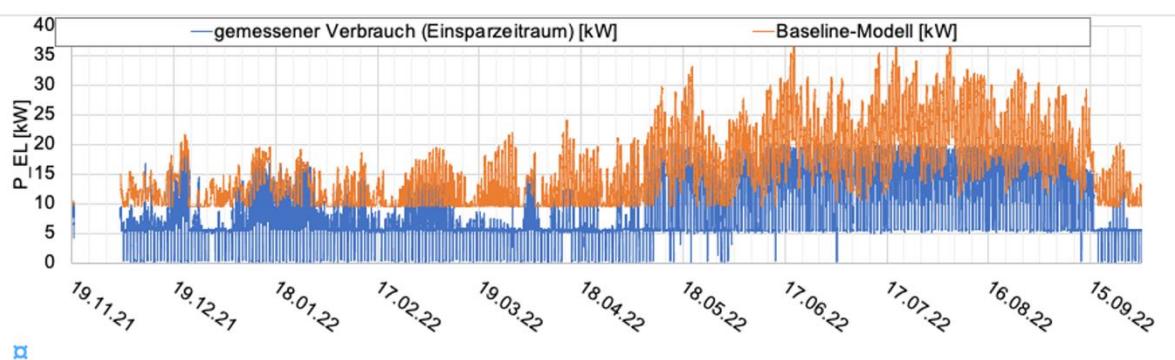


Abbildung 12: Zu sehen ist der durch das Baseline-Modell angenommene Verbrauch in der Farbe Orange und der gemessene Verbrauch in blau.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Stromverbrauch der Lüftungs- und Klimatechnik abhängig von der Umgebungstemperatur, sowie den Baseline-Verlauf.

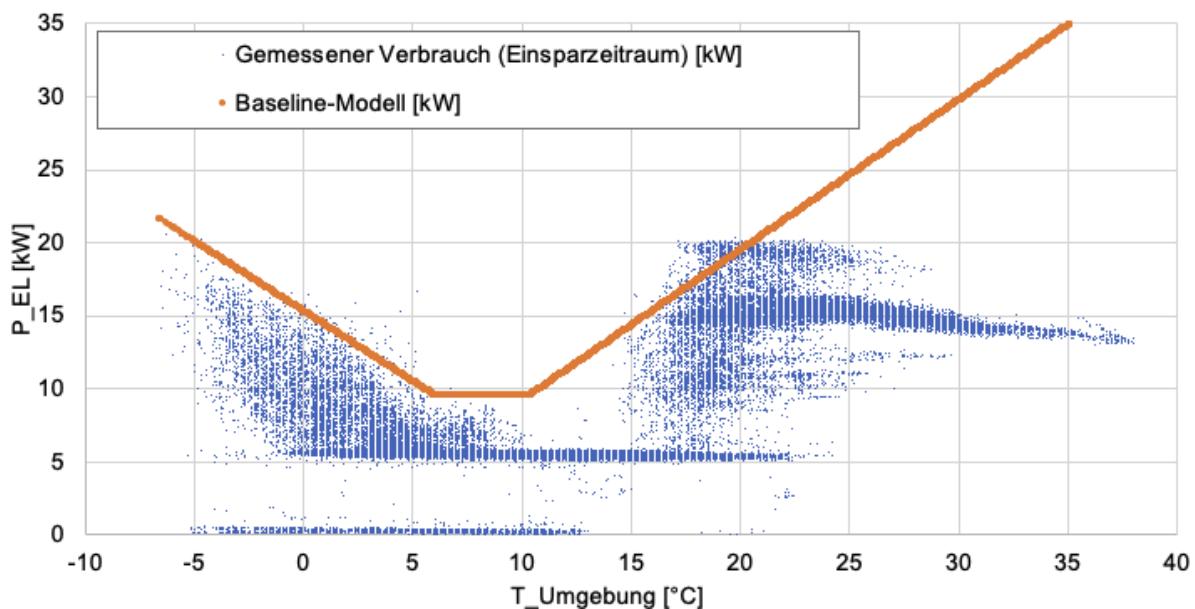


Abbildung 13: Die Grafik zeigt in Orange die Baseline und in blau die einzelnen Verbrauchswerte. Der intern als „Schwanenhals“ bezeichnete Abschnitt im Temperaturbereich zwischen 25 °C und 38 °C ist durch eine fehlerhafte Einstellung einer Klappe in der Wärmerückgewinnung zu erklären.

Um die Einsparungen zu berechnen, haben wir die Differenz zwischen dem Leistungswert bei einer bestimmten Temperatur und dem durch die Baseline vorhergesagten Leistungswert gebildet.

Im Einsparzeitraum (18.11.2021-30.09.2022) konnte eine Einsparung von 49.582 [kWh] bzw. 8.428,87 € (bei 17 ct/kWh) erreicht werden, genauereres in der folgenden Tabelle:

Tabelle 5: Einsparberechnung PLZ-77_S1

Monat	Gemessen [kWh]	Modelliert [kWh]	Einsparung [kWh]	Relative Einsparung	Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Nov 21	20	27	7	-25%	1,18 €
Dec 21	4.457	8.334	3.878	-47%	659,19 €
Jan 22	5.881	10.001	4.120	-41%	700,42 €
Feb 22	4.004	7.507	3.502	-47%	595,40 €
Mar 22	4.343	9.035	4.692	-52%	797,69 €
Apr 22	4.249	8.948	4.698	-53%	798,74 €
May 22	6.709	12.366	5.656	-46%	961,58 €
Jun 22	9.074	14.723	5.649	-38%	960,30 €
Jul 22	9.831	16.174	6.344	-39%	1.078,41 €
Aug 22	10.317	16.462	6.145	-37%	1.044,58 €
Sep 22	5.990	10.880	4.891	-45%	831,39 €
SUMME	64.875	114.456	49.582	-43%	8.428,87 €

1.4 Schnellrestaurant Nr. PLZ-80_S1 (PLZ Gebiet 80, Bayern)

1.4.1 Projekthintergrund

Schon 2019 hatte die messeffekt GmbH einen Auftrag zur Analyse von Einsparpotenzialen in den Schnellrestaurants eines Restaurant-Betreibers erhalten und hatte entsprechend eine mobile Messanalyse in zwei der Restaurants durchgeführt. Besonders große Einsparpotenziale lagen im Schnellrestaurant PLZ-80_S1 vor. So lief die Anlage unbeabsichtigt auch nachts. Weiterhin stellten wir den gleichzeitigen Betrieb der Zuluftbeheizung und der Zuluftkühlung fest, wie die nachfolgenden Auszüge aus der damaligen Messanalyse (2019) zeigen:

M.-Probst-Str. – Ventilatoren schalten nachts nicht aus (13kW) und Kältetechnik arbeitet, obwohl kein Bedarf (Winter)

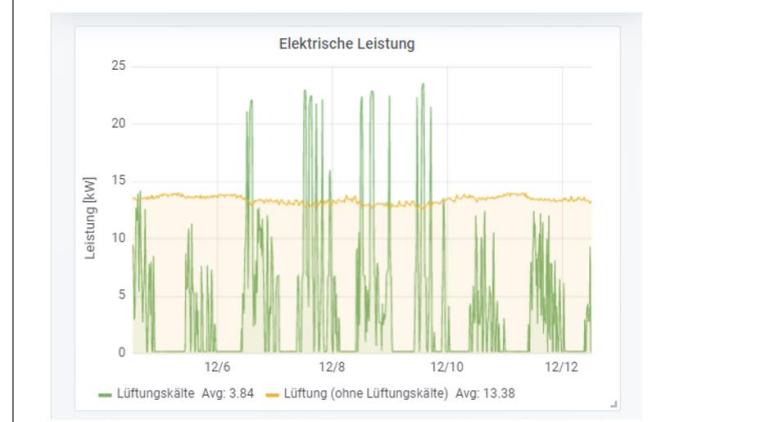


Abbildung 14: durchgehender 24-Stundenbetrieb der Lüftungsanlage bei 13 kW Leistungsbedarf und intensivem Kühlbedarf trotz Messperiode im Dezember

M.-Probst-Str. – gleichzeitiges Heizen und Kühlen

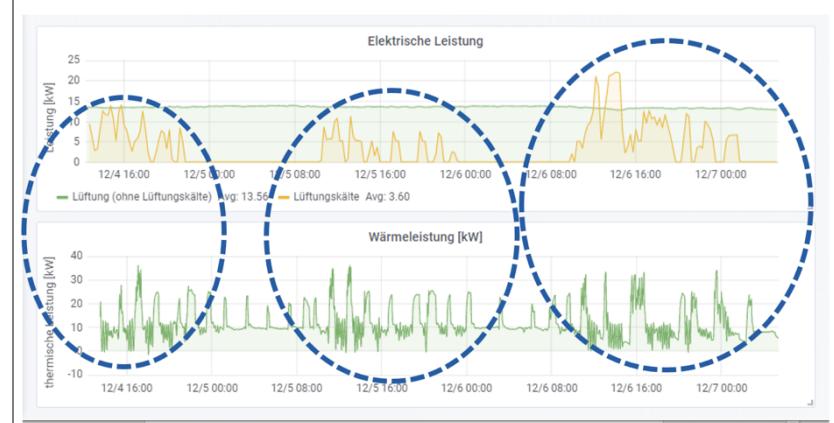


Abbildung 15: gleichzeitiges Heizen und Kühlen konnte über den Einsatz von Wärmemengenzählern (aufgeschnallt auf das Rohr, per Ultraschall-Laufzeitdifferenzverfahren) detektiert werden. (Die dargestellte Wärmeleistung betrifft die Zulufterwärmung für die Küche. Ausgerechnet für die Küche mit hoher intrinsischer Wärmeentwicklung kann ein entsprechendes Heiz-Verhalten gegen die Kühlung nicht beabsichtigt sein. Die Regelung der Heizung erwies sich sodann als defekt.)

In der Folge der Messanalyse aus 2019 entwickelte die messeffekt GmbH für den Kunden einen Sanierungsvorschlag für die Anlage. Kernelement der Maßnahme war der Einsatz eines dauerhaften Energiemonitorings sowie der Ersatz der Regelung (incl. der Nachrüstung von Frequenzumrichtern). Monitoring und Regelung wurden durch die messeffekt GmbH geliefert, übrigens im Rahmen des weiter oben in diesem Bericht genannten Einspar-Contracting-Vertrags. Weiterhin schlug messeffekt mehrere Wartungsmaßnahmen vor, die anschließend von entsprechenden Fachbetrieben umgesetzt wurden.

Die Regelung wurde Anfang Oktober 2021 erneuert. Am 09.10.2021 wurde die Anlage wieder in Betrieb gesetzt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft den Erfolg der Einsparmaßnahme, anhand desselben Messzeitraums 2019, also vor der Sanierungsmaßnahme, und 2021, also nach der Sanierungsmaßnahme.

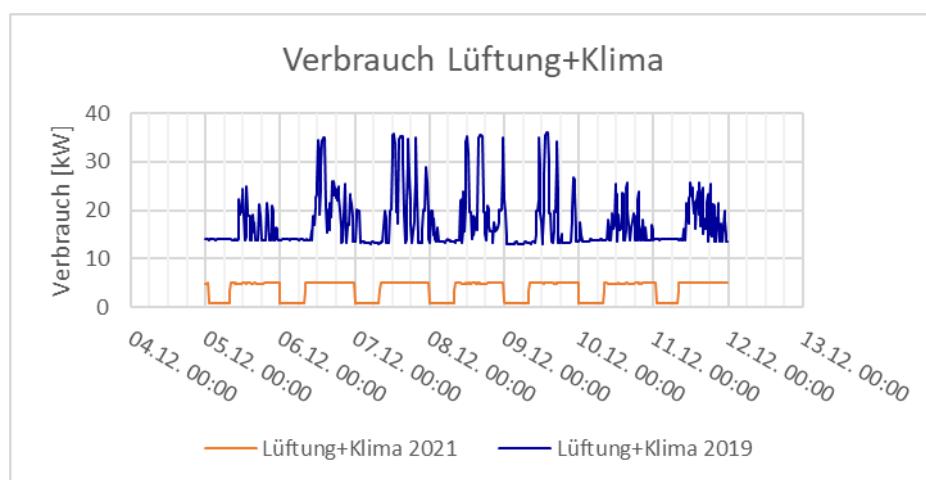


Abbildung 16: Stromverbrauch vor (2019) und nach (2021) der Sanierung. Neben dem gleichzeitigen Heiz- und Kühlbetrieb wurde der Nachtbetrieb abgestellt. Weiterhin konnte durch eine Reduktion der Luftmengen um etwa 20% eine weitere erhebliche Stromeinsparung erreicht werden, zumal der elektrische Leistungsbedarf P_{el} in etwa proportional vom Volumenstrom in der dritten Potenz (V_{punkt}^3)³ abhängt.

1.4.2 Baseline-Erstellung Strom

Die Dauer der Messperiode im Dezember 2019 für die Verbräuche von Lüftung+Klima betrug ca. 9 Tage. Allerdings konnte über die Lastgangdaten eine Extrapolation der Messungen auf das gesamte Baseline-Jahr 2019 errechnet werden. Die Lastgangdaten stellen wir zunächst für das gesamte Baseline-Jahr 2019 in der nachfolgenden Abbildung dar.

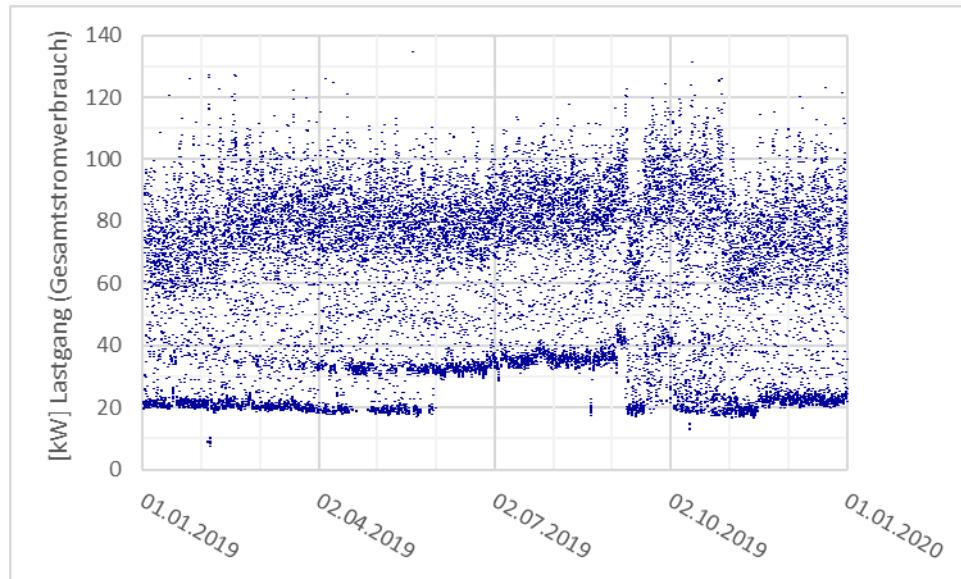


Abbildung 17: Lastgang Schnellrestaurant PLZ-80_S1 für 2019

Aus Tabelle 20 wird deutlich, dass die Messwoche im Dezember bezüglich der Betriebsweise von Lüftung+Klima für das gesamte Jahr repräsentativ war: So reiht sich der Dezember-Verbrauch gleichmäßig in den Jahresverlauf ein. Auch liegen die Nachtverbräuche (außer wenigen Stunden, bei denen eine Störung vorgelegen haben dürfte) im gesamten Jahr 2019 stets über den 13 kW, die Lüftung+Klima im Dezember-Messzeitraum mindestens verbraucht haben (vgl. Abbildung 14), was ein weiterer Beleg für den im gesamten Jahr vorliegenden nächtlichen Lüftungsbetrieb ist.

Zur Ermittlung der Baseline haben wir zunächst – ähnlich zur Baseline-Bildung für das Schnellrestaurant PLZ-66_S1 – siehe Sachbericht zu VN3, die so genannten Restlichen Verbräuche, also die Differenz zwischen Gesamtstromverbrauch und Lüftungsverbrauch betrachtet und selbigen anschließend vom Lastgang subtrahiert. Zunächst betrachten wir diese „Restverbräuche“ für die die oben dargestellten 7 Tage, also vom 05.12.-11.12.2019 bzw. 05.12.-11.12.2021, die sich aus der Differenzbildung der Lastgangdaten und der Lüftungsmessdaten ergibt, siehe nachfolgende Abbildung.

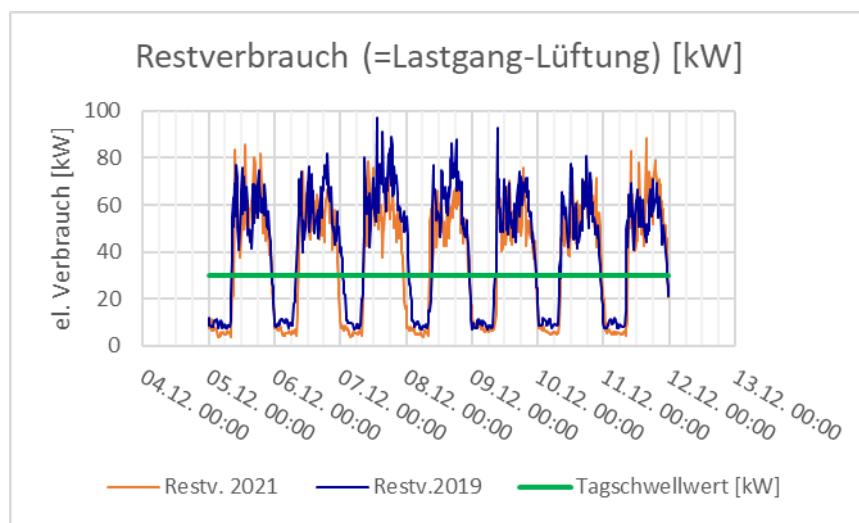


Abbildung 18: Restverbrauch=Lastgang-Lüftung, vor und nach der Sanierung

Trotz der – im Zuge der Corona-Pandemie – leicht geänderten Öffnungszeiten, verhalten sich die Restverbräuche in beiden Jahren ähnlich. Die höchsten Wochenverbräuche waren in beiden Jahren an einem Samstag, am Sa., den 07.12.2019 sowie am Sa., den 11.12.2021. Die Nachtverbräuche (definiert als oberhalb der 30 kW-Schwelle) sanken zwischen 2019 und 2021 leicht, von durchschnittlich 11,6 kW auf durchschnittlich 8,4 kW. Auch die Tagverbräuche sanken geringfügig von 58,3 kW auf 55,7 kW. Über die Ursachen für diese Verbrauchsänderungen spekulieren wir an dieser Stelle nicht, sondern berücksichtigen diesen in der weiteren quantitativen Betrachtung und lenken den Fokus auf die jahreszeitliche Veränderung dieser sonstigen Verbräuche, die wir in der nachfolgenden Abbildung für den Berichtszeitraum dargestellt haben, basierend auf den vom Versorger gemessenen Lastgangdaten und den von messeffekt gemessenen Lüftungsmessdaten.

