

Auswertung der Energieströme Q2 2025

(Bericht 3 – MS 1.6)

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: Karina Witten, M. Sc.

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 im Quartier	7
4 Netzdienlichkeitsanalyse	9
4.1 Hintergrund und Zielsetzung: Netzdienlichkeit als Bewertungskriterium	9
4.2 Methodik: Versuchsaufbau und Bewertungssystematik	9
4.3 Ergebnisse der Analyse	9
4.4 Weiterführende Untersuchungen und Hypothesen	11
4.5 Fazit Netzdienlichkeit	12
5 Gesamtfazit	13

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 11: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes für Q1 2025	10
Abbildung 12: Netzdienlichkeitsanalyse für Q1 2025 aufgeschlüsselt nach Monat	11

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 ersten Quartal 2025 für ein Wohnquartier mit 18 Gebäuden im ländlichen Raum Nordniedersachsens. Wie bereits im Jahresbericht 2024 beschrieben, besteht das Quartier aus Ein- und Zweifamilienhäusern mit unterschiedlichen gebäudetechnischen Ausstattungen und verfolgt das Ziel einer weitgehend autarken, quartiersintegrierten Energieversorgung. Im Betrachtungszeitraum waren weiterhin 14 der Gebäude bewohnt, vier Gebäude dienten als Musterhäuser. Zum Schutz personenbezogener Daten erfolgt die Darstellung der Gebäude weiterhin 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 zweite 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. Im Kapitel 3 wird die Stromerzeugung aus den installierten Photovoltaikanlagen betrachtet, wobei technische Wirkungsgrade, Strahlungsdaten und Verluste einbezogen werden. Die Ergebnisse der Netzdienlichkeitsbewertung auf Basis dynamischer Frequenz-Leistungs-Daten folgen in Kapitel 4. Der Bericht schließt mit einem Gesamtfazit (Kapitel 5), 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 bereits 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. Es muss an dieser Stelle jedoch erwähnt werden, dass die separate Datenaufzeichnung und Auswertung des Speichersystems derzeit noch nicht zuverlässig möglich sind. Aus diesem Grund können zum aktuellen Stand keine belastbaren, datenbasierten Aussagen über den Speicherbetrieb oder dessen Beitrag zur Eigenverbrauchsoptimierung getroffen werden. Die Entwicklung eines integrierten Monitoringsystems zur präzisen Quantifizierung des Speichereinsatzes befindet sich in Vorbereitung.

Die aus dem Verbundnetz aufgenommene elektrische Energie ergibt sich somit weiterhin 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 zweiten Quartal 2025 kontinuierlich über den EZA-Regler erfasst. Die Messung beginnt am 01.04.2025 um 00:00:00 Uhr mit einem registrierten Zählerstand von 145.783.298,0 Wh und endet am 30.06.2025 um 23:59:59 Uhr bei einem Stand von 156.611.616,0 Wh. Daraus ergibt sich ein kumulierter Energiebezug von 10.828,32 kWh im Auswertzeitraum. Die Messung bildet den Gesamtstrombedarf des Quartiers einschließlich aller derzeit bewohnten und unbewohnten Einfamilienhäuser ab, wobei auch Sonderfälle wie eigenverbrauchsoptimierte Gebäude in der Gesamtsumme enthalten sind. Die aufgezeichneten Werte sind in Abbildung 1 visualisiert. Im selben Zeitraum wurde eine Gesamteinspeisung von 14.341,99 kWh elektrischer Energie in das vorgelagerte Netz registriert. Die Lieferung erfolgte über die im Quartier installierten Photovoltaikanlagen, deren Energieüberschüsse über den EZA-Regler erfasst und weitergeleitet wurden.

Diese Werte fallen in den Zeitraum April bis Juni in die sonnenreiche Jahreszeit womit hohe PV-Erträge möglich sind, während der Strombedarf im Vergleich zur Heizperiode im Winter typischerweise niedriger ausfällt.

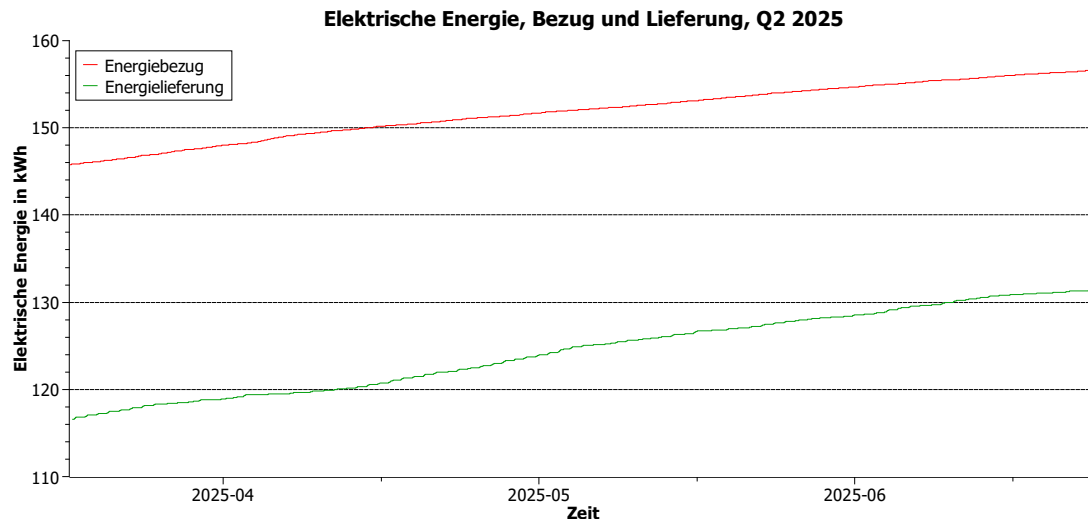


Abbildung 1: Summierte aufgenommene und eingespeiste Wirkarbeit in kWh des Quartiers gemessen an dem EZA-Regler für alle Häuser im Quartiersnetz

Abbildung 2 zeigt den Leistungsverlauf am EZA-Regler über das zweite Quartal 2025. Auffällig sind die wiederkehrenden negativen Leistungswerte in den Mittagsstunden, die auf Einspeisungen ins vorgelagerte Netz zurückzuführen sind. Diese resultieren aus der hohen solaren Stromproduktion der Photovoltaikanlagen im Quartier, die insbesondere in den Monaten April bis Juni durch lange Sonnenscheindauern begünstigt wird. Die Einspeisung tritt vor allem dann auf, wenn die PV-Erzeugung den Eigenverbrauch der Haushalte übersteigt und der Quartiersspeicher entweder gefüllt oder durch die maximale Ladeleistung begrenzt ist.

