

Auswertung der Energieströme Q1 2026

(Bericht 7 – MS 1.8)

im Rahmen des Verbundvorhabens

EnQuaFlex - Energiewendedenlicher Quartiersbetrieb durch
gemeinschaftliche Flexibilitätskoordination

Teilprojekt: Messtechnische Erfassung und Datenauswertung

Buxtehude, 09.07.2026

Hochschule 21
Harburger Str. 6
21614 Buxtehude

Gefördert durch:



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 Quartiersspeicher	6
2.4 Vergleich der Energieflüsse im ersten Quartal 2025 und 2026	8
3 Photovoltaikerzeugung	8
4 Analyse der Energieflüsse	10
5 Netzdienlichkeitsanalyse	12
5.1 Hintergrund und Zielsetzung: Netzdienlichkeit als Bewertungskriterium	12
5.2 Methodik: Versuchsaufbau und Bewertungssystematik	12
5.3 Ergebnisse der Analyse	13
5.4 Fazit Netzdienlichkeit	15
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 Q4 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: Quartiersleistung mit und ohne Speicher	6
Abbildung 7: Simulation Gewinn/Verlust Quartiersspeicher.....	7
Abbildung 9: Energiefluss des Quartiers für Januar.....	10
Abbildung 10: Energiefluss des Quartiers für Februar	11
Abbildung 11: Energiefluss des Quartiers für März.....	11
Abbildung 12: Energiefluss des Quartiers für Quartal 1, 2026.....	12
Abbildung 13: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes	14
Abbildung 14: Netzdienlichkeitsanalyse aufgeschlüsselt nach Monat	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: PV-Erzeugung, technische Anlagen und Wirkungsgrade	9
---	---

1 Vorstellung und aktueller Zustand des Quartiers

Der vorliegende Bericht dokumentiert die energetischen Entwicklungen und Beobachtungen im ersten Quartal 2026 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 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 erste Quartal 2026 stehen die Auswertung der Energieflüsse auf Gesamtquartiersebene (Kapitel 2) sowie die detaillierte Bewertung der elektrischen Verbrauchs- und Einspeisemengen. Kapitel 3 analysiert die Stromerzeugung aus den installierten Photovoltaikanlagen. 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).

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.

Die aus dem Verbundnetz aufgenommene elektrische Energie ergibt sich 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 der betrachteten Smart-City-Siedlung mit insgesamt 18 Einfamilienwohneinheiten wurde im ersten Quartal 2026 kontinuierlich über den EZA-Regler erfasst. Der Auswertzeitraum beginnt am 01.01.2026 mit einem registrierten Zählerstand für den Energiebezug von 197.649,57 kWh und endet am 31.03.2026 bei einem Stand von 239.586,64 kWh. Daraus ergibt sich für den betrachteten Zeitraum ein kumulierter elektrischer Energiebezug von 41.937,07 kWh.

Die Erfassung umfasst – wie in den vorangegangenen Quartalen – den gesamten elektrischen Bedarf sämtlicher bewohnter und unbewohnter Einfamilienhäuser der Siedlung. Hierzu zählen auch jene Gebäude, die mit eigenverbrauchsoptimierten Photovoltaikanlagen ausgestattet sind. Der zeitliche Verlauf des Energiebezugs sowie der Energielieferung an das vorgelagerte Netz ist in Abbildung 1 dargestellt.

Im selben Zeitraum wurde eine elektrische Energielieferung in Höhe von 10.339,76 kWh in das vorgelagerte Netz registriert. Diese ergibt sich aus der Differenz zwischen dem ersten erfassten Zählerstand der Energielieferung am 01.01.2026 von 142.924,53 kWh und dem letzten Messwert am 31.03.2026 von 153.264,29 kWh. Die Einspeisung stammt aus den im Quartier installierten Photovoltaikanlagen, deren Überschüsse über den EZA-Regler erfasst und an das vorgelagerte Netz abgegeben werden.

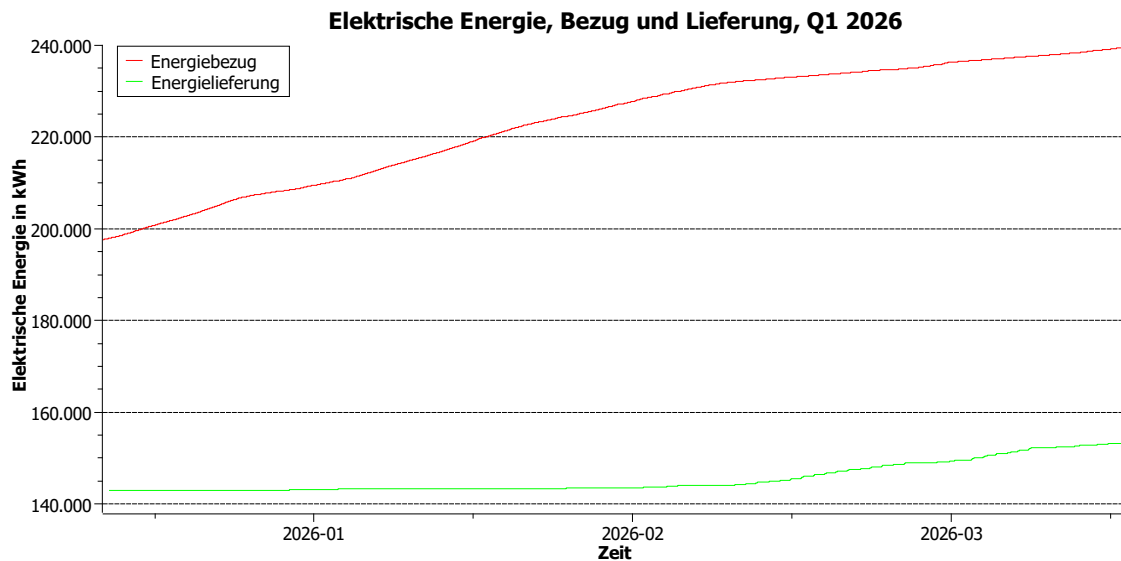


Abbildung 1: Summierte aufgenommene und eingespeiste Wirkarbeit in kWh des Quartiers gemessen an dem EZA-Regler für alle Häuser im Quartiersnetz

Im Vergleich zum vorangegangenen Winterquartal ist im ersten Quartal 2026 bereits eine deutliche Zunahme der Energielieferung erkennbar. Diese Entwicklung ist auf die zunehmenden Tageslängen sowie die jahreszeitlich ansteigenden solaren Erträge zurückzuführen. Während im Januar weiterhin überwiegend elektrische Energie aus dem vorgelagerten Netz bezogen wurde, ist bereits im Februar ein Übergang von einem Verlauf mit nahezu ausschließlichem Energiebezug hin zu einem wechselnden Betrieb aus Bezug und Einspeisung erkennbar. Im März verstärkt sich diese Entwicklung nochmals deutlich, sodass Einspeisephase häufiger und über längere Zeiträume auftreten.

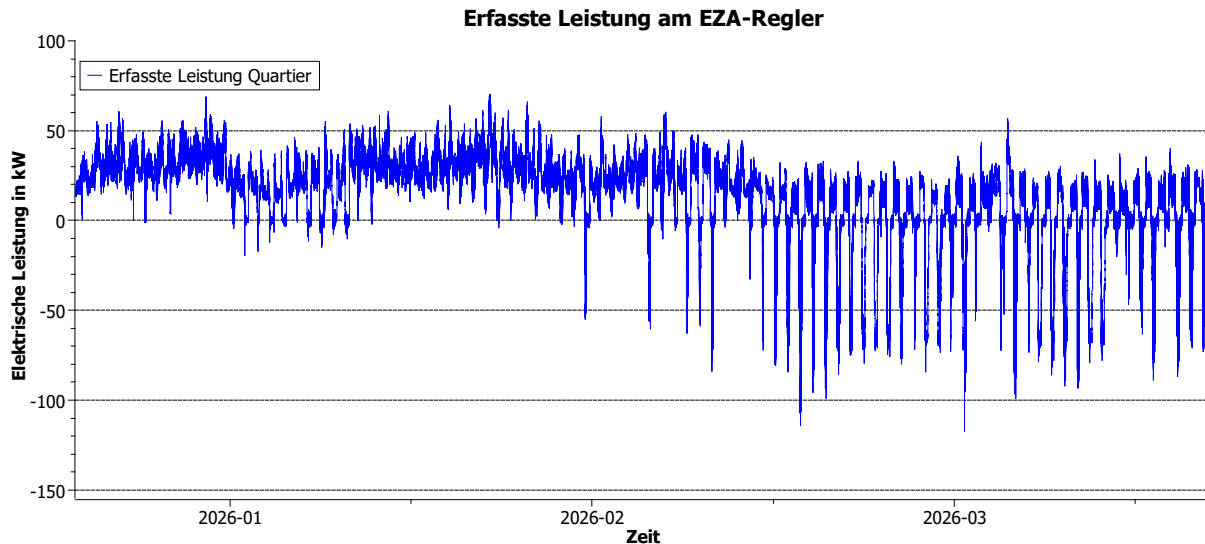


Abbildung 2: Erfasste Leistung am EZA-Regler für Q4 2025.

Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der am EZA-Regler erfassten elektrischen Leistung im ersten Quartal 2026. Positive Leistungswerte kennzeichnen dabei den Leistungsbezug aus dem vorgelagerten Netz, während negative Leistungswerte eine Einspeisung elektrischer Energie darstellen. Über weite Teile des Januars dominiert weiterhin der Leistungsbezug. Ab Februar treten jedoch vermehrt negative Leistungswerte auf, wodurch der saisonale Übergang zu einer stärkeren photovoltaischen Deckung des Quartiersbedarfs im Tagesverlauf sichtbar wird.

In den Morgen- und Abendstunden sowie während der Nacht ist weiterhin überwiegend ein Leistungsbezug sichtbar, da in diesen Zeiträumen keine oder nur geringe solare Erträge zur Verfügung stehen. Der elektrische Leistungsbedarf der Siedlung wird in diesen Phasen vollständig oder überwiegend über das vorgelagerte Netz gedeckt. In den Mittagsstunden treten dagegen zunehmend Einspeisephase auf, insbesondere bei günstigen Einstrahlungsbedingungen. Der Lastgang zeigt damit im Verlauf des Quartals eine zunehmende Wechselwirkung zwischen Eigenversorgung, Netzbezug und Einspeisung.

Wie bereits in den vorangegangenen Quartalen fließen auch im ersten Quartal 2026 die beiden zentralen Wallboxen zur Ladung der gemeinschaftlich genutzten Mietfahrzeuge mit einer jeweiligen maximalen Ladeleistung von 22 kW in die gemessenen Leistungs- und Verbrauchswerte ein. Da für diese Ladeinfrastruktur weiterhin keine separate Messung vorliegt, kann deren Anteil am Gesamtleistungsverlauf nicht eindeutig quantifiziert werden. Entsprechende Ladevorgänge können sich insbesondere in den Abendstunden sowie an Wochenenden in Form kurzzeitig erhöhter Leistungsbezüge im dargestellten Lastgang widerspiegeln.

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

Die Energieflüsse des Quartiers werden im ersten Quartal 2026 analog zu den vorangegangenen Berichtszeiträumen 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 zeigen einen ausgeprägten saisonalen Übergang innerhalb des Quartals, der durch zunehmende Tageslängen und ansteigende solare Erträge geprägt ist.

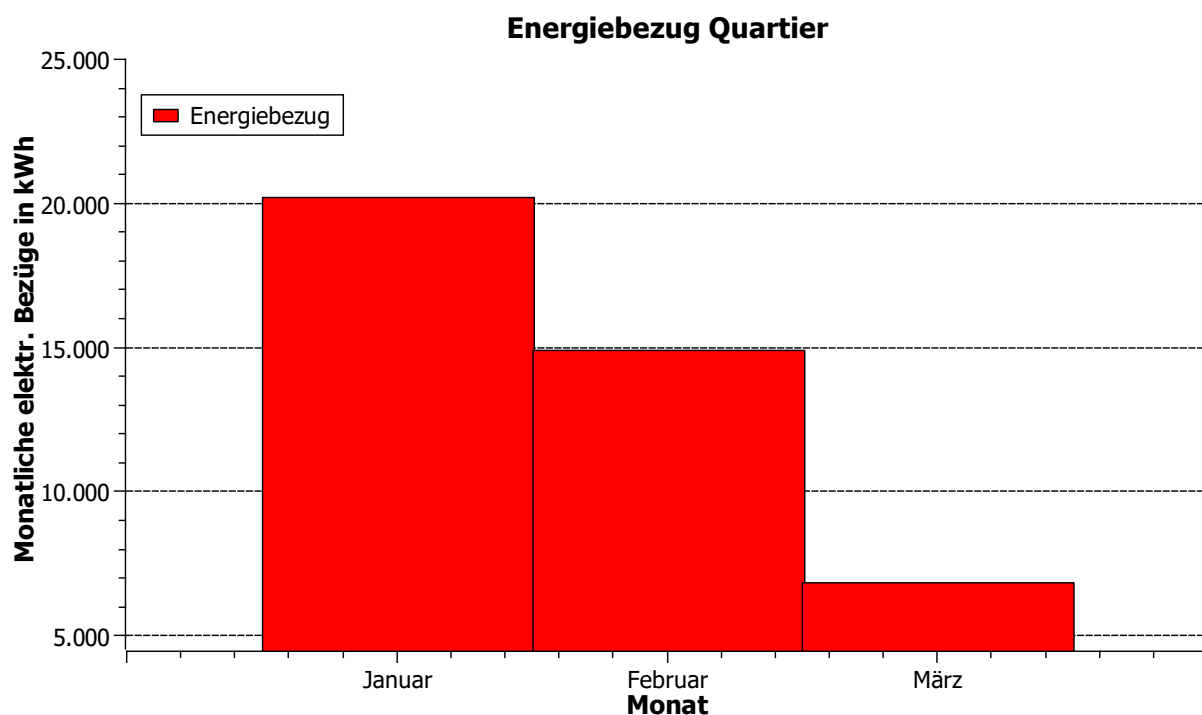


Abbildung 3: Energiebezug in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

Im Januar beträgt der elektrische Energiebezug 20.202,08 kWh, während gleichzeitig 360,11 kWh in das öffentliche Netz eingespeist wurden. Daraus ergibt sich eine positive Nettoenergiebilanz von +19.841,95 kWh. Das Quartier tritt in diesem Monat damit eindeutig als Nettobezüger auf. Die geringe Einspeisemenge weist darauf hin, dass die photovoltaische Erzeugung im Januar nur in begrenztem

Umfang zu Überschüssen führt und der elektrische Bedarf überwiegend durch Bezug aus dem vorgelagerten Netz gedeckt wird.

