

Gefördert durch:



flexQgrid

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

flexQgrid – Das Netz der Zukunft wird real

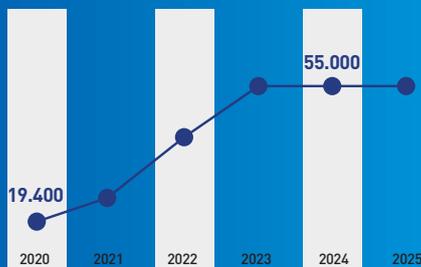
Mit dem Smart Grid den Haushalt der Zukunft
ermöglichen: Unsere Ergebnisse

Das Energiesystem im Wandel

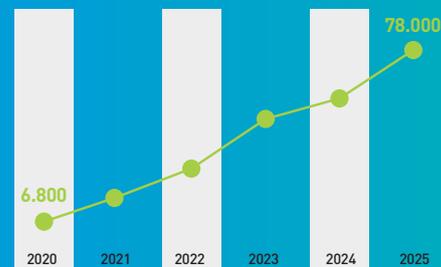
Steigende Anschlusszahlen im Verteilnetz

Um die Klimaschutzziele zu erreichen und unabhängig von fossilen Energieimporten zu werden, hat die Bundesregierung 2021 mit dem geänderten Klimaschutzgesetz beschlossen, die gesamte Energieversorgung bis 2045 auf 100% regenerative Energieträger umzustellen. Der klare gesellschaftliche und politische Wille zu einem Wandel des gesamten Energiesystems spiegelt sich auch in unseren Zahlen bei der Netze BW wider: Die Zahl der Anmeldungen von Photovoltaik-Anlagen und Wallboxen sind bei Netze BW von 2021 auf 2022 um bis zu 80 % gestiegen. Die Prognosen zeigen ebenfalls ein ähnliches Bild. Dieser Trend ist auch deutschlandweit zu beobachten.

Hervorgerufen ist der Hochlauf in Baden-Württemberg insbesondere durch die im Mai 2022 eingeführte PV-Pflicht für neue Wohngebäude, ab Januar 2023 greift diese auch bei allen grundlegenden Dachsanierungen. Diese Entwicklung - in Folge der Energiewende - stellen die Verteilnetze vor große Herausforderungen, da sie ursprünglich für die neuen Erzeuger und Verbraucher gar nicht ausgelegt waren. Um diese Herausforderungen zu meistern, sind neben dem Netzausbau intelligente Lösungen gefragt. Gleichzeitig sind die intelligenten Haushalte der Zukunft mit ihren flexiblen Anlagen ein grundlegender Baustein der Lösung.



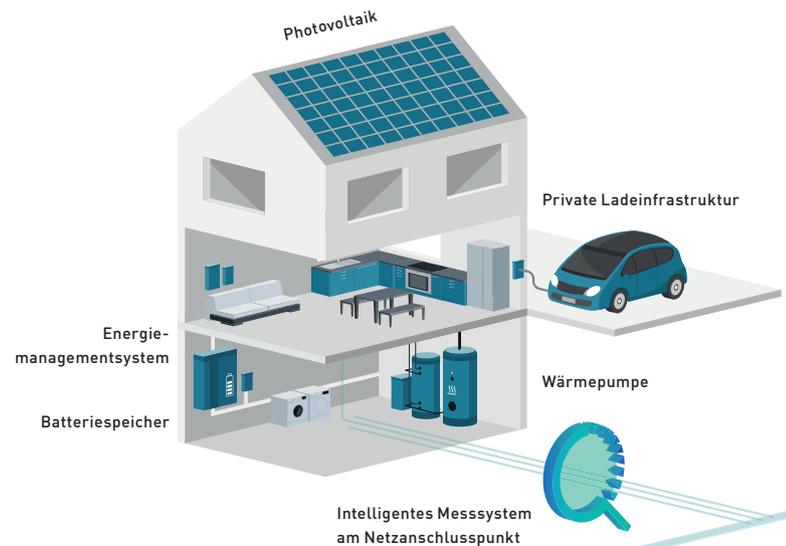
Anträge auf Einspeiseanfragen für Erneuerbare Energien bei Netze BW



Anträge auf Ladeeinrichtungen (Wallboxen) bei Netze BW

Der Haushalt der Zukunft wird intelligent

Der „Haushalt der Zukunft“ verbraucht nicht nur Strom, sondern erzeugt ihn mit einer eigenen Photovoltaik-Anlage auf dem Dach selbst. Um den selbst erzeugten Strom auch in den Abendstunden nutzen zu können, besitzt er für die Eigenbedarfsoptimierung einen Batteriespeicher. Außerdem heizt er elektrisch mit einer Wärmepumpe und ist mit eigener Lademöglichkeit für das Elektrofahrzeug ausgestattet. Diese Anlagen werden mit Hilfe eines Energiemanagementsystems intelligent koordiniert. Zudem besitzt der Haushalt ein intelligentes Messsystem am Netzanschlusspunkt.