Im Gegensatz dazu ist in den frühen Morgen- und Abendstunden sowie in der Nacht ein deutlicher positiver Leistungsbezug erkennbar, da in diesen Zeiträumen kein oder nur ein geringer PV-Ertrag vorliegt und der Strombedarf der Haushalte vollständig aus dem Netz gedeckt werden muss. Charakteristisch ist daher ein tageszeitlicher Verlauf mit Einspeisespitzen um die Mittagszeit und Lastspitzen am Abend.

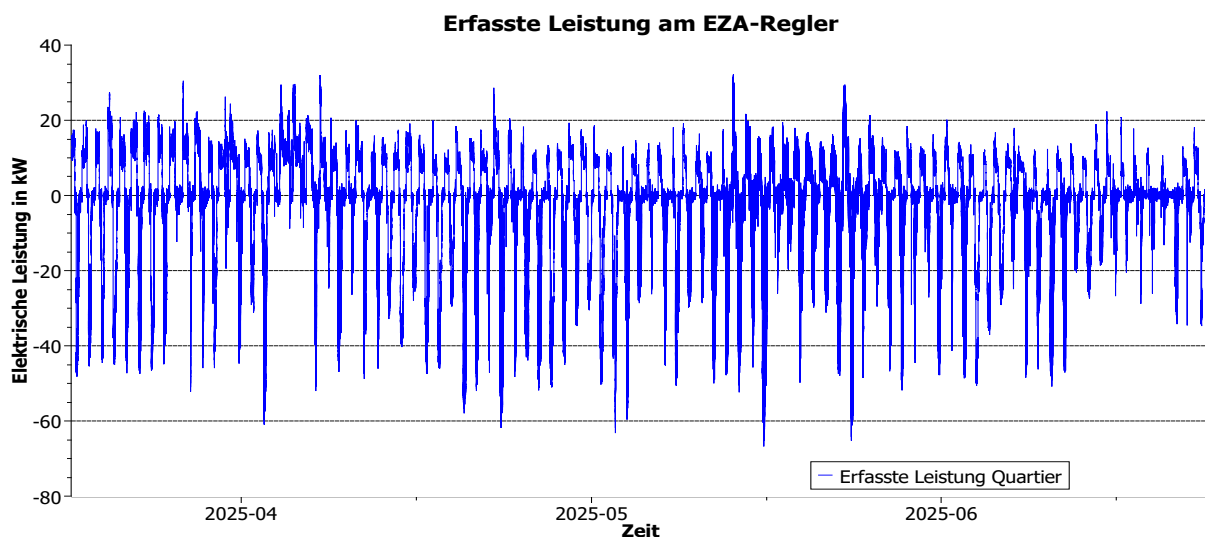


Abbildung 2: Erfasste Leistung am EZA-Regler für Q2 2025.

Zu beachten ist, dass in die erfassten Verbrauchswerten auch die zwei zentralen Wallboxen für gemeinschaftlich genutzte Mietfahrzeuge mit jeweils 22 kW Ladeleistung einfließen. Da für diese Ladepunkte bislang keine getrennte Verbrauchserfassung vorliegt, kann deren spezifischer Anteil am Gesamtverbrauch nicht quantifiziert werden. Dennoch ist davon auszugehen, dass insbesondere in den

Abendstunden und an Wochenenden zusätzliche Lastspitzen durch Fahrzeugladungen auftreten können.

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

Die Energieflüsse des Quartiers werden im zweiten Quartal 2025 differenziert nach Netzbezug (Abbildung 3) und Netzeinspeisung (Abbildung 4) dargestellt. Die monatliche Energiebilanz, also die Differenz zwischen bezogener und eingespeister elektrischer Arbeit, ist in Abbildung 5 zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen einen klar saisonal geprägten Verlauf, der durch steigende solare Einstrahlung im Frühling und Frühsommer sowie durch einen sinkenden Heizwärmebedarf bestimmt wird.

Im April verzeichnet das Quartier einen Energiebezug von 4.630,62 kWh, während gleichzeitig 4.733,90 kWh in das öffentliche Netz eingespeist wurden (vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4). Die resultierende Nettoenergiebilanz von –103,29 kWh (Abbildung 5) zeigt, dass die Photovoltaikproduktion bereits in diesem Monat den Eigenbedarf geringfügig übersteigt und das Quartier nahezu bilanziell ausgeglichen arbeitet.