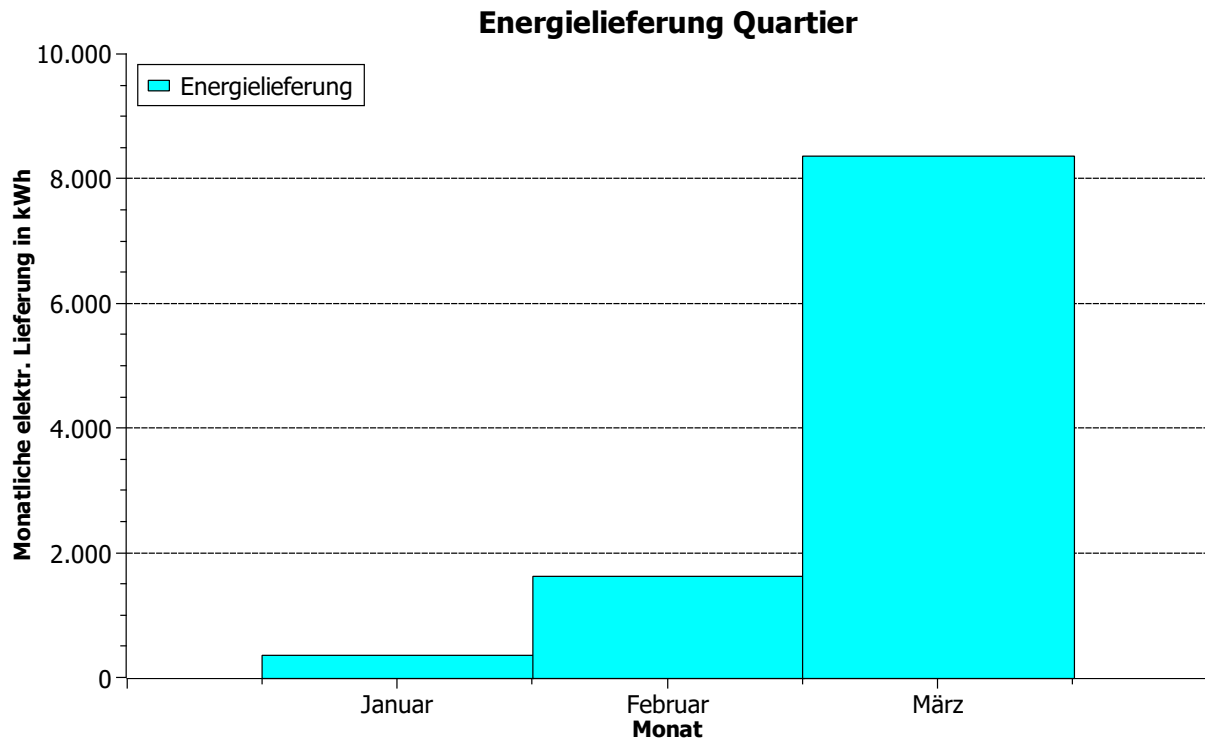


Abbildung 4: Energielieferung in Summe für die jeweiligen Monate für das Quartier.

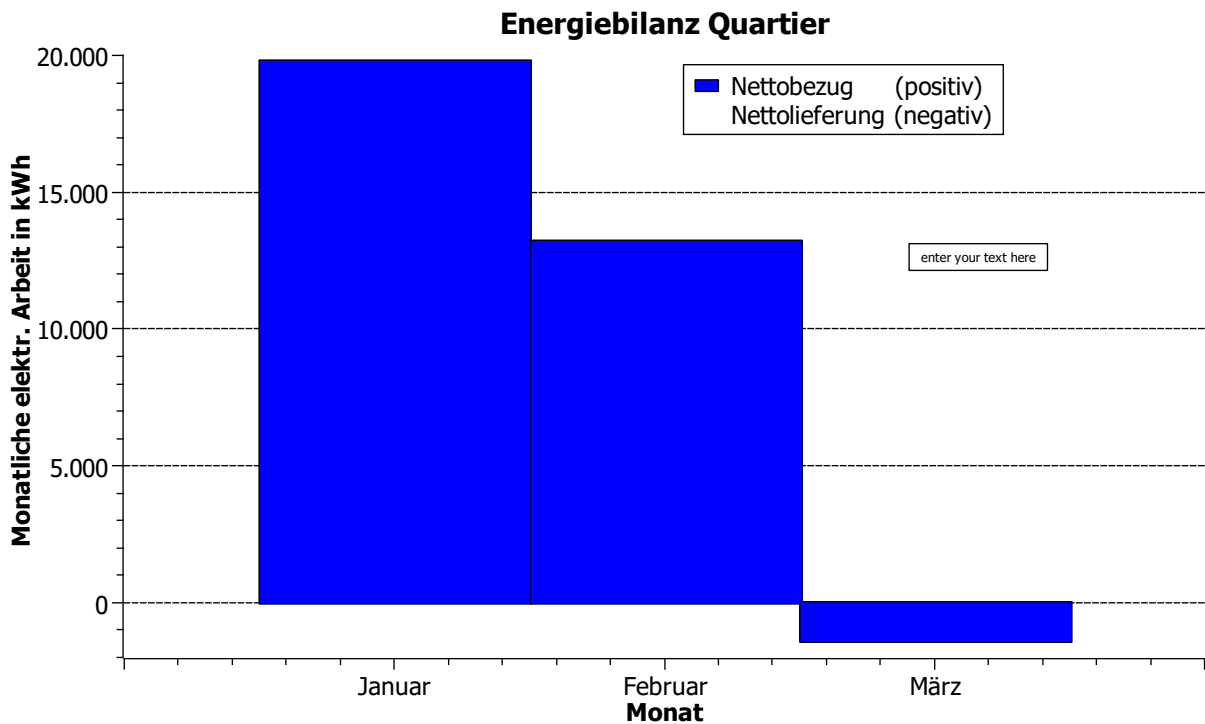


Abbildung 5: Bilanzierte Darstellung von Bezug und Lieferung pro Monat.

Im Februar reduziert sich der monatliche Netzbezug auf 14.889,30 kWh. Gleichzeitig steigt die Energielieferung deutlich auf 1.625,20 kWh an. Die resultierende Nettoenergiebilanz beträgt +13.264,08 kWh. Damit bleibt das Quartier weiterhin Nettobezogener, jedoch ist bereits eine klare Verschiebung der Energieflüsse erkennbar. Die zunehmende Einspeisung zeigt, dass die solaren Erträge im Tagesverlauf häufiger den momentanen Bedarf des Quartiers übersteigen.

Im März setzt sich diese Entwicklung weiter fort. Der Energiebezug sinkt auf 6.845,04 kWh, während die Energielieferung auf 8.354,42 kWh ansteigt. Daraus ergibt sich eine negative Nettoenergiebilanz von -1.509,41 kWh. Das Quartier weist somit bereits im März einen Übergang vom Netto Bezug zur Nettoeinspeisung auf. Die in Abbildung 5 dargestellte Bilanz verdeutlicht, dass die eingespeiste elektrische Arbeit den aus dem vorgelagerten Netz bezogenen Anteil in diesem Monat übersteigt.

Insgesamt zeigen die monatlichen Energieflüsse des ersten Quartals 2026 eine deutliche jahreszeitliche Verschiebung der Energiebilanz. Während im Januar noch ein stark ausgeprägter Netto Bezug vorliegt, nimmt dieser im Februar bereits sichtbar ab. Im März kehrt sich die Bilanz schließlich zugunsten einer Nettoeinspeisung um. Die Darstellungen in Abbildung 3 bis Abbildung 5 verdeutlichen damit den Übergang vom winterlich geprägten Netzbezug hin zu einer zunehmend photovoltaisch bestimmten Betriebsweise des Quartiers.

2.3 Quartierspeicher

Seit Beginn des Berichtszeitraums 2025 ist im Quartier ein zentraler Quartierspeicher mit einer Gesamtkapazität von 144 kWh und einer maximalen Lade- beziehungsweise Entladeleistung von 2×22 kW installiert und technisch in Betrieb. Der Speicher beeinflusst die Energieflüsse im Quartier bereits funktional durch die Zwischenspeicherung von PV-Überschüssen sowie durch eine zeitliche Verschiebung von Last- und Einspeisevorgängen.

Seit dem 25. Juli 2025 kann der Quartierspeicher teilweise über die Basisdatenpunkte State of Charge (SoC) und Leistung am Netzanschlusspunkt ausgelesen werden. Die Daten werden in der Projektdatenbank gespeichert und teilweise bereits auf der Projektwebseite enquaflex.de unter „Forschungsergebnisse“ „Quartierdaten“ abgebildet. Derzeit wird jedoch nur ein Teilblock des zweiteiligen Quartierspeichers messtechnisch erfasst. Die nachfolgende Analyse bezieht sich daher ausschließlich auf den ausgelesenen Teilblock des Quartierspeichers. Eine Hochrechnung auf den Gesamtspeicher ist nur unter der Annahme einer synchronen Betriebsweise beider Speicherblöcke zulässig. Erste Beobachtungen deuten jedoch darauf hin, dass die Speicherblöcke nicht durchgehend synchron betrieben werden und zeitweise auch gegenläufige Leistungsflüsse auftreten.