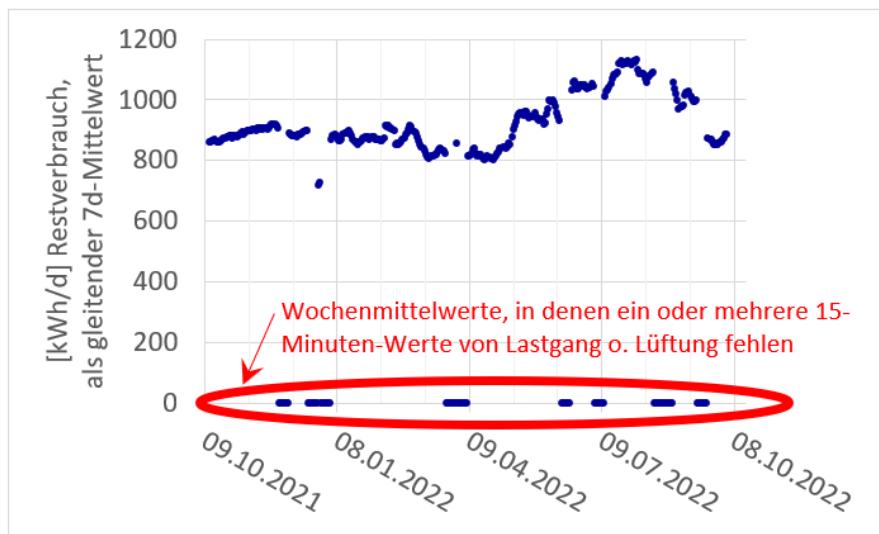


Abbildung 19: Restverbrauch übers Jahr als gleitender Wochenmittelwert

Für die Darstellung der Verhältnisse gemäß Abbildung 19 hatten wir die zugrundeliegenden Messdaten zunächst auf Mess-Datenlücken hin untersucht. Die Lastgangdaten des Stromversorgers wiesen für den 22.12.2021 sowie für den 31.12.2021 jeweils eine Datenlücke von 24 Stunden auf. Die Verfügbarkeit der Lüftungsmessdaten lag, bezogen auf das Gesamtjahr, bei 98,12%, siehe Tabelle 7, unten. Der Großteil der fehlenden Datenpunkte war einem mehrtägigen Datenverlust im August aufgrund eines Serverausfalls zuzuschreiben, woraufhin wir unsere Software-Architektur gegen derartige Ausfälle robuster gestalteten. Um den wiederkehrenden Wochenzyklus zu glätten, sind in Abbildung 19 die gleitenden Wochenmittelwerte (7-Tagesmittelwert) für den Tagesstromverbrauch dargestellt. Fehlte innerhalb einer Woche einer oder mehrere 15Min.-Messwerte von Lastgang oder Lüftung(+Klima), so wurde der gesamte Wochenmittelwert aus der weiteren quantitativen Bewertung heraussortiert und in Abbildung 19 mit dem Wert 0 dargestellt.

Die Tatsache, dass in Abbildung 19 die mittlere Leistung um den Jahreswechsel an zwei Tagen abfällt, ist der Tatsache geschuldet, dass das Restaurant am 24.12. und am 25.12. verkürzte Öffnungs- und Betriebszeiten hatte. Dies zeigt sich in Abbildung 19 allerdings – trotz der Mittelwertbildung – nur an zwei Tagen, nämlich am 26. und 27.12., da die fehlenden Lastgangdaten vom 22. und 31.12. entsprechend angrenzende Tage (also bis 25.12. und ab 28.12.) ungültig werden lassen.

Im Jahresmittel beträgt der Restverbrauch (gemäß Abbildung 19) im Jahresdurchschnitt 921,4 kWh/d. Dies sind 4,22% mehr als in der Referenzwoche von 2021, welche in Abbildung 18

dargestellt ist. Zur Ermittlung des Lüftungsverbrauchs des Baseline-Jahres 2019 wurde folglich das 2019er-Wochenprofil aus Abbildung 18 um 4,22% erhöht und für das gesamte Jahr 2019 angenommen. Es ergibt sich somit der Verlauf der errechneten Momentanwerte für den elektrischen Verbrauch von Lüftung+Klima gemäß folgender Abbildung.

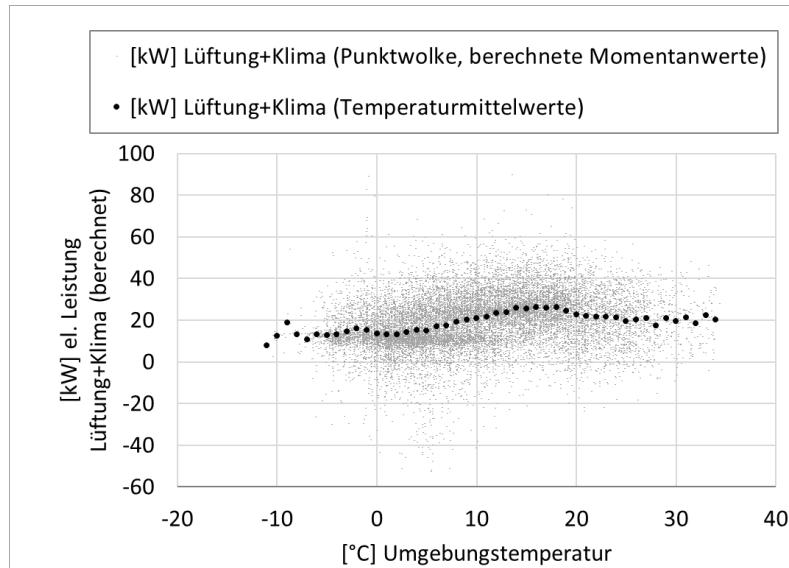


Abbildung 20: Berechnete Leistungswerte Lüftung(+Klima) für das Jahr 2019 aus Lastgangdaten abzüglich eines Standardwochenprofils für sonstige Verbräuche, aufgetragen über der Umgebungstemperatur (Quelle: DWD für PLZ-80_S1 Flughafen, Lufttemperatur in 2m über dem Boden)

Abbildung 20 zeigt teils sehr hohe Leistungswerte von über 60 kW (3 Ausreißer sogar über 80 kW), was deutlich über der installierten Leistung der Anlagenteile liegt, teils auch negative Werte, was physikalisch-technisch natürlich nicht möglich ist. Insbesondere treten die negativen Einzelwerte an Tagen auf, an denen untypischer Restaurant-Betrieb vorliegt, z.B. an Weihnachten und an Neujahr, siehe nachfolgende Darstellung der errechneten Restverbräuche über das Jahr 2019. Da entsprechende Werte allerdings auch in den o.g. Korrekturfaktor von 4,22% eingeflossen sind, halten wir die Mittelwerte des Leistungsverbrauchs für realistisch.

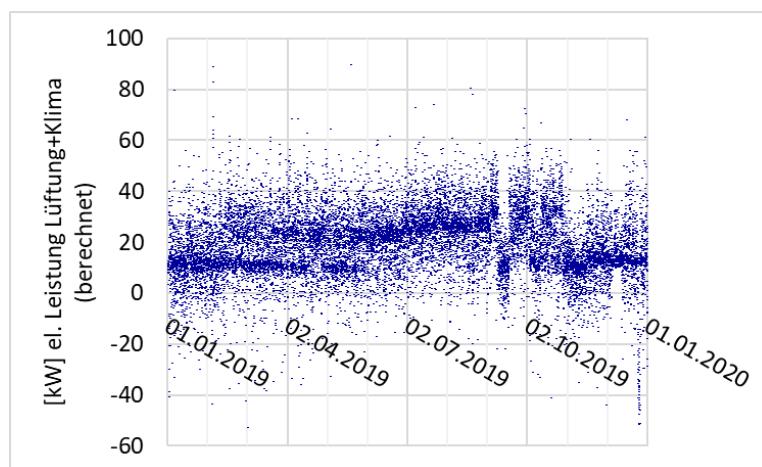


Abbildung 21: Berechnete Leistungswerte Lüftung im Zeitverlauf.

Bereits während unserer Lüftungsvermessung im Dezember 2019 hatten wir gesehen, dass die Kältemaschine ab ca. 0°C (und wärmer) zu arbeiten beginnt. Dies dürfte in Abbildung 20 die ansteigenden Leistungsmittelwerte oberhalb von ca. 0°C erklären. Diese unnötige und vermeidbare

Kühlleistung war ja dem gleichzeitigen Heizen und Kühlen geschuldet. Möglicherweise lief sodann die Kältemaschine bereits bei einer Umgebungstemperatur von ca. 15°C in Volllast, so dass bei einer wärmeren Umgebungstemperatur keine weitere Kühlleistung mehr bereitgestellt werden kann: Der Grund für die abnehmenden Leistungsmittelwerte könnte somit in der abnehmenden Dichte der Luft bei höherer Temperatur liegen, was zu geringeren Ventilatorleistungen zur Luftförderung führt und zu geringerer Kälteleistung durch geringeren Massenstrom (Volumenstrom durch Ventilator bleibt bei konstanter Drehzahl gleich). Entsprechend diesen wahrscheinlichen physikalischen Zusammenhängen haben wir über die Methode der kleinsten Fehlerquadrate (s.u.) ein tri-lineares Baseline-Modell aufgestellt, welches in der nachfolgenden Abbildung dargestellt ist.

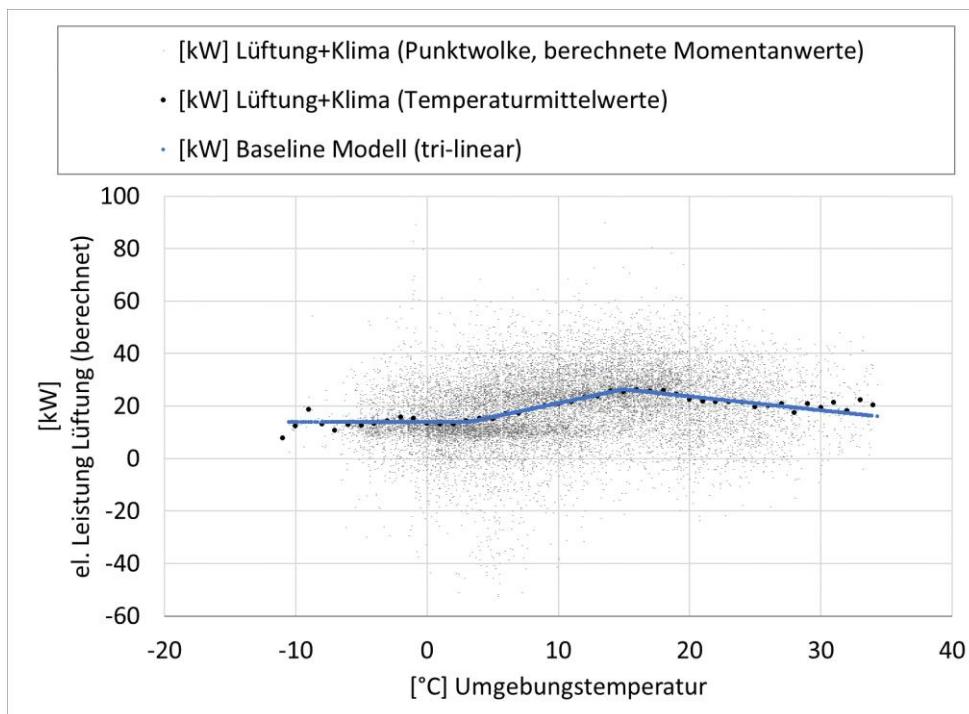


Abbildung 22: Baseline-Modell (blau) und Daten-Basis (graue Punktwolke)

Die Koeffizienten für die drei Geradenabschnitte wurden ermittelt, indem die Koeffizienten (mittels Gradientenverfahren) so gewählt wurden, dass die Summe der quadratischen Abweichungen zwischen den Messwerten und dem Baseline-Modell minimal wurden. Die Gleichung der jeweiligen Geradenabschnitte ist:

$$P_{ei} = m_i * T + c_i \text{ für } i=1,2,3$$

Mit $m_1 = 0$ (festgelegt), $c_1 = 13,838 \text{ kW}$, $m_2 = 1,058 \text{ kW/K}$, $c_2 = 10,422 \text{ kW}$, $m_3 = -0,5291 \text{ kW/K}$, $c_3 = 34,168 \text{ kW}$. Daraus ergeben sich die Schnittpunkte der Geradenabschnitte $3,23^\circ\text{C}$ (quasi als Kühlstarttemperatur) und $14,96^\circ\text{C}$ (quasi als Temperatur maximaler Kühlleistung).

Um das Baseline-Modell zu validieren, wurde die Umgebungstemperatur-abhängige Baseline auf den Jahreswetterdatensatz für 2019 angewendet. So errechnete sich ein Baseline-Lüftungsjahresbedarf in Höhe von 169,86511 MWh/a. Der „gemessene“ Jahresenergieverbrauch, der sich aus der Differenz zwischen Lastgang und Sonstigem Verbrauch (Standardwochenprofil) errechnet, beträgt 169,86517 MWh. Dies entspricht einer Abweichung des Modells von der zugrundeliegenden Datenbasis von

lediglich 0,00004%. Folglich bewerten wir die Modellgüte als sehr gut, objektiv und daher für die Einsparrechnung geeignet.

1.4.3 Einsparberechnung Strom

Für die Berechnung der Einsparung wird einem Effekt Rechnung getragen, der sich aus den geänderten Öffnungszeiten ergibt, welche in der nachfolgenden Tabelle gezeigt sind:

Tabelle 6: Öffnungszeiten Schnellrestaurant PLZ-80_S1 und deren zeitliche Veränderung

Öffnungszeiten	Stand Dez. 2019	Stand Nov. 2021	Stand Feb. 2023 & Mrz. 2023
Annahme für:	Baseline-Zeitraum (9.10.21-8.10.22)	VN4-Zeitraum (9.10.21-8.10.22)	
Mo.-Do.	10:30-23:00	10:30-23:00	10:30-23:00
Fr.+Sa.	10:30-01:00	10:30-23:00	10:30-00:00
So.	11:00-23:00	10:30-23:00	10:30-23:00
=> Öffnungsstunden pro Woche	91	87,5	89,5

Eine kontinuierliche Veränderung der Öffnungszeiten wurde zwar nicht aufgezeichnet. Aber zu einzelnen, in den relevanten Zeiträumen liegenden Zeitpunkten wurden die Öffnungszeiten aufgenommen und entsprechend für die gesamte Periode, also Baseline-Zeitraum bzw. VN4-Einsparzeitraum, angenommen, siehe vorangegangene Tabelle.

Aus Abbildung 15 lässt sich ableiten, dass der erhöhte Leistungsverbrauch für Lüftung+Klima im Baseline-Zeitraum v.a. tags vorkam. Insofern wurde für alle Betriebsstunden, zu denen im Baseline-Zeitraum das Restaurant geöffnet und im Einsparzeitraum geschlossen war (also Fr.+Sa. 23:00-01:00), dass der Lüftungsverbrauch den Baseline-Minimalwert in Höhe von 13,838 kW einnahm. Dagegen der Umkehrschluss, nämlich eines erhöhten Baseline-Leistungsverbrauchs zu Uhrzeiten, in denen 2019 geschlossen und 2021 geöffnet war (So. morgens von 10:30-11:00) wurde hingegen nicht berücksichtigt. Durch diese rechnerische Korrektur wird bezweckt, dass die berechnete Einsparung tendenziell zu niedrig, nicht aber zu hoch, ausfällt.

Auch hier wurden die Zeitschritte als ungültig herausgefiltert, zu denen Messdaten-Ausfälle für Lüftung+Klima im Einsparzeitraum vorkamen. Nur gültige Zeitschritte flossen in die Einsparberechnung ein. Für den DWD-Wetterdatensatz gab es im Einsparzeitraum keine Messdaten-Lücken.

Abweichend von den übrigen Endkunden-Projekten gilt hier der 09.10.2021 00:00 als Startzeitpunkt und der 08.10.2022 23:45 als Endzeitpunkt, da der 09.10.2021 als Inbetriebnahmezeitpunkt auch den Start-Zeitpunkt des Einsparzeitraums für den Einspar>Contacting-Vertrag mit dem Endkunden darstellt. Zudem dürfen gemäß Zuwendungsbescheid (ESZ-A-2018050) Zeiträume bis zum 10.10.2022 angesetzt werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt gemessenen Verbrauch und Baseline-Verbrauch im Verwendungsnachweis-Zeitraum.