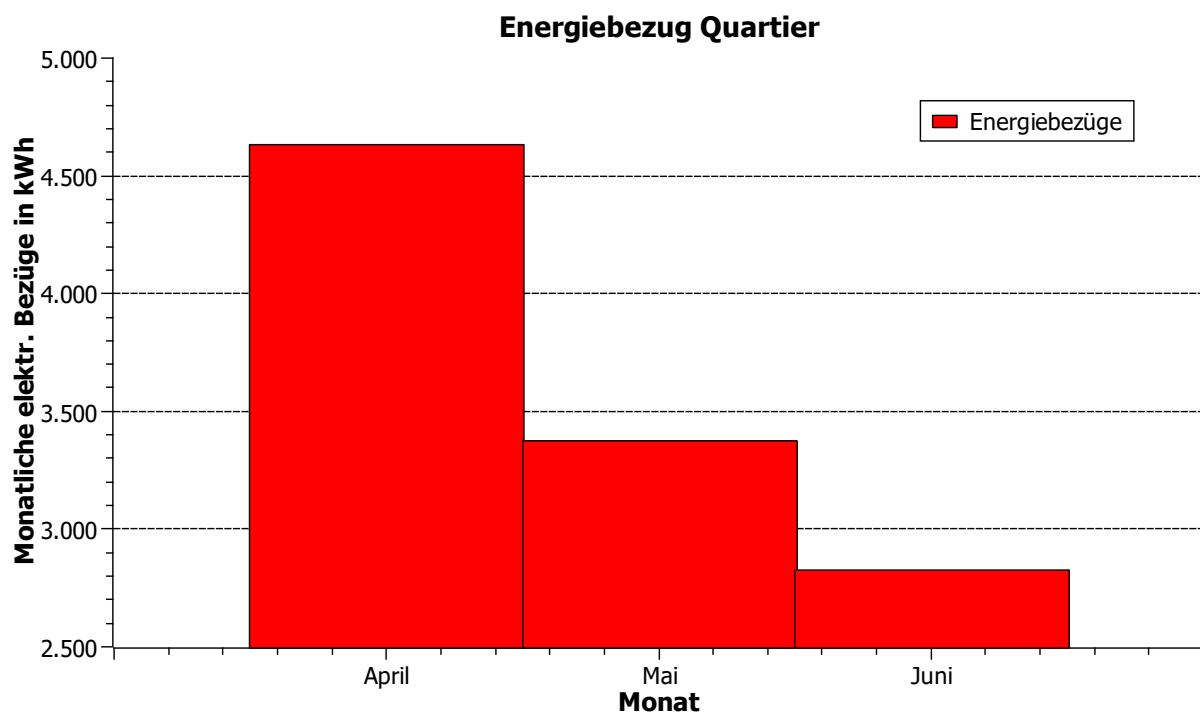


Abbildung 3: Energiebezug in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

Im Mai sinkt der Netzbezug weiter auf 3.374,70 kWh, während die Einspeisemenge auf 5.923,64 kWh ansteigt. Die daraus resultierende Nettoenergiebilanz von –2.548,68 kWh verdeutlicht eine deutliche Überproduktion zugunsten der Netzeinspeisung. Der Eigenversorgungsgrad steigt infolge der langen Sonnenscheindauern und hohen solaren Globalstrahlung deutlich an.

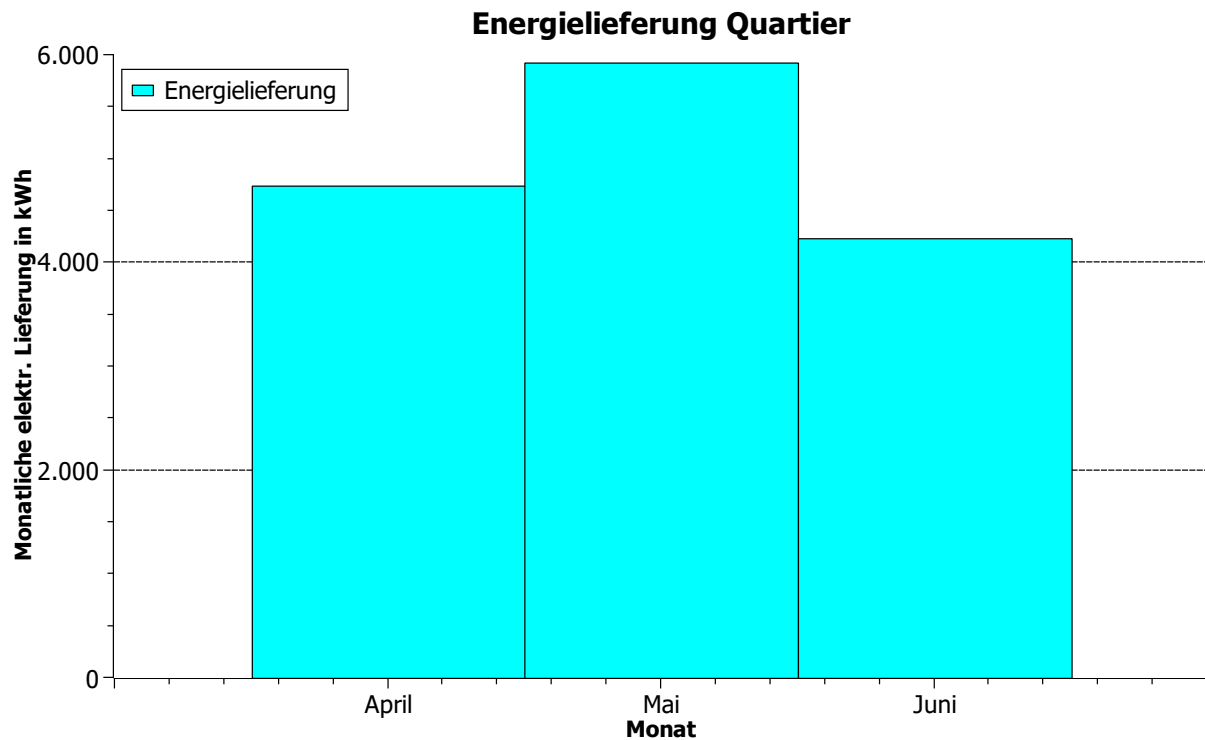


Abbildung 4: Energielieferung in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

Im Juni setzt sich dieser Trend fort. Der Energiebezug beträgt 2.827,23 kWh, während 4.228,18 kWh eingespeist werden. Mit einer Nettoenergiebilanz von $-1.400,96$ kWh verbleibt auch in diesem Monat ein klarer Überschuss zugunsten der Netzeinspeisung.