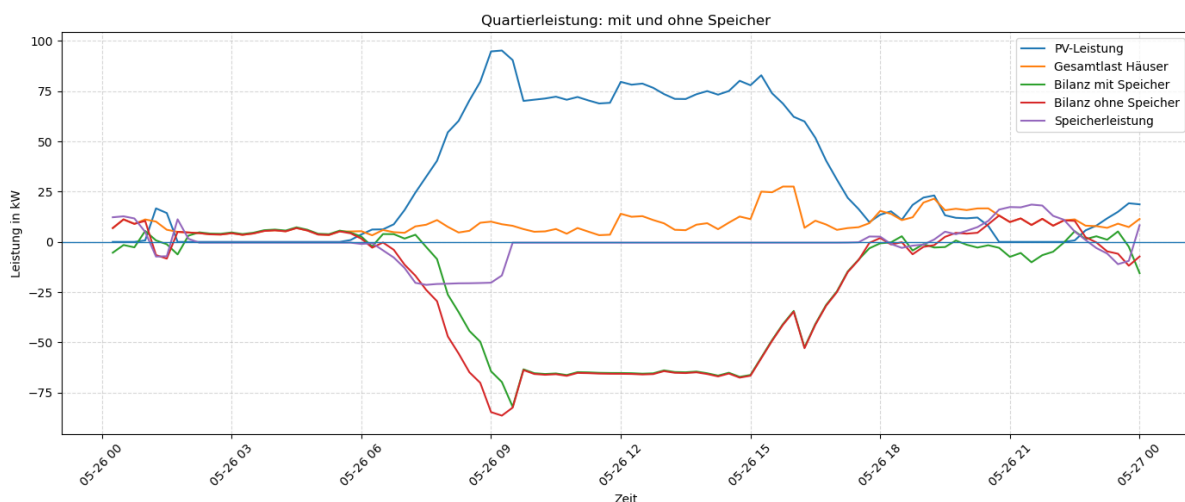


Abbildung 6: Quartiersleistung mit und ohne Speicher

Abbildung 6 zeigt exemplarisch den Einfluss des ausgelesenen Speicherblocks auf die Quartiersbilanz für einen ausgewählten Tagesverlauf. Zu Beginn der PV-Erzeugungsphase verzögert die Speicherladung den Übergang der Bilanz mit Speicher in den negativen Bereich gegenüber der Bilanz ohne Speicher. Im weiteren Verlauf liegen beide Bilanzkurven über weite Strecken nahezu parallel, da die PV-Erzeugung den Quartiersbedarf deutlich übersteigt. Im späteren Tagesverlauf verbleibt die Bilanz mit Speicher länger im negativen beziehungsweise netzneutralen Bereich, während die Bilanz ohne Speicher früher wieder in Richtung Netzbezug übergeht. Der Speicher bewirkt damit eine zeitliche Verschiebung lokal erzeugter PV-Energie und reduziert den unmittelbaren Netzbezug in Phasen abnehmender PV-Erzeugung.

Eine aktive Vorgabe oder Optimierung von Lade- und Entladestrategien ist derzeit noch nicht möglich, da die hierfür erforderlichen Schnittstellen zum Quartiersspeicher noch nicht bereitstehen. Gründliche Flexibilitätsanalysen des Quartiersspeichers können daher aktuell nur eingeschränkt durchgeführt werden. Gerade in diesem Bereich sind jedoch weitere energetische Einsparpotenziale zu erwarten, die durch eine intelligente Quartiersspeichersteuerung, etwa unter Berücksichtigung von PV-Prognosen, Lastverläufen, Strompreissignalen oder Netzfrequenzinformationen, erschlossen werden könnten.

Für den betrachteten Tagesverlauf wurde zusätzlich eine ökonomische Vergleichsrechnung mit und ohne Speicher durchgeführt. Dabei wurde eine Einspeisevergütung von 7 ct/kWh sowie ein fixer Strombezugspreis von 26,4 ct/kWh zugrunde gelegt. Im Fixpreisszenario ergibt sich ohne Speicher ein wirtschaftlicher Wert von 54,82 €, mit Speicher von 63,42 €. Der zusätzliche Nutzen des ausgelesenen Speicherblocks beträgt damit 8,59 €. Im dynamischen Preisszenario¹ steigt der Wert von 67,28 € ohne Speicher auf 71,44 € mit Speicher, woraus ein zusätzlicher Nutzen von 4,15 € resultiert.

```
===== FIXPREIS =====
Gewinn/Verlust ohne Speicher: 54.82 €
Gewinn/Verlust mit Speicher: 63.42 €
Zusätzlicher Gewinn durch Speicher: 8.59 €

===== DYNAMISCH =====
Gewinn/Verlust ohne Speicher: 67.28 €
Gewinn/Verlust mit Speicher: 71.44 €
Zusätzlicher Gewinn durch Speicher: 4.15 €
```

Abbildung 7: Simulation Gewinn/Verlust Quartiersspeicher

Die Ergebnisse zeigen, dass der ausgelesene Teilblock des Quartiersspeichers im betrachteten Tagesverlauf sowohl energetisch als auch wirtschaftlich wirksam ist. Der wirtschaftliche Effekt fällt im Fixpreisszenario stärker aus als im dynamischen Szenario, da vermiedener Netzbezug bei einem fixen Bezugspreis von 26,4 ct/kWh gegenüber der Einspeisevergütung von 7 ct/kWh unmittelbar höher bewertet wird. Eine rechnerische Verdopplung der Effekte auf den Gesamtspeicher wäre nur bei synchroner Betriebsweise beider Speicherblöcke belastbar. Aufgrund der Hinweise auf teilweise abweichendes Betriebsverhalten der beiden Blöcke sollte die vorliegende Bewertung daher zunächst als Teilanalyse verstanden werden.

Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass der Quartiersspeicher bereits ohne aktive Optimierung einen messbaren Beitrag zur Glättung der Energieflüsse und zur Erhöhung des lokalen PV-Eigenverbrauchs leistet. Gleichzeitig bleibt das Flexibilitätspotenzial des Speichers derzeit nur teilweise erschlossen. Eine weiterführende Bewertung des Gesamtsystems erfordert die vollständige messtechnische Erfassung beider Speicherblöcke sowie den Zugriff auf steuerbare Lade- und Entladestrategien und einen größeren Betrachtungszeitraum, vorzugsweise eine Ganzjahresbetrachtung.

¹ <https://energy-charts.info/>, Abgerufen: 27.05.2026

2.4 Vergleich der Energieflüsse im ersten Quartal 2025 und 2026

Der Vergleich zwischen dem ersten Quartal 2025 und dem ersten Quartal 2026 zeigt eine veränderte energetische Betriebsweise des Quartiers. Während das Quartier im ersten Quartal 2025 über alle drei Monate hinweg bilanziell als Nettobezogener auftrat, wird im ersten Quartal 2026 bereits im März der Bereich der Nettoeinspeisung erreicht. Damit verschiebt sich die monatliche Energiebilanz im Jahresvergleich früher zugunsten der lokalen Photovoltaikerzeugung.

Beim Energiebezug zeigt sich für Januar 2026 ein spürbar höherer Wert gegenüber dem Vorjahresmonat. Der Anstieg liegt näherungsweise im Bereich eines Drittels und weist auf einen erhöhten elektrischen Bedarf zu Jahresbeginn hin. Im Februar fällt der Unterschied zum Vorjahr dagegen deutlich geringer aus; der Netzbezug liegt nur leicht oberhalb des Vergleichswertes aus 2025. Im März sind die Bezugswerte beider Jahre nahezu identisch, sodass die Veränderung der Monatsbilanz in diesem Zeitraum nicht primär durch einen Rückgang des Verbrauchs, sondern durch die gestiegene Einspeisung bestimmt wird.

Bei der Energielieferung ergibt sich ein differenzierteres Bild. Der Januar 2026 liegt unterhalb des Vergleichsmonats 2025. Dies kann einerseits durch witterungsbedingte Unterschiede erklärt werden, andererseits war die externe Abregelung der PV-Anlagen zu Beginn des Jahres 2026 noch wirksam. Im Februar steigt die Energielieferung gegenüber dem Vorjahr bereits sichtbar an, ohne jedoch ein außergewöhnlich hohes Niveau zu erreichen. Dieser Zeitraum markiert den Übergang, in dem die externe Abregelung zunehmend verworfen beziehungsweise gelockert wurde. Im März zeigt sich schließlich eine deutlich ausgeprägte Veränderung: Die eingespeiste Energiemenge liegt etwa doppelt so hoch wie im Vorjahresmonat.

Die monatliche Energiebilanz bildet diese Entwicklung entsprechend ab. Im ersten Quartal 2025 bleibt das Quartier bis einschließlich März durchgehend im Bereich des Nettobezugs. Im ersten Quartal 2026 führt die deutlich höhere Einspeisung im März hingegen bereits zu einer negativen Monatsbilanz. Das Quartier tritt damit bilanziell als Nettoeinspeiser auf, obwohl der Netzbezug im März gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert bleibt.