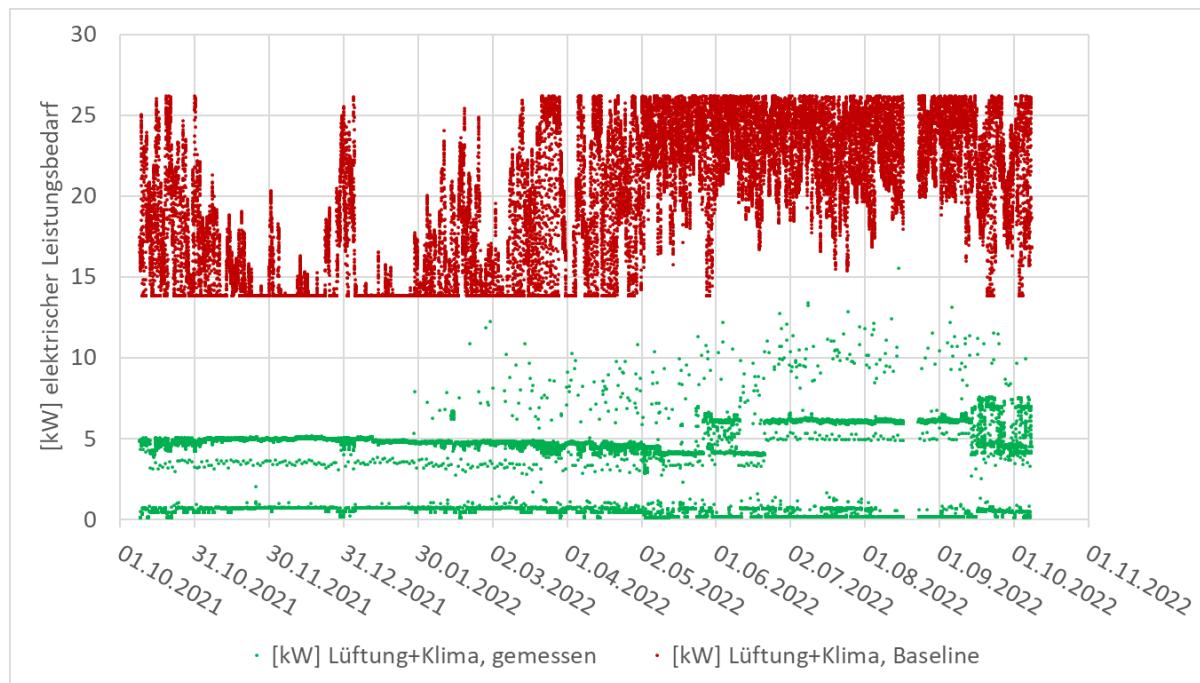


Abbildung 23: Baseline und gemessener Verbrauch im Einsparzeitraum (Schnellrestaurant PLZ-80_S1)

Die nachfolgende Darstellung zeigt Baseline und gemessenen Verbrauch in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur im Berichtszeitraum.

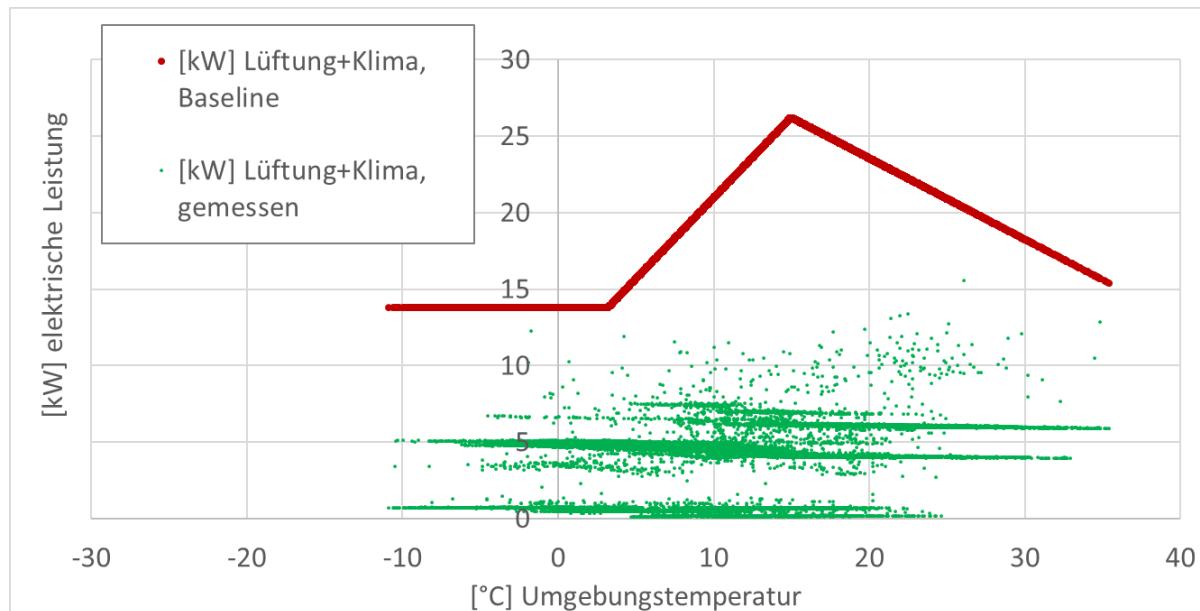


Abbildung 24: Baseline und gemessener Verbrauch im Vergleich (Schnellrestaurant PLZ-80_S1)

Die nachfolgende Tabelle listet die vorangehend graphisch dargestellten Verhältnisse quantitativ auf.

Tabelle 7: Einspar-Ergebnisse Schnellrestaurant PLZ-80_S1, für die monetäre Einsparung wurde ein Strompreis von 17 ct/kWh angesetzt.

Monat	Jahr	Anteil gültiger Zeitschritte	[kWh] Baseline	[kWh] Gemessen	[kWh] gespart	% gespart	[€/a] gespart
09.10.21 - 08.10.22		98,12%	162.783	31.034	131.750	81%	22.397,43 €
10	2021	100,00%	9.851	1.829	8.022	81%	1.363,69 €
11	2021	100,00%	10.793	2.546	8.247	76%	1.401,95 €
12	2021	99,93%	11.179	2.649	8.530	76%	1.450,03 €
1	2022	100,00%	10.914	2.602	8.312	76%	1.413,05 €
2	2022	100,00%	10.637	2.309	8.327	78%	1.415,67 €
3	2022	100,00%	12.600	2.472	10.129	80%	1.721,87 €
4	2022	99,83%	13.435	2.330	11.105	83%	1.887,87 €
5	2022	100,00%	16.914	2.382	14.533	86%	2.470,58 €
6	2022	99,97%	16.600	2.654	13.946	84%	2.370,90 €
7	2022	98,92%	16.515	3.157	13.357	81%	2.270,76 €
8	2022	80,14%	13.683	2.501	11.181	82%	1.900,84 €
9	2022	99,03%	15.650	2.898	12.752	81%	2.167,81 €
10	2022	100,00%	4.012	704	3.308	82%	562,41 €

Folglich wurden im Einsparzeitraum 131.750 kWh bzw. 22.396,43 € (bei einem angenommenen Strompreis in Höhe von 17 ct/kWh) eingespart.

1.4.4 Baseline-Erstellung Wärme

Die WärmeverSORGUNG des Gebäudes des Schnellrestaurants PLZ-80_S1 erfolgt über Fernwärme der Stadtwerke PLZ-80_S1. Referenzzeitraum für die Baseline ist auch hier, wie beim Strom, das letzte Jahr vor Corona, 2019, beziehungsweise die Heizperiode 2018/2019. Hierbei werden die vom WärmeverSORGER abgerechneten Wärmeverbräuche gemäß abrechnungsrelevantem Wärmemengenzähler zugrunde gelegt, siehe nachfolgende Tabelle.

Jahresabrechnung Stadtwerke	2019	2020	2021	2022
Kommentar	BASELINE	Corona mit behördlich angeordneten Schließzeiten	ein Monat Einsparung drin (9.10.-5.11.21)	
Rechnungsdatum	19.12.2019	06.11.2020	22.10.2021	04.11.2022
Start Verbrauchszeitraum	31.10.2018	10.12.2019	05.11.2020	19.10.2021
Ende Verbrauchszeitraum	09.12.2019	04.11.2020	18.10.2021	27.10.2022
Gradtagszahl G _{t20/15} [°C]	4226,50	2982,00	3767,40	3664,60
Verbrauch [MWh]	224,55	134,72	179,20	93,11
Verbrauch pro Gradtagszahl [kWh/°C]	53,129	45,2	47,6	25,4

Die Baseline sind also die hier gezeigten 224,55 MWh, die für den Messzeitraum 31.10.2018 bis 10.12.2019 gelten. Die Gradtagszahl $G_{t20/15}$ während dieses Messzeitraums betrug 4.226,50. Somit betrug der Baseline-Verbrauch = Baseline-Wärmeverbrauch / Baseline-Gradtagszahl

$$= 224,55 \text{ MWh} / 4226,5 \text{ K}$$

$$= 53,129 \text{ kWh/K}$$

Zur Bewertung der Frage, ob die (leicht) unterschiedlichen Betriebszeiten zwischen Baseline-Jahr und Einsparzeitraum, vgl. Tabelle 6, also 89,5 Wochenöffnungsstunden zu 91 Wochenöffnungsstunden, zu berücksichtigen sind, wie wir dies bei der Stromeinsparberechnung getan haben, haben wir uns die tageszeitabhängigen Wärmeverbrauchsdaten aus Abbildung 15 genauer angeschaut und diese den DWD-Wetterdaten gegenübergestellt, siehe nachfolgende Abbildung.

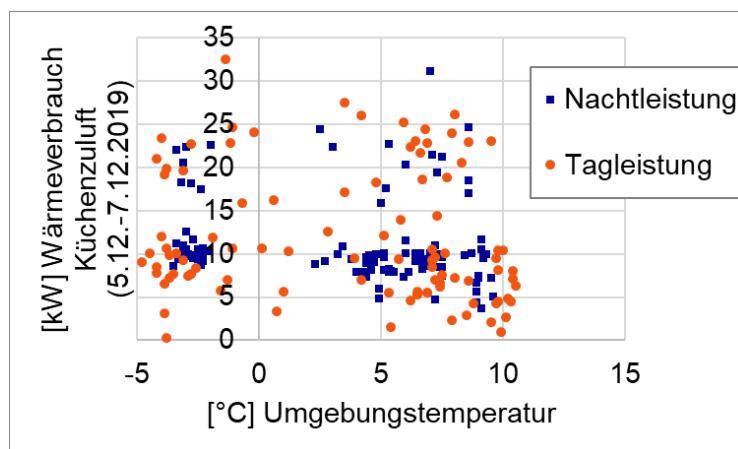


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Heizintensität der Küchenzulufterwärmung und Umgebungstemperatur. Tag ist hier definiert als Restaurant-Öffnungszeit, Nacht als Schließzeit.

Die Datenpunkte aus der vorhergehenden Grafik zeigen keinen klaren Zusammenhang zwischen Tag- und Nachtbetrieb des Lüftungsgeräts. Die durchschnittliche Tag-Heizleistung lag bei 11,5 kW und somit fast gleich wie die durchschnittliche Nachtheizleistung in Höhe von 11,1 kW. Aufgrund dieser schwachen und zudem eher stochastisch anmutenden Zusammenhänge verzichteten wir auf eine komplexere Modellierung der Betriebszeiten für den Baseline-Verbrauch.

1.4.5 Einsparberechnung Wärme

Der Wärmeverbrauch im Einsparzeitraum wurde ebenfalls anhand des abrechnungsrelevanten Übergabezählers, entsprechend der Zählerstände, ermittelt. Diese werden in unregelmäßigen Abständen abgelesen. Leider hatten wir es versäumt, den Zählerstand zu Beginn der Messperiode abzulesen. Dies geschah erstmals am 09.11.2021, sowie 3 weitere Male im bzw. kurz nach Ende des VN-Zeitraums, zuletzt am 27.10.2022. In der nachfolgend dargestellten Tabelle sind die entsprechenden Zählerstände, die abgeleiteten Verbräuche (Differenz der Zählerstände) sowie die Gradtagszahlen und die gradtagszahl-spezifischen Verbräuche dargestellt.

Tabelle 8: abgelesene Zählerstände sowie gradtagszahl-spezifische Verbräuche im Einsparzeitraum bzw. VN-Zeitraum

Ablesen Zählerstand	1. Ablesen	2. Ablesen	3. Ablesen	4. Ablesen
Ablesedatum	09.11.2021	13.12.2021	13.01.2022	27.10.2022
Zählerstand [MWh]	48,303	64,098	78,507	135,515
Start des Messzeitraums (letztes Ablesen)		09.11.2021	13.12.2021	13.01.2022
Ende des Messzeitraums (ein Tag vor Ablesetag)		12.12.2021	12.01.2022	26.10.2022
Gradtagszahl G _{t20/15} verg. Periode [K]		613,50	539,70	2208,40
MWh verbraucht verg. Periode		15,80	14,41	57,01
Spezif. Verbrauch pro Gradtagszahl [kWh/K]		25,746	26,698	25,814

Die vorangehende Tabelle zeigt, dass das Gradtagszahlenmodell für den Einsparzeitraum sehr gut geeignet scheint, um die spezifischen Verbräuche in kWh pro Gradtagszahl zu beschreiben, da diese mit Werten zwischen (gerundet) 26 und 27 nahezu konstant waren (und übrigens sehr ähnlich zu den erreichten gradtagszahl-spezifischen Verbräuchen vom Schnellrestaurant PLZ-66_S1 mit 22-25 kWh/K sind, siehe Tabelle 11, weiter unten in diesem Bericht. PLZ-66_S1 hat zudem einen einstöckigen Gastbereich, PLZ-80_S1 einen zweistöckigen sowie weitere Räume für die Unternehmensverwaltung, was die erhöhten Verbräuche für PLZ-80_S1 gegenüber PLZ-66_S1 erklärt.

Zur Berechnung der Einsparungen im Rahmen dieses VN4 wurde anhand der vorangehenden Tabelle 8 wie folgt vorgegangen. Die „besten“ bzw. zeitlich passendsten Zeitpunkte für die Erfassung der Einsparung im VN-Zeitraum sind der 09.11.2021 (als Startzeitpunkt) sowie der 27.10.2022 (als Endzeitpunkt), für den ein Energieverbrauch in Höhe von 87,212 MWh abgelesen wurde, bei einer Gradtagszahl in Höhe von 3.368,50 K. Zwar liegt damit der Zeitpunkt des ersten Messwerts bereits innerhalb des Einsparzeitraums, der am 09.10. beginnt, wodurch der Zeitraum 09.10.-08.11. für die Einsparberechnung unberücksichtigt bleibt und – mangels Einsparnachweis – die Förderzahlung minimiert. Allerdings liegt der Endzeitpunkt 27.10.2022 bereits nach dem Ende des Einsparnachweis-Zeitraums, der am 08.10.2022 endet. Insofern ist der Zeitraum 09.10.2022-27.10.2022 korrektiv bzw. fördermindernd herauszurechnen, und zwar wie folgt: im Messzeitraum 13.01.2022 bis 27.10.2022 lag der spezif. Verbrauch pro Gradtagszahl gemäß Tabelle 8 bei 25,814 kWh/K. Im Zeitraum 09.10.2022 bis 27.10.2022 lag zugleich die Gradtagszahl bei 141,10 K, woraus sich eine Einsparminderung wegen „außerhalb Einsparzeitraum“ in Höhe von $25,814 \text{ kWh/K} \cdot 141,10 \text{ K}$

= 3,642 MWh ergibt. Somit reduziert sich der rechnerische Verbrauch für den VN4-Zeitraum auf 87,212 MWh - 3,642 = 83,570 MWh.

Dem steht ein Baseline-Verbrauch in Höhe von 53,129 kWh/K (pro Gradtagszahl) gegenüber, was bei der gegebenen Gradtagszahl in Höhe von 3.227,40 einem Baseline-Verbrauch in Höhe von 171,469 MWh entspricht.

Somit beträgt die erreichte Einsparung 171,469 MWh - 83,570 MWh = 87,899 MWh bzw. relativ beträgt die Einsparung 51%. Bei einem anzusetzenden Wärmepreis in Höhe von 7 ct/kWh entspricht dem eine monetäre Einsparung, im Sinne der Leistungskomponenten dieses Vorhabens, in Höhe von 87.899 kWh · 7 ct/kWh = 6.152,94 €.

Auf Basis der hier gewählten Berechnungsmethodik werden zwar die Wärmeverbräuche nicht zeitlich hoch aufgelöst betrachtet. Dennoch ist eine hohe zeitliche Auflösung deswegen gegeben, da die Regeln zur Überwachung des Lüftungsfehlbetriebs einen unsachgemäßen Betrieb der Heizung täglich alarmieren würden. Hierzu dienen von den mittlerweile knapp 60 Regeln insgesamt immerhin 17 Regeln (Regel Nr. 1,3,21,22,23,25,28,29,32,40,41,44,34,36,47,55,56), von denen die zentralen nachfolgend aufgelistet sind und weitgehend selbsterklärend sind:

1. Rule 22: Heating Coil and Cooling Coil Valves modulating simultaneously
2. Rule 29: In heating mode, heat recovery must be 100%, if heater is on
3. Rule 32: No heating allowed for Outdoor Air Temperature above T_set_HeatingCoil (Outdoor Air Temperature_HeatingCoil_LIMIT)
4. Rule 40 : During Operation, if Outdoor Air Temperature<32°C, Room Air Temperature should be within 19-26°C
5. Rule 41 : During Operation, if Outdoor Air Temperature>32°C, Room Air Temperature can be greater than 26° C but maximum of 32°C
6. Rule 44 : HeatPump1 fault signal
7. Rule 45 : HeatPump2 fault signal
8. Rule 46 : When Heat Recovery Opening is >95% temperature increase is below threshold (Temperature after Heat Recovery - Outdoor Air Temperature < T_Heat Recovery_Threshold_ON)
9. Rule 47 : When Heat Recovery Opening <5% temperature increase is above threshold (Temperature after Heat Recovery - Outdoor Air Temperature > T_Heat Recovery_Threshold_OFF)
10. Rule 55 : Heat Recovery index should be below 0.2 if bypass is open(>0.9).
11. Rule 56 : Heat Recovery index should be above 0.6 if bypass is closed(<0.1).