Unser Netzkunde der Zukunft wünscht sich

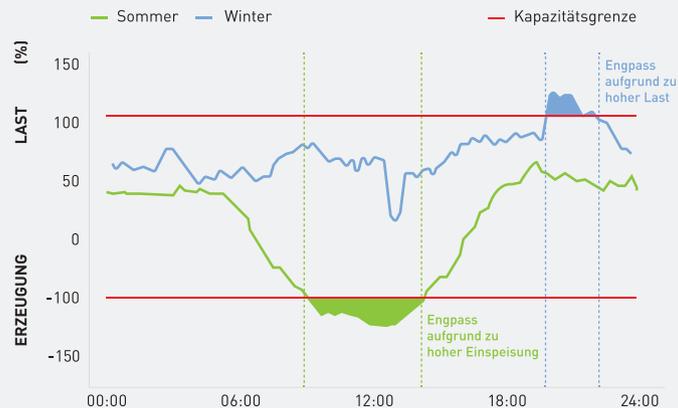
- › Transparenz über die Energieflüsse in seinem Haushalt und über seinen Strombezug aus dem Netz
- › Optimierung der Energieflüsse, um möglichst viel der verbrauchten Energie selbst zu erzeugen und damit Kosten zu sparen
- › Zuverlässige Versorgung über das Stromnetz
- › Schnellen Netzanschluss neuer Anlagen

Engpässe

Eine Herausforderung für das Verteilnetz

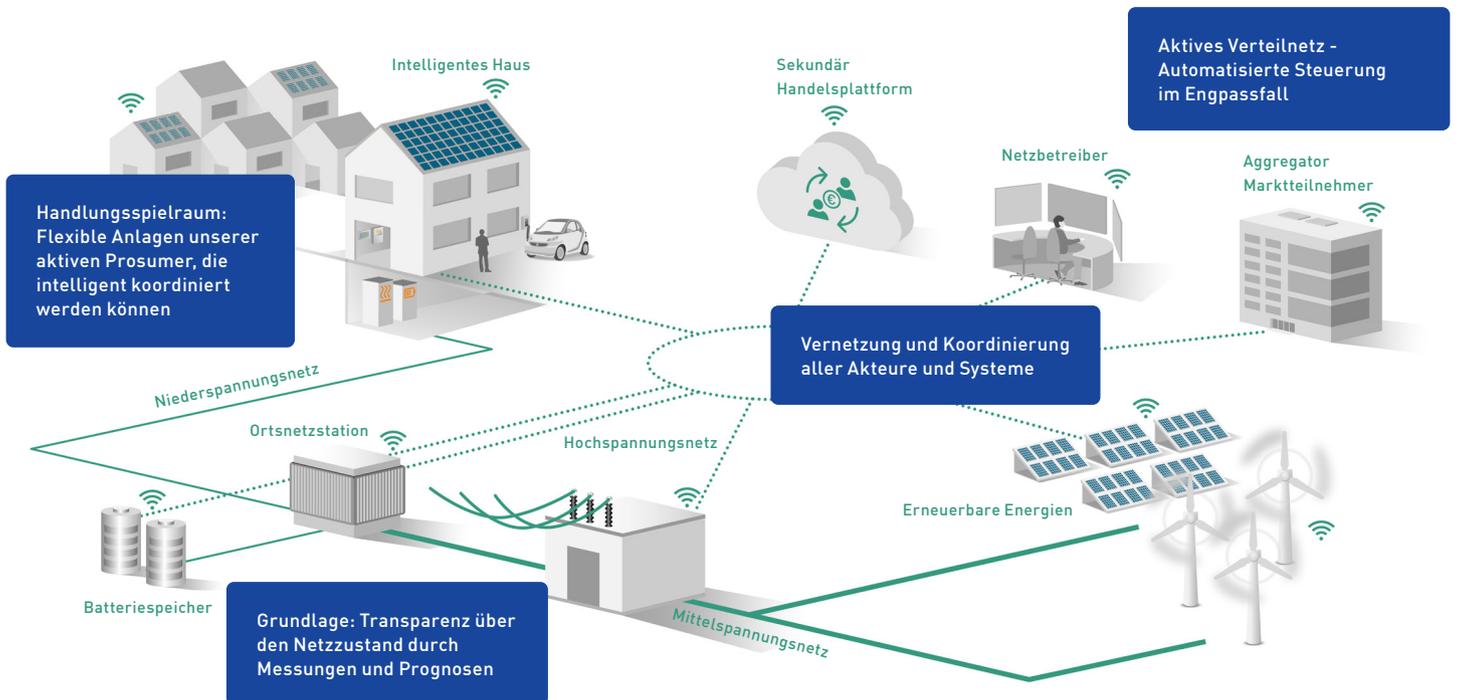
Der Blick auf unsere Netzkunden der Zukunft zeigt: Wenn zunehmend viele Haushalte mit neuen, leistungsstarken Erzeugern und Verbrauchern ausgestattet sind, kann es durch deren gleichzeitige Energieeinspeisung oder -bezug zu Leistungsspitzen kommen. Wetterbedingten Spitzen bei der Erzeugung stehen Verbrauchsspitzen gegenüber, die sich aus dem alltäglichen Tagesablauf der Menschen oder aufgrund marktlicher Steuerungssignale ergeben. Dadurch kann es zu Überlastungen - den sogenannten Netzengpässen - kommen, in denen die Transportkapazität der Leitungen oder Transformatoren nicht ausreicht.

