

Auswertung der Energieströme Q3 2025

(Bericht 4 – MS 1.7)

im Rahmen des Verbundvorhabens

EnQuaFlex - Energiewendeditienlicher Quartiersbetrieb durch
gemeinschaftliche Flexibilitätskoordination

Teilprojekt: Messtechnische Erfassung und Datenauswertung

Autoren:

Dipl.-Kfm. Denis Neiwert

Selvana Younes, B. Eng.

Lutz Meinecke, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Nicolei Beckmann

Lektorat und Korrektorat: Dipl.-Kfm. Denis Neiwert

Buxtehude, 12.02.2026

Hochschule 21
Harburger Str. 6
21614 Buxtehude

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	ii
Tabellenverzeichnis	ii
1 Vorstellung und aktueller Zustand des Quartiers	1
2 Energiefluss vom Quartier	2
2.1 Energieverbräuche und Leistungen des Quartiers (EZA-Regler)	2
2.2 Energiebezug, -lieferung und -bilanz des Quartiers im Detail	4
2.3 Erkenntnisse zur Nutzung und Steuerung der Energieflüsse in der Heizperiode	6
3 Photovoltaikerzeugung	7
4 Analyse der Energieflüsse	9
5 Netzdienlichkeitsanalyse	11
5.1 Hintergrund und Zielsetzung: Netzdienlichkeit als Bewertungskriterium	11
5.2 Methodik: Versuchsaufbau und Bewertungssystematik	12
5.3 Ergebnisse der Analyse	12
5.4 Fazit Netzdienlichkeit	14
6 Gesamtfazit	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Summierte aufgenommene und eingespeiste Wirkarbeit in kWh des Quartiers gemessen an dem EZA-Regler für alle Häuser im Quartiersnetz.....	3
Abbildung 2: Erfasste Leistung am EZA-Regler für Q2 2025.....	3
Abbildung 3: Energiebezug in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.....	4
Abbildung 4: Energielieferung in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.....	5
Abbildung 5: Bilanzierte Darstellung von Bezug und Lieferung pro Monat.....	5
Abbildung 6: Globalstrahlung auf geneigte Flächen, Institut Wohnen und Umwelt, Juni 2025	7
Abbildung 7: Energiefluss des Quartiers für Juli	9
Abbildung 8: Energiefluss des Quartiers für August	10
Abbildung 9: Energiefluss des Quartiers für September	10
Abbildung 10: Energiefluss des Quartiers für Quartal 3, 2025.....	11
Abbildung 11: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes für Q3 2025	13
Abbildung 12: Netzdienlichkeitsanalyse für Q3 2025 aufgeschlüsselt nach Monat	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: PV-Erzeugung, technische Anlagen und Wirkungsgrade	8
---	---

1 Vorstellung und aktueller Zustand des Quartiers

Der vorliegende Bericht dokumentiert die energetischen Entwicklungen und Beobachtungen im dritten Quartal 2025 für ein Wohnquartier mit 18 Gebäuden im ländlichen Raum Nordniedersachsens. Das Quartier besteht aus Ein- und Zweifamilienhäusern mit unterschiedlichen gebäudetechnischen Ausstattungen und verfolgt das Ziel einer weitgehend resilienten, quartiersintegrierten Energieversorgung. Im Betrachtungszeitraum waren weiterhin 14 der Gebäude bewohnt, vier Gebäude dienten als Musterhäuser. Zum Schutz personenbezogener Daten erfolgt die Darstellung der Gebäude unter Verwendung pseudonymisierter Bezeichnungen.

Dieser Bericht ist Teil des dreijährigen Verbundforschungsprojekts *EnQuaFlex – Energiewendedienlicher Quartiersbetrieb durch gemeinschaftliche Flexibilitätskoordination* im Teilprojekt Messtechnische Erfassung und Datenauswertung. Ziel ist es, durch technische und systemische Maßnahmen ein quartiersbasiertes Lastmanagement zu analysieren und weiterzuentwickeln, das sich sowohl auf den lokalen als auch den übergeordneten Netzbetrieb positiv auswirkt.

Im Zentrum der Analyse für das dritte Quartal 2025 stehen die Auswertung der Energieflüsse auf Gesamtquartiersebene (Kapitel 2) sowie die detaillierte Bewertung der elektrischen Verbrauchs- und Einspeisemengen, insbesondere unter Berücksichtigung der saisonal typischen Heizperiode. Kapitel 3 analysiert die Stromerzeugung aus den installierten Photovoltaikanlagen, wobei technische Wirkungsgrade, Strahlungsdaten und Verluste einbezogen werden. Im Kapitel 4 werden die monatlichen und Gesamtenergieflüsse des Quartals vorgestellt. Die Ergebnisse der Netzdienlichkeitsbewertung auf Basis dynamischer Frequenz-Leistungs-Daten folgen in Kapitel 5. Der Bericht schließt mit einem Gesamtfazit (Kapitel 6), das zentrale Erkenntnisse bündelt und Handlungspotenziale für eine netz- und eigennutzungsoptimierte Betriebsweise aufzeigt.

2 Energiefluss vom Quartier

Die Energieflüsse des Quartiers setzen sich zusammen aus:

- den Verbräuchen der Häuser durch Wärmepumpen, Lüftungsanlagen, Wallboxen und Haushaltsverbraucher;
- der zusammengefassten, direkt ins Quartiersnetz eingespeisten PV-Produktion;
- den zwei zentralen Ladepunkten sowie
- dem ausgleichenden Bezug bzw. der Einspeisung über den Netzanschlusspunkt.

Seit Beginn des Berichtszeitraums ist zudem ein Quartiersspeicher mit einer Kapazität von 144 kWh und einer maximalen Lade-/Entladeleistung von 2 x 22 kW installiert und technisch in Betrieb. Dessen Einfluss auf die Energieflüsse ist funktional bereits wirksam und beeinflusst die Netzbezugswerte durch Zwischenspeicherung von PV-Überschüssen sowie Lastverschiebungen.

Seit 25. Juli 2025 kann der Quartiersspeicher mittlerweile mit den Basisdatenpunkten State of Charge (SoC) und Leistung Netzanschlusspunkt ausgelesen werden. Die Daten werden in der Projektdatenbank gespeichert und teilweise bereits auf der Projektwebseite enquaflex.de unter Forschungsergebnisse, Quartierdaten live abgebildet. Um belastbare, datenbasierte Aussagen über den Speicherbetrieb und dessen Beitrag zur Resilienzoptimierung des Quartiers treffen zu können ist die Datenbasis noch nicht hinreichend. Es bedarf weiterer, zusätzlicher Datenererschließung um sinnvolle Erkenntnisse generieren zu können. Momentan kann der Zeitpunkt der Umsetzung nicht abgeschätzt werden.

Die aus dem Verbundnetz aufgenommene elektrische Energie ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Bedarf im Quartier, der Einspeisung aus den PV-Anlagen und dem Beitrag des Quartierspeichers. Die Energieverbräuche im Quartier werden im ersten Unterkapitel behandelt. Im zweiten Unterkapitel folgt die detaillierte Analyse der monatlichen Energieflüsse, also des elektrischen Bezugs, der Netzeinspeisung sowie der daraus resultierenden Energiebilanz.

2.1 Energieverbräuche und Leistungen des Quartiers (EZA-Regler)

Die elektrische Wirkenergieaufnahme des betrachteten Quartiers wurde im dritten Quartal 2025 erneut kontinuierlich über den EZA-Regler erfasst. Die Messung beginnt am 01.07.2025 mit einem registrierten Zählerstand von 156.615.328,0 Wh und endet am 30.09.2025 bei einem Stand von 164.937.056,0 Wh. Daraus ergibt sich für den Auswertzeitraum ein kumulierter Energiebezug von 8.321,73 kWh. Die Erfassung umfasst, wie in den vorangegangenen Quartalen, den gesamten elektrischen Bedarf sämtlicher bewohnter und unbewohnter Einfamilienhäuser, einschließlich jener Gebäude, die über eigenverbrauchsoptimierte Energiemanagementsysteme verfügen. Der zeitliche Verlauf der Messwerte ist in Abbildung 1 dargestellt.

Im selben Zeitraum wurde eine Gesamteinspeisung von 9.003,45 kWh elektrischer Energie in das vorgelagerte Netz registriert. Sie ergibt sich aus der Differenz des ersten Zählerstandes der Energielieferung am 01.07.2025 (131.470.808,0 Wh) und des letzten Messpunktes am 30.09.2025 (140.474.256,0 Wh). Die Einspeisung stammt aus den im Quartier installierten Photovoltaikanlagen, deren Überschüsse über den EZA-Regler erfasst und in das vorgelagerte Netz abgegeben werden. Obwohl die Monate Juli bis September weiterhin durch hohe solare Globalstrahlung gekennzeichnet sind, zeigen sich gegenüber dem zweiten Quartal aufgrund der abnehmenden Tageslängen und veränderten Wetterlagen leicht reduzierte PV-Erträge.