Insgesamt zeigt der Vergleich, dass die energetische Verbesserung im ersten Quartal 2026 nicht aus einem grundsätzlich niedrigeren Strombedarf resultiert. Vielmehr ist sie auf eine deutlich höhere nutzbare PV-Erzeugung und eine entsprechend stärkere Einspeisung zurückzuführen. Der März 2026 stellt dabei den zentralen Unterschied zum Vorjahreszeitraum dar. Die Entwicklung ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die im Jahr 2025 über weite Teile des Jahres erkennbare externe Abregelung der Photovoltaikanlagen im Verlauf des ersten Quartals 2026 aufgehoben beziehungsweise wesentlich gelockert wurde. Die anlageninterne Regelung und betriebsbedingte Begrenzungen der einzelnen PV-Anlagen bleiben hiervon unberührt.

3 Photovoltaikerzeugung

In die vorliegende Auswertung wurden insgesamt 18 Wohneinheiten mit Photovoltaikanlagen einbezogen. Die analysierte Gesamtmodulfläche beträgt 1.288,63 m² bei einer installierten Gesamtleistung von 231,75 kWp. Die betrachteten Anlagen umfassen überwiegend Indachsysteme sowie einzelne Anlagen mit Schindelbauweise. Die in Tabelle 1 dargestellten objektbezogenen Werte bilden die Grundlage für die Bewertung der PV-Erzeugung im ersten Quartal 2026.

Die im ersten Quartal 2026 gemessene elektrische Energieerzeugung der analysierten Photovoltaikanlagen beläuft sich auf insgesamt 22.166,45 kWh. Die höchsten Quartalerträge werden dabei unter anderem für die Anlagen Bodiam mit 1.976,82 kWh, Caerphilly mit 1.942,98 kWh, Alnwick mit 1.904,76 kWh und Conwy mit 1.851,39 kWh ausgewiesen. Demgegenüber weisen insbesondere Warwick mit 530,26 kWh und Doune mit 651,89 kWh vergleichsweise geringe Quartalerträge auf.

Tabelle 1: PV-Erzeugung, technische Anlagen und Wirkungsgrade

Haus	Januar	Februar	März	Q1 Summe	Bauart	kWp	m ²
Ludlow	116,52	278,19	536,28	930,99	In-Dach	11,25	71,4
Hampton	118,28	292,54	597,09	1007,90	In-Dach	12,375	71,4
Raby	125,77	374,15	699,65	1199,58	In-Dach	15,75	71,4
Inveraray	99,58	271,10	588,49	959,17	In-Dach	11,25	71,7
Caerphilly	195,06	392,10	1355,81	1942,98	In-Dach	15,75	71,7
Carrickfergus	151,12	395,48	1178,03	1724,63	In-Dach	15,75	71,7
Dover	109,91	295,69	777,63	1183,23	In-Dach	10,935	71,5
Bodiam	209,36	385,16	1382,30	1976,82	In-Dach	14,58	71,5
Edinburgh	131,56	310,14	841,73	1283,43	In-Dach	12,15	71,5
Arundel	109,48	208,10	442,56	760,14	Schindeln	9,68	79,29
Doune	87,46	173,22	391,22	651,89	Schindeln	9,68	53,57
Eilean	104,83	291,86	657,47	1054,16	In-Dach	12,95	72,14
Leeds	156,39	284,85	1164,41	1605,66	In-Dach	12,375	71,15
Stirling	68,19	186,55	477,01	731,75	In-Dach	7,92	53,3
Alnwick	155,65	432,12	1316,99	1904,76	In-Dach	18	79,29
Conwy	158,32	425,80	1267,27	1851,39	In-Dach	15,75	71,7
Warwick	30,33	69,74	430,19	530,26	Schindeln	8,73	71,7
Windsor	84,59	194,14	588,97	867,71	In-Dach	16,875	92,69
	2212,40	5260,94	14693,11	22166,45		231,75	1288,63

Der monatliche Verlauf der PV-Erzeugung zeigt einen ausgeprägten Anstieg innerhalb des Quartals. Im Januar ist die Erzeugung noch stark durch die winterlichen Randbedingungen und externe Abregelung begrenzt. Im Februar nimmt die Erzeugung bereits deutlich zu, bleibt jedoch gegenüber dem März noch auf einem moderaten Niveau. Im März führt die höhere solare Einstrahlung in Verbindung mit längeren Tagesverläufen und dem Wegfall der externen Abregelung zu einer erheblichen Steigerung der Photovoltaikerzeugung. Diese Entwicklung steht in direktem Zusammenhang mit der in Kapitel 2 beschriebenen Veränderung der Energieflüsse, insbesondere mit dem Übergang des Quartiers in den Bereich der Nettoeinspeisung im März 2026.

Im Vergleich zum ersten Quartal 2025 fällt die PV-Erzeugung im ersten Quartal 2026 deutlich höher aus. Die für 2025 vorliegenden Vergleichswerte zeigen für die dort betrachtete Anlagenstichprobe eine Quartalerzeugung von 5.132,90 kWh bei 146,665 kWp installierter Leistung und 851,59 m² PV-Fläche. Aufgrund der unterschiedlichen berücksichtigten Anlagenanzahl und Gesamtleistung ist ein direkter absoluter Vergleich nur eingeschränkt belastbar. Dennoch zeigt auch die spezifische Betrachtung eine deutliche Verbesserung: Während die Erzeugung im ersten Quartal 2025 bei rund 35,0 kWh/kWp lag, ergibt sich für das erste Quartal 2026 ein spezifischer Quartalertrag von rund 95,6 kWh/kWp. Dies weist auf eine deutlich verbesserte nutzbare PV-Erzeugung im Vergleich zum Vorjahreszeitraum hin.

Zusammenfassend zeigt sich für das erste Quartal 2026 eine deutlich gesteigerte Photovoltaikerzeugung im Quartier. Die Erträge nehmen von Januar bis März stark zu und erreichen im März ein Niveau, das wesentlich zur bilanziellen Nettoeinspeisung des Quartiers beiträgt. Im Vergleich zum ersten Quartal 2025 ist sowohl absolut als auch spezifisch bezogen auf die installierte Leistung eine deutliche Verbesserung erkennbar. Die Ergebnisse sprechen damit für eine höhere Ausnutzung

der vorhandenen PV-Leistung und bestätigen den zunehmenden Beitrag der Photovoltaikanlagen zur elektrischen Versorgung des Quartiers bereits zu Beginn des Jahres.

4 Analyse der Energieflüsse

Zur systematischen Darstellung der Nutzung elektrischer Energie in den Sektoren Wärme, Mobilität und Haushaltsstrom wurde für das erste Quartal 2026 ein Sankey-Diagramm erstellt. Die Darstellung basiert auf den vorliegenden Mess- und berechneten Daten aus insgesamt 18 Haushalten und visualisiert die Energieflüsse zwischen PV-Erzeugung, Netzbezug sowie den Verbrauchssektoren.

Nicht in allen Haushalten werden Wallboxen betrieben; der Strombedarf aus diesem Bereich entfällt auf vierzehn der achtzehn betrachteten Häuser. Mit dem zunehmenden Anteil an Elektrofahrzeugen ist künftig von einer weiteren Relevanz dieses Verbrauchssektors auszugehen. Die vorliegende Analyse fokussiert sich auf die aktuelle Verteilung der Energieflüsse im ersten Quartal, um die weiterhin winterlich geprägten Verbrauchsstrukturen sachgerecht darzustellen.

Zur Sicherstellung einer konsistenten Datengrundlage wurden für einzelne Gebäude fehlende bzw. unplausible Messwerte rechnerisch ergänzt. Für das Haus Bodiam sowie für das Haus Edinburgh (mit Ausnahme des PV-Ertrags) wurden entsprechende Werte berechnet. Darüber hinaus wurde für das Haus Caerphilly der Verbrauch der Wallbox ergänzt. Im Fall des Hauses Leeds konnte aufgrund eines Ausfalls des Energiezählers der gesamte Haushaltsverbrauch nicht direkt erfasst werden und wurde daher ebenfalls berechnet.