Die Grafik zeigt eine Überlastung aufgrund zu hoher Einspeisung durch Photovoltaik-Anlagen in der Mittagszeit an einem Sommertag und aufgrund einer hohen Last an einem Winterabend, z.B. wegen Wärmestromanlagen kombiniert mit der Netzbelastung durch ladende Elektrofahrzeuge.



Das Verteilnetz der Zukunft braucht neue Fähigkeiten

Mit diesen neuen Fähigkeiten wird unser Verteilnetz intelligent, ein sogenanntes „Smart Grid“. Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte Projekt flexQgrid hat dieses intelligente Netz in Freiamt real werden lassen.



flexQgrid – Das Netz der Zukunft wird real

Unsere Mission

Mit dem Projekt flexQgrid treiben wir die Energiewende voran und wollen erneuerbare Energien maximal nutzbar machen. Unsere Netzkunden möchten möglichst viel ihres Energiebedarfs, auch für Mobilität oder Wärme, selbst lokal und klimafreundlich erzeugen. Auch wenn der Netzausbau nicht überall und sofort Schritt halten kann - indem wir resultierende Engpässe im Niederspannungsnetz erkennen und zielgerichtet beheben, ermöglichen wir die schnelle Integration neuer Erzeugungsanlagen oder Verbraucher in unser Netz. So erreichen wir auch im Verteilnetz der Zukunft einen wirtschaftlichen und sicheren Netzbetrieb. Damit sich die Lösungen aus flexQgrid auch in der Praxis beweisen, testeten wir sie im Rahmen eines 17-monatigen Feldtests in Zusammenarbeit mit Bürger*innen der Gemeinde Freiamt im realen Betrieb.

flexQgrid in Zahlen

- › Konsortium aus 9 Partnern, aus Wissenschaft und Industrie
- › Projektlaufzeit: November 2019 - März 2023
- › Feldtest in Gemeinde Freiamt von August 2021 - Dezember 2022
- › Gefördert vom BMWK, Fördervolumen: 5,2 Mio. €

Smart Grid Freiamt

Unser Feldtest

In unserem Smart Grid in Freiamt wurden bei 41 Feldtestteilnehmenden Mess-, Steuer- und Kommunikationstechnik eingebunden und die bestehenden und neu für das Projekt installierten Anlagen miteinander vernetzt.

3 Ortsnetze mit intelligenten Haushalten: Prosumer mit verschiedenen Anlagentypen

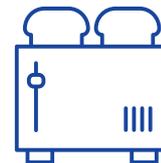
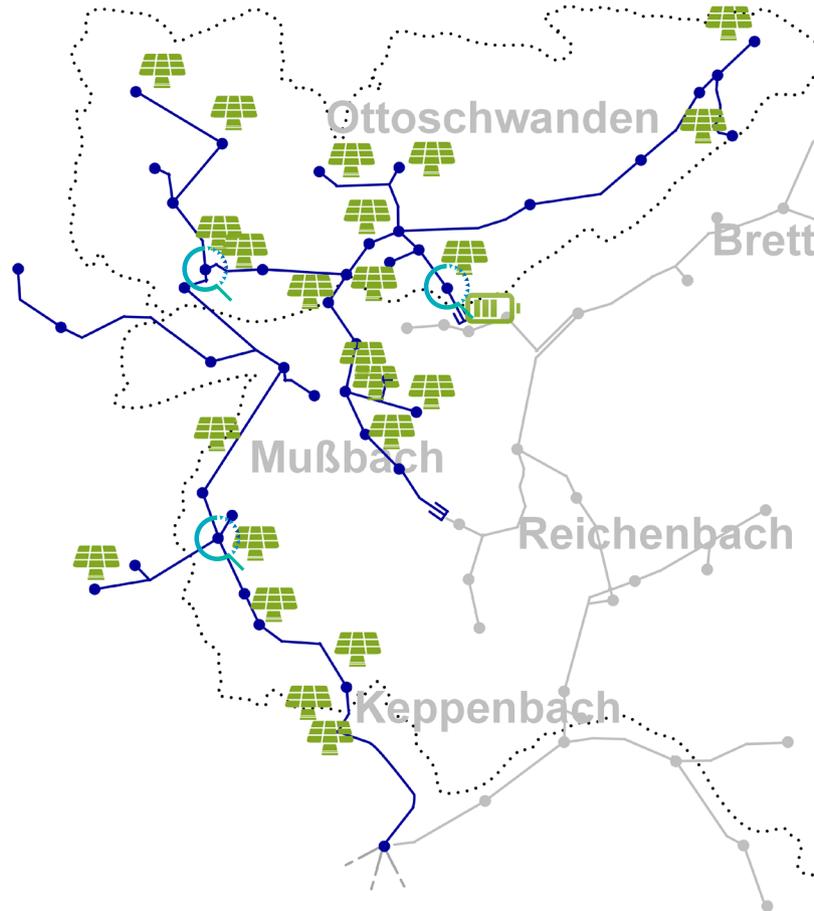


- › 23 Haushalte mit Energiemanagementsystemen
- › PV-Anlagen, Wallboxen und Elektrofahrzeuge, Wärmestromanlagen, Batteriespeicher

Verteilte PV-Anlagen Mittelspannungsstrang:



- › 24 PV-Anlagen verteilt entlang des Mittelspannungsstrangs



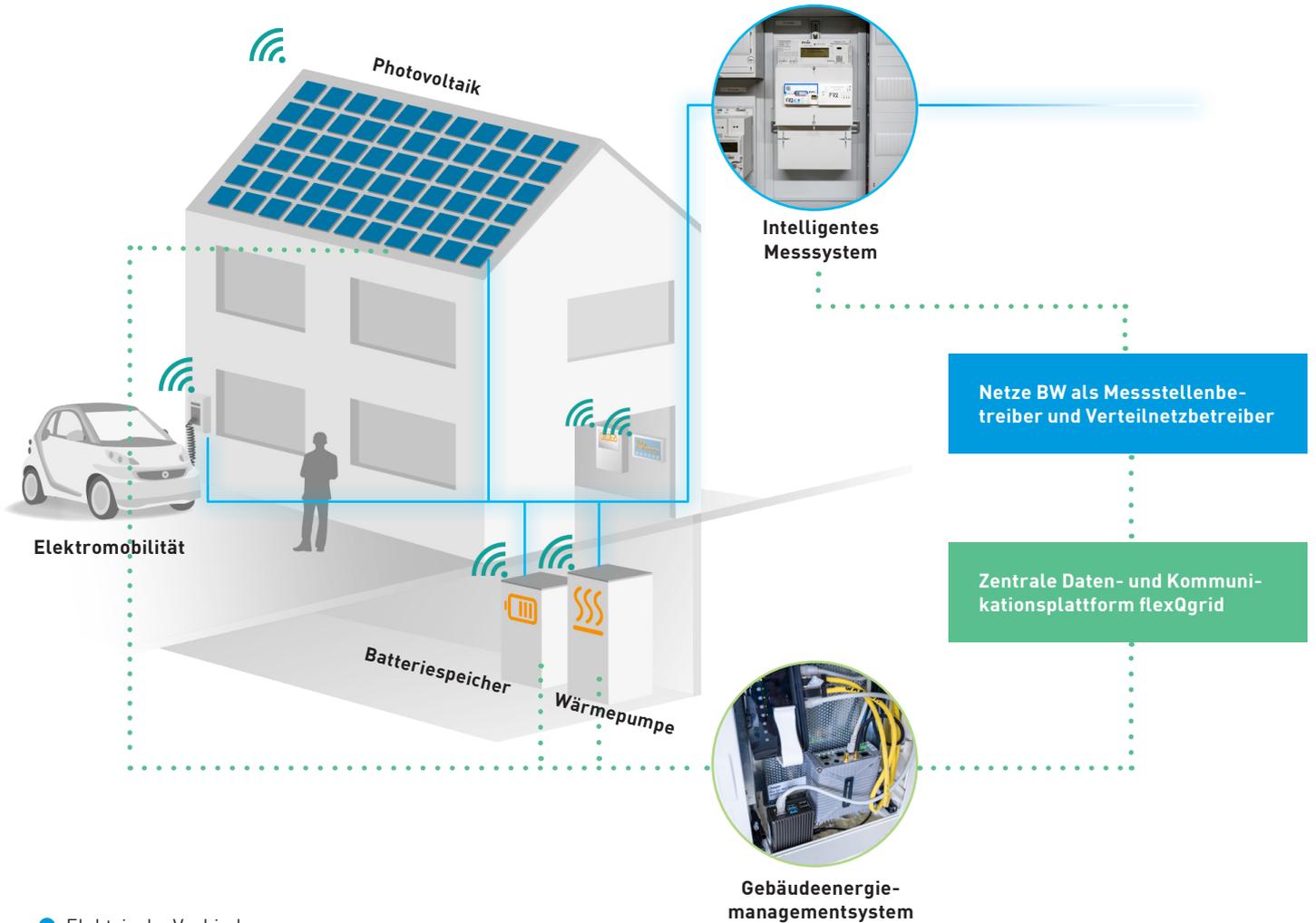
Im Feldtest wurde 2100 kW flexible Anlagenleistung eingebunden - damit könnten 2100 Toaster knusprige Toasts backen.

Praktische Erfahrungen zu Schnittstellen

Für effiziente Flexibilitätsnutzung ist die Standardisierung der Schnittstellen zwischen Kundenanlagen, Energiemanagementsystemen und intelligenten Messsystemen erforderlich.

Zu viele unterschiedliche Schnittstellen verhindern aktuell einen reibungslosen Smart Grid Betrieb. Eine Standardisierung hin zu einheitlichen und kompatiblen sowie gut dokumentierten Schnittstellen ist daher essenziell für eine breite Erschließung und Steuerung von Flexibilität.

Dies umfasst die Schnittstellen von Energiemanagementsystemen zu intelligenten Messsystemen und insbesondere von Energiemanagementsystemen zu Anlagen im Haushalt (z.B. PV-Wechselrichter, Wallboxen, Batteriespeicher, Wärmepumpen). Bei einer Lebensdauer der Kundenanlagen von bis zu 20 Jahren sollten pragmatische Lösungen für Bestandsanlagen gefunden und die Zukunftssicherheit der standardisierten Schnittstellen besonders beachtet werden.