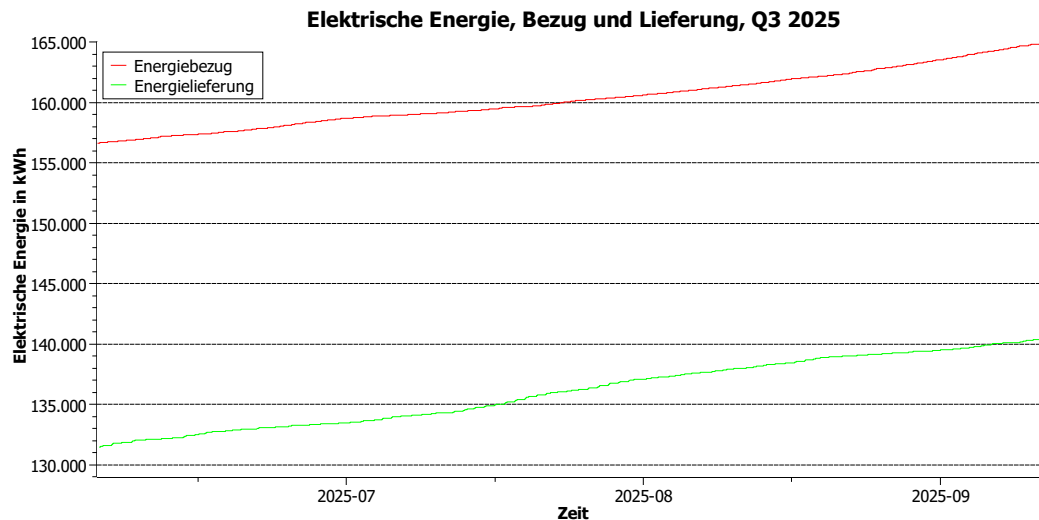


Abbildung 1: Summierte aufgenommene und eingespeiste Wirkarbeit in kWh des Quartiers gemessen an dem EZA-Regler für alle Häuser im Quartiersnetz

Abbildung 2 zeigt den Leistungsverlauf am EZA-Regler im dritten Quartal 2025. Auch in diesem Zeitraum treten in den Mittagsstunden regelmäßig negative Leistungswerte auf, die die Einspeisung überschüssiger Solarenergie in das vorgelagerte Netz widerspiegeln. Die ausgeprägten Einspeisespitzen entstehen typischerweise dann, wenn die PV-Erzeugung den unmittelbaren Eigenverbrauch übersteigt und der Quartiersspeicher entweder vollgeladen ist oder durch seine maximale Ladeleistung begrenzt wird. Die Amplituden dieser Einspeisespitzen liegen im dritten Quartal insgesamt etwas niedriger als im Frühjahr, was mit den saisonal rückläufigen Solarerträgen konsistent ist.

In den Morgen- und Abendstunden sowie während der Nacht wird hingegen ein deutlicher positiver Leistungsbezug sichtbar, da in diesen Zeitfenstern kein PV-Ertrag verfügbar ist und der gesamte elektrische Bedarf über das Netz gedeckt werden muss. Somit ergibt sich auch im dritten Quartal ein charakteristischer tageszeitlicher Verlauf, der durch Einspeisung in den Mittagsstunden und Lastspitzen in den Abendstunden geprägt ist.

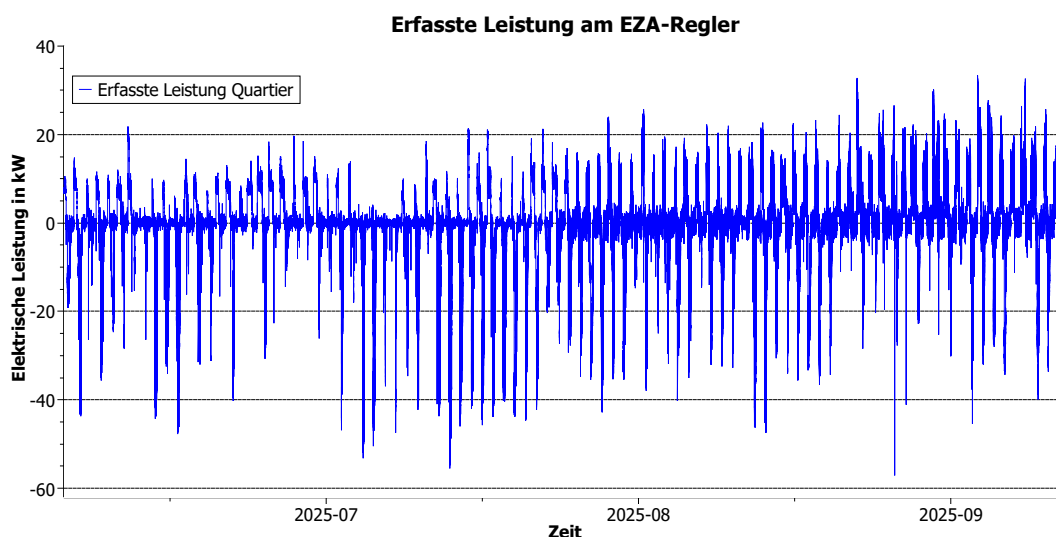


Abbildung 2: Erfasste Leistung am EZA-Regler für Q2 2025.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die beiden zentralen Wallboxen zur Ladung der gemeinschaftlich genutzten Mietfahrzeuge mit jeweils 22 kW Ladeleistung in die gemessenen Verbrauchswerte einfließen. Da für diese Ladepunkte im dritten Quartal ebenfalls keine separate Messung zur Verfügung steht, kann deren spezifischer Anteil am Gesamtverbrauch nicht exakt quantifiziert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass insbesondere in den Abendstunden sowie an Wochenenden ladebedingte Lastspitzen auftreten, die sich in den gemessenen Lastgängen widerspiegeln.

2.2 Energiebezug, -lieferung und -bilanz des Quartiers im Detail

Die Energieflüsse des Quartiers werden im dritten Quartal 2025 erneut differenziert nach Netzbezug (Abbildung 3) und Netzeinspeisung (Abbildung 4) dargestellt. Die monatliche Energiebilanz, definiert als Differenz zwischen bezogener und eingespeister elektrischer Arbeit, ist in Abbildung 5 zusammengefasst. Die Ergebnisse weisen einen weiterhin stark saisonal geprägten Verlauf auf. Im Juli beträgt der Energiebezug 2.389,17 kWh, während gleichzeitig 2.647,80 kWh in das öffentliche Netz eingespeist wurden. Die resultierende Nettoenergiebilanz von –258,65 kWh zeigt, dass das Quartier in diesem Monat bilanziell als Einspeiser auftritt. Die weiterhin hohen PV-Erträge in den Sommermonaten erlauben in dieser Phase eine deutliche Reduktion des Netzbezugs und einen moderaten Überschuss.