Im Rahmen der Auswertung des ersten Quartals 2026 wurde festgestellt, dass in den Häusern Edinburgh und Stirling Abweichungen in der Verschaltung der Energiezähler vorliegen. Bei einer Begehung vor Ort zeigte sich, dass Energiezähler teilweise parallel statt in Reihe montiert wurden. Der Verbrauch der Wärmepumpe wurde nicht durch den Sentron-Zähler am Hausanschluss erfasst, sondern ausschließlich durch den vorgeschalteten Energiemengenzähler. Dies führt zu Abweichungen in der Gesamtbilanzierung. Eine vergleichbare Abweichung bei der Wallbox konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden, ist jedoch nicht auszuschließen.

Die folgende Abbildung zeigt den Energiefluss des Quartiers für Januar 2026:

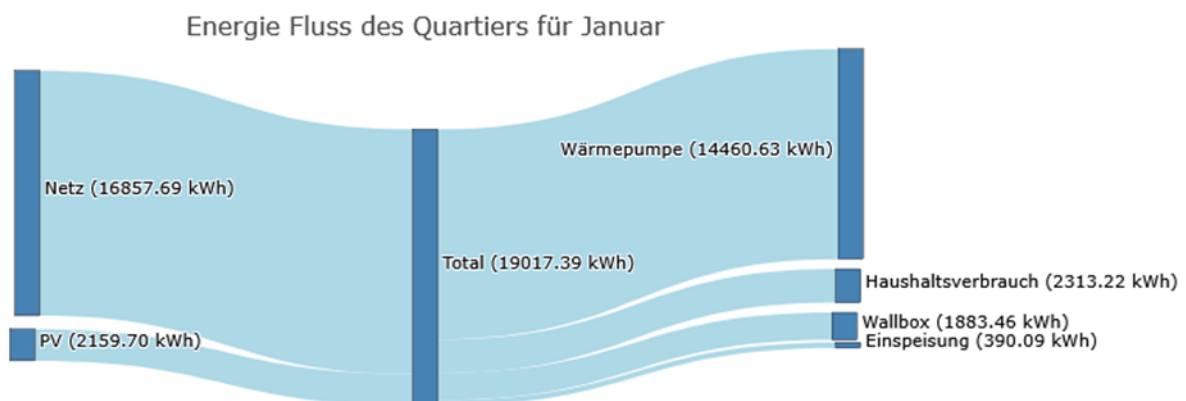


Abbildung 8: Energiefluss des Quartiers für Januar

Im Januar lag der Gesamtenergiebedarf des Quartiers bei 19.017,39 kWh. Die Wärmepumpen verbrauchten 14.460,63 kWh, der Haushaltsstrom 2.313,22 kWh und die Wallboxen 1.883,46 kWh. Die PV-Erzeugung betrug 2.159,70 kWh, wobei 390,09 kWh ins Netz eingespeist wurden. Der verbleibende Energiebedarf wurde über einen Netzbezug von 16.857,69 kWh gedeckt.

Die nächste Abbildung 9 zeigt den Energiefluss des Quartiers für Februar 2026:

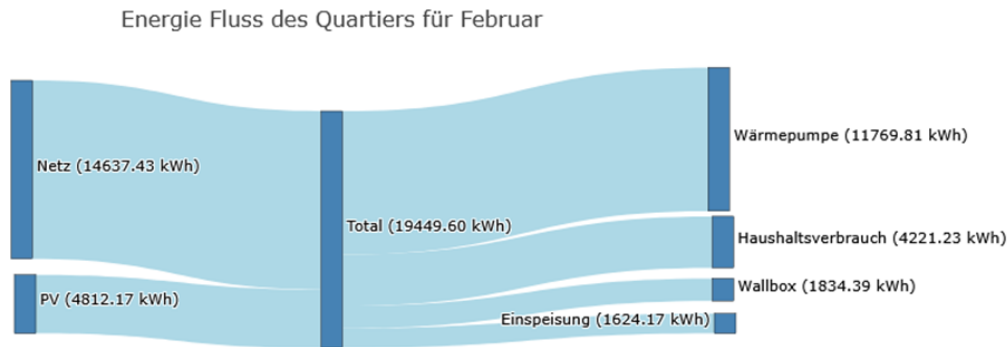


Abbildung 9: Energiefluss des Quartiers für Februar

Im Februar lag der Gesamtenergiebedarf des Quartiers bei 19.449,60 kWh. Der Verbrauch der Wärmepumpen betrug 11.769,81 kWh, der Haushaltsstrom 4.221,23 kWh und der Verbrauch der Wallboxen 1.834,39 kWh. Die PV-Erzeugung stieg auf 4.812,17 kWh, während der Netzbezug 14.637,43 kWh betrug. Die Einspeisung lag bei 1.624,17 kWh.

Im März lag der Gesamtenergiebedarf des Quartiers bei 19.505,95 kWh. Die Wärmepumpen verbrauchten 5.982,07 kWh, der Haushaltsstrom 3.814,76 kWh und die Wallboxen 1.355,81 kWh. Die PV-Erzeugung erreichte 13.595,07 kWh, wobei 8.353,32 kWh ins Netz eingespeist wurden. Der Netzbezug sank auf 5.910,89 kWh siehe Abbildung 10:

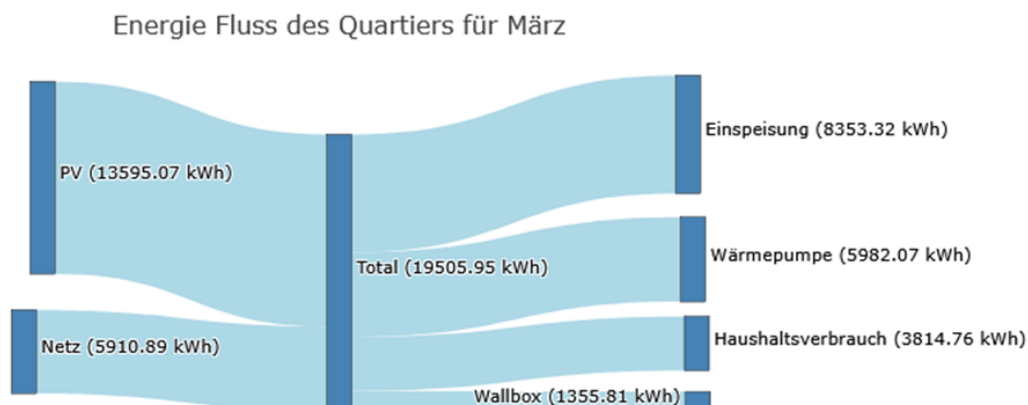


Abbildung 10: Energiefluss des Quartiers für März

In der Gesamtbetrachtung des ersten Quartals ergibt sich ein kumulierter Energieverbrauch von 57.972,95 kWh. Davon entfielen 32.212,51 kWh auf die Wärmepumpen, 10.349,20 kWh auf den Haushaltsstrom und 5.073,66 kWh auf die Wallboxen. Die erzeugte PV-Energie betrug 20.566,94 kWh. Der Netzbezug belief sich auf insgesamt 37.406,01 kWh, während 10.367,58 kWh ins Netz eingespeist wurden siehe Abbildung 11.

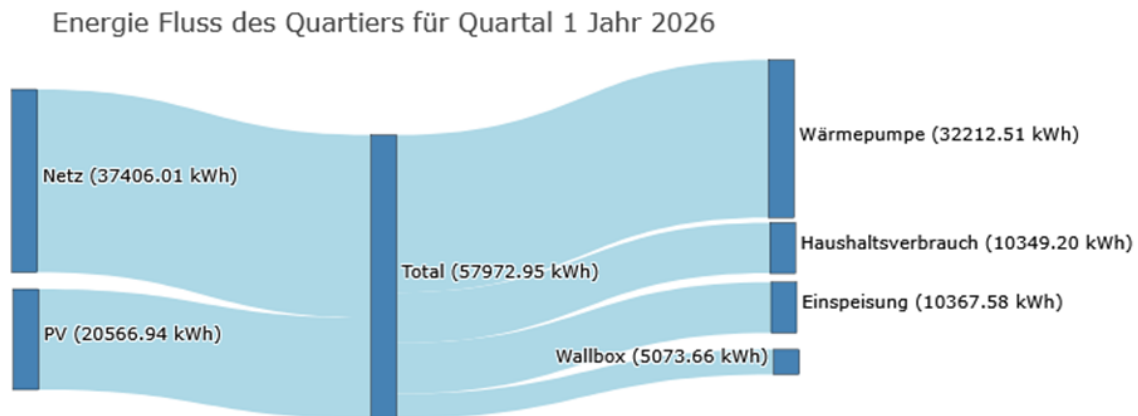


Abbildung 11: Energiefluss des Quartiers für Quartal 1, 2026

Im Vergleich zum vierten Quartal 2025 zeigt sich im ersten Quartal 2026 weiterhin ein hoher Energiebedarf, insbesondere im Bereich der Wärmepumpen, der jedoch im Verlauf der Monate deutlich abnimmt. Gleichzeitig steigt die PV-Erzeugung kontinuierlich an, was zu einer Reduktion des Netzbezugs und zu einer erhöhten Einspeisung führt. Dies deutet auf den Übergang von der Heizperiode in die sonnenreicheren Monate hin.