Praktische Erfahrungen zur Kommunikationsinfrastruktur

Eine robuste Kommunikationsinfrastruktur und das optimale Zusammenspiel von zentralen und lokalen Systemen sind die Grundlage für den zuverlässigen Betrieb eines Smart Grid.

Im Projekt erwies sich ein optimiertes Zusammenspiel von zentralen Daten- und Kommunikationsplattformen mit lokalen Systemen als essenziell. Die zentralen Plattformen boten die Funktionen der Automatisierung der Prozesse, der Integration unterschiedlicher Datenformate und eines transparenten Monitoring. Allerdings sollte bei einem solchen Aufbau beachtet werden, dass zentrale Systeme durch passende Redundanzkonzepte eine hohe Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit gewährleisten müssen. Der Kommunikationsaufwand in einem Smart Grid sollte aus Gründen der Robustheit auf das Nötigste beschränkt werden und wo möglich Daten lokal bereitgestellt werden.

Ein Beispiel dafür wäre die Lieferung der Netzzustandsdaten des intelligenten Messsystems am Hausanschluss direkt über dessen HAN-Schnittstelle an das Energiemanagementsystem. Dies und eine lokale Hinterlegung von Rückfallwerten verbessern auch die Robustheit der Systeme für das Engpassmanagement bei einer Störung der Kommunikation. Damit Kommunikationsausfälle minimiert werden, sollte es einen Werkzeugkasten mit unterschiedlichen Kommunikationstechnologien passend zur Gegebenheit vor Ort geben, die als Alternativen zu einer Mobilfunkanbindung fungieren können und dabei kostengünstig sind.



Nutzung intelligenter Messsysteme

für Messung und Steuerung

flexQgrid hat intelligente Messsysteme in der Praxis erfolgreich zum Messen und Steuern auf der Niederspannungsebene eingesetzt. Es wurden Weiterentwicklungspotenziale identifiziert, die den Nutzen für Netzbetreiber, Kunden und Marktteilnehmer erhöhen würden.

Als eines der ersten Reallabore konnte flexQgrid ein vollumfängliches intelligentes Messsystem operativ als Mess- und Steuerungssystem für ein Engpassmanagement auf der Niederspannungsebene einsetzen. Alle Geräteausführungen entsprachen dabei den aktuellen technischen Standards seitens FNN und den technischen Regeln des BSI. Weiterhin konnten auch die zugehörigen Backendsysteme (teils Teststellungen) verwendet werden. Der Feldtest hat demonstriert, dass die spezifizierten minutlich erfassten und übermittelten Netzzustandsdaten (TAF10) den dynamischen Einsatz flexibler Anlagen ermöglichen und zusätzlich zu den Messdaten aus Ortsnetzstationen zur Netztransparenz beitragen.

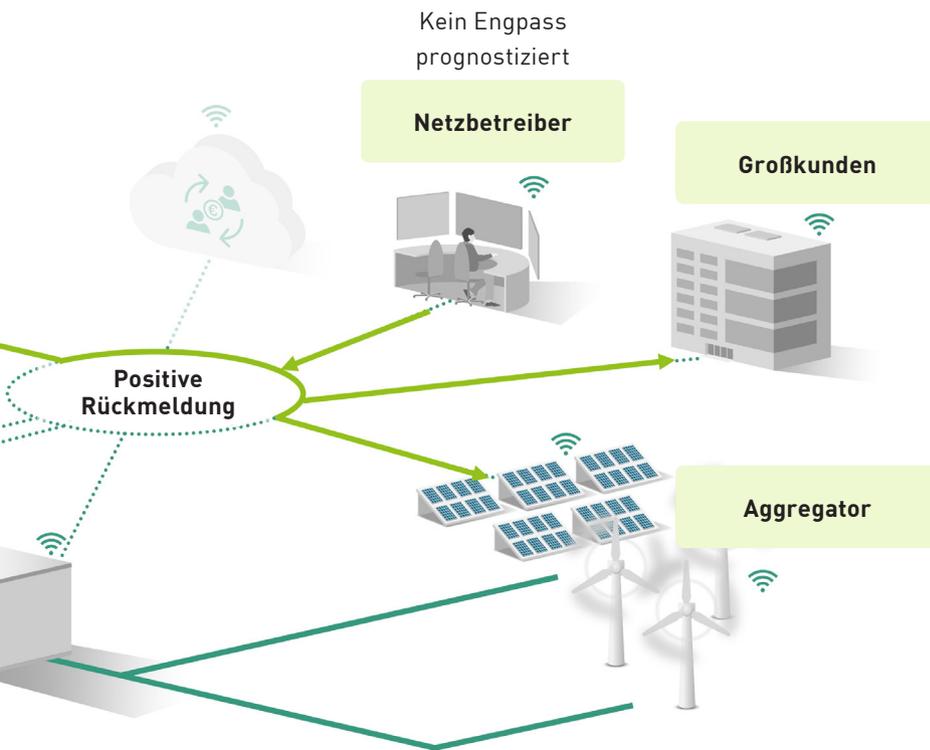
Mit den Steuerboxen zweier verschiedener Hersteller wurden sowohl Photovoltaik-Wechselrichter als Einzelanlagen als auch Energiemanagementsysteme, welche verschiedene Anlagentypen optimierten, erfolgreich gesteuert. In flexQgrid hat sich die zweite Variante, die Steuerung auf den Netzanschluss, bewährt, die sowohl den Netzkunden ein Höchstmaß an Freiraum für Optimierung und eigene Präferenzen lässt, als auch eine definierte Schnittstelle für den Netzbetreiber bietet. Sowohl bei Verwendung der Messdaten als auch bei der Steuerungskette zeigten sich in der Praxis die technisch noch vorhandenen Lücken und notwendigen Verbesserungen, um künftig ein Höchstmaß an Interoperabilität der Geräte zu erreichen und einen effizienten Rollout zu ermöglichen. So fließen die in flexQgrid gewonnenen Erkenntnisse in Vorschläge zur Verbesserung von Standardisierung und Gerätetechnik bei Herstellern sowie in die Weiterentwicklung der IT-Systeme der Produktivumgebungen ein.