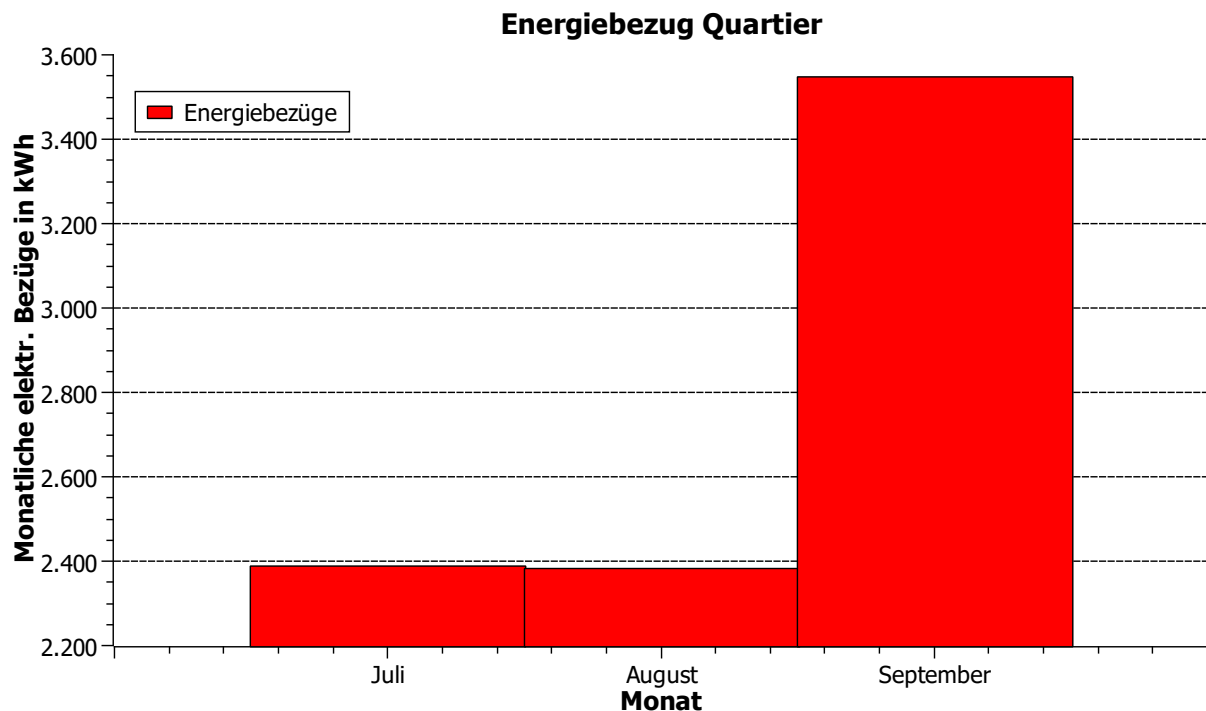


Abbildung 3: Energiebezug in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

Im August verstärkt sich dieser Trend: Der Netzbezug sinkt geringfügig auf 2.383,58 kWh, während die Einspeisemenge mit 3.852,07 kWh deutlich höher ausfällt. Mit einer Nettoenergiebilanz von –1.468,48 kWh erreicht das Quartier im dritten Quartal seinen höchsten monatlichen Einspeiseüberschuss. Dies reflektiert die weiterhin hohen solaren Erträge des Spätsommers, die in Kombination mit einem stabilen,

vergleichsweise niedrigen Verbrauchsniveau eine ausgeprägte Eigenversorgung ermöglichen.

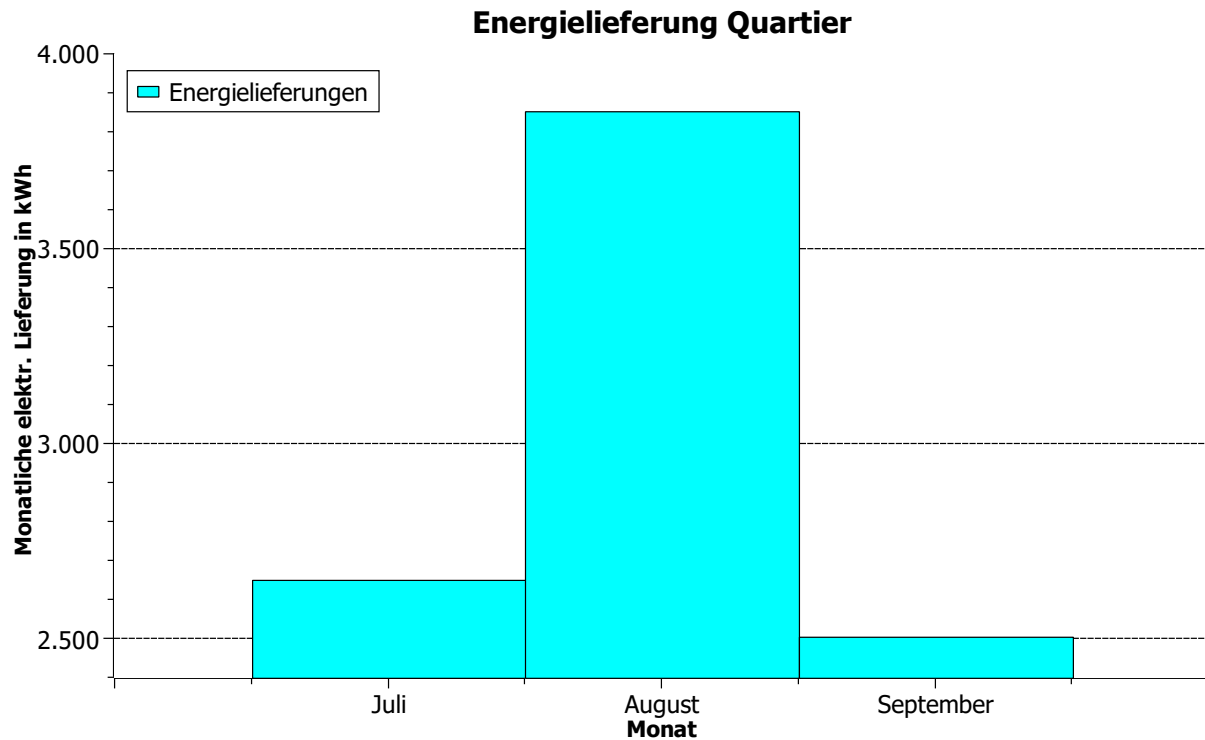


Abbildung 4: Energielieferung in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

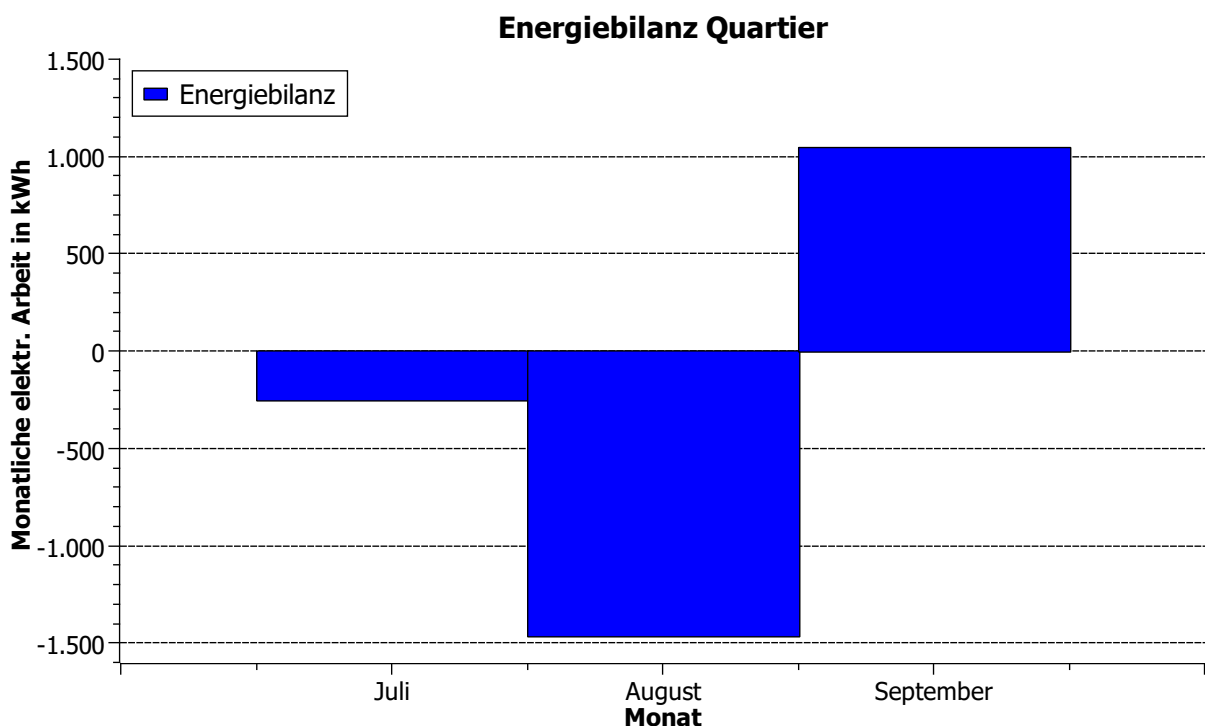


Abbildung 5: Bilanzierte Darstellung von Bezug und Lieferung pro Monat.

Im September zeigt sich ein deutlicher saisonaler Übergang: Der Energiebezug steigt auf 3.548,91 kWh, während die Einspeisemenge auf 2.503,52 kWh zurückgeht. Die daraus resultierende positive Nettoenergiebilanz von +1.045,40 kWh markiert einen Schwenk vom bilanziellen Nettoeinspeiser zum Nettobezieher. Dieser Wechsel ist typisch für den Übergang in die Herbstmonate, in denen kürzere

Tage und zunehmend wechselhafte Wetterbedingungen zu sinkenden PV-Erträgen führen, während gleichzeitig der Strombedarf tendenziell steigt – insbesondere durch längere Beleuchtungszeiten und höhere Grundlasten in den Haushalten.