Die vorangehend unter den Listenpunkten 8.-11. genannten Regeln prüfen die korrekte Funktionalität der Wärmerückgewinnung ab, denn eine disfunktionale Wärmerückgewinnung führt ebenfalls zu erhöhten Heizbedarf und/oder erhöhtem Kühlbedarf.

Insofern erhalten wir – trotz unregelmäßiger Aufzeichnung der Wärmeverbräuche – aus dem Monitoring eine direkte Rückmeldung über fehlerhaften Heizbetrieb, was den energieeffizienten Betrieb der Lüftungsanlage sicherstellt.

1.5 Schnellrestaurant Nr. PLZ-66_S1 (PLZ Gebiet 66, Saarland) – Korrigierte Baseline & Einsparberechnung

Im letzten Sachbericht, zu VN3, hatten wir die Baseline für Schnellrestaurant PLZ-66_S1 im Detail beschrieben und selbige im Zuge der VN-Prüfung auch nochmals verbessert. Diese verbesserte Baseline, auf Basis derer Sie den Zwischenbescheid zur Förderzahlung zu VN3 ausgestellt hatten, wenden wir nun, nach einem weiteren Betriebsjahr, hier erneut an.

1.5.1 Strom- Einsparberechnung für den Einsparzeitraum VN4

Die nachfolgende Tabelle stellt die Einsparungen für die 12 Monate des VN4 (01.10.2021-30.09.2022) dar.

Tabelle 9: Darstellung der Einsparungen für den Zeitraum des letzten ZVN (ZVN2) nach Korrektur des Baseline-Modells

	Monat	Jahr	Anteil gültiger Zeitschritte	kWh/m gemessen	kWh/m Baseline	kWh Einsparung	€ Einsparung (@17 ct/kWh)
Summe VN4			98,57%	17.662	147.556	129.893	22.081,89 €
Okt. 21	10	2021	100,00%	1.458	11.787	10.329	1.755,94 €
Nov. 21	11	2021	100,00%	1.513	9.616	8.104	1.377,65 €
Dez. 21	12	2021	100,00%	1.559	10.069	8.510	1.446,69 €
Jan. 22	1	2022	100,00%	1.585	9.936	8.351	1.419,71 €
Feb. 22	2	2022	100,00%	1.408	9.074	7.665	1.303,12 €
Mrz. 22	3	2022	100,00%	1.539	10.908	9.370	1.592,88 €
Apr. 22	4	2022	99,86%	1.450	11.329	9.880	1.679,52 €
Mai. 22	5	2022	99,19%	1.471	14.449	12.978	2.206,27 €
Jun. 22	6	2022	100,00%	1.452	15.732	14.279	2.427,49 €
Jul. 22	7	2022	99,06%	1.580	17.026	15.446	2.625,82 €
Aug. 22	8	2022	80,24%	1.292	14.310	13.018	2.213,07 €
Sep. 22	9	2022	99,17%	1.356	13.319	11.963	2.033,74 €

Somit konnten ähnlich wie im Vorjahr (125.344 kWh) in diesem VN4-Jahr 129.893 kWh an Einsparungen erreicht werden.

1.5.2 Flüssiggas: korrigierte Baseline sowie Einsparung für Zeiträume ZVN2 und ZVN3

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Tankzeitpunkte und die Tankmengen für das Schnellrestaurant PLZ-66_S1 für die Jahre 2019 (Baseline-Jahr) bis 2022.

Tabelle 10: Gasverbräuche des Schnellrestaurants von 2019 (Baseline-Jahr) bis Okt. 2021

2019			2020			2021			2022		
Tankdatum	Propan [l]	Propan [MWh]	Tankdatum	Propan [l]	Propan [MWh]	Tankdatum	Propan [l]	Propan [MWh]	Tankdatum	Propan [l]	Propan [MWh]
18.01.2019	5.362	38,4	09.03.2020	3.093	22,2	26.01.2021	5.506	39,5	08.02.2022	4.260	30,5
31.01.2019	3.036	21,8	22.10.2020	2.526	18,1	28.04.2021	3.121	22,4	08.12.2022	5.341	38,3
22.02.2019	4.030	28,9				03.12.2021	3.767	27,0			
21.03.2019	3.385	24,3									
24.04.2019	3.500	25,1									
03.09.2019	3.331	23,9									
31.12.2019	4.072	29,2									
Liter / a	26.716		Liter / a	5.619		Liter / a	12.394		Liter / a	9.601	

In der nachfolgenden Tabelle sind die Gas-Einsparungen, inklusive der Einspar-relevanten Gradtagszahl, für den Baseline-Zeitraum sowie alle bisherigen Einsparzeiträume tabellarisch dargestellt.

Tabelle 11: Einsparungen im Gasverbrauch im Einsparzeitraum dieses Zwischenverwendungsnachweises (Mai 2019 – September 2020)

	Baseline-Zeitraum	Einsparzeitraum VN2	Einsparzeitraum VN3	Einsparzeitraum VN4
Messzeitraum	01.01.2018 00:00	01.06.2019 00:00	01.10.2020 00:00	01.10.2021 00:00
Messzeitraum Ende	31.12.2018 23:59	30.09.2020 23:59	30.09.2021 23:59	30.09.2022 23:59
Dauer Messzeitraum [d]	365,0	519,0	365,0	365
Gradtagszahl G _{t20/15}	3130,1	3670,9	3786,2	3.024,1
Verbrauch [kWh/Messzeitraum]	293.079	90.425	82.770	68.014
=> spezif. Verbrauch [kWh/G_t20/15]	93,63	24,63	21,86	22,49
Baseline [kWh/G_t20/15]	93,63	93,63	93,63	93,63
=> Baseline [kWh/Messzeitraum]	293.079	343.724	354.516	283.154
Einsparung [kWh/Messzeitraum]	-	253.299	271.746	215.140
Gaspreis ESZ [ct/kWh]	7,00	7,00	7,00	7,00
Einsparung [€/Messzeitraum]	- €	17.731 €	19.022 €	15.069,81 €
Einsparung [%]	0%	74%	77%	76%

Entsprechend ergibt sich eine Einsparung um 215.140 kWh bzw. 15.069,81 € im VN4-Berichtsjahr.

1.6 Schnellrestaurants mit Referenz-Baseline vom Schnellrestaurant PLZ-94_S1 – erreichte Einsparung

Berechnungsgrundlagen:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

messeffekt lieferte im Berichtszeitraum sechs Monitoring-Systeme zusammen mit einer Lüftungs-Regelung für insgesamt sechs Schnellrestaurants. Aufgrund der Zusage von Herrn Alt, vom Programmbüro ESZ, dass wir Energieeinsparungen durch unsere (effizientere und mit Monitoring überwachte) Steuerung gegen die (baugleiche) PLZ-94_S1-Anlage, deren Baseline wir bereits im VN2 dargestellt haben, rechnen dürfen, konnten wir dem Kunden einen Einsparzähler-Rabatt anbieten, der uns ermöglicht, im harten Preiswettbewerb der Fast-Food-Branche ein durch das Monitoring deutlich höherwertiges Produkt anzubieten.

Entsprechend wenden wir die Baseline des Schnellrestaurant PLZ-94_S1, die im Detail im Sachbericht zum Zwischenverwendungsnachweis Nr. 2 vom 19.01.2021 dargestellt, als Referenzmodell für folgende Restaurants an. Dies ist möglich, da die Lüftungsanlagen alle baugleich (gleiche Komponenten und ggf. abweichende, aber energieeffizienzneutrale geometrische Anordnung) sind und die Gebäudenutzung ebenfalls gleich ist:

1. Schnellrestaurant PLZ-94_S1
2. Schnellrestaurant PLZ-89_S1
3. Schnellrestaurant PLZ-97_S1
4. Schnellrestaurant PLZ-75_S1
5. Schnellrestaurant PLZ-97_S2
6. Schnellrestaurant PLZ-73_S1
7. Schnellrestaurant PLZ-83_S1
8. Schnellrestaurant PLZ-63_S1
9. Schnellrestaurant PLZ-83_S2
10. Schnellrestaurant PLZ-84_S2

Die nachfolgend dargestellte Tabelle fasst die Einsparergebnisse für die genannten Restaurants zusammen. Weitere Erläuterungen zu der nachfolgenden Tabelle finden sich unterhalb der Tabelle.

Tabelle 12: Baseline und Einsparungen für die Anlagen, die PLZ-94_S1 als Baseline verwenden

Standorte	Messbeginn	gült. Zeitschritte rel.	Ge-messen [kWh]	Base-line [kWh]	Ein-sparung [kWh]	rel. Ein-sparung	Ein-sparung * [€]	Jahres-ein-sparung ** [€]
PLZ-94_S1	01.10.21	97,8%	36.579	77.009	40.429	53,3%	6.873,00	7.035,93
PLZ-89_S1	01.10.21	99,8%	20.268	78.264	57.996	74,6%	9.859,31	9.888,82
PLZ-97_S1	01.10.21	97,9%	28.609	81.676	53.067	66,3%	9.021,41	9.220,20
PLZ-75_S1	08.11.21	98,0%	34.231	72.231	38.000	53,4%	6.460,02	7.370,14
PLZ-97_S2	22.03.22	96,4%	15.807	49.098	33.291	70,0%	5.659,39	11.173,46
PLZ-73_S1	22.04.22	92,3%	27.586	36.861	9.276	22,2%	1.576,84	3.897,71
PLZ-83_S1	20.06.22	94,5%	15.029	23.041	8.012	34,9%	1.362,06	5.193,49
PLZ-63_S1	29.06.22	99,3%	15.705	28.248	12.544	46,1%	2.132,40	8.408,75
PLZ-83_S2	02.07.22	99,1%	7.180	23.211	16.032	69,8%	2.725,41	11.033,37
PLZ-84_S2	14.09.22	98,2%	645	2.762	2.117	76,7%	359,95	7.878,52
gesamt		97,3%	201.639	472.402	270.763	56,7%	46.029,78	81.100,40

* Nachgewiesene Einsparung im Messzeitraum [€] bei einem Strompreis von 17ct/kWh

**Jahre einsparung [€/a] (bei 17ct/kWh) durch proportionale Extrapolation/Hochrechnung aus gültigen Zeitschritten und Messdauer

Aussonderung ungültiger Datenpunkte

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Daten erklären wir dann für die Einsparberechnung ungültig, wenn die elektrischen Strommesswerte oder DWD-Temperaturdaten im jeweiligen Zeitschritt nicht vorliegen oder wenn die Lüftungsanlage über mehrere Tage nicht betrieben wurde. Ungültige Zeitpunkte schlagen in den unten gezeigten Graphiken nach unten (-20 kW bzw. °C) aus. Zusätzlich sind alle Zeitschritte mit einer Gültigkeitsvariable gekennzeichnet, diese beträgt +10 (gültig) oder -10 (ungültig).

Für Restaurants, die erst im Laufe des Einsparzeitraums VN4 in Betrieb genommen wurden, haben wir zusätzlich einen individuellen Startzeitpunkt festgelegt: Die Einsparrechnung haben wir begonnen, sobald die Lüftungsanlage tagsüber nicht mehr abgeschaltet wurde. Die Startzeitpunkte können der Übersichtstabelle (Tabelle 12, Spalte „Messbeginn“) entnommen werden. Der Messzeitraum für alle Restaurants endete am 30.09.2022 um 23:59 Uhr

Alle ungültigen sowie zeitlich vor dem von uns festgelegte Startzeitpunkt liegenden Daten wurden vor der Berechnung der Einsparung aussortiert und werden aus Transparenzgründen – (gemeinsam mit der jeweiligen Ursache der Aussonderung) – für jeden Standort in den Abbildungen Abbildung 26, Abbildung 29, Abbildung 32, Abbildung 35, Abbildung 38, Abbildung 41, Abbildung 44, Abbildung 47, Abbildung 50 und Abbildung 53 graphisch dargestellt. Durch die Aussonderung wurde verhindert, dass die berechneten Einsparungen überschätzt werden, auch bei kurzzeitigen Datenlücken haben wir keine Daten interpoliert.

Die Wetterdaten für die Standorte stammen aus der jeweils nächst-gelegenen DWD-Wetterstation die auf vergleichbarer Höhe ü. NN. liegt.

Bei mehreren Restaurants fehlen die von uns erhobenen Leistungsdaten im Zeitraum vom 17. bis 24.08.2022. Diese Datenlücke ist auf eine parallel ablaufende Programmierarbeit zurückzuführen, die zum Absturz des Messdatenservers führte, auf den die Daten übermittelt wurden. Um einem solchen Ausfall künftig vorzubeugen, haben wir eine Neuordnung unserer Serverinfrastruktur vorgenommen, die weitere Datenverluste dieser Art verhindert.

Messwerte und Baseline im Vergleich

In den Abbildungen Abbildung 27, Abbildung 30, Abbildung 33, Abbildung 36, Abbildung 39, Abbildung 42, Abbildung 45, Abbildung 48, Abbildung 51 und Abbildung 54 zeigen wir überblicksartig für den gesamten Berichtszeitraum alle Baseline-Werte und Messwerte, die auch in die Einsparberechnung eingeflossen sind, als chronologische Darstellung, also elektrische Leistung in Abhängigkeit der Zeit, $P_{el}(t)$.

Tag- und Nacht-Baseline

Die Abbildungen Abbildung 28, Abbildung 31, Abbildung 34, Abbildung 37, Abbildung 40, Abbildung 43, Abbildung 46, Abbildung 49, Abbildung 52 und Abbildung 55 zeigen die Tag- und Nacht-Baselinsen sowie die Messwerte als elektrische Leistungswerte in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.

Die ursprünglich vier Baselines, (1) die Tag-Baseline für die Lüftungsanlage inklusive Zuluft-Wärmepumpen, (2) die selbige Baseline nur für die Nacht, (3) die Tag-Baseline für die Umluftkassetten mit Split-Wärmepumpe und (4) diese wieder für die Nacht, wurden dabei zu einer Tag- und einer Nacht-Baseline addiert:

$$\text{Baseline}_{\text{Grafik_Tag}} = \text{Baseline}_{\text{Umluftkassette_Tag}} + \text{Baseline}_{\text{Lüftungsanlage_Tag}}$$

$$\text{Baseline}_{\text{Grafik_Nacht}} = \text{Baseline}_{\text{Umluftkassette_Nacht}} + \text{Baseline}_{\text{Lüftungsanlage_Nacht}}$$

Um zu bestimmen, welches Baseline Modell verwendet wird, also das Tag- oder Nacht-Modell, haben wir einen Grenzwert von 0,7 kW festgelegt. Alle Verbräuche unterhalb dieser Grenze werden mit dem Nacht-Baseline-Modell verglichen, alle Verbräuche darüber mit dem Tag-Baseline-Modell.

Dieses Vorgehen ist deswegen zulässig, weil die Nacht-Baseline höher ist als die Tag-Baseline: Selbst wenn die Lüftungsanlage morgens oder abends zu lange betrieben wurde (durchgehender Nachbetrieb wie seinerzeit im Baseline-Fall konnten wir im Messzeitraum für alle Restaurants ausschließen), dann führt die genannte Regel zu einem Abgleich mit dem Tagmodell, was die Einsparungen unterschätzt. Dagegen zu kurzer Tagbetrieb, der zu einem unzulässigen Abgleich mit dem Nachtmodell führen würde, ist deswegen praktisch nicht möglich, da ein Betrieb der Küchengeräte ohne Lüftungsanlage aus Sicherheitsgründen regelungstechnisch nicht möglich ist.

Erreichte Einsparung

Die erreichte Einsparung stellen wir für jeden Standort in den Tabellen Tabelle 13 bis Tabelle 22 monatsweise für den gesamten Berichtszeitraum dar.