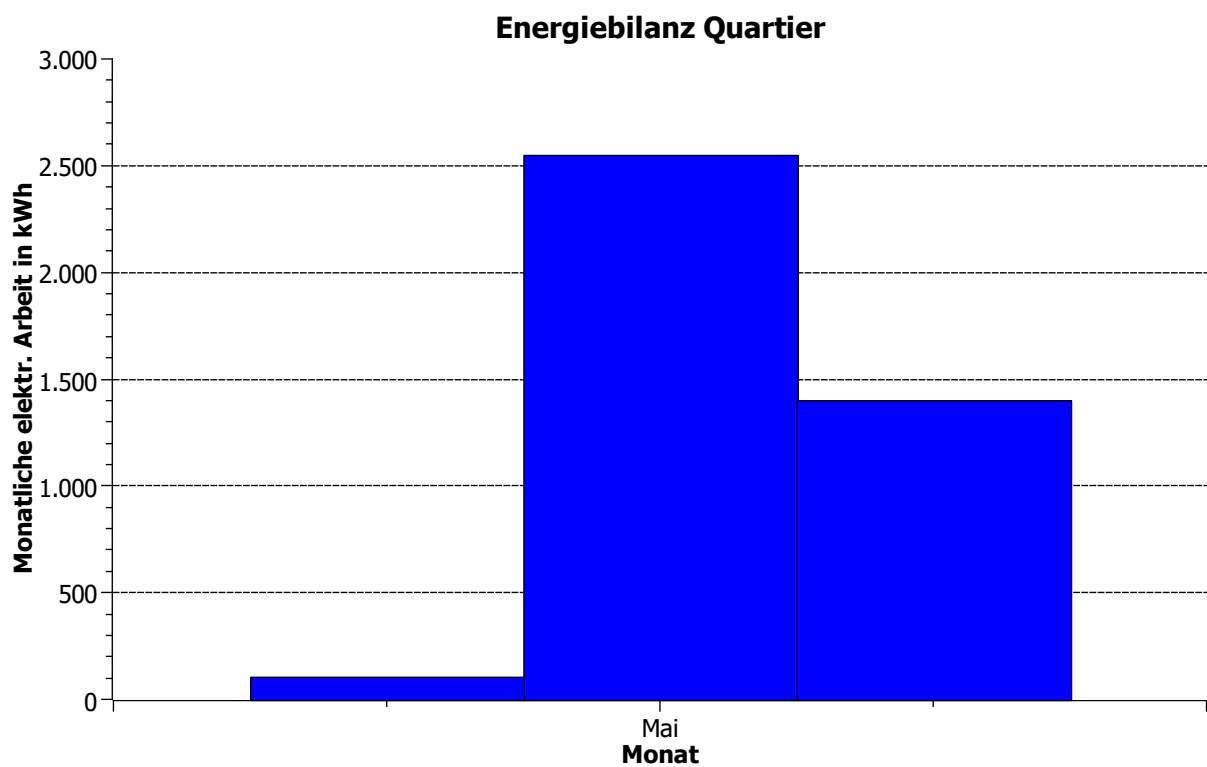


Abbildung 5: Bilanzierte Darstellung von Bezug und Lieferung pro Monat.

Ein relevanter, jedoch in den Messdaten nicht explizit sichtbarer Einflussfaktor ist die im Quartier Harsefeld angewandte externe Null-Regelung. In diesen Fällen wird die PV-Anlage auf Anweisung des Netzbetreibers oder durch das übergeordnete Energiemanagement vollständig abgeregelt – es erfolgt weder eine Einspeisung noch eine Speicherung des Solarstroms. Diese Abregelung findet ausnahmslos zu Spitzenzeiten der PV-Erzeugung statt, also typischerweise um die Mittagszeit, wenn die tägliche Globalstrahlung ihr Maximum erreicht. Der genaue Zeitpunkt variiert jedoch von Tag zu Tag. Zwar lässt sich im Nachhinein im Einzelfall rekonstruieren, wann solche Eingriffe erfolgt sind, jedoch ist die Systematik, nach der die Abschaltungen ausgelöst werden, nicht bekannt. Daher können sie nicht pauschal quantifiziert oder in ihrer Wirkung rechnerisch isoliert ausgewiesen werden. Besonders bei hoher Einstrahlung führen diese Maßnahmen zu nennenswerten Ertragsverlusten. Zudem erschwert die selektive Anwendung der Regelung auf einzelne Wohneinheiten die Vergleichbarkeit der erfassten Verbrauchs- und Ertragsdaten innerhalb des Quartiers.

Insgesamt zeigt der Verlauf der monatlichen Energieflüsse, dass das Quartier im zweiten Quartal 2025 deutlich autarker agiert als im ersten Quartal: Bereits ab April tritt bilanziell eine Nettoeinspeisung auf, die im Mai ihr Maximum erreicht und auch im Juni anhält (vgl. Abbildung 5). Damit dokumentiert Q2 den Übergang in eine ausgeprägte Phase der Eigenversorgung und Überschusserzeugung.

2.3 Erkenntnisse zur Nutzung und Steuerung der Energieflüsse in der Heizperiode

Der zweite Quartalszeitraum (April bis Juni) verdeutlicht die hohe Leistungsfähigkeit der Photovoltaikanlagen im Quartier: Bereits ab April übersteigen die solaren Erträge in der Summe den Strombedarf, sodass ein signifikanter Teil der erzeugten Energie in das öffentliche Netz eingespeist werden kann. Die Eigenversorgung des Quartiers erreicht in dieser Phase ein sehr hohes Niveau, da sich Erzeugung und Verbrauch zeitlich stärker decken als in den Wintermonaten. Gleichzeitig bleiben jedoch auch hier Optimierungspotenziale bestehen, da die PV-Erzeugung vor allem zur Mittagszeit Spitzen erreicht, die nicht vollständig lokal genutzt werden können.