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 Datensätze mit Messwerten über den Zeitraum vom 01.01.2026 bis zum 31.03.2026. Der maximale absolute Leistungswert im betrachteten Zeitraum lag bei 117,5 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 Hz ≤ Frequenz < 50 Hz:
 - *Liefern* → leicht netzdienlich (50–75)
 - *Beziehen* → leicht destabilisierend (50–24)
- 50 Hz ≤ Frequenz < 50,02 Hz:
 - *Beziehen* → leicht netzdienlich (50–75)
 - *Liefern* → leicht destabilisierend (50–24)
- Frequenz ≥ 50,02 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 erste Quartal 2026 wurden insgesamt 127.997 Zeitfenster à 10 Sekunden ausgewertet. Die Verteilung der Bewertungswerte ist in Abbildung 12 dargestellt und ergibt folgende Verteilung:

- Destabilisierend (rot): 25,4 % – 32.533 Zeitfenster
- Neutral (gelb): 65,3 % – 83.533 Zeitfenster
- Netzdienlich (grün): 9,3 % – 11.931 Zeitfenster

Aus diesen Anteilen ergibt sich ein Netzdienlichkeitsindex von 44,222. Damit liegt das Quartier im ersten Quartal 2026 unterhalb der Neutralmarke von 50. Gegenüber dem ersten Quartal 2025 mit 43,898 ist eine leichte Verbesserung des Index erkennbar, was auf die veränderten energetischen Randbedingungen im Quartier hinweist, den bereits festgestellten Wegfall beziehungsweise die Lockerung des PV-Curtailment. Diese fällt geringer aus, als es aufgrund der deutlich verbesserten Einspeisesituation und der im März erreichten Nettoeinspeisung zunächst zu erwarten wäre.

Netzdienlichkeit

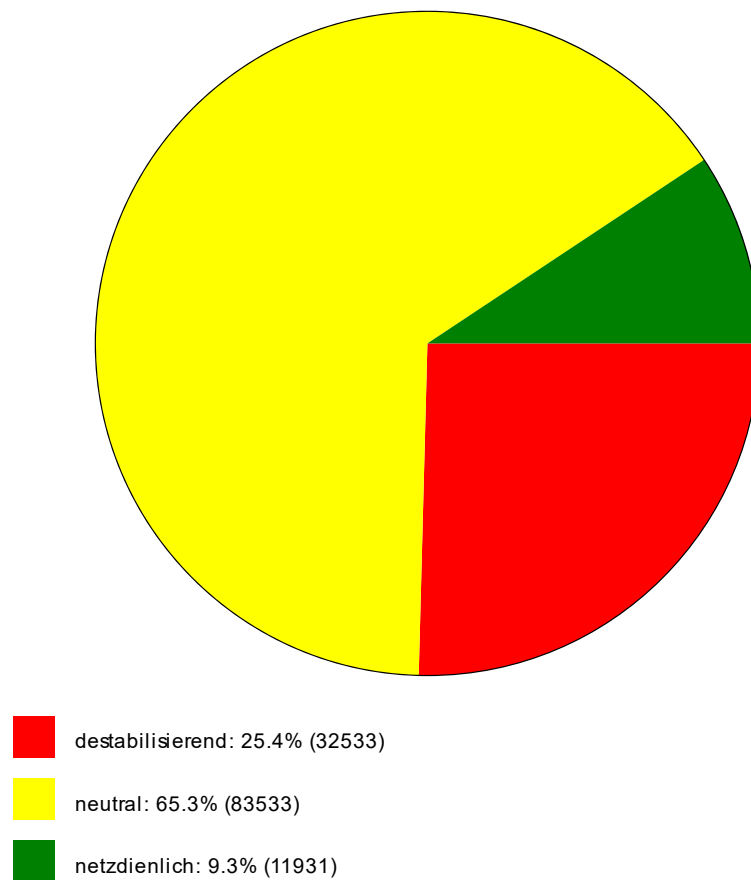


Abbildung 12: Gewichtete Bewertung des Bezugs und der Lieferung Anhang der Frequenz des Quartiersnetzes im Vergleich zur Zielfrequenz des Verbundnetzes

Die monatsweise Auswertung der Netzdienlichkeitsanteile ist in Abbildung 13 dargestellt. Im Januar entfallen 26,4 % der Zeitfenster auf destabilisierende, 68,2 % auf neutrale und 5,4 % auf netzdienliche Betriebszustände. Im Februar verschiebt sich das Verhältnis geringfügig zugunsten netzdienlicher Zeitfenster; der destabilisierende Anteil beträgt 25,8 %, der neutrale Anteil 66,8 % und der netzdienliche Anteil 7,5 %. Im März zeigt sich schließlich eine deutlichere Veränderung: Der netzdienliche Anteil steigt auf 14,8 %, während der destabilisierende Anteil auf 24,1 % und der neutrale Anteil auf 61,1 % zurückgeht.