1.6.1 Schnellrestaurant Nr. PLZ-94_S1 (PLZ Gebiet 94, Bayern)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

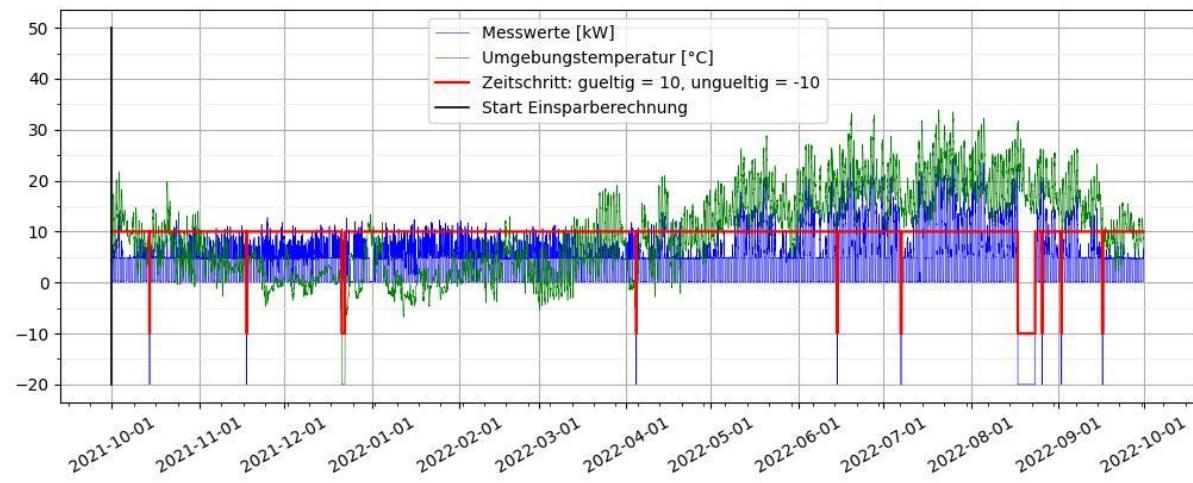


Abbildung 26: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum in PLZ-94_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

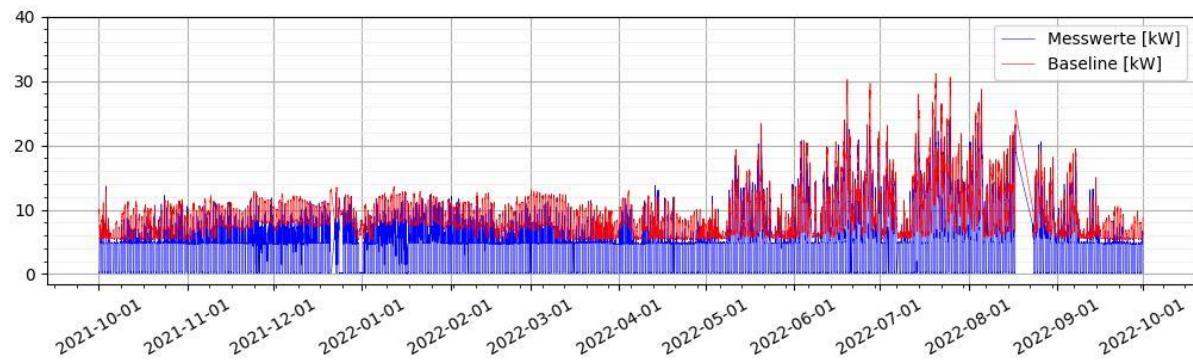


Abbildung 27: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline in PLZ-94_S1 im VN4-Zeitraum

Tag und Nacht Baseline

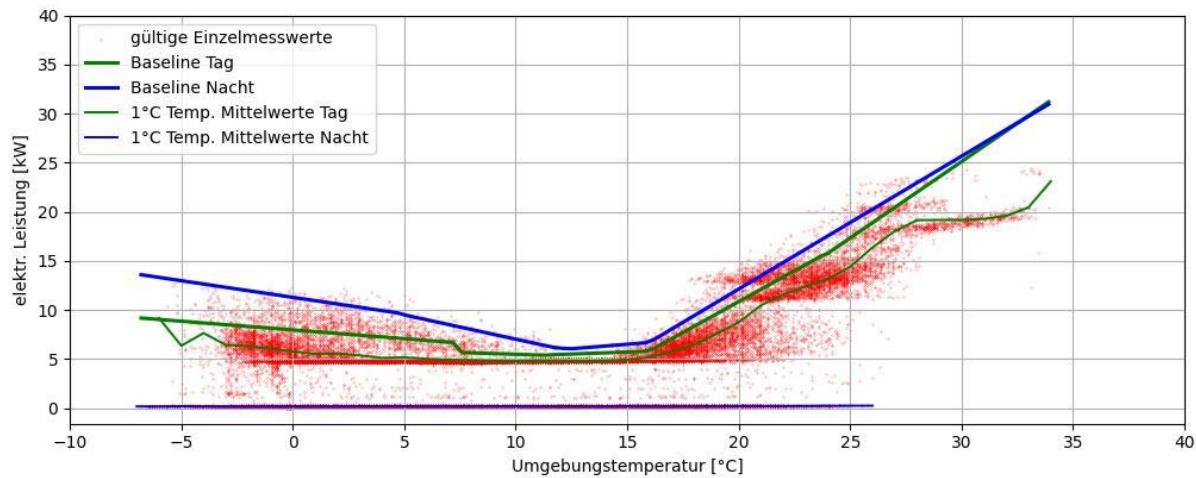


Abbildung 28: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-94_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline; man erkennt: tagsüber liegen die Verbräuche in etwa im Bereich der Baseline, nachts bei (fast) 0 KW, also deutlich unter der Nacht-Baseline.

Erreichte Einsparung

Tabelle 13: eingesparte Energiemengen in PLZ-94_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Okt 21	99,7 %	2.359	5.426	3.068	56,5 %	521,53
Nov 21	100,0 %	2.407	6.165	3.758	61,0 %	638,87
Dez 21	96,3 %	2.215	6.505	4.289	65,9 %	729,21
Jan 22	100,0 %	2.601	6.845	4.244	62,0 %	721,47
Feb 22	100,0 %	2.137	5.670	3.533	62,3 %	600,66
Mär 22	100,0 %	2.383	6.001	3.618	60,3 %	615,14
Apr 22	99,8 %	2.319	5.417	3.098	57,2 %	526,68
Mai 22	100,0 %	3.415	6.003	2.588	43,1 %	439,97
Jun 22	100,0 %	4.849	7.962	3.113	39,1 %	529,20
Jul 22	98,9 %	5.218	8.828	3.610	40,9 %	613,73
Aug 22	80,1 %	4.031	6.935	2.904	41,9 %	493,69
Sep 22	98,7 %	2.646	5.251	2.605	49,6 %	442,86
gesamt	97,8 %	36.579	77.009	40.429	53,3 %	6.873,00

1.6.2 Schnellrestaurant Nr. PLZ-89_S1 (PLZ Gebiet 89, Baden-Württemberg)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

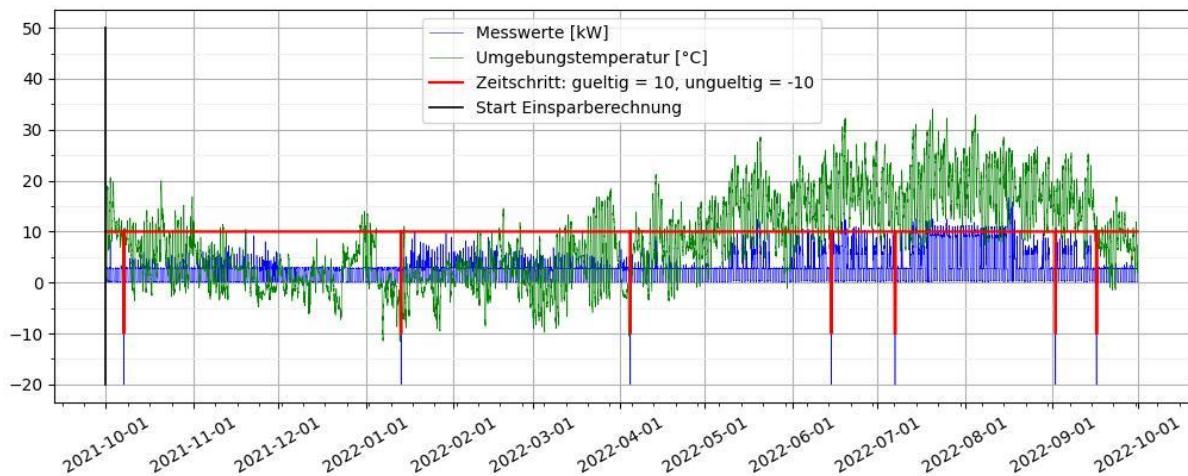


Abbildung 29: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum in PLZ-89_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

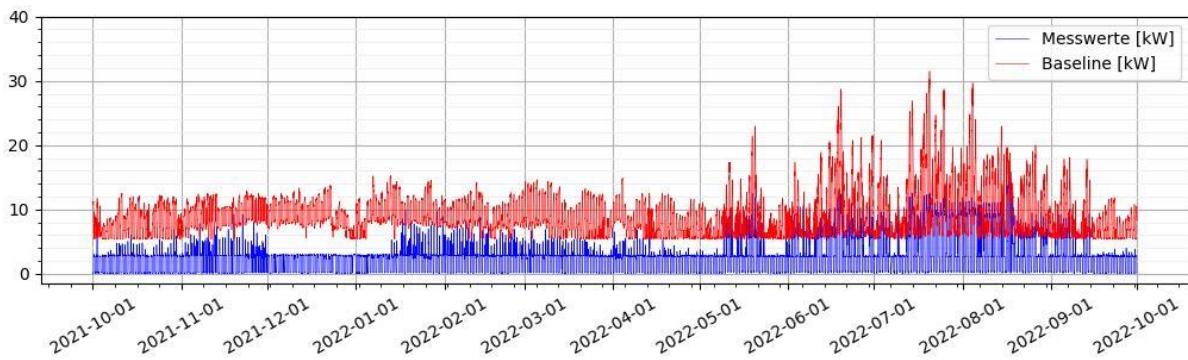


Abbildung 30: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-89_S1 im VN4-Zeitraum

Tag- und Nacht-Baseline

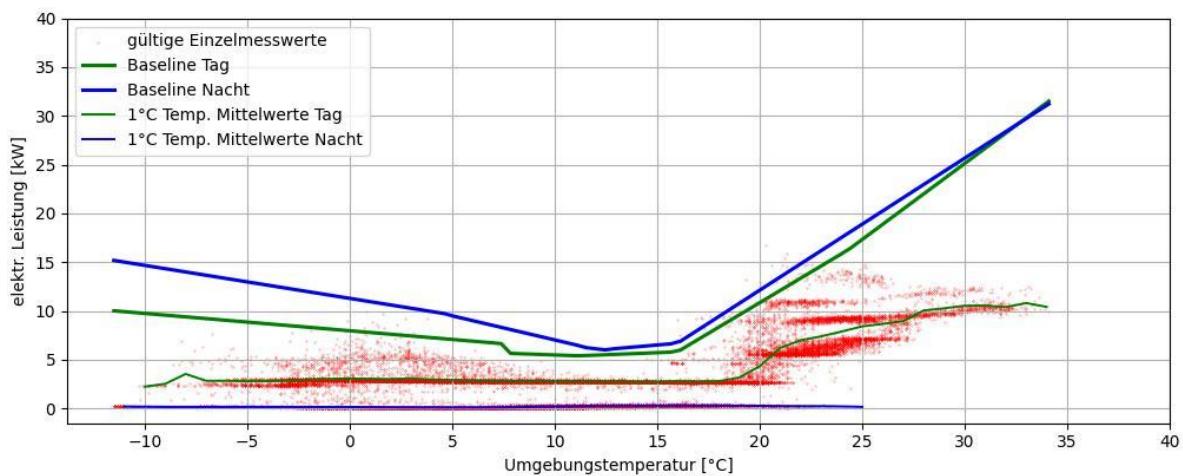


Abbildung 31: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-89_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 14: eingesparte Energiemengen in PLZ-89_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Okt 21	100,0 %	1.071	5.847	4.775	81,7 %	811,80
Nov 21	100,0 %	1.138	6.608	5.470	82,8 %	929,83
Dez 21	100,0 %	1.201	6.756	5.555	82,2 %	944,31
Jan 22	99,9 %	1.379	6.945	5.566	80,1 %	946,24
Feb 22	100,0 %	1.334	5.766	4.432	76,9 %	753,37
Mär 22	100,0 %	1.416	6.374	4.959	77,8 %	842,96
Apr 22	99,8 %	1.358	5.643	4.285	75,9 %	728,45
Mai 22	100,0 %	1.677	5.858	4.181	71,4 %	710,78
Jun 22	100,0 %	2.197	7.079	4.882	69,0 %	829,97
Jul 22	98,9 %	2.931	8.141	5.210	64,0 %	885,72
Aug 22	100,0 %	3.083	7.861	4.778	60,8 %	812,24
Sep 22	98,7 %	1.483	5.386	3.904	72,5 %	663,63
gesamt	99,8 %	20.268	78.264	57.996	74,6 %	9.859,31

1.6.3 Schnellrestaurant Nr. PLZ-97_S1 (PLZ Gebiet 97, Bayern)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

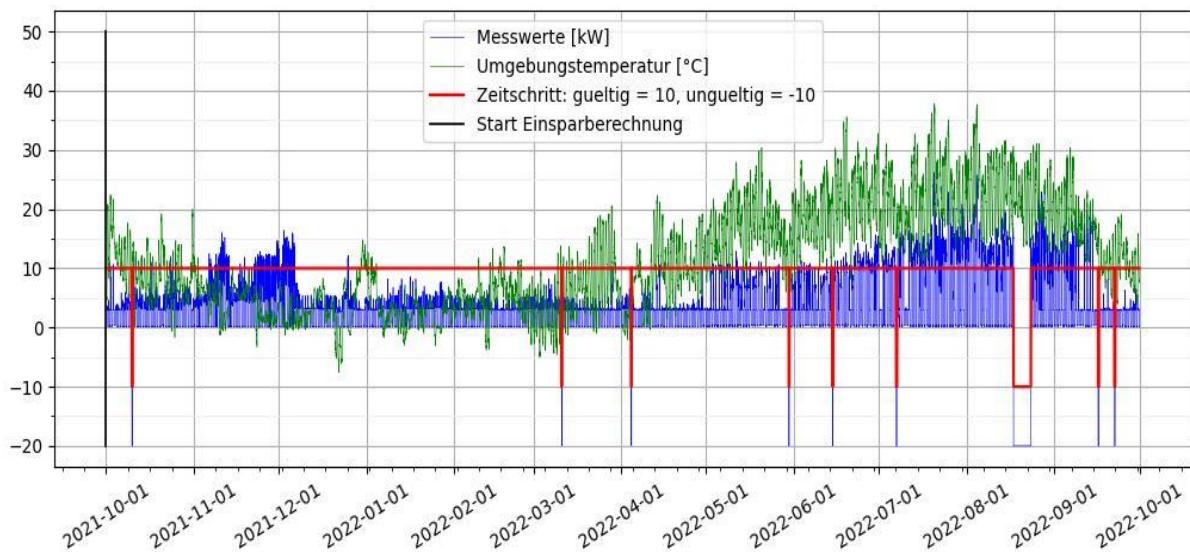


Abbildung 32: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum in PLZ-97_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

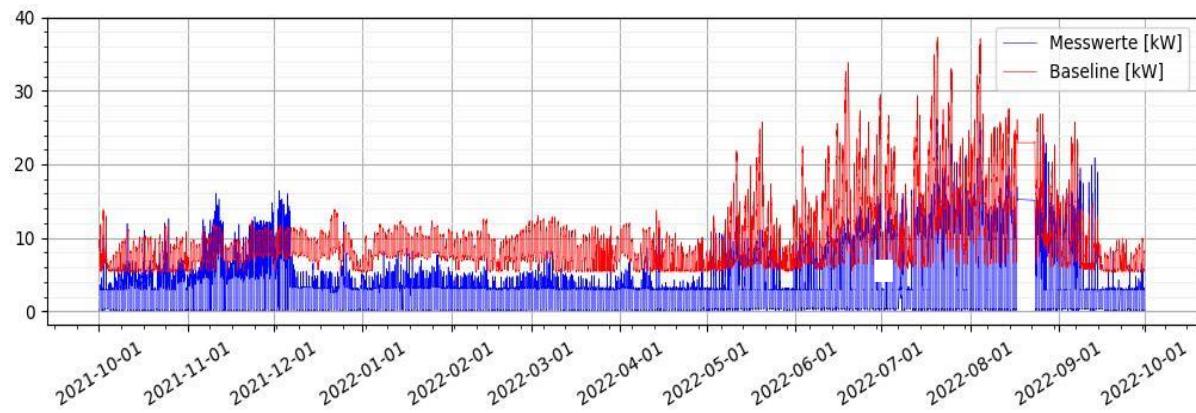


Abbildung 33: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-97_S1 im VN4-Zeitraum

Tag- und Nacht-Baseline

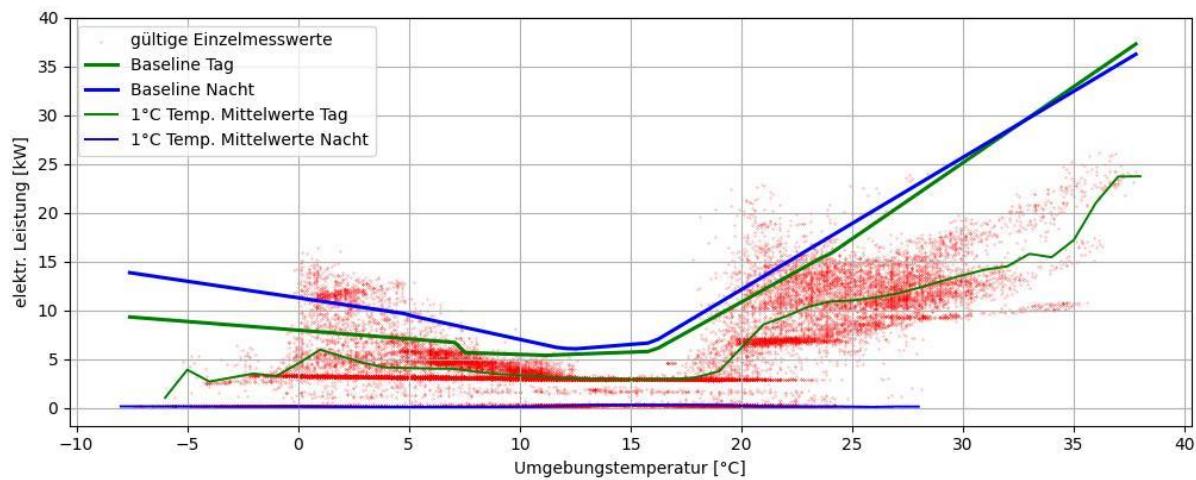


Abbildung 34: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-97_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung in PLZ-97_S1