Was ist ein intelligentes Messsystem? Es besteht aus drei Komponenten:

- **Moderne Messeinrichtung** (auch Basiszähler genannt), der eigentliche digitale Zähler, der die elektrischen Daten erfasst.
- **Smart Meter Gateway (SMGW)**: Erst durch dieses Kommunikationsmodul kann der digitale Zähler seine Daten nach außen kommunizieren oder Steuersignale empfangen.
- **Optional: Steuerbox** über das SMGW erhält die Steuerbox Leistungsanforderungen. Diese gibt sie über die lokale Schnittstelle weiter an die Anlagen oder das Energiemanagementsystem im Haushalt.

Der Einsatz von intelligenten Messsystemen (Smart Metern) ist Grundlage für die Digitalisierung der Energiewende. Mit intelligenten Messsystemen können Verbraucher*innen ihren Stromverbrauch beziehungsweise die Einspeisung ihres Stroms etwa aus Photovoltaikanlagen besser und komfortabler managen sowie zukünftig von neuen Tarifen profitieren. Ebenso ermöglichen diese die effiziente und standardisierte Steuerung von Erneuerbaren Energieanlagen und steuerbaren Verbrauchern, wie Elektroautos oder Wärmepumpen.



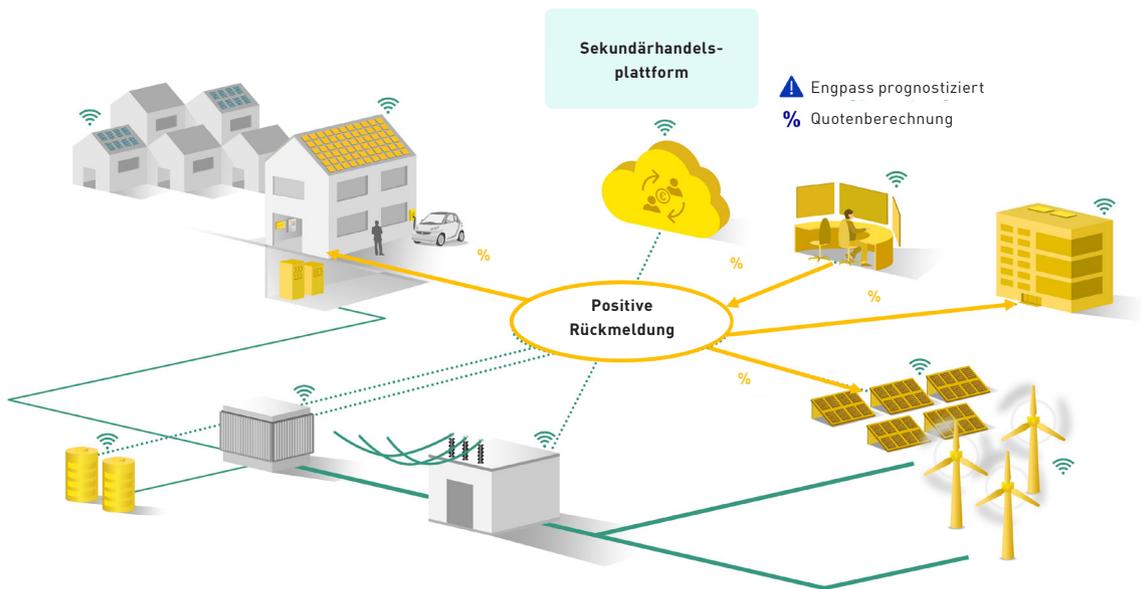
Ampel grün: Entspannt weiterbeobachten

In dieser Ampelphase wird kein Engpass prognostiziert. Dann kann das Energiemanagementsystem mithilfe der Anlagen im Haushalt den Strombezug sowie die Einspeisung ohne Einschränkungen optimieren. Alle Teilnehmer können wie geplant Energie beziehen oder einspeisen. Das ist die Ampelphase, in der sich das Netz den Großteil der Zeit befindet.

Ampel gelb: Vorbeugend handeln

Wird aufgrund von Prognosen ein Engpass in der Zukunft vorausgesehen, gibt der Netzbetreiber den betroffenen Netzanschlusspunkten Rahmenbedingungen (in flexQgrid eine sogenannte Quote) vor, um Überlastungen von Leitungen und Transformatoren vorausschauend zu vermeiden. Ein Beispiel: Die Prognosen sagen einen Engpass von 20:00 bis 20:30 Uhr voraus, da eine zu hohe Leistung aus dem Netz benötigt wird. Alle Netzanschlüsse, die einen Einfluss auf den Engpass haben, müssen in diesem Zeitraum ihren Netzbezug auf 80 % reduzieren.