Netzdienstlichkeitsanalyse

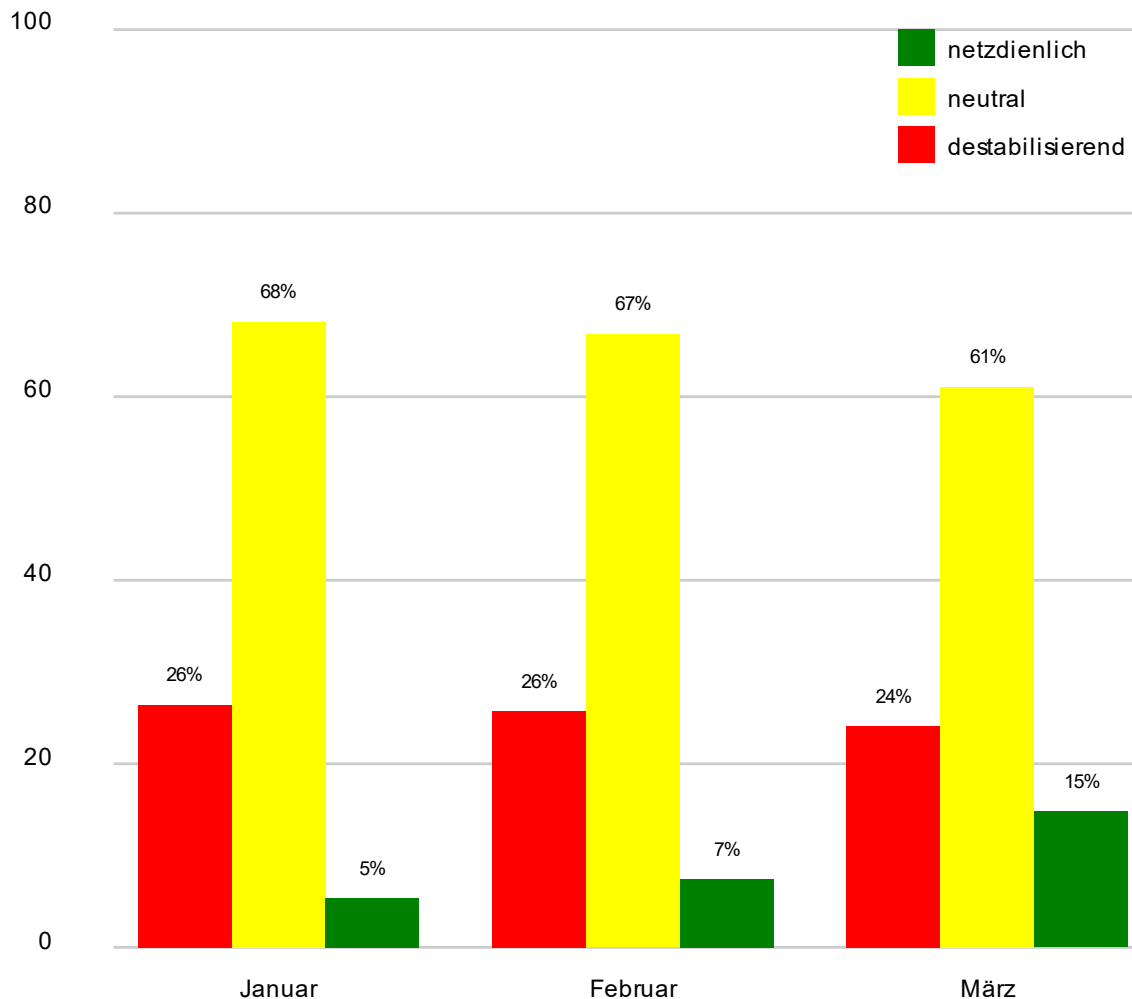


Abbildung 13: Netzdienstlichkeitsanalyse aufgeschlüsselt nach Monat

Diese monatliche Entwicklung korrespondiert mit den in den vorherigen Kapiteln dargestellten Energieflüssen. Während das Quartier im Januar und Februar weiterhin überwiegend als Nettobezogener auftritt, nimmt der Anteil der Einspeisephasen im März deutlich zu. Dies zeigt sich auch in der Leistungsrichtung der Messwerte: Im Januar liegen nur rund 4,2 % der Zeitfenster im Einspeisebetrieb, im Februar etwa 10,6 % und im März bereits rund 37,5 %. Der Anstieg der Einspeiseanteile führt insbesondere im März zu einer erkennbaren Zunahme netzdienstlicher Zeitfenster.

5.4 Fazit Netzdienstlichkeit

Die Netzdienstlichkeitsanalyse für das erste Quartal 2026 zeigt ein weiterhin überwiegend neutrales Betriebsverhalten des Quartiers. Gegenüber dem ersten Quartal 2025 ist lediglich eine leichte Verbesserung des Netzdienstlichkeitsindex erkennbar. Diese Verbesserung fällt geringer aus, als es die deutlich gestiegene PV-Erzeugung und der Übergang zur Nettoeinspeisung im März zunächst erwarten lassen würden.

Die Ursache hierfür liegt in der frequenzabhängigen Bewertungslogik. Eine höhere Einspeisung ist nicht grundsätzlich netzdienlich, sondern nur dann, wenn sie zeitlich mit einer entsprechenden Netzfrequenzsituation zusammenfällt. Zusätzliche PV-Erzeugung führt daher nicht automatisch zu einer proportionalen Verbesserung des Netzdienlichkeitsindex. Vielmehr wird ein erheblicher Teil der Betriebszustände weiterhin als neutral bewertet.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass der verbesserte PV-Betrieb insbesondere im März wirksam wird, während Januar und Februar im Quartalsmittel weiterhin durch Netzbezug geprägt sind. Der positive Effekt der erhöhten Einspeisung wird dadurch auf Quartalsebene nur teilweise sichtbar.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse eine verbesserte energetische Nutzung der Photovoltaikanlagen im ersten Quartal 2026, jedoch noch keine entsprechend starke Verbesserung der Netzdienlichkeit. Für eine weitergehende Erhöhung wäre eine gezieltere Kopplung von Einspeisung, Verbrauch und netzseitigen Signalen erforderlich, etwa durch eine geeignete Steuerung von Quartiersspeicher und flexiblen Lasten.

6 Gesamtfazit

Das erste Quartal 2026 zeigt für das betrachtete Quartier eine deutliche Veränderung der energetischen Betriebsweise gegenüber dem Vorjahreszeitraum. Während die Monate Januar und Februar weiterhin durch einen überwiegenden Netzbezug geprägt sind, verschiebt sich die Bilanz im März bereits in den Bereich der Nettoeinspeisung. Damit wird der saisonale Übergang von einem winterlich geprägten Bezugsbetrieb hin zu einer zunehmend photovoltaisch bestimmten Versorgung früher und ausgeprägter sichtbar als im ersten Quartal 2025.

Die Entwicklung ist nicht auf einen grundsätzlich geringeren elektrischen Bedarf zurückzuführen. Vielmehr bleibt der Energiebedarf des Quartiers, insbesondere durch Wärmepumpen, Haushaltsstrom und Elektromobilität, weiterhin hoch. Die Verbesserung der Energiebilanz resultiert vor allem aus der deutlich höheren nutzbaren Photovoltaikerzeugung. Besonders im März zeigt sich, dass die PV-Anlagen einen erheblich größeren Beitrag zur Deckung des Quartiersbedarfs und zur Einspeisung in das vorgelagerte Netz leisten können.

Ein wesentlicher Einflussfaktor ist der Wegfall beziehungsweise die deutliche Lockerung der im Jahr 2025 beobachteten externen Abregelung der Photovoltaikanlagen. Die Ergebnisse des ersten Quartals 2026 deuten darauf hin, dass die installierte PV-Leistung nun wesentlich besser ausgeschöpft werden kann. Daraus ist für die folgenden Berichtszeiträume ein deutlich verbessertes Bild hinsichtlich der energetischen Resilienz des Quartiers zu erwarten. Insbesondere in den sonnenreicheren Monaten ist davon auszugehen, dass der Anteil lokaler Eigenerzeugung und die Fähigkeit zur bilanziellen Eigenversorgung weiter zunehmen.

Der Quartiersspeicher zeigt bereits ohne aktive Optimierung einen messbaren Einfluss auf die Energieflüsse. Er verschiebt PV-Überschüsse zeitlich und reduziert in geeigneten Zeitfenstern den unmittelbaren Netzbezug. Gleichzeitig bleibt das Potenzial des Speichers derzeit nur teilweise erschlossen, da aktuell nur ein Teilblock messtechnisch ausgewertet werden kann und steuerbare Lade- und Entladestrategien noch nicht verfügbar sind. Für eine belastbare Bewertung des Gesamtspeichers sind daher die vollständige Datenerfassung beider Speicherblöcke sowie ein längerer Betrachtungszeitraum erforderlich.

Die Netzdienlichkeitsanalyse zeigt trotz der verbesserten Einspeisesituation nur eine leichte Verbesserung gegenüber dem ersten Quartal 2025. Dies ist plausibel, da Netzdienlichkeit nicht allein durch die Höhe der PV-Erzeugung bestimmt wird, sondern durch die zeitliche Übereinstimmung von Leistungsfluss und Netzfrequenzsituation. Die Ergebnisse zeigen damit einerseits eine verbesserte

energetische Nutzung der lokalen Erzeugung, andererseits aber auch, dass zusätzliche Steuerungsmechanismen notwendig sind, um daraus eine stärker netzdienliche Betriebsweise abzuleiten.

Insgesamt stellt das erste Quartal 2026 einen wichtigen Übergangszeitraum dar. Die Ergebnisse zeigen, dass das Quartier nach dem Wegfall der externen PV-Abregelung deutlich leistungsfähiger und bilanziell günstiger betrieben werden kann. Gleichzeitig entsteht dadurch eine besondere wissenschaftliche Vergleichsmöglichkeit: Mit dem Jahr 2025 liegt ein Betriebsjahr unter scharfer Einschränkung der PV-Erzeugung vor, während 2026 voraussichtlich erstmals ein Jahr mit deutlich reduzierter beziehungsweise entfallener externer Abregelung abgebildet werden kann. Der direkte Vergleich beider Jahre bietet eine einmalige Gelegenheit, den Einfluss der PV-Abregelung auf Eigenversorgung, Einspeisung, Speicherwirkung, Netzdienlichkeit und Resilienz des Quartiers systematisch zu bewerten.

Für die weitere Projektlaufzeit ergibt sich daraus ein klarer Untersuchungsschwerpunkt. Neben der fortlaufenden Erfassung der Energieflüsse sollte insbesondere die Kopplung von PV-Erzeugung, Quartiersspeicher, flexiblen Lasten und netzseitigen Signalen vertieft analysiert werden. Erst durch eine aktive Flexibilitätskoordination kann das vorhandene technische Potenzial des Quartiers vollständig genutzt und von einer verbesserten energetischen Bilanz in eine nachweisbar höhere netzdienliche Wirkung überführt werden.