Tabelle 15: eingesparte Energiemengen in PLZ-97_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Okt 21	99,2 %	1.676	5.341	3.665	68,6 %	623,12
Nov 21	100,0 %	2.749	5.960	3.211	53,9 %	545,88
Dez 21	100,0 %	1.980	6.354	4.374	68,8 %	743,64
Jan 22	100,0 %	1.451	6.453	5.002	77,5 %	850,37
Feb 22	100,0 %	1.241	5.436	4.196	77,2 %	713,24
Mär 22	99,9 %	1.388	6.080	4.692	77,2 %	797,56
Apr 22	99,8 %	1.352	5.385	4.033	74,9 %	685,60
Mai 22	99,4 %	2.195	6.582	4.387	66,7 %	745,85
Jun 22	100,0 %	3.219	8.985	5.766	64,2 %	980,23
Jul 22	98,9 %	4.797	10.180	5.383	52,9 %	915,17
Aug 22	80,2 %	4.318	9.103	4.785	52,6 %	813,49
Sep 22	98,1 %	2.245	5.817	3.572	61,4 %	607,25
gesamt	97,9 %	28.609	81.676	53.067	66,3 %	9.021,41

1.6.4 Schnellrestaurant Nr. PLZ-75_S1 (PLZ Gebiet 75, Baden-Württemberg)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

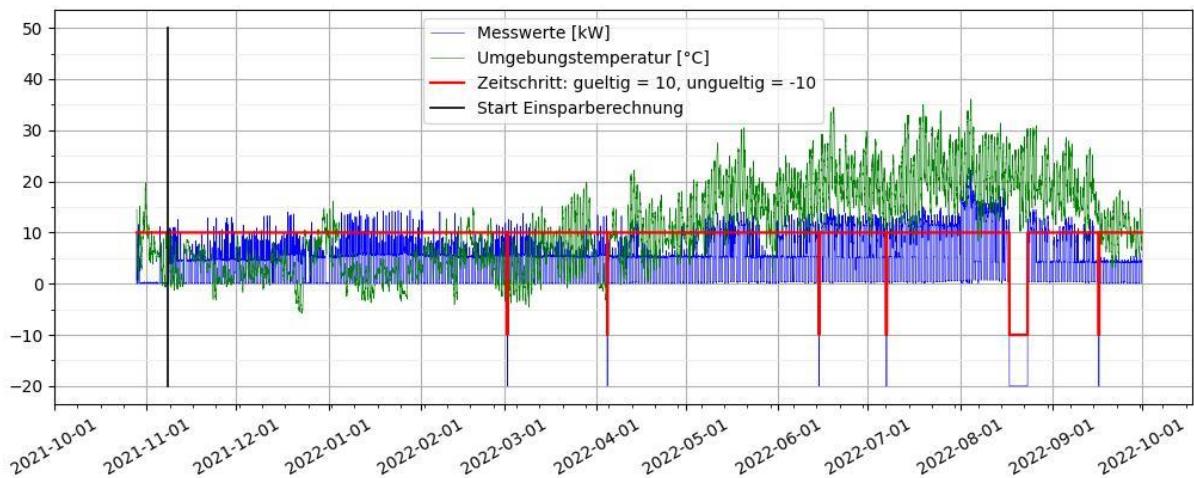


Abbildung 35: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 28.10.2021) in PLZ-75_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

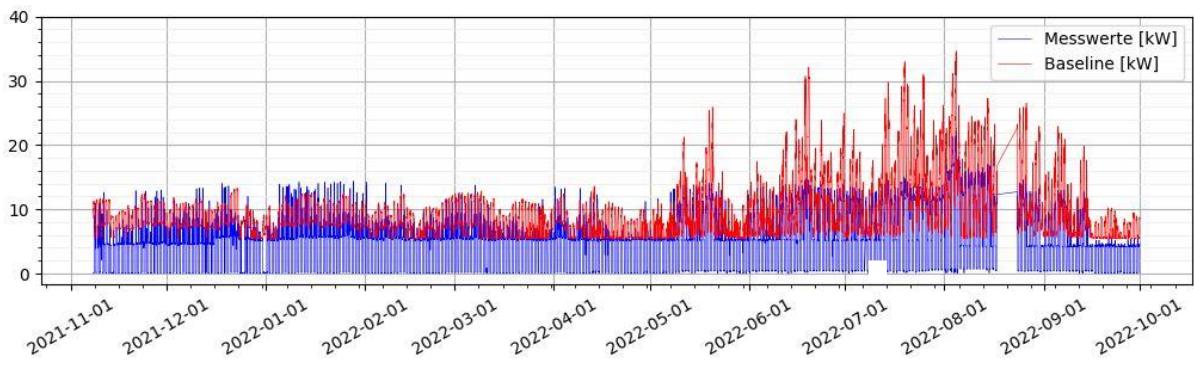


Abbildung 36: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-75_S1 (ab Start der Einsparberechnung 08.11.2021)

Tag und Nacht Baseline

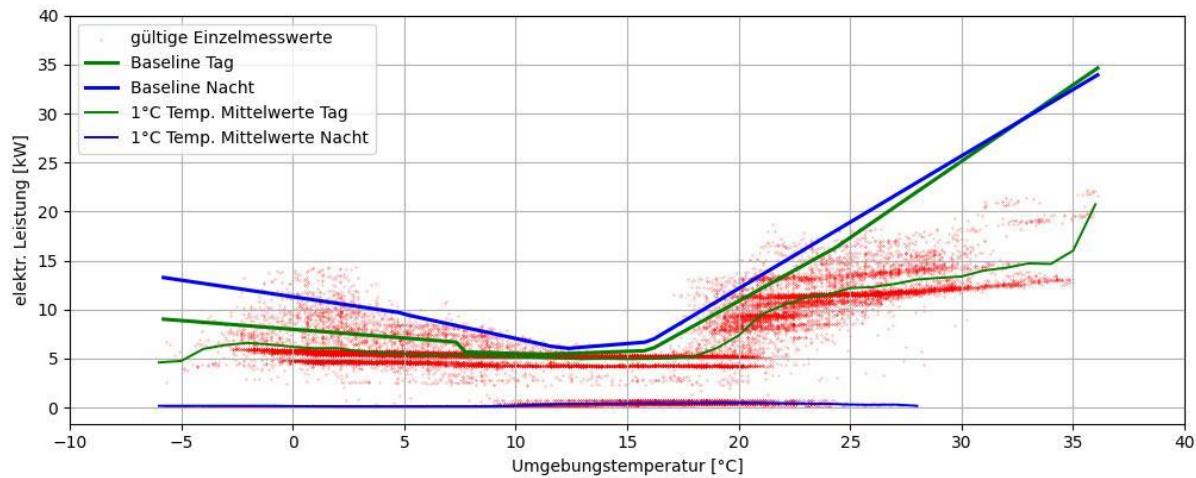


Abbildung 37: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-75_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 16: eingesparte Energiemengen in PLZ-75_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
08.11.-30.11.	100,0 %	1.629	4.757	3.128	65,8 %	531,79
Dez 21	100,0 %	2.437	6.123	3.686	60,2 %	626,59
Jan 22	100,0 %	2.893	6.438	3.545	55,1 %	602,58
Feb 22	100,0 %	2.436	5.263	2.827	53,7 %	480,57
Mär 22	100,0 %	2.651	5.905	3.254	55,1 %	553,22
Apr 22	99,8 %	2.589	5.282	2.693	51,0 %	457,82
Mai 22	100,0 %	3.419	6.485	3.066	47,3 %	521,28
Jun 22	100,0 %	4.196	8.062	3.865	47,9 %	657,11
Jul 22	98,9 %	4.860	9.757	4.897	50,2 %	832,48
Aug 22	80,2 %	4.546	8.359	3.813	45,6 %	648,17
Sep 22	99,0 %	2.573	5.799	3.226	55,6 %	548,40
gesamt	98,0 %	34.231	72.231	38.000	53,4 %	6.460,02

1.6.5 Schnellrestaurant Nr. PLZ-97_S2 (PLZ Gebiet 97, Baden-Württemberg)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

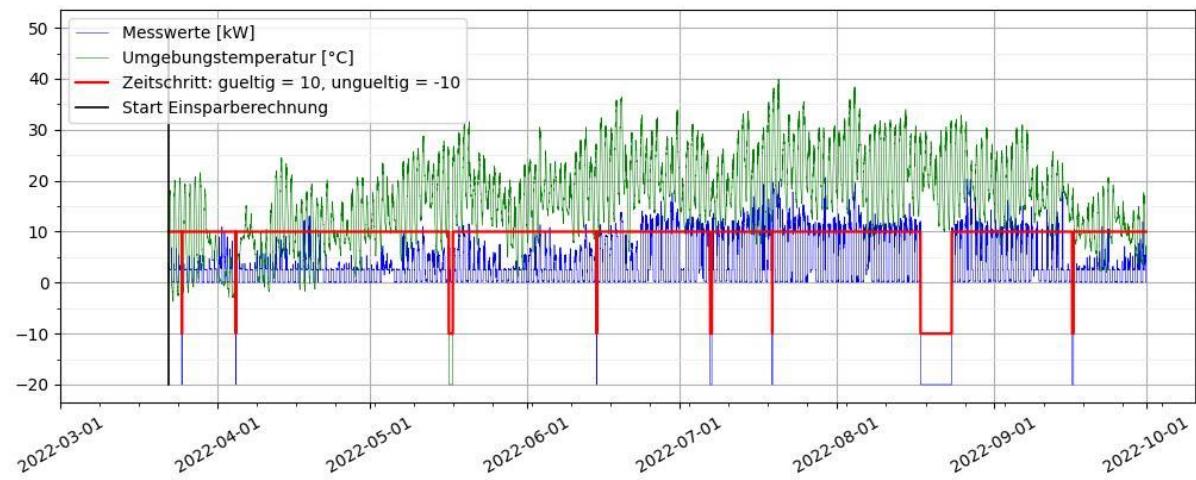


Abbildung 38: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 22.03.2022) in PLZ-97_S2, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

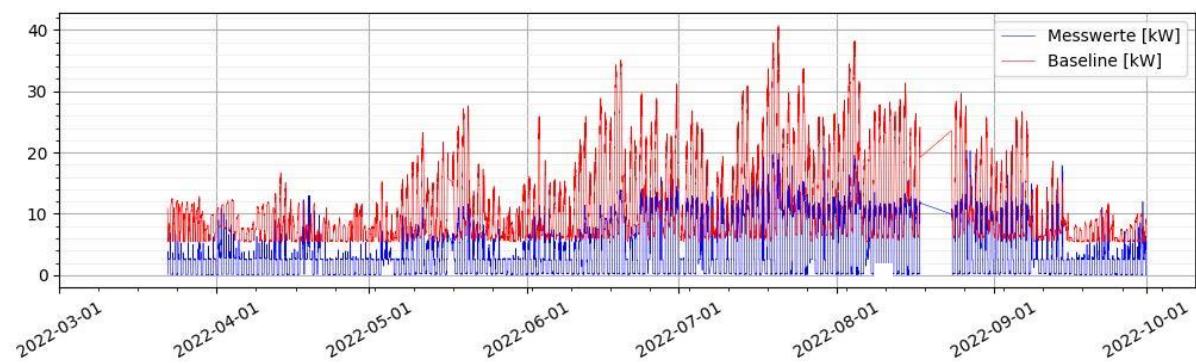


Abbildung 39: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-97_S2 (ab Start der Einsparberechnung 22.03.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

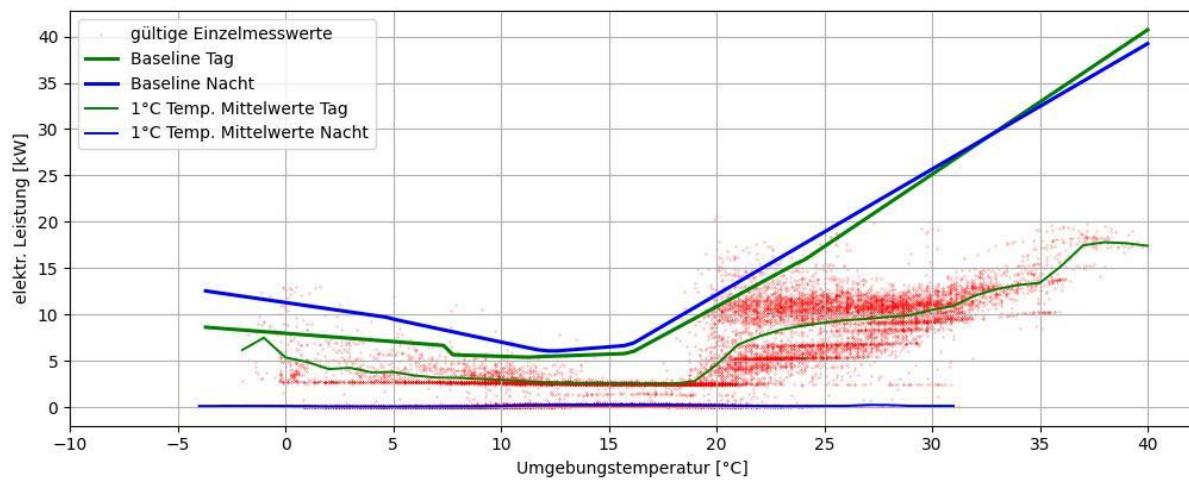


Abbildung 40: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-97_S2 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 17: eingesparte Energiemengen in PLZ-97_S2 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
22.03.-31.03.	99,7 %	380	1.976	1.596	80,8 %	271,31
Apr 22	99,8 %	1.378	5.649	4.271	75,6 %	726,03
Mai 22	97,4 %	1.805	6.925	5.121	73,9 %	870,53
Jun 22	100,0 %	2.883	9.193	6.310	68,6 %	1.072,71
Jul 22	98,9 %	4.082	10.402	6.321	60,8 %	1.074,53
Aug 22	80,2 %	3.329	8.962	5.633	62,9 %	957,62
Sep 22	99,0 %	1.951	5.990	4.039	67,4 %	686,64
gesamt	96,4 %	15.807	49.098	33.291	70,0 %	5.659,39

1.6.6 Schnellrestaurant Nr. PLZ-73_S1 (PLZ Gebiet 73, Baden-Württemberg)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

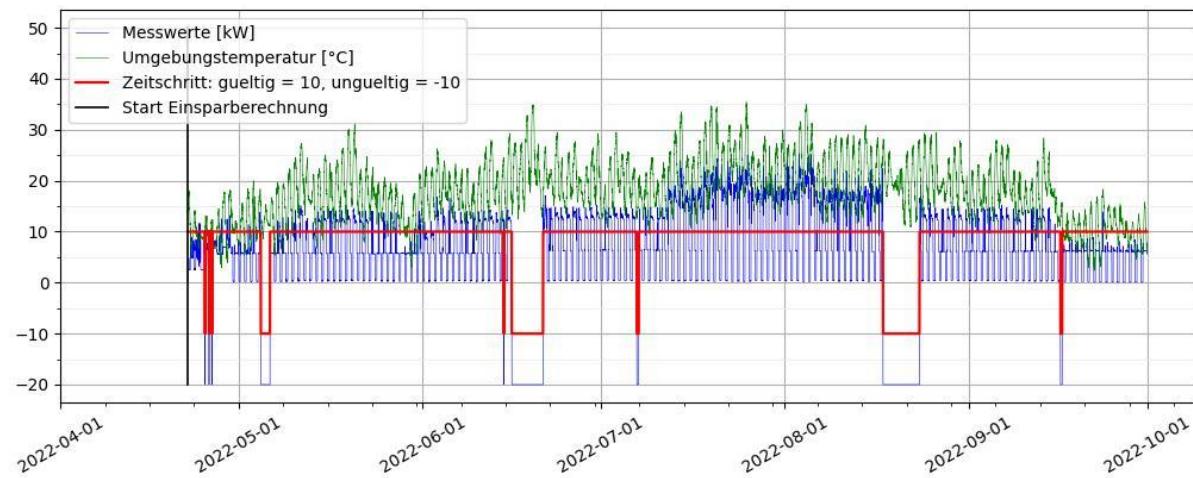


Abbildung 41: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 22.04.2022) in PLZ-73_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

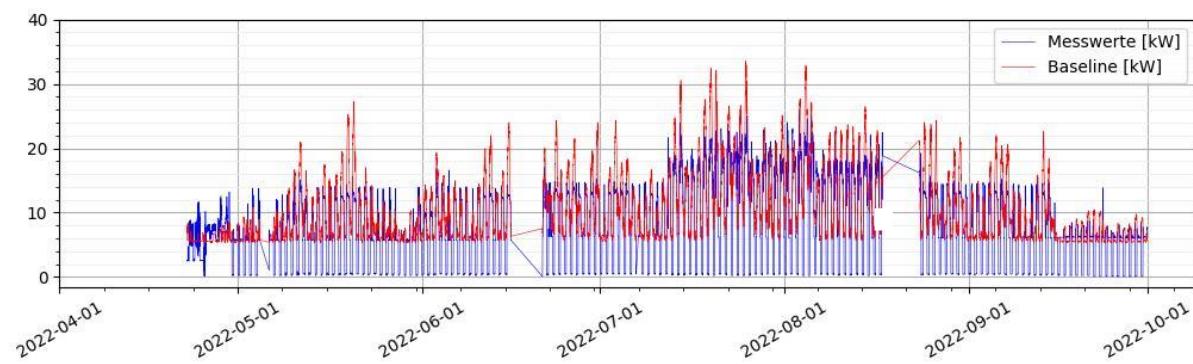


Abbildung 42: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-73_S1 (ab Start der Einsparberechnung 22.04.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