Diese Information bekommt das Energiemanagementsystem bereits vorab. So wird zum Beispiel der Ladevorgang vorausschauend zu einer anderen Zeit geplant oder es wird in diesem Zeitraum die Ladeleistung reduziert, sofern nicht mehr Leistung aus dem Batteriespeicher bezogen werden kann. Die Marktteilnehmer können innerhalb dieser Bedingungen auf einem Sekundärmarkt aktiv werden, um weiter von ihrer Stromerzeugung zu profitieren und sich zu optimieren. Wird die Quote eingehalten, so wird der Engpass vermieden, noch bevor er entstehen kann.



Rote Ampelphase

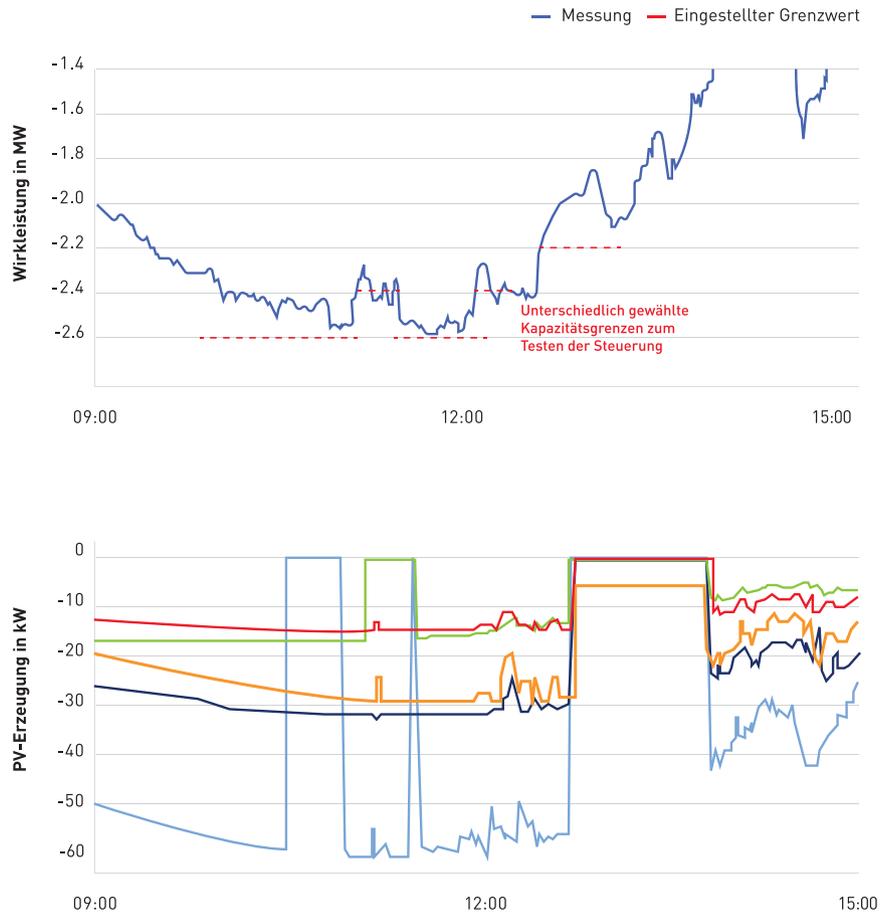
Ergebnisse



Durch die Steuerung von flexiblen Anlagen über intelligente Messsysteme konnten in flexQgrid Grenzwertüberschreitungen automatisiert und zielgerichtet sowohl im Nieder- als auch im Mittelspannungsnetz behoben werden.

Die Feldversuche im Projekt flexQgrid zur kurativen Behebung von Engpässen auf Niederspannungsebene in Echtzeit durch die Steuerung von flexiblen Kundenanlagen waren erfolgreich. Die dort erprobte Umsetzung des kurativen Engpassmanagements unter Nutzung der intelligenten Messsysteme

zum automatisierten Steuern ist komplex in der Implementierung, aber funktioniert, sofern die Auslastung des Netzes durch Echtzeit-Messungen oder Zustandsschätzung erkannt wird. Weiterhin muss der steuerbare Anteil an den flexiblen Anlagen ausreichend groß sein, um den Engpass zu beheben. Die Messdaten von intelligenten Messsystemen können ergänzend zu den Messungen in den Umspannstationen die Kenntnis des Netzzustands verbessern, sind aber insbesondere relevant, um die Umsetzung von Regelungsmaßnahmen zu überwachen



In der oberen Grafik sind die Leistungswerte am Abgang des Mittelspannungsstrangs dargestellt, die untere Grafik zeigt die Erzeugungleistung mehrerer Photovoltaik-Anlagen in unterschiedlichen Farben. Die Diagramme zeigen, wie die Photovoltaik-Anlagen auf eine Steuerung reagieren, wenn verschiedene Grenzwerte am Mittelspannungsstrang festgelegt werden. Der Netzregler sendet den Photovoltaik-Anlagen über ihre Steuerboxen automatisch Leistungs-Sollwerte zu.