Insgesamt zeigen die monatlichen Energieflüsse, dass das dritte Quartal 2025 trotz weiterhin hoher PV-Erträge von einem deutlichen saisonalen Übergang geprägt ist. Während im Juli und August klare Einspeiseüberschüsse vorliegen, verschiebt sich die Bilanz im September erstmals wieder in Richtung eines Netto-Bezuges (vgl. Abbildung 5). Damit leitet Q3 den Übergang von der sommerlichen Phase hoher Eigenversorgung in den energetisch anspruchsvolleren Herbst ein.

2.3 Erkenntnisse zur Nutzung und Steuerung der Energieflüsse in der Heizperiode

Die Beobachtungen des zweiten und dritten Quartals zeigen deutlich die hohe Leistungsfähigkeit der Photovoltaikanlagen im Quartier: Von April bis August übersteigen die solaren Erträge regelmäßig den elektrischen Verbrauch, sodass ein signifikanter Anteil der erzeugten Energie in das öffentliche Netz eingespeist werden kann. Die Eigenversorgung erreicht in dieser Phase ein sehr hohes Niveau, da sich Erzeugung und Verbrauch zeitlich deutlich stärker überschneiden als in den Wintermonaten. Dies bestätigt die grundsätzliche Robustheit der energetischen Versorgung außerhalb der Heizperiode.

Gleichzeitig wird jedoch ab September der saisonale Übergang sichtbar: Die Energiebilanz verschiebt sich – bedingt durch kürzere Tage, rückläufige PV-Erträge und steigende elektrische Lasten – erstmals wieder in Richtung eines Netto-Bezuges. Dieser Übergang markiert den Beginn jener Phase, in der Strategien zur Optimierung der Eigenversorgung und Lastverschiebung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Besonders relevant sind diese Maßnahmen in der bevorstehenden Heizperiode, in der der elektrische Verbrauch deutlich ansteigt, während die solare Erzeugung parallel abnimmt.

Ein zentraler Hebel – insbesondere mit Blick auf die Heizperiode – ist die optimierte Steuerung der Wärmepumpe in Kombination mit dem vorhandenen Brauchwasserspeicher. Während sich die Betriebszeiten der Wärmepumpe im Winter nicht vollständig verschieben lassen, kann die Betriebsweise flexibel angepasst werden. Durch gezielte Anhebung der Warmwassertemperaturen, in Zeiten höherer Verfügbarkeit erneuerbarer Energie, fungiert der Brauchwasserspeicher als thermischer Kurzzeitspeicher. Dieses Vorgehen ermöglicht eine kostengünstige Form der Lastverschiebung im Wärmesektor, ohne Komforteinbußen zu verursachen, und reduziert Lastspitzen in Zeiten hohen elektrischen Bedarfs.

Ergänzend dazu bieten Elektrofahrzeuge (EV) weiterhin ein großes Potenzial für Demand-Side-Management. Ihre Ladezeiten können – je nach technischer Ausstattung – an lokale Erzeugungsmuster angepasst werden, etwa durch priorisiertes Laden während PV-Spitzen oder durch zeitliches Verschieben auf Perioden niedriger Netzlast. Die Daten des dritten Quartals deuten darauf hin, dass insbesondere im Übergang vom Sommer zum Herbst Ladeverschiebungen einen relevanten Beitrag zur Glättung des Lastprofils leisten können.

Solche Maßnahmen zur intelligenten Steuerung – etwa Demand Side Management, Lastverschiebung und peak shaving – tragen dazu bei, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen, den Netzausbaubedarf zu reduzieren und die Integration regenerativer Erzeuger auch in den verbrauchsstärkeren Monaten der Heizperiode zu unterstützen. Die Beobachtungen aus Q1, Q2 und Q3 machen damit deutlich, dass saisonale Unterschiede präzise steuerungstechnische Anpassungen erfordern, die das Gesamtsystem ganzjährig optimieren.

3 Photovoltaikerzeugung

Die Bewertung der Photovoltaikerträge im betrachteten Quartier basiert weiterhin auf einer Kombination meteorologischer Langzeitdaten und technischer Erzeugungsdaten der installierten PV-Systeme. Als meteorologische Grundlage dient die vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU) veröffentlichte Übersicht zur Globalstrahlung auf geneigte Flächen (Stand Juli 2025, siehe Abbildung 6). Die dort ausgewiesenen Werte beziehen sich exemplarisch auf eine Modulneigung von 45°. In den Berechnungen wurden jedoch die jeweils realisierten Neigungswinkel der einzelnen Dachflächen berücksichtigt (vgl. Tabelle 1). Für die Ermittlung der Einstrahlungswerte wurde das langjährige Mittel der Jahre 2004–2023 herangezogen.

Globalstrahlung auf geneigte Flächen		2024 / 2025								langjähriges Mittel *							
		45° geneigte Flächen mit Orientierung								45° geneigte Flächen mit Orientierung							
		O	SO	S	SW	W	NW	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	NO
Neigung gegen Horizontale:	45°	kWh/m²								kWh/m²							
Monat																	
Jun 2024		151	170	155	169	149	113	92	115	155	173	159	173	153	116	94	119
Jul 2024		164	182	170	181	161	123	99	126	151	170	155	169	149	113	92	116
Aug 2024		132	152	149	152	131	99	81	101	125	145	140	145	124	93	77	95
Sep 2024		98	118	128	119	98	73	61	73	88	108	114	109	89	65	56	66
Okt 2024		52	69	78	71	53	38	34	38	49	66	73	68	50	36	32	36
Nov 2024		17	26	26	28	18	12	12	11	21	33	35	34	22	15	15	15
Dez 2024		9	16	16	17	10	6	6	6	12	21	23	22	13	9	9	8
Jan 2025		16	26	32	27	17	12	11	11	16	26	32	27	17	12	11	11
Feb 2025		33	47	58	49	34	24	22	24	32	46	56	48	33	23	21	23
Mrz 2025		88	108	143	109	88	65	55	66	71	90	111	91	72	52	45	52
Apr 2025		127	147	174	147	126	95	78	97	120	140	162	140	119	89	74	91
Mai 2025		164	182	191	181	161	123	99	126	147	166	169	166	146	110	90	113
Summe Jahr		1050	1243	1319	1250	1047	781	652	794	989	1185	1229	1193	988	733	617	744
Summe an Heiztagen**		358	452	528	459	361	263	228	265	348	446	508	453	352	255	223	257

**) Heizgrenztemp. 12°C

*) von 2004 bis 2023

Abbildung 6: Globalstrahlung auf geneigte Flächen, Institut Wohnen und Umwelt, Juni 2025

Die mittlere jährliche Globalstrahlung auf südostorientierte, um 45° geneigte Flächen beträgt gemäß Abbildung 6 rund 1.243 kWh/m² und liegt damit nur geringfügig über dem langjährigen Mittelwert von 1.185 kWh/m². Für die Sommer- und Übergangsmonate Juli bis September ergibt sich ein kumulierter langjähriger Einstrahlungswert von etwa 423 kWh/m². Diese Periode ist von besonderer Relevanz, da sie den Übergang in die heizpflichtige Zeit¹ markiert und gleichzeitig durch einen zunehmenden Haushaltsstrombedarf bei bereits rückläufigen PV-Erträgen gekennzeichnet ist. Unter diesen Bedingungen steigt typischerweise der Eigenverbrauchsanteil der Wohnanlagen, während die Einspeisemengen abnehmen (vgl. Kapitel 2).

Für die vorliegende Auswertung wurden ausschließlich Gebäude berücksichtigt, für die vollständige und technisch konsistente Datengrundlagen vorliegen. Die analysierte Stichprobe umfasst insgesamt 1.216,93 m² installierte PV-Modulfläche mit einer Gesamtspitzenleistung von 216 kWp. Damit wird ein Großteil der im Quartier installierten Photovoltaikleistung abgedeckt. Um systematische Verzerrungen zu vermeiden, beziehen sich alle nachfolgend dargestellten Ergebnisse ausschließlich auf diese Teilmenge (siehe Die im dritten Quartal 2025 gemessene elektrische Energieerzeugung der analysierten Photovoltaikanlagen beläuft sich auf insgesamt 19.605,55 kWh. Dieser reale Energieertrag bildet die Grundlage für die Effizienzbewertungen der einzelnen Systeme, welche in der Tabelle 1 objektbezogen ausgewiesen sind.

Tabelle 1).

Die im dritten Quartal 2025 gemessene elektrische Energieerzeugung der analysierten Photovoltaikanlagen beläuft sich auf insgesamt 19.605,55 kWh. Dieser reale Energieertrag bildet die

¹ Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970). § 3 Begriffsbestimmungen.