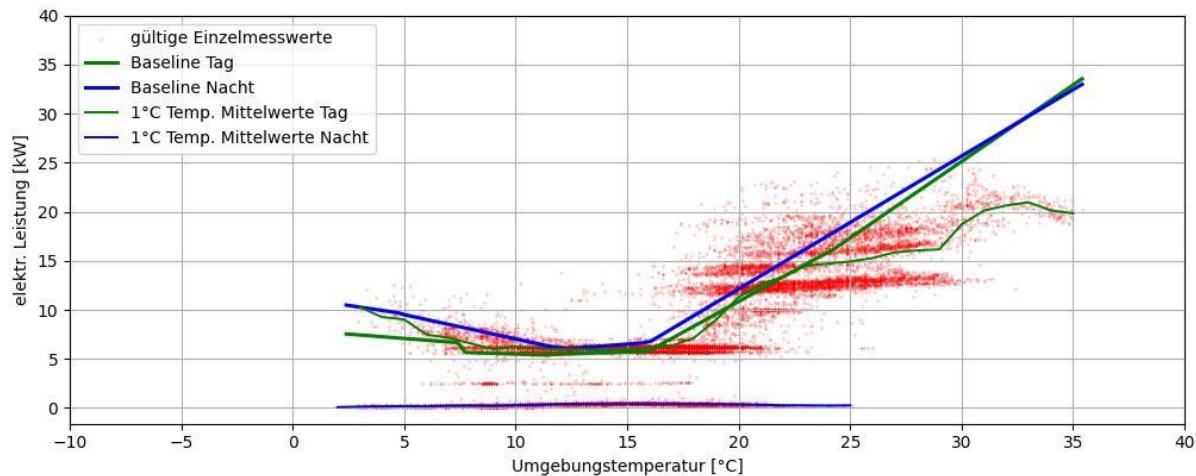


Abbildung 43: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-73_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 18: eingesparte Energiemengen in PLZ-73_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
22.04.-30.04.	98,6 %	1.210	1.207	-3	-0,3 %	-0,58
Mai 22	95,0 %	4.200	6.156	1.956	31,8 %	332,54
Jun 22	82,4 %	4.497	6.291	1.793	28,5 %	304,83
Jul 22	98,9 %	7.566	9.632	2.067	21,5 %	351,35
Aug 22	80,2 %	5.995	7.928	1.933	24,4 %	328,65
Sep 22	99,0 %	4.117	5.647	1.530	27,1 %	260,06
gesamt	92,3 %	27.586	36.861	9.276	22,2 %	1.576,84

1.6.7 Schnellrestaurant Nr. PLZ-83_S1 (PLZ Gebiet 83, Bayern)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

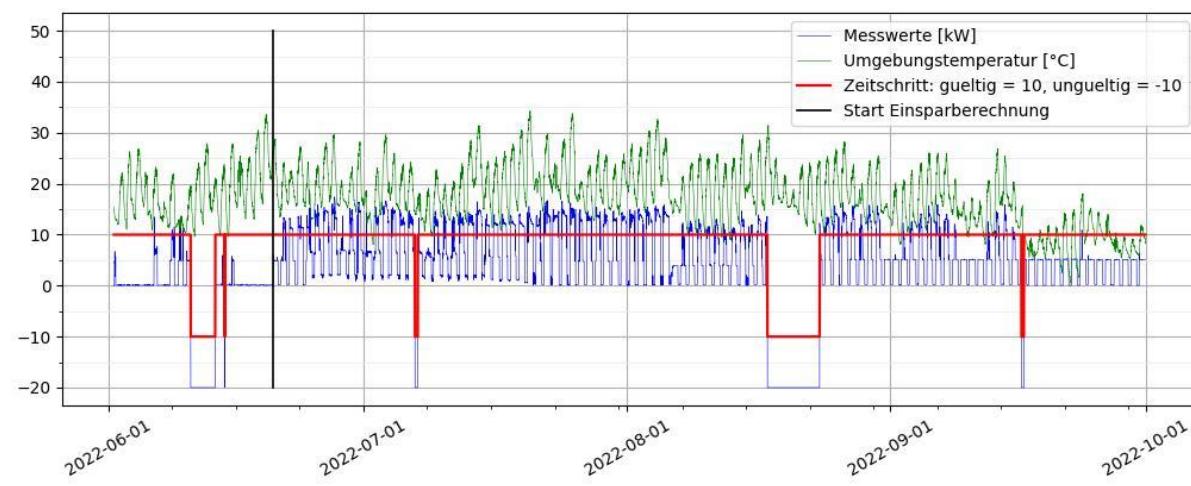


Abbildung 44: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 01.06.2022) in PLZ-83_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

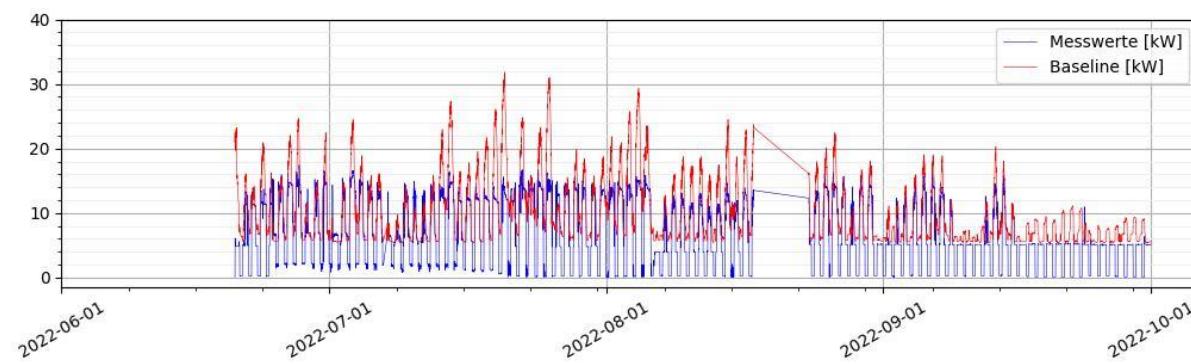


Abbildung 45: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-83_S1 (ab Start der Einsparberechnung 20.06.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

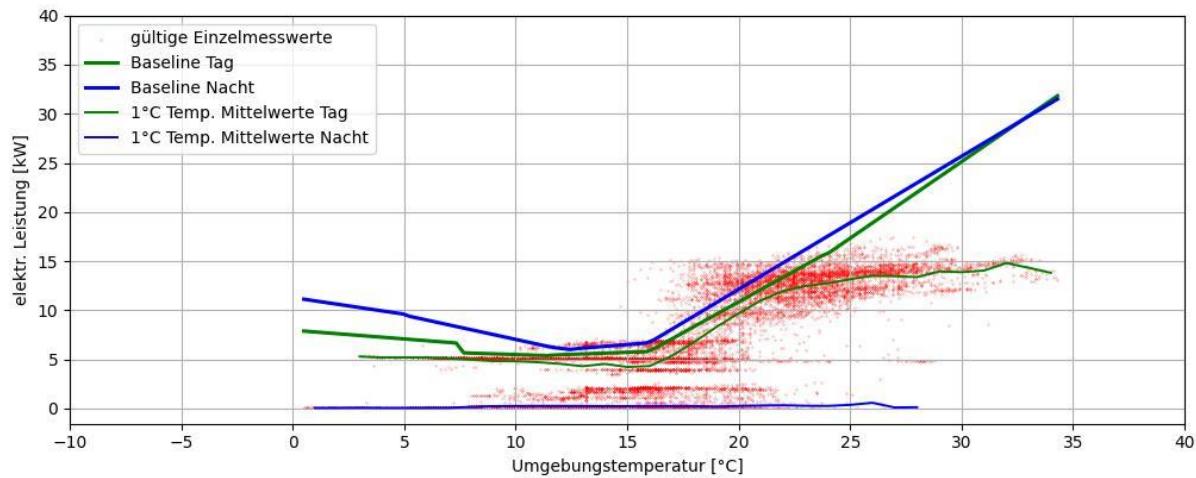


Abbildung 46: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-83_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 19: eingesparte Energiemengen in PLZ-83_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
20.06.-30.06.	100,0 %	1.911	2.778	867	31,2 %	147,46
Jul 22	98,9 %	5.915	8.299	2.383	28,7 %	405,16
Aug 22	80,2 %	4.039	6.618	2.579	39,0 %	438,49
Sep 22	99,0 %	3.164	5.346	2.182	40,8 %	370,95
gesamt	94,5 %	15.029	23.041	8.012	34,9 %	1.362,06

1.6.8 Schnellrestaurant Nr. PLZ-63_S1 (PLZ Gebiet 63, Hessen)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

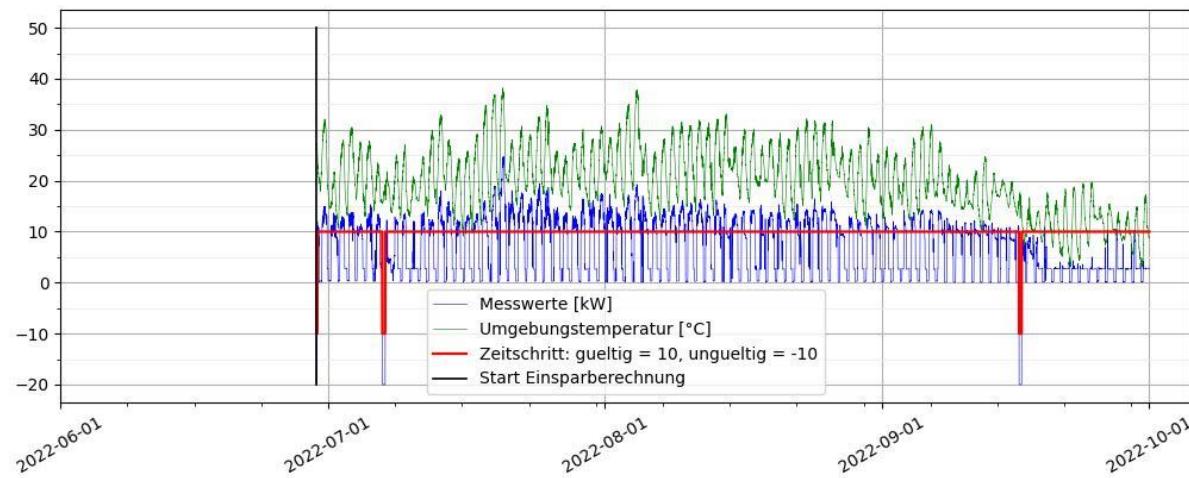


Abbildung 47: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 29.06.2022) in PLZ-63_S1 mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

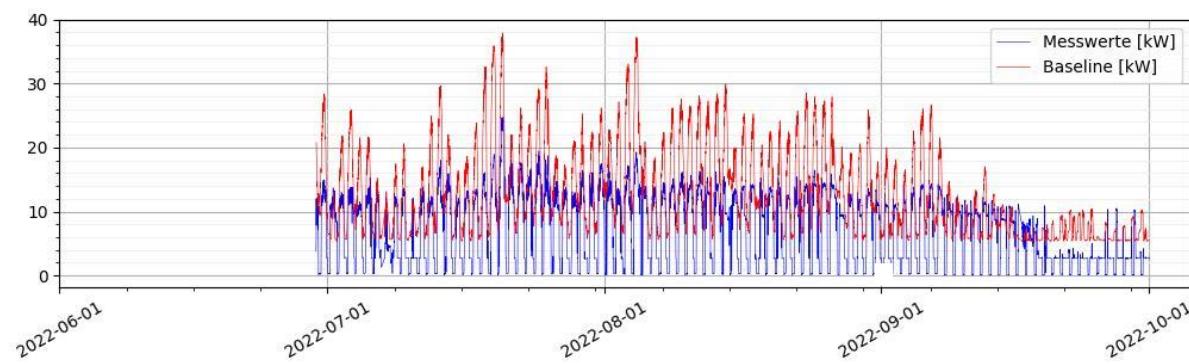


Abbildung 48: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-63_S1 (ab Start der Einsparberechnung 29.06.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

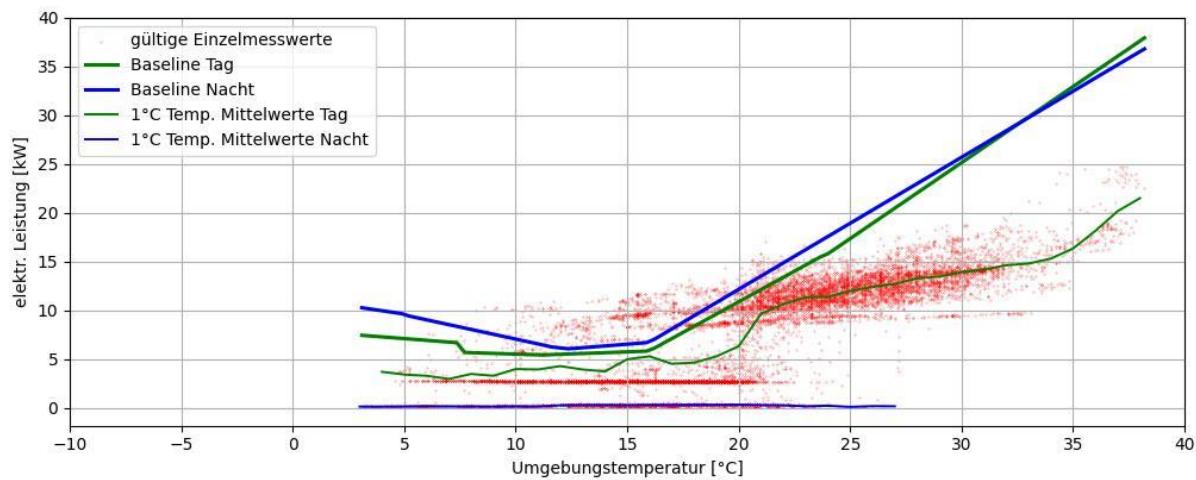


Abbildung 49: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-63_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 20: eingesparte Energiemengen in PLZ-63_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
29.06.- 30.06.	99,5 %	249	538	288	53,6 %	49,03
Jul 22	98,9 %	5.874	10.199	4.325	42,4 %	735,21
Aug 22	100,0 %	6.097	11.613	5.516	47,5 %	937,74
Sep 22	99,0 %	3.484	5.898	2.414	40,9 %	410,43
gesamt	99,3 %	15.705	28.248	12.544	46,1 %	2.132,40

1.6.9 Schnellrestaurant Nr. PLZ-83_S2 (PLZ Gebiet 83, Bayern)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

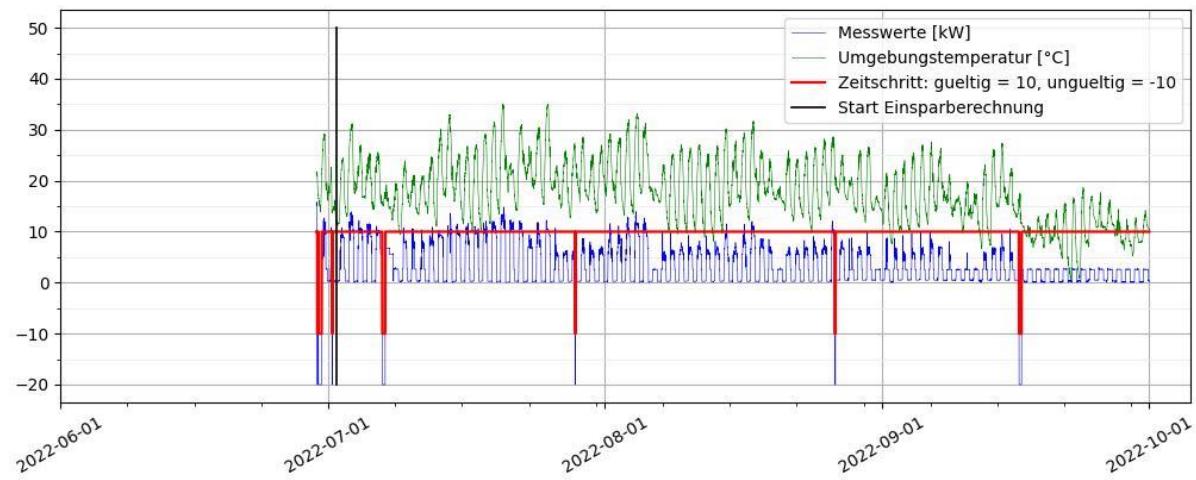


Abbildung 50: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 29.06.2022) in PLZ-83_S2, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

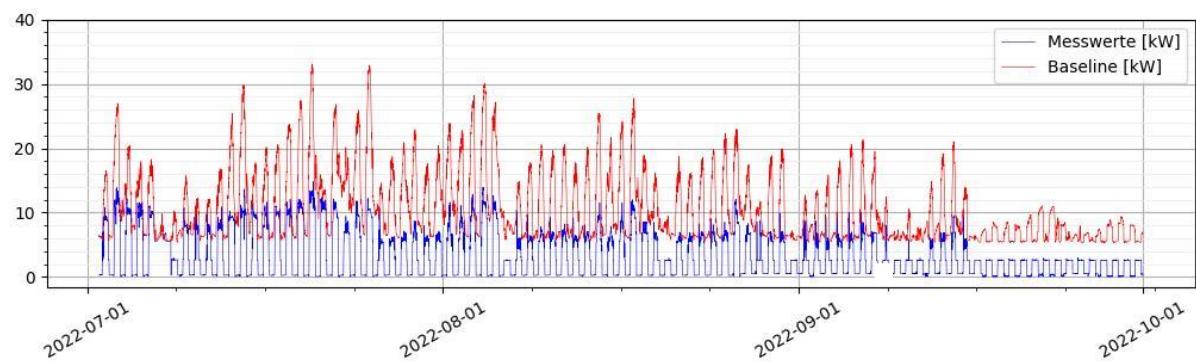


Abbildung 51: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-83_S2 (ab Start der Einsparberechnung 02.07.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