Diese Beobachtung macht deutlich, dass die energetische Versorgung in Nicht-Heizperioden, wie sie das zweite Quartal darstellt, bereits sehr zuverlässig funktioniert. Dennoch bedarf es für die Heizperiode zusätzlicher Strategien, um die Diskrepanz zwischen erhöhtem Verbrauch und geringer PV-Erzeugung auszugleichen. Dazu zählen etwa eine intelligentere Betriebssteuerung, der Ausbau saisonaler Speicher oder die Vermeidung von Abregelungen durch die externe Null-Regelung. Insbesondere Letztere reduziert in Zeiten hoher Sonneneinstrahlung die verfügbare erneuerbare Energie und erschwert eine effiziente Eigenversorgung.

Im konkreten Fall kann dies durch eine gezielte Steuerung der vorhandenen Wärmepumpe in Verbindung mit dem vorhandenen Brauchwasserspeicher erfolgen. Dabei wird nicht der reine Betriebszeitpunkt verschoben – im Winter ist eine durchgehende Wärmeerzeugung meist unumgänglich –, sondern vielmehr die Betriebsweise angepasst: In Zeiten höherer Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom, etwa bei PV-Ertrag oder Netzstromüberschuss, kann die Wärmepumpe das Brauchwasser auf ein etwas höheres Temperaturniveau bringen. Dadurch dient der Brauchwasserspeicher als einfacher thermischer Speicher, der kurzfristig Energie puffert. Dieses Vorgehen nutzt die thermische Trägheit und entspricht einem praxistauglichen Ansatz zur Lastverschiebung im Wärmesektor, ohne Komfortverluste zu verursachen.

Ergänzend dazu bieten auch Elektrofahrzeuge (EV) eine wertvolle Möglichkeit zur Lastflexibilisierung. Ihre Ladezeiten können – sofern technisch unterstützt – an die lokale Stromerzeugung angepasst werden. So lässt sich etwa das Laden in sonnenreichen Stunden priorisieren oder zeitlich verschieben, um Lastspitzen im Netz zu vermeiden.

Solche Maßnahmen zur intelligenten Steuerung – auch bekannt unter Begriffen wie Demand Side Management oder peak shaving – tragen dazu bei, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen, das Netz zu entlasten und die Integration erneuerbarer Energien im Quartier nachhaltig zu unterstützen.

3 Photovoltaikerzeugung im Quartier

Die Bewertung der Photovoltaikerträge im betrachteten Quartier basiert 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 Juni 2025, siehe Abbildung 6). Die dort angegebenen Werte gelten exemplarisch für eine Modulneigung von 45°, während in den tatsächlichen Berechnungen die spezifischen Neigungswinkel der einzelnen Dachflächen berücksichtigt wurden (siehe Tabelle 1). Für die Monate April und Mai konnten bereits die aktuellen Strahlungswerte 2025 berücksichtigt werden, während für Juni weiterhin das langjährige Mittel (2004–2023) herangezogen wurde.

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		151	170	155	169	149	113	92	115	155	173	159	173	153	116	94	119
Jun 2024		164	182	170	181	161	123	99	126	151	170	155	169	149	113	92	116
Jul 2024		132	152	149	152	131	99	81	101	125	145	140	145	124	93	77	95
Aug 2024		98	118	128	119	98	73	61	73	88	108	114	109	89	65	56	66
Sep 2024		52	69	78	71	53	38	34	38	49	66	73	68	50	36	32	36
Okt 2024		17	26	26	28	18	12	12	11	21	33	35	34	22	15	15	15
Nov 2024		9	16	16	17	10	6	6	6	12	21	23	22	13	9	9	8
Dez 2024		16	26	32	27	17	12	11	11	16	26	32	27	17	12	11	11
Jan 2025		33	47	58	49	34	24	22	24	32	46	56	48	33	23	21	23
Feb 2025		88	108	143	109	88	65	55	66	71	90	111	91	72	52	45	52
Mrz 2025		127	147	174	147	126	95	78	97	120	140	162	140	119	89	74	91
Apr 2025		164	182	191	181	161	123	99	126	147	166	169	166	146	110	90	113
Mai 2025																	
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 Flächen beträgt im laufenden Jahr rund 1.243 kWh/m² und liegt damit knapp unter dem langjährigen Mittelwert von 1.258 kWh/m². In den Sommermonaten April bis August werden Werte von über 150 kWh/m² erreicht, während im Dezember und Januar nur rund 25–30 kWh/m² verzeichnet werden. Die Zeit hoher PV-Erträge fällt größtenteils in die nicht-heizpflichtige Periode, in der auch der Haushaltsenergiebedarf niedriger ist – ein Umstand, der den Eigenverbrauchsanteil des PV-Stroms erhöhen kann.

Für die vorliegende Analyse wurden ausschließlich jene Gebäude berücksichtigt, für die eine vollständige, technisch konsistente Datenlage besteht. Die daraus gebildete Teilstichprobe umfasst 1.002,58 m² PV-Modulfläche mit einer Gesamtpitzenleistung von 180,315 kWp. Die gesamt installierte PV-Fläche im Quartier beträgt hingegen 1.145,23 m² bei 230 kWp installierter Leistung. Eine Erweiterung der Auswertung auf derzeit noch unvollständig dokumentierte Anlagen ist vorgesehen. Um Verzerrungen zu vermeiden, beziehen sich alle im Folgenden dargestellten Werte ausschließlich auf die analysierte Teilgruppe (siehe Tabelle 1).

Die gemessene elektrische Energieerzeugung dieser Anlagen beträgt im Erfassungszeitraum 5.489,61 kWh. Die theoretisch maximal mögliche Erzeugung unter Annahme eines 100-prozentigen Wirkungsgrads beläuft sich auf 575.968,06 kWh, basierend auf den jeweils zugewiesenen Globalstrahlungswerten. Daraus ergeben sich Gesamtwirkungsgrade zwischen 0,34 % (Alnwick) und 2,45 % (Carrickfergus). Diese Werte beinhalten kumuliert Systemverluste wie Umrichtereffizienz, Verschattung, Temperaturdegradation, Leitungslängen und Stillstandszeiten. Der größte negative Faktor ist und bleibt jedoch die bereits im Kapitel 2.2 erwähnte externe Null-Regelung, bei der die PV-Energieerzeugung zu Spitzenertragszeiten mit höchster Globalstrahlung unterbunden wird. Dieser

Umstand ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass die Gesamtwirkungsgrade so gering ausfallen und das Quartier hinsichtlich seiner energetischen Autonomie deutlich schlechter dasteht, als es trotz der genannten Systemverluste realistisch erwartet werden könnte. Das tatsächliche Potenzial des Quartiers zur energetischen Eigenversorgung ist daher nicht ausgeschöpft.