Online verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_3.html (abgerufen am 23.01.2026).

Grundlage für die Effizienzbewertungen der einzelnen Systeme, welche in der *Tabelle 1* objektbezogen ausgewiesen sind.

Tabelle 1: PV-Erzeugung, technische Anlagen und Wirkungsgrade

Objekt	Summe in kWh	PV-Fläche in m ²	Anlagentyp in kWp	Neigung	Globalstrahlung pro m ²	Theoretisch. Energieerzeugung bei 100% Wirkungsgrad	Gesamt-wirkungs-grad
Alnwick	1.343,26	79,29	18	45	0	33.539,67	4,00%
Arundel	521,88	79,29	9,68	45	0	33.539,67	1,56%
Bodiam	3.628,10	71,5	14,58	45	0	30.244,50	12,00%
Carrickfergus	820,76	71,7	15,75	45	0	30.329,10	2,71%
Conwy	1.654,78	71,7	15,75	45	0	30.329,10	5,46%
Doune	479,87	53,57	9,68	30	0	23.195,81	2,07%
Dover	596,75	71,5	10,935	45	0	30.244,50	1,97%
Edinburgh	1.566,56	71,5	12,15	45	0	30.244,50	5,18%
Eilean	638,78	72,14	12,95	45	0	30.515,22	2,09%
Hampton	703,34	71,4	12,375	45	0	30.202,20	2,33%
Inveraray	788,24	71,7	11,25	45	0	30.329,10	2,60%
Leeds	3.071,92	71,15	12,375	30	0	30.807,95	9,97%
Ludlow	340,42	71,4	11,25	45	0	30.202,20	1,13%
Raby	1.039,80	71,4	15,75	45	0	30.202,20	3,44%
Stirling	505,41	53,3	7,92	30	0	23.078,90	2,19%
Warwick	6,90	71,7	8,73	45	0	30.329,10	0,02%
Windsor	1.898,81	92,69	16,875	30	0	40.134,77	4,73%
	19.605,55	1216,93	216			514.257,92	

Aus dem Verhältnis von gemessener und theoretisch möglicher Energieerzeugung ergeben sich objektbezogene Gesamtwirkungsgrade zwischen 0,02 % (Warwick) und 12,00 % (Bodiam). Der überwiegende Teil der betrachteten Anlagen weist Gesamtwirkungsgrade im Bereich von etwa 2 % bis 6 % auf. Neben diesem Hauptkollektiv treten jedoch einzelne Objekte mit deutlich abweichenden Wirkungsgraden auf, die sowohl nach unten als auch nach oben vom übrigen Wertebereich abweichen.

Diese ausgeprägten Ausreißer deuten auf objektspezifische Besonderheiten hin, die in der aggregierten Quartalsbetrachtung nicht abschließend erklärt werden können. Für eine belastbare Einordnung der Anlagenperformance ist daher eine vertiefende Einzelanalyse der betroffenen Objekte erforderlich, in der unter anderem zeitliche Erzeugungsverläufe, betriebliche Zustände sowie mögliche Einschränkungen oder Sonderbedingungen separat untersucht werden.

Die ermittelten Gesamtwirkungsgrade beinhalten sämtliche systembedingten Verluste, darunter Umrichter- und Leitungsverluste, temperaturbedingte Effizienzeinbußen, Verschattungen sowie Stillstandszeiten einzelner Anlagen. Die im Vergleich zu früheren Zeiträumen höheren Wirkungsgrade deuten auf eine verbesserte Nutzung der verfügbaren solaren Einstrahlung hin und sprechen für einen stabileren Anlagenbetrieb unter realen Bedingungen.

Der mittlere Gesamtwirkungsgrad der analysierten Photovoltaikanlagen liegt im dritten Quartal bei rund 5,4 %. Dieser Wert ist unter den gegebenen klimatischen und standörtlichen Bedingungen als positiv zu bewerten. Er verdeutlicht, dass die Anlagen im betrachteten Zeitraum insgesamt effizient betrieben wurden und die verfügbare solare Einstrahlung im Quartal zunehmend besser genutzt werden konnte. Auf eine detaillierte Differenzierung einzelner Verlustmechanismen wird bewusst verzichtet; der

Gesamtwirkungsgrad dient vielmehr als konsolidierter, vergleichbarer Indikator für die reale Leistungsfähigkeit der Systeme im Quartalsbetrieb.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Standort im nördlichen Bundesgebiet liegt und die langjährige Globalstrahlung hier grundsätzlich unter den Werten südlicher Regionen liegt. Die in Abbildung 6 dargestellten Einstrahlungswerte unterstreichen diese klimatische Ausgangslage. Vor diesem Hintergrund liefern die im dritten Quartal erzielten Energieerträge und Wirkungsgrade zunehmend besseres insgesamt positives Bild des Anlagenbetriebs im Quartier. Vor diesem Hintergrund zeigen die im dritten Quartal erzielten Energieerträge und Gesamtwirkungsgrade eine deutliche Zunahme gegenüber den vorangehenden Quartalen. Die beobachtete Verbesserung ist nicht durch signifikant höhere Globalstrahlungswerte erklärbar, sondern deutet vielmehr darauf hin, dass betriebliche Einschränkungen – insbesondere die zuvor angewendete Nulleinspeiseregulierung – im betrachteten Zeitraum entfallen oder deutlich reduziert wurden. Die vorliegenden Ertrags- und Wirkungsgradkennzahlen liefern somit belastbare Indizien für eine verbesserte Ausnutzung der verfügbaren solaren Einstrahlung und einen insgesamt stabileren Anlagenbetrieb im Quartier.

4 Analyse der Energieflüsse

Zur systematischen Untersuchung der elektrischen Energieflüsse in den Sektoren Wärme, Mobilität und Haushaltsstrom wurden im dritten Quartal 2025 Messdaten aus 18 Haushalten ausgewertet und in Form von Sankey-Diagrammen dargestellt. Diese Diagramme verdeutlichen die Verteilung und den Verlauf der Energie innerhalb des Quartiers. Die Breite der Pfeile entspricht dabei der übertragenen Energiemenge, wodurch sich die relativen Anteile der einzelnen Verbraucherguppen präzise visualisieren lassen.

Nicht in allen Haushalten werden Wallboxen betrieben; der gesamte Strombedarf aus diesem Bereich entfällt auf vierzehn der achtzehn Häuser. Mit dem zunehmenden Anteil an Elektrofahrzeugen wird erwartet, dass dieser Sektor künftig weiter an Bedeutung gewinnt. In der vorliegenden Analyse wird der Fokus auf die gegenwärtige Verteilung der Energieflüsse gelegt, um Unterschiede zwischen den Sommermonaten und dem beginnenden Übergang zur Heizperiode zu erfassen.

Zur Sicherstellung einer vollständigen Datengrundlage wurden fehlende Messwerte, die in einigen Haushalten (Caerphilly, Warwick, Alnwick, Bodiam) aufgrund technischer Übertragungsfehler entstanden, mithilfe von Vergleichsdaten anderer Haushalte und eines durchschnittlichen Flächenfaktors ergänzt. Die daraus resultierenden Energieflussdiagramme für Juli, August und September 2025 bilden die Grundlage dieser Auswertung.

Die folgende Abbildung zeigt den Energiefluss des Quartiers für Juli 2025:

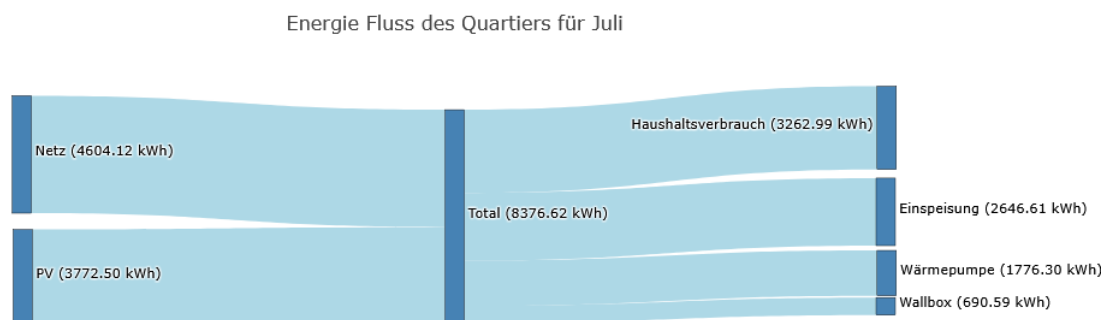


Abbildung 7: Energiefluss des Quartiers für Juli

Im Juli 2025 lag der Gesamtenergiebedarf des Quartiers bei 8.376,62 kWh. Davon entfielen 1.776,30 kWh auf Wärmepumpen, 3.262,99 kWh auf den Haushaltsstrom und 690,59 kWh auf die Wallboxen. Die Photovoltaikanlagen erzeugten 3.772,5 kWh, wovon 2.646,61 kWh in das öffentliche Netz eingespeist wurden. Die Verteilung zeigt, dass der Haushaltsstrom den größten Anteil am Gesamtverbrauch einnimmt, während die Wärmepumpen den zweithöchsten Anteil darstellen.