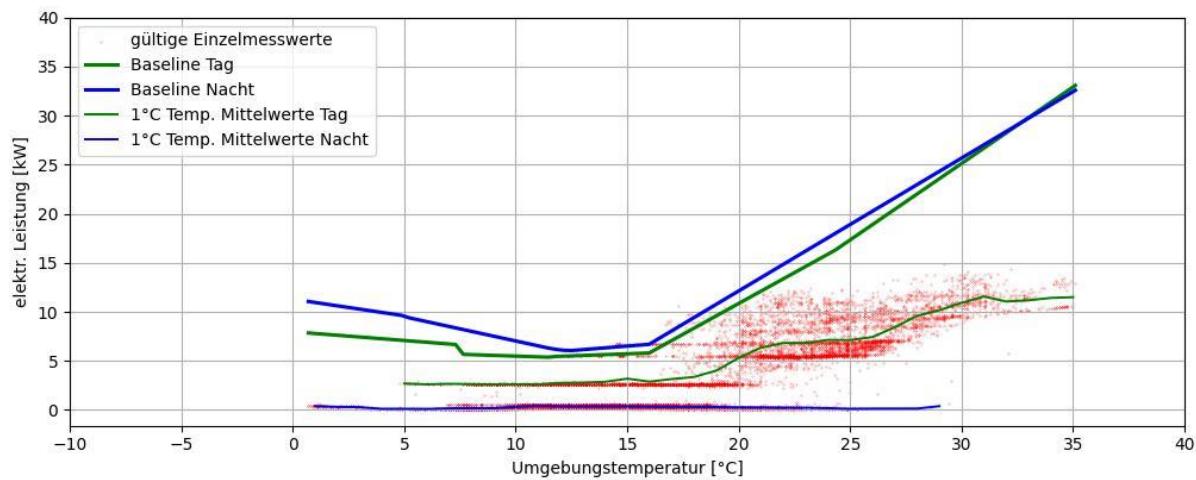


Abbildung 52: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-83_S2 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 21: eingesparte Energiemengen in PLZ-83_S2 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
02.07.-31.07.	98,7 %	3.229	8.956	5.727	63,9 %	973,57
Aug 22	99,7 %	2.530	8.704	6.174	70,9 %	1.049,65
Sep 22	99,0 %	1.421	5.551	4.131	74,4 %	702,19
gesamt	99,1 %	7.180	23.211	16.032	69,8 %	2.725,41

1.6.10 Schnellrestaurant Nr. PLZ-84_S2 (PLZ Gebiet 84, Bayern)

Aussonderung ungültiger Datenpunkte:

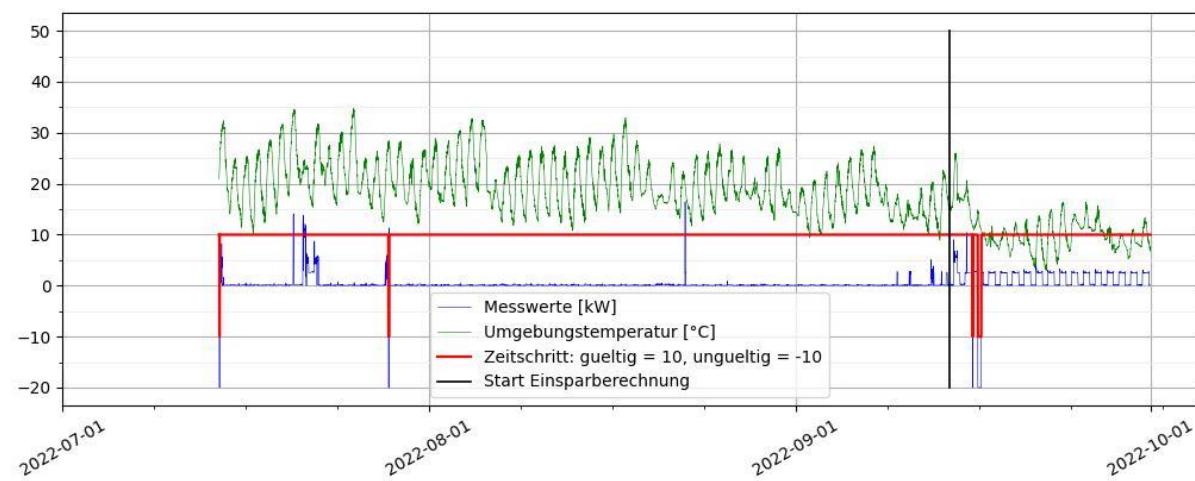


Abbildung 53: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum (ab Inbetriebnahme 14.07.2022) in PLZ-84_S2, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Messwerte und Baseline im Vergleich

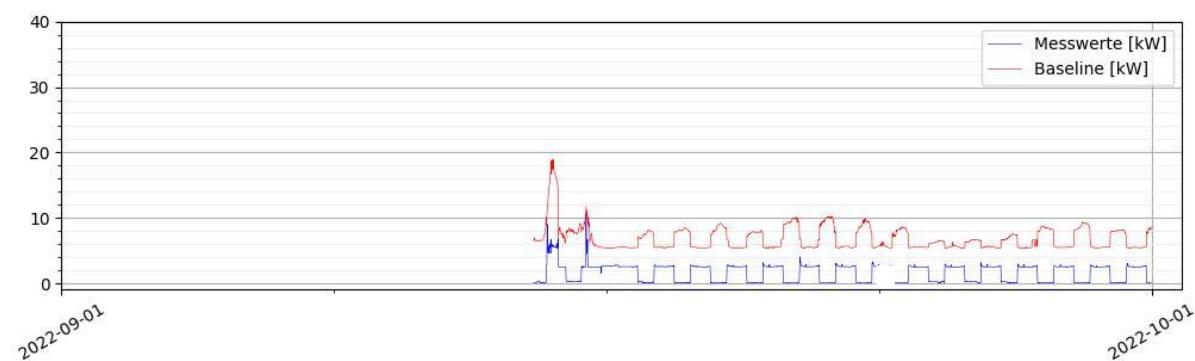


Abbildung 54: tatsächlich benötigte elektrische Leistung und Baseline-Prognose in PLZ-84_S2 (ab Start der Einsparberechnung 14.09.2022)

Tag- und Nacht-Baseline

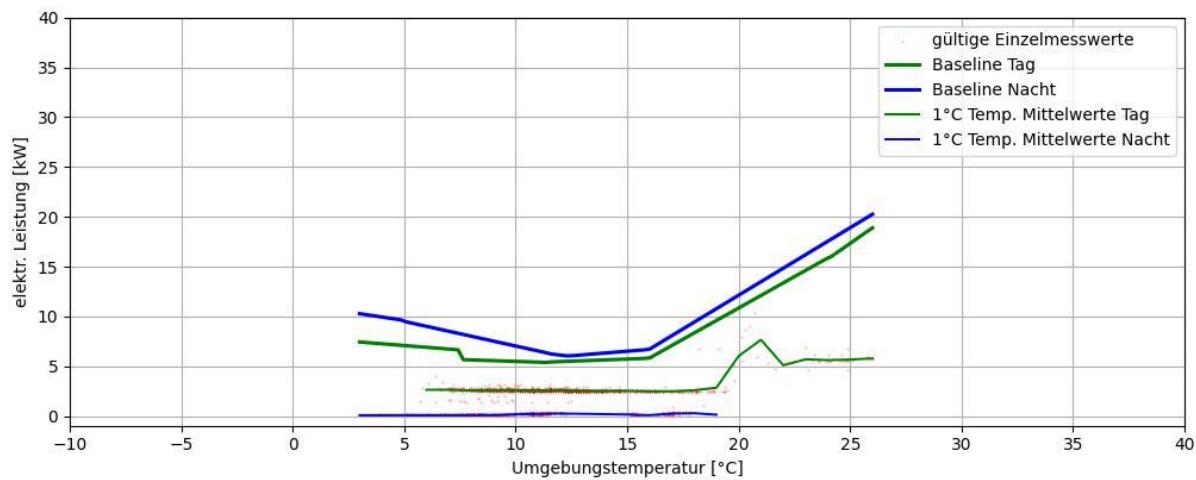


Abbildung 55: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-84_S2 im VN4-Zeitraum, mit Baseline

Erreichte Einsparung

Tabelle 22: eingesparte Energiemengen in PLZ-84_S2 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
14.09.-30.09.	98,2 %	645	2.762	2.117	76,7 %	359,95
gesamt	98,2 %	645	2.762	2.117	76,7 %	359,95

1.7 Schnellrestaurant Nr. PLZ-84_S1 (PLZ Gebiet 84, Bayern) – erreichte Einsparung

Im Schnellrestaurant PLZ-84_S1 lieferte messeffekt ein Energiemonitoring-System für eine Lüftungsanlage. Die Regelung der Anlage war von einem Dritten (Automatisierungstechniker) geliefert worden. Das Monitoring System wurde am 09.10.2019 in Betrieb gesetzt.

Durch das Monitoring konnte messeffekt einen bisher unentdeckten Fehler in der Wärmerückgewinnung feststellen, der durch den zuständigen Automatisierungstechniker behoben wurde (siehe letzter VN-Bericht) und der zuvor zu unnötig hohen Verbrächen bei kalten Temperaturen geführt hatte.

Die Baseline für PLZ-84_S1 wurde bereits im Zwischenverwendungsnachweis Nr. 2 vom 25.03.2022 ausführlich erklärt und hat weiterhin Gültigkeit. Nachfolgend stellen wir die erreichte Einsparung in PLZ-84_S1 da. Die Vorgehensweise entspricht dabei eins zu eins den Standorten, die mit der Baseline aus PLZ-94_S1 verglichen wurden. Lediglich der Grenzwert mit dem entschieden wird, ob ein Messwert der Tag- oder der Nacht-Baseline zugeordnet wird, beträgt 1,0 kW (wie im Vorjahr) anstatt 0,7 kW, was allerdings keine nennenswerten Ergebnisunterschiede zur Folge haben dürfte. Eine gesonderte Nacht-Baseline existiert nicht, da ein unbeabsichtigter Nachtbetrieb im Baseline-Fall nicht vorlag. D.h. die Einsparberechnung wird nur auf die Tag-Werte angewandt. Zunächst wurden entsprechend von Messdatenlücken die ungültigen Datenpunkte aussortiert, siehe nachfolgende Abbildung.

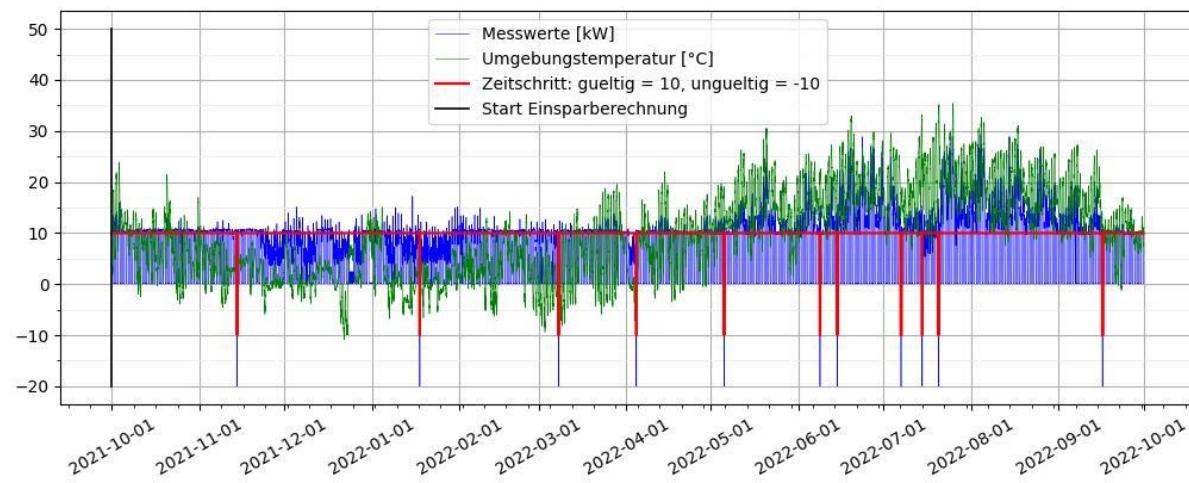


Abbildung 56: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum in PLZ-84_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

Die nachfolgende Abbildung zeigt Messwerte und Baseline-Werte im Vergleich.

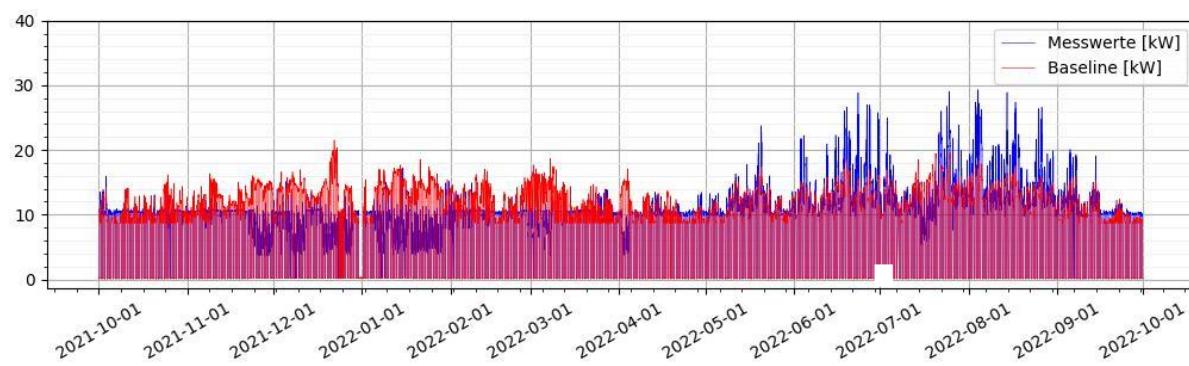


Abbildung 57: Temperatur- und Leistungskurve im Einsparzeitraum in PLZ-84_S1, mit Gültigkeit und Startzeitpunkt

In der nachfolgend dargestellten Abbildung sind die Messwerte des Einsparzeitraums (rote Punkte und grüne Punkte in Form der Mittelwerte des jeweiligen Temperaturintervalls) im Vergleich zur

Baseline dargestellt. Deutlich wird, dass die Einsparungen durch die Korrektur der Wärmerückgewinnung insbesondere bei kalten Temperaturen liegen.

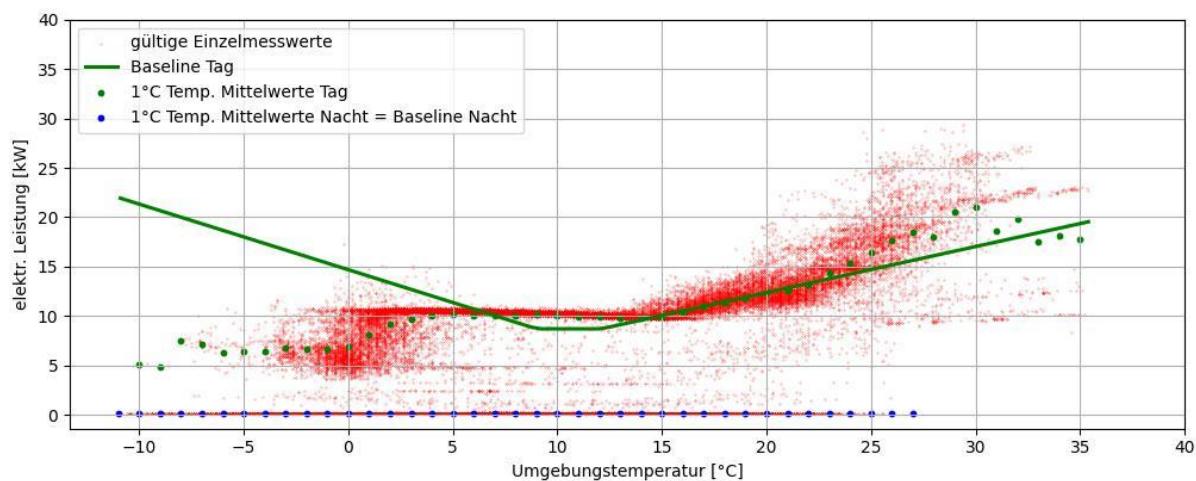


Abbildung 58: elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur in PLZ-84_S1 im VN4-Zeitraum, mit Baseline; man erkennt: die Heizflanke bei kalten Temperaturen ist durch den korrigierten Betrieb der Wärmerückgewinnung und effizienter Nutzung der Küchenabwärme verschwunden

Erreichte Einsparung

Die nachfolgende Tabelle listet die Einsparung für PLZ-84_S1 für den gesamten Berichtszeitraum auf.

Tabelle 23: eingesparte Energiemengen in PLZ-84_S1 im Einsparzeitraum, aufgeschlüsselt nach Monaten; man erkennt auch hier, dass die größten Einsparungen in den Wintermonaten erzielt wurden

Monat	gültige Zeitschritte rel.	gemessen [kWh]	Baseline [kWh]	Einsparung [kWh]	Ø Einsparung rel.	Nachgewiesene Einsparung [€] bei 17ct/kWh
Okt 21	100,0 %	4.520	4.431	-89	-2,0 %	-15,08
Nov 21	100,0 %	4.020	5.191	1.171	22,6 %	199,08
Dez 21	100,0 %	3.519	5.498	1.980	36,0 %	336,53
Jan 22	99,8 %	3.516	5.880	2.365	40,2 %	401,97
Feb 22	100,0 %	4.002	4.527	525	11,6 %	89,17
Mär 22	99,8 %	4.412	4.857	445	9,2 %	75,60
Apr 22	99,8 %	4.055	4.192	137	3,3 %	23,35
Mai 22	100,0 %	4.902	4.856	-45	-0,9 %	-7,73
Jun 22	99,9 %	5.964	5.454	-511	-9,4 %	-86,85
Jul 22	98,6 %	5.665	5.847	182	3,1 %	30,87
Aug 22	100,0 %	6.554	5.794	-761	-13,1 %	-129,36
Sep 22	99,0 %	4.474	4.283	-191	-4,5 %	-32,52
gesamt	99,7 %	55.602	60.808	5.206	8,0 %	885,01