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	Gesamtwirkungsgrad	Theor. jährl. Erzeugung mit Gesamtwirkungsgrad
Alnwick	134,21	79,29	18	45	502	39.803,58	0,34%	317,08
Arundel	378,07	79,29	9,68	45	502	39.803,58	0,95%	893,21
Carrickfergus	880,41	71,7	15,75	45	502	35.993,40	2,45%	2.080,00
Conwy	547,10	71,7	15,75	45	502	35.993,40	1,52%	1.292,54
Doune	347,66	53,57	9,68	30	520	27.856,40	1,25%	803,63
Dover	408,20	71,5	10,935	45	502	35.893,00	1,14%	964,39
Edinburgh	512,59	71,5	12,15	45	502	35.893,00	1,43%	1.211,02
Eilean	445,70	72,14	12,95	45	502	36.214,28	1,23%	1.052,99
Hampton	416,58	71,4	12,375	45	502	35.842,80	1,16%	984,20
Inveraray	230,44	71,7	11,25	45	502	35.993,40	0,64%	544,43
Ludlow	170,70	71,4	11,25	45	502	35.842,80	0,48%	403,28
Raby	336,56	71,4	15,75	45	502	35.842,80	0,94%	795,13
Stirling	340,54	53,3	7,92	30	520	27.716,00	1,23%	787,17
Windsor	340,86	92,69	16,875	30	520	48.198,80	0,71%	787,91
	5.489,61	1002,58	180,315			575.968,06		11.307,36

Die im zweiten Quartal 2025 gemessenen Energieerträge der einzelnen Anlagen liegen zwischen 134,21 kWh (Alnwick) und 880,41 kWh (Carrickfergus). Diese Werte spiegeln die tatsächlich im Erfassungszeitraum erzeugte elektrische Energie wider und stellen die Grundlage für die weitere Analyse dar. Aufbauend auf diesen Messwerten wurden die theoretischen Vergleichswerte in Tabelle 1 errechnet. Diese berücksichtigen neben der jeweiligen PV-Fläche und der Globalstrahlung auch die spezifischen Neigungswinkel und lokalen Randbedingungen. Aus dem Verhältnis von gemessenen und theoretisch möglichen Erträgen ergeben sich die angegebenen Wirkungsgrade, die in Abhängigkeit von Standort und Anlagengröße stark variieren. Da alle betrachteten Gebäude südostorientiert sind, lassen sich Unterschiede vor allem durch technische Parameter sowie durch die selektive Anwendung der externen Nullregelung erklären. Diese führt in einzelnen Fällen zu einer temporären Abregelung der Einspeiseleistung, insbesondere in Phasen hoher Globalstrahlung. Eine systematische Erfassung dieser Regelung ist derzeit noch nicht in die Datenbasis integriert, wird jedoch für künftige Auswertungen angestrebt.

Der durchschnittliche berechnete Gesamtwirkungsgrad über alle betrachteten Systeme beträgt 1,96 %. Im Kontext der realen Betriebsbedingungen sowie der bekannten Reduktionsfaktoren ist dieser Wert als plausibel zu bewerten. Auf eine detaillierte Aufschlüsselung der Einzelverluste wird verzichtet. Stattdessen dient der Gesamtwirkungsgrad als konsolidierter Indikator für die Effizienz der PV-Systeme unter Alltagsbedingungen.

Im Vergleich zu südlicheren Regionen liegt die langjährige mittlere Globalstrahlung am betrachteten, nördlich gelegenen Standort weiterhin unter dem Bundesdurchschnitt. Dies ist bei der Interpretation der spezifischen Energieerträge zu berücksichtigen. Die in Abbildung 6 dokumentierten Globalstrahlungswerte belegen diese klimatische Ausgangslage.

4 Netzdienstlichkeitsanalyse

4.1 Hintergrund und Zielsetzung: Netzdienstlichkeit 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 „Netzdienstlichkeit“ 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.

4.2 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 dienen CSV-Dateien mit Messwerten über den Zeitraum vom 01.04.2025 bis zum 30.06.2025. Der maximale absolute Leistungswert im betrachteten Zeitraum lag bei 66,86 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) → netzdienstlich (Wert 75–100)
 - *Beziehen* → destabilisierend (Wert 0–24)
- 49,98 Hz ≤ Frequenz < 50 Hz:
 - *Liefern* → leicht netzdienstlich (50–75)
 - *Beziehen* → leicht destabilisierend (50–24)
- 50 Hz ≤ Frequenz < 50,02 Hz:
 - *Beziehen* → leicht netzdienstlich (50–75)
 - *Liefern* → leicht destabilisierend (50–24)
- Frequenz ≥ 50,02 Hz:
 - *Beziehen* → netzdienstlich (75–100)
 - *Liefern* → destabilisierend (0–24)

Die kontinuierlichen Bewertungswerte wurden anschließend in drei Kategorien unterteilt:

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

4.3 Ergebnisse der Analyse

Im untersuchten Quartal Q2/2025 wurden insgesamt 130.849 Zeitfenster à 10 Sekunden analysiert. Die Verteilung der bewerteten Datenpaare in Abbildung 7 zeigt:

- Netzdienlich (grün): 17,9 % – 23.416 Zeitfenster
- Neutral (gelb): 61,8 % – 80.814 Zeitfenster
- Destabilisierend (rot): 20,3 % – 26.619 Zeitfenster

Der daraus berechnete Netzdienstleistungsindex beträgt 49,111. Damit liegt das Quartier in Q2 knapp unter der Neutralmarke (50) und zeigt gegenüber Q1 (43,898) eine spürbare Verbesserung.