Die nächste Abbildung 8 zeigt den Energiefluss des Quartiers für August 2025:

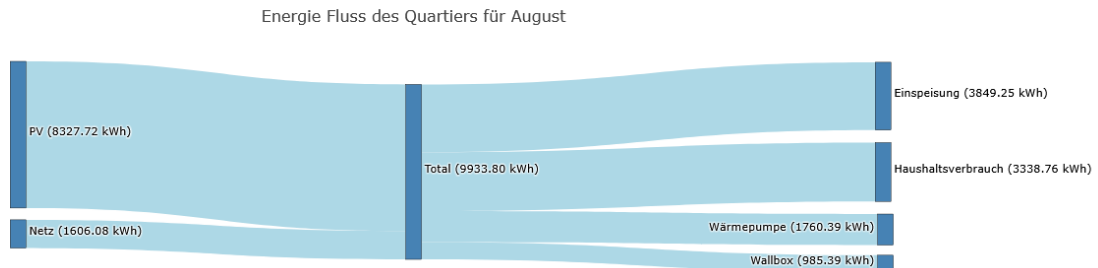


Abbildung 8: Energiefluss des Quartiers für August

Im August stieg der Gesamtenergiebedarf auf 9.933,80 kWh. Die Verbrauchsanteile verteilten sich auf 1.762,39 kWh für Wärmepumpen, 3.338,76 kWh für Haushaltsstrom und 985,39 kWh für Wallboxen. Die Photovoltaikproduktion erreichte 8.327,72 kWh, von denen 3.849,25 kWh eingespeist wurden. Die Daten zeigen, dass der Haushaltsstrom weiterhin den größten Anteil am Energiebedarf hat, während die höhere PV-Erzeugung im August zu einer deutlichen Steigerung der verfügbaren Energie innerhalb des Quartiers führt.

Im September lag der Gesamtenergiebedarf bei 9.558,93 kWh. Davon entfielen 3.926,01 kWh auf den Haushaltsverbrauch, 1.968,65 kWh auf Wärmepumpen und 1.165,60 kWh auf Wallboxen. Die Photovoltaikanlagen erzeugten 7.325,49 kWh, mit einer Netzeinspeisung von 2.498,67 kWh. Der Anteil der Wärmepumpen am Gesamtverbrauch nahm leicht zu, was auf den Beginn der Heizperiode zurückzuführen ist. Gleichzeitig reduzierte sich die PV-Erzeugung im Vergleich zu den Sommermonaten wie in der Abbildung 9:

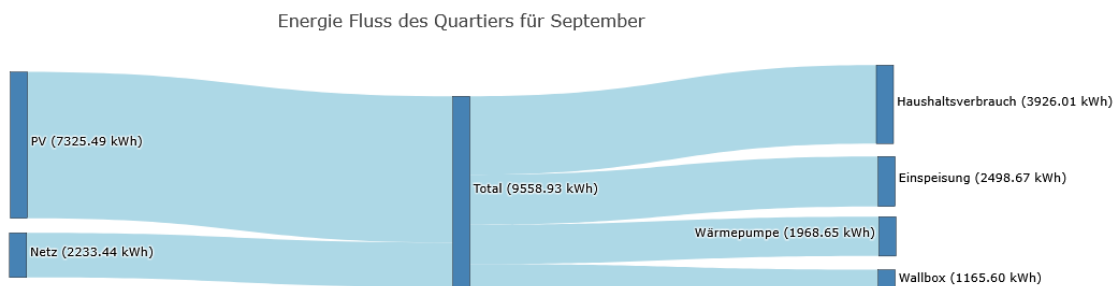


Abbildung 9: Energiefluss des Quartiers für September

In der Gesamtbetrachtung für das dritte Quartal ergibt sich ein kumulierter Energieverbrauch von 27.869,35 kWh. Davon entfielen 5.505,34 kWh auf Wärmepumpen, 10.527,76 kWh auf Haushaltsstrom

und 2.841,58 kWh auf Wallboxen. Insgesamt wurden 8.994,53 kWh in das Stromnetz eingespeist. Die im Quartal erzeugte PV-Energie betrug 19.425,71 kWh. Damit lässt sich ein deutlicher Schwerpunkt der Energieflüsse auf die Haushaltsstromnutzung erkennen, gefolgt von den Wärmepumpen als zweitgrößtem Verbraucher.

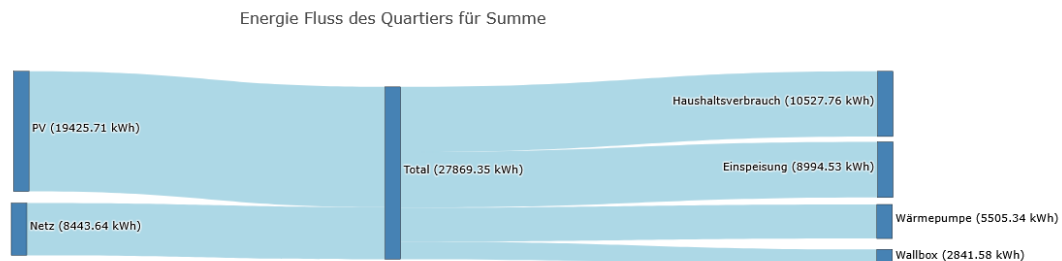


Abbildung 10: Energiefluss des Quartiers für Quartal 3, 2025

Die Analyse der Energieflüsse im dritten Quartal 2025 zeigt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Eigenproduktion und Verbrauchsverteilung. Der Haushaltsstrom stellt den dominanten Sektor dar, während die Wärmepumpen im Verlauf des Quartals an Bedeutung gewinnen. Die Wallboxen tragen, trotz eines geringeren Anteils, zunehmend zur Gesamtenergiebilanz bei und spiegeln den wachsenden Einfluss der Elektromobilität wider. Die saisonalen Unterschiede zwischen Juli, August und September verdeutlichen den Einfluss der klimatischen Bedingungen auf die PV-Erzeugung und die thermischen Lasten. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse, dass eine detaillierte sektorale Analyse der Energieflüsse wertvolle Einblicke in das Verbrauchsverhalten und die Effizienzpotenziale innerhalb eines Wohnquartiers bietet.

5 Netzdienlichkeitsanalyse

5.1 Hintergrund und Zielsetzung: Netzdienlichkeit als Bewertungskriterium

Im Rahmen der Energiewende rückt die Rolle dezentraler Wohnquartiere zunehmend in den Fokus netztechnischer Bewertungen. Ziel dieser Untersuchung ist es, das Einspeiseverhalten eines Quartiers hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Stabilität des übergeordneten Verbundnetzes zu analysieren. Der Begriff der „Netzdienlichkeit“ beschreibt dabei die Fähigkeit eines Quartiers, durch sein Stromverhalten – insbesondere Einspeisung und Bezug – positiv zur Netzfrequenzstabilität beizutragen.

Ein Quartier kann durch gezielte Einspeisung netzstützend wirken, etwa durch das Abfedern von Frequenzabfällen mit Energieeinspeisung. Umgekehrt wirkt sich ein übermäßiger Bezug in Niedrigfrequenzphasen oder das Einspeisen bei bereits hoher Netzfrequenz negativ auf die Netzstabilität aus. Vor diesem Hintergrund ist es Ziel des vorliegenden Konzepts, eine Wohnform zu etablieren, die nicht nur geringe destabilisierende Wirkungen entfaltet, sondern im besten Fall eine positive Rückwirkung auf das Netz hat. Sollte dieses Konzept verstärkt Einzug in die urbane Planung halten, soll es sich im Vergleich zu herkömmlichen Haushaltsstrukturen als ressourcenschonender und netzkompatibler erweisen.