Netzdienstlichkeit

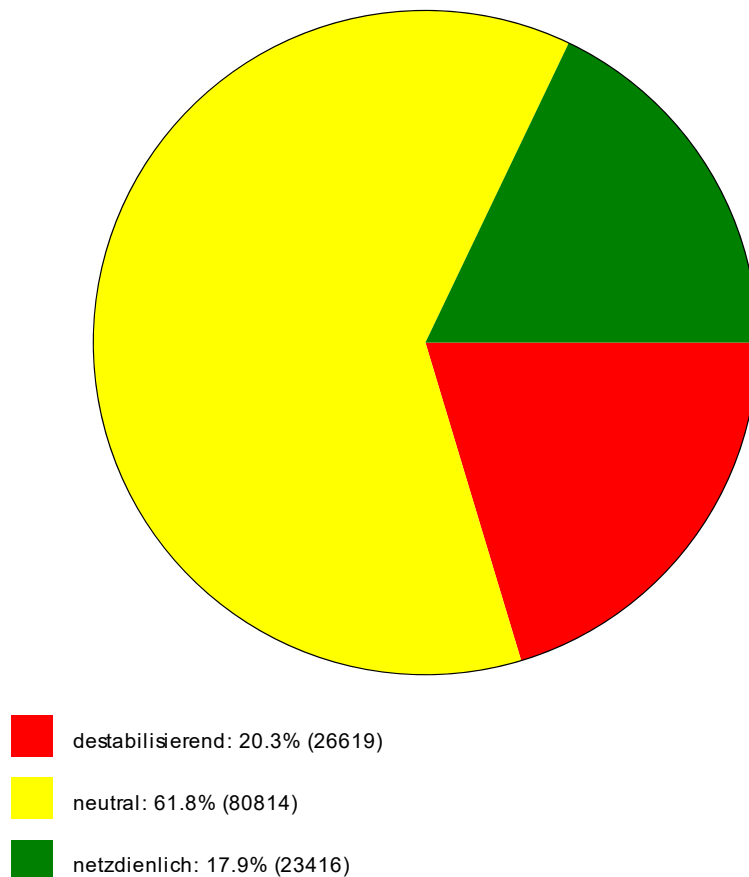


Abbildung 7: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes für Q1 2025

Die monatsweise Betrachtung (vgl. Abbildung 8) ergibt:

- April: netzdienlich 16 %, neutral 60 %, destabilisierend 24 %
- Mai: netzdienlich 19 %, neutral 62 %, destabilisierend 19 %
- Juni: netzdienlich 19 %, neutral 63 %, destabilisierend 18 %

Damit nimmt der Anteil destabilisierender Phasen von April zu Juni ab, während der netzdienliche Anteil von 16 % auf 19 % ansteigt und sich im Juni stabil hält.