5.2 Methodik: Versuchsaufbau und Bewertungssystematik

Für die Bewertung wurde ein automatisierter Analyseprozess entwickelt, bei dem paarweise Zeitdaten von Frequenz (f) und Leistung (P) mit einer zeitlichen Schrittweite von 10 Sekunden verarbeitet wurden. Als Basis dienten CSV-Dateien mit Messwerten über den Zeitraum vom 01.07.2025 bis zum 30.09.2025. Der maximale absolute Leistungswert im betrachteten Zeitraum lag bei 57,107 kW und bildete den Normierungsfaktor der Bewertungsskala.

Die Bewertung erfolgt gemäß folgender Logik, die Frequenzbereiche mit zugehörigem Energiefluss in eine Skala von 0 bis 100 überführt:

- Frequenz < 49,98 Hz:
 - *Liefern* (Einspeisung) → netzdienlich (Wert 75–100)
 - *Beziehen* → destabilisierend (Wert 0–24)
- $49,98 \text{ Hz} \leq \text{Frequenz} < 50 \text{ Hz}$:
 - *Liefern* → leicht netzdienlich (50–75)
 - *Beziehen* → leicht destabilisierend (50–24)
- $50 \text{ Hz} \leq \text{Frequenz} < 50,02 \text{ Hz}$:
 - *Beziehen* → leicht netzdienlich (50–75)
 - *Liefern* → leicht destabilisierend (50–24)
- Frequenz $\geq 50,02 \text{ Hz}$:
 - *Beziehen* → netzdienlich (75–100)
 - *Liefern* → destabilisierend (0–24)

Die kontinuierlichen Bewertungswerte wurden anschließend in drei Kategorien unterteilt:

- 0–24: destabilisierend
- 25–74: neutral
- 75–100: netzdienlich

5.3 Ergebnisse der Analyse

Für das dritte Quartal 2025 wurden insgesamt 132.128 Zeitfenster à 10 Sekunden ausgewertet. Die Verteilung der Bewertungswerte ist in Abbildung 11 dargestellt und ergibt:

- Destabilisierend (rot): 17,4 % – 22.997 Zeitfenster
- Neutral (gelb): 65,6 % – 86.691 Zeitfenster
- Netzdienlich (grün): 17,0 % – 22.440 Zeitfenster

Der daraus berechnete Netzdienlichkeitsindex beträgt 49,703. Damit liegt das Quartier im dritten Quartal weiterhin knapp unter der Neutralmarke von 50 und zeigt im Vergleich zu Q2 (Index 49,111) eine leichte, aber messbare Verbesserung. Gegenüber Q1 (43,898) bestätigt sich der Trend zu einem zunehmend netzverträglichen Betriebsverhalten.

Netzdienlichkeit

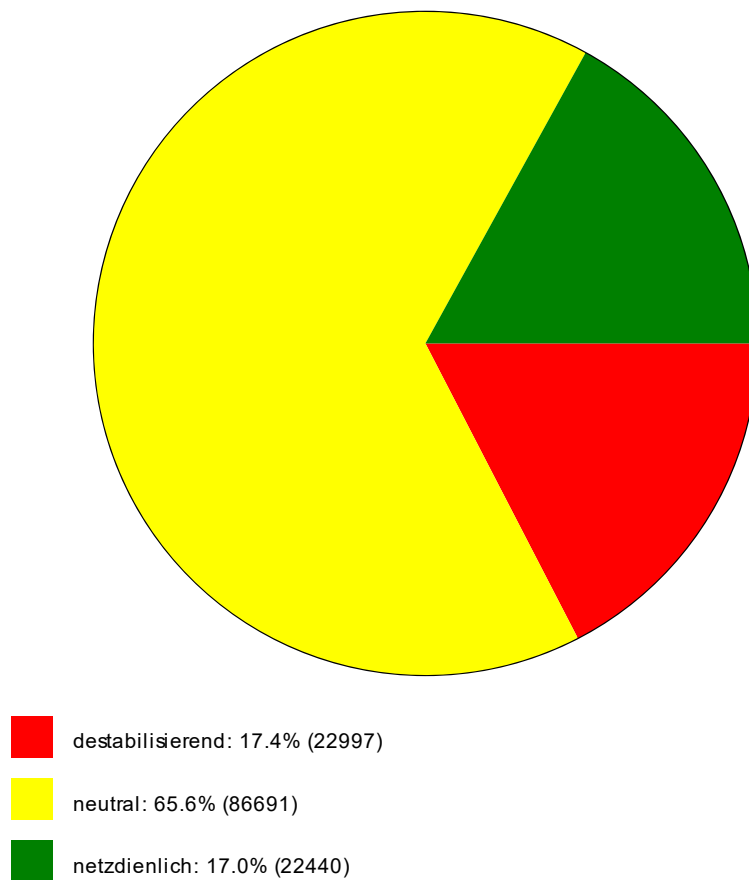


Abbildung 11: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes für Q3 2025

Die monatsweise Betrachtung (vgl. Abbildung 12, Q3) ergibt folgendes Bild:

- Juli: destabilisierend 17 %, neutral 67 %, netzdienlich 17 %
- August: destabilisierend 15 %, neutral 67 %, netzdienlich 18 %
- September: destabilisierend 20 %, neutral 63 %, netzdienlich 16 %

Damit zeigt sich ein für den Sommer typisches Muster:

In den Monaten Juli und August steigt der Anteil netzdienlicher Zeitfenster leicht an (bis 18 %), während die destabilisierenden Anteile auf 15–17 % sinken. Im September kehrt sich dieser Trend um – der destabilisierende Anteil steigt auf 20 %, und der netzdienliche Anteil fällt auf 16 %. Diese Verschiebung korrespondiert mit den im Energiemonitoring beobachteten Veränderungen: sinkende PV-Erträge, steigender Verbrauch und der Übergang vom Nettoeinspeiser zum Nettobezieher im Quartier.

Netzdienlichkeitsanalyse

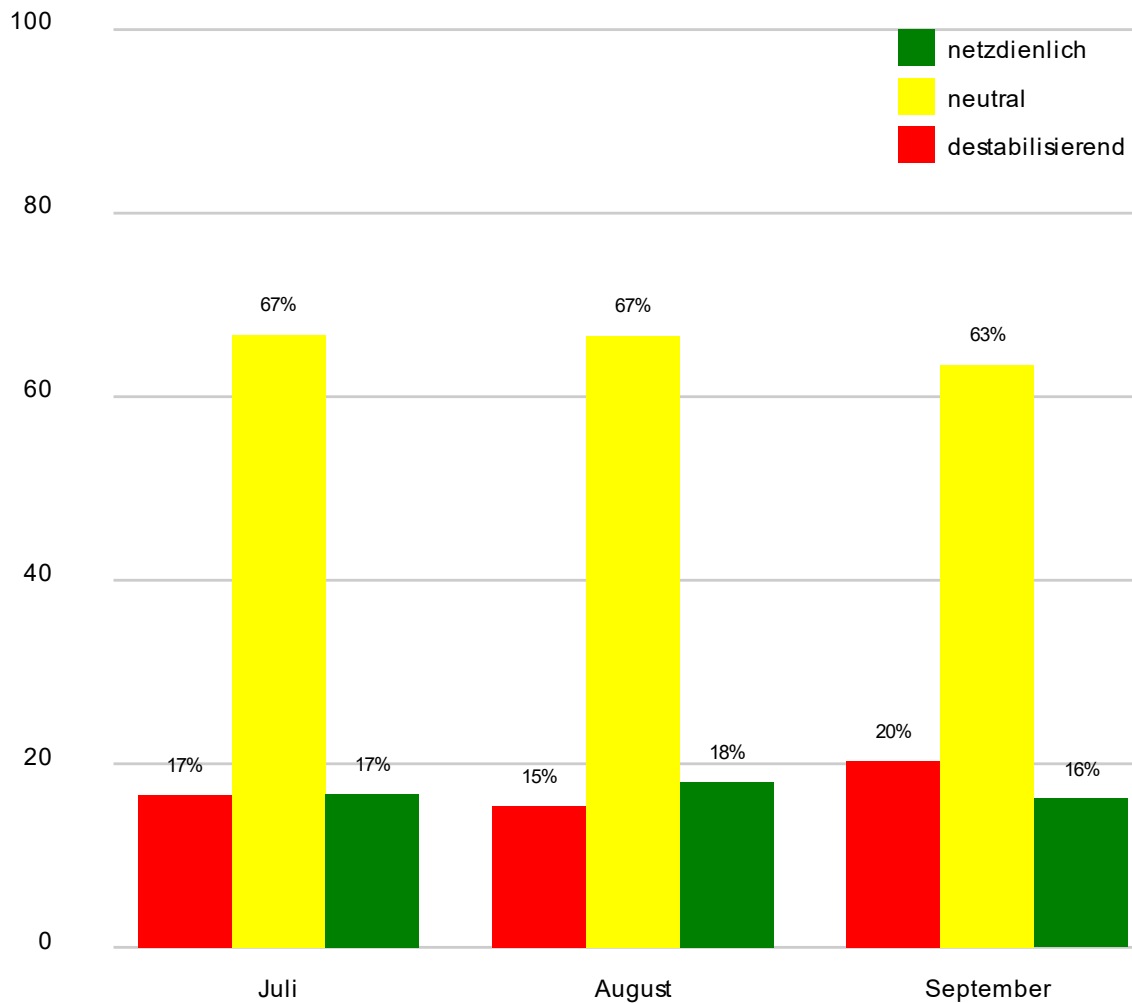


Abbildung 12: Netzdienlichkeitsanalyse für Q3 2025 aufgeschlüsselt nach Monat

Insgesamt bleibt das Einspeise- und Bezugsverhalten des Quartiers im dritten Quartal überwiegend neutral und zeigt eine leichte Verbesserung gegenüber Q2. Die Ergebnisse bestätigen, dass die hohen PV-Erträge der Sommermonate netzstabilisierend wirken können, während der saisonale Übergang im September die Netzdienlichkeit moderat reduziert, jedoch ohne die Gesamtbilanz wesentlich zu verschlechtern.