Netzdienstlichkeitsanalyse

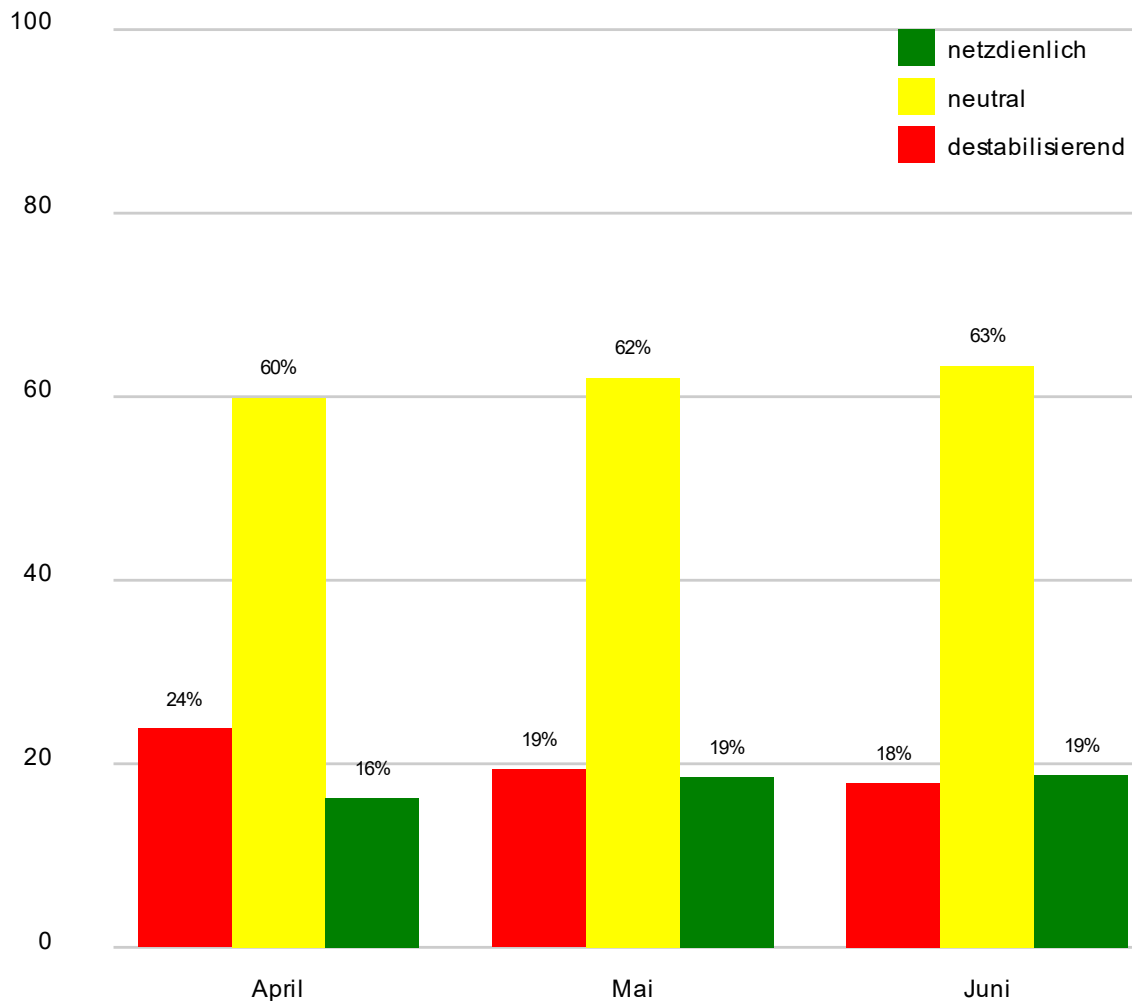


Abbildung 8: Netzdienstlichkeitsanalyse für Q1 2025 aufgeschlüsselt nach Monat

4.4 Weiterführende Untersuchungen und Hypothesen

Auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich mehrere Hypothesen und Fragestellungen ableiten, die in weiterführenden Studien vertieft betrachtet werden sollten:

a) Zusammenhang zwischen Einspeisemenge und Netzdienstlichkeit

Die Ergebnisse aus Q2 stützen die Annahme eines positiven Zusammenhangs: Mit steigender PV-Erzeugung in Mai/Juni steigt der netzdienliche Anteil (von 16 % auf 19 %) und die destabilisierenden Phasen gehen zurück (von 24 % auf 18–19 %). Ein frequenzsensitives Einspeisemanagement kann diese Wirkung weiter unterstützen.

b) Strahlungsbedingungen im Frühjahr

Die höheren solaren Einstrahlungswerte im Frühjahr ermöglichten eine konstantere Einspeisung in netzunterstützenden Frequenzbereichen. Begrenzende Faktoren sind weniger die Verfügbarkeit von PV-Leistung, sondern externe Eingriffe (z. B. Nullregelungen bei hoher Netzsättigung), die Spitzen abregeln und damit potenziell netzdienliche Beiträge reduzieren.

c) Erfordernis einer ganzjährigen Analyse

Die Aussage bleibt bestehen: Für eine robuste Gesamtbewertung ist eine ganzjährige Betrachtung erforderlich, die saisonale Unterschiede und regulatorische Eingriffe systematisch einbezieht.

4.5 Fazit Netzdienlichkeit

Q2/2025 zeigt ein überwiegend neutrales Einspeise-/Beziehverhalten mit klarer Tendenz zur Netzdienlichkeit: 17,9 % netzdienlich, 61,8 % neutral, 20,3 % destabilisierend; Netzdienlichkeitsindex 49,111. Gegenüber Q1 ist dies eine deutliche Verbesserung.

In Phasen höherer PV-Erzeugung (Mai/Juni) steigt der netzdienliche Anteil, während destabilisierende Phasen zurückgehen. Das unterstreicht, dass ein quartiersbasiertes Energiesystem unter geeigneten Rahmenbedingungen messbar netzstützend wirken kann. Um dieses Potenzial besser auszuschöpfen, sollten Abregelungen (Nullregelung) sowie betriebliches Einspeisemanagement gezielt betrachtet werden.

Dennoch verdeutlichen die Ergebnisse, dass ein solches Quartierskonzept – bestehend aus mehreren energetisch gekoppelten Wohneinheiten mit dem Ziel weitgehender Eigenversorgung – grundsätzlich das Potenzial besitzt, netzstützend zu wirken. Sollte diese Form der Wohnstruktur in größerem Maßstab implementiert werden, gewinnt die Frage nach der aggregierten Netzdienlichkeit solcher Systeme an Bedeutung. In diesem Zusammenhang erscheint eine weiterführende Untersuchung – auch unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen und regulatorischer Eingriffe – als unerlässlich.

5 Gesamtfazit

Im zweiten Quartal verschiebt sich der Betrieb klar in eine Phase hoher Eigenversorgung mit wiederkehrender Überschusserzeugung: Bereits ab April übersteigt die PV-Erzeugung den Quartiersbedarf und führt zu Nettoeinspeisung; der typische Tagesgang zeigt Einspeisung bei hoher Einstrahlung und Bezug in den Randzeiten. Die PV-Analyse bestätigt substanzielle Erträge der betrachteten Anlagen, weist aber auf systemische Verluste und insbesondere die externe Null-Regelung als dominanten Hemmfaktor hin; beides drückt die ausgewiesenen Wirkungsgrade und verdeckt das tatsächlich erreichbare Autarkie-Potenzial. Parallel dazu verbessert sich die Netzdienlichkeit im Vergleich zu Q1 messbar und liegt in Q2 nahe der Neutralmarke; mit zunehmender PV-Verfügbarkeit (Mai/Juni) steigen netzdienliche Phasen und destabilisierende Anteile nehmen ab.

Ein zentraler hemmender Einflussfaktor ist die im Quartier immer noch aktuell praktizierte externe Null-Regelung, bei der die PV-Anlagen auf Anweisung vollständig abgeregelt werden – und zwar ausnahmslos zu Zeiten maximaler solaren Einstrahlung. In diesen Fällen wird weder eingespeist noch gespeichert, was gerade in den produktionsstärksten Tagesstunden zu erheblichen Ertragsverlusten führt. Da diese Abschaltungen nicht systematisch dokumentiert oder nachvollziehbar steuerbar sind, können sie weder pauschal quantifiziert noch bei der Bewertung des energetischen Eigenversorgungsgrads rechnerisch sauber berücksichtigt werden. Die Folge ist ein verzerrtes Bild des tatsächlichen Potenzials: Die beobachteten geringen Wirkungsgrade sowie die eingeschränkte Autonomie spiegeln nicht die technisch erreichbare Leistungsfähigkeit des Systems wider, sondern sind in hohem Maße auf diese äußeren Eingriffe zurückzuführen.