5.4 Fazit Netzdienlichkeit

Die Ergebnisse des dritten Quartals 2025 zeigen ein weiterhin überwiegend neutrales Einspeise- und Bezugsverhalten des Quartiers mit einer leichten, aber messbaren Tendenz zur Netzdienlichkeit. Mit 17,0 % netzdienlichen, 65,6 % neutralen und 17,4 % destabilisierenden Zeitfenstern sowie einem Netzdienlichkeitsindex von 49,703 bewegt sich das Quartier erneut knapp unterhalb der Neutralmarke. Gegenüber dem zweiten Quartal (Index 49,111) ergibt sich eine leichte Verbesserung, die trotz des saisonalen Rückgangs der PV-Erträge im September bemerkenswert stabil bleibt.

Die Entwicklung über die ersten drei Quartale zeigt ein konsistentes Bild: Während Q1 durch niedrige solare Erträge und hohe Lasten stark destabilisierend geprägt war, deutete Q2 bereits einen klar netzdienlichen Trend an, insbesondere in den Monaten Mai und Juni. Im dritten Quartal setzt sich dieser Trend fort, wobei die Sommermonate Juli und August nochmals erhöhte netzdienliche Anteile aufweisen. Erst im September verschiebt sich das Verhältnis temporär in Richtung höherer destabilisierender Phasen, was auf sinkende PV-Erzeugung, steigenden Eigenbedarf und den Übergang in die Heizperiode zurückzuführen ist.

Zentral für das Verständnis der verbesserten Netzdienlichkeit im Q3 ist jedoch nicht nur die meteorologische Komponente, sondern insbesondere der veränderte regulatorische Einfluss. Die Analyse legt nahe, dass die im Frühjahr und frühen Sommer noch regelmäßig auftretende externe Null-Regelung im Verlauf des dritten Quartals deutlich reduziert bzw. vollständig aufgehoben wurde. Diese Maßnahme führte im Q2 wiederholt zu abrupten Abregelungen in Zeiten hoher Einstrahlung und verhinderte gerade in frequenzsensitiven Hochlastsituationen potenziell netzdienliche Einspeisungen. Der Wegfall dieser Eingriffe erklärt die stabileren Leistungsflüsse im Q3 und die trotz sinkender Einstrahlung leicht verbesserten Netzdienlichkeitswerte deutlich schlüssiger als rein klimatische Faktoren.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse, dass ein quartiersbasiertes Energiesystem unter geeigneten Rahmenbedingungen messbar netzstützend wirken kann. Die Kombination aus lokaler Eigenversorgung, PV-Erzeugung und koordinierter Betriebsführung ermöglicht eine deutliche Reduktion destabilisierender Netzflüsse, sofern regulatorische Eingriffe nicht kontraproduktiv in den Anlagenbetrieb eingreifen. Gleichzeitig wird deutlich, dass eine ganzjährige Analyse unverzichtbar bleibt, da sowohl saisonale Muster als auch externe Steuermaßnahmen einen erheblichen Einfluss auf die Netzdienlichkeit besitzen.

Sollte dieses Quartierskonzept in größerem Maßstab Anwendung finden, wird die Frage nach der aggregierten Netzdienlichkeit solcher Systeme zunehmend relevant. Die Ergebnisse aus Q1 bis Q3 zeigen, dass die technische und organisatorische Ausgestaltung – insbesondere hinsichtlich Abregelungen, Einspeisemanagement und Lastflexibilität – entscheidend dafür ist, ob dezentrale Wohnquartiere langfristig vom neutralen in einen klar netzdienlichen Betriebsbereich überführt werden können.

6 Gesamtfazit

Der vorliegende Bericht analysiert die energetische Situation und Entwicklung des EnQuaFlex-Quartiers im dritten Quartal 2025 und zeigt deutlich die saisonalen Zusammenhänge zwischen Erzeugung, Verbrauch und Netzwirkung auf. Ausgangspunkt bildet die Beschreibung des Quartiers mit seinen technischen Rahmenbedingungen und der Zielsetzung eines möglichst resilienten und zugleich netzverträglichen Betriebs.

Die Auswertung der Energieflüsse auf Quartiersebene verdeutlicht, dass das dritte Quartal durch einen typischen Übergang vom Sommer in den Herbst geprägt ist. Während in den Monaten Juli und August aufgrund hoher Photovoltaikerträge deutliche Einspeiseüberschüsse erzielt werden konnten, verschiebt sich die Energiebilanz im September erstmals wieder in Richtung eines Netto-Bezugs. Diese Entwicklung spiegelt die abnehmende solare Einstrahlung sowie den beginnenden Anstieg des elektrischen Bedarfs wider.

Die Analyse der Photovoltaikerzeugung im dritten Quartal zeigt, dass die PV-Anlagen einen zunehmend relevanten Beitrag zur Eigenversorgung des Quartiers leisten. Im Vergleich zu den vorangehenden Quartalen ist ein deutlich verbessertes Ertragsniveau festzustellen, das sich sowohl in höheren Energieerträgen als auch in gestiegenen Gesamtwirkungsgraden widerspiegelt. Die Ergebnisse nähern sich damit stärker den auf Basis der Anlagenkonfiguration und der verfügbaren solaren Einstrahlung theoretisch erwartbaren Werten an, nachdem die Erträge in den vorhergehenden Quartalen deutlich hinter diesen Erwartungen zurückgeblieben waren. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass die Photovoltaikanlagen im Quartier im dritten Quartal effizienter betrieben wurden und ihr Potenzial zur Deckung des Strombedarfs sowie zur Einspeisung in das öffentliche Netz deutlich besser ausschöpfen konnten.

Die detaillierte Betrachtung der sektoralen Energieflüsse zeigt, dass der Haushaltsstrom den größten Anteil am Gesamtverbrauch einnimmt, gefolgt von den Wärmepumpen, deren Bedeutung im Verlauf des Quartals mit Beginn der Heizperiode zunimmt. Die Wallboxen tragen bislang einen geringeren, jedoch wachsenden Anteil zur Gesamtenergiebilanz bei und unterstreichen das zukünftige Potenzial der Elektromobilität für flexible Lastverschiebungen innerhalb des Quartiers.

Die Netzdienlichkeitsanalyse zeigt insgesamt ein überwiegend neutrales Einspeise- und Bezugsverhalten des Quartiers mit einer leichten Verbesserung gegenüber den vorangegangenen Quartalen. In den Sommermonaten führen hohe PV-Erträge zu einem erhöhten Anteil netzdienlicher Zeitfenster, während im September durch steigenden Verbrauch und sinkende Erzeugung eine moderate Verschlechterung zu beobachten ist. Insgesamt bleibt das Quartier jedoch nahe an einem netzneutralen Betriebszustand.

Zusammenfassend verdeutlichen die Ergebnisse des dritten Quartals 2025, dass das Quartier sowohl energetisch als auch netzseitig robust betrieben wird. Die Kombination aus lokaler Erzeugung, hohem Eigenverbrauch und zunehmend relevanten Flexibilitätsoptionen bildet eine solide Grundlage für einen zukunftsfähigen Quartiersbetrieb. Mit Blick auf die kommenden Quartale und insbesondere die Heizperiode zeigen die Analysen, dass eine weiterentwickelte Betriebs- und Steuerungsstrategie ein zentrales Potenzial darstellt, um Eigenversorgung, Netzdienlichkeit und Gesamteffizienz weiter zu verbessern.