Gelbe Ampelphase

Ergebnisse

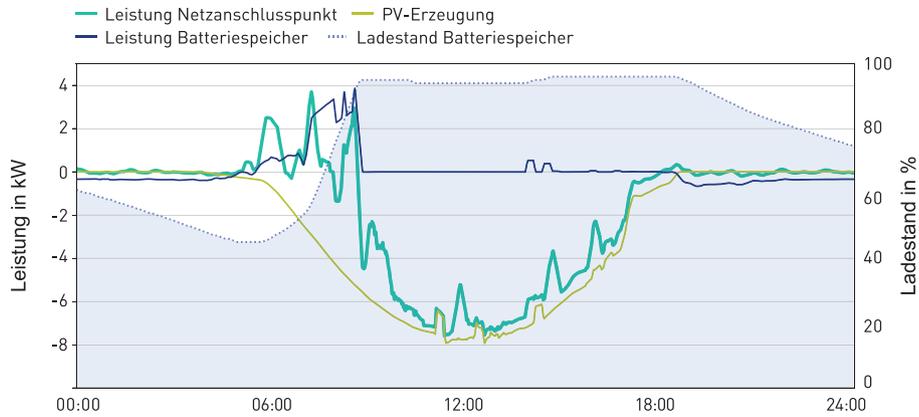


Die vorausschauende Vermeidung von Engpässen in der Niederspannung durch Prognosen und daraus resultierende Quoten für die Zukunft war erfolgreich. Für eine operative Implementierung sind jedoch noch offene Designfragen zu beantworten und die Mehrwerte im Gesamtsystem zu prüfen.

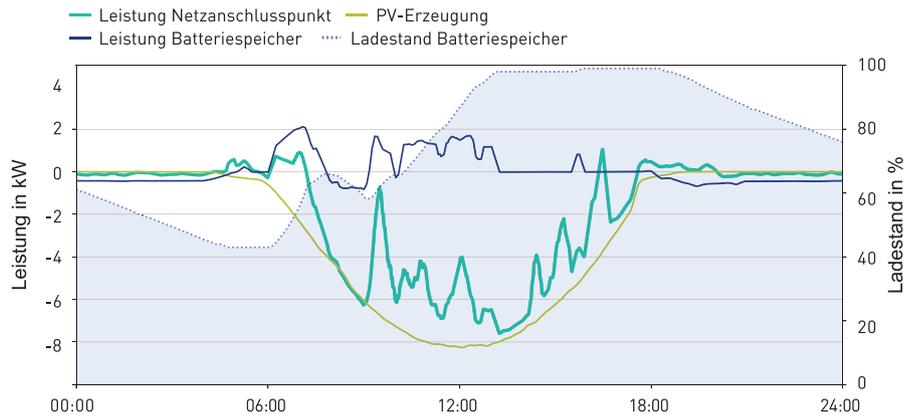
Die vorausschauende Vermeidung von Engpässen in der Niederspannung wurde im Projekt flexQgrid mit Vorgabe einer Quote erfolgreich umgesetzt und damit die technische Machbarkeit eines fahrplanbasierten Quotenkonzepts nachgewiesen. Als Reaktion auf die Quote haben Haushalte ihr Verhalten netzdienlich geändert. Neben den erfolversprechenden Lösungen konnten auch folgende Herausforderungen des Quotenkonzepts identifiziert werden. Mit Unsicherheiten behaftete Prognosen auf Haushaltebene und die Verbindlichkeit der resultierenden Fahrpläne führen zu einer hohen Komplexität und gegebenenfalls unverhältnismäßigen Regeleingriffen. Damit ist die Lösung technisch umsetzbar, die Frage der volkswirtschaftlichen Effizienz gegenüber einer ausschließlich kurativen Regelung ist aber zu analysieren.

Ein anschließender Quotenhandel gibt den Verbrauchern die Möglichkeit, Last unter Berücksichtigung individueller Präferenzen zu verschieben und die Flexibilität effizienter zu nutzen, er erhöht jedoch die Komplexität weiter. Da die im Projekt getesteten Lösungen modular eingesetzt werden können, schlägt flexQgrid für einen pragmatischen Rollout die Umsetzung des kurativen Engpassmanagements vor, sowie eine Untersuchung der Effektivität einer Vorabinformation über prognostizierte Engpässe, welche Verbrauchern eine freiwillige Reaktion ermöglicht.

Bei veränderten Rahmenbedingungen (z.B. durch bereits vorhandene Fahrpläne aufgrund von marktlicher Steuerung) könnten weitere erprobte Module in ein effizientes Engpassmanagement integriert werden. In diesem Fall müssten noch offene Designfragen (z.B. Fahrplantreue, Verantwortung der Prognosegüte, regulatorische Hürden) beantwortet werden.



Optimiert ein Batteriespeicher nur für den Eigenbedarf, fängt er direkt morgens an zu laden und ist vor der Mittagsspitze der Photovoltaik- Erzeugung bereits vollständig geladen.



Gibt es zur Mittagszeit eine Quote, die vorgibt die Einspeisung ins Netz zu reduzieren, lädt der Batteriespeicher erst später, sodass er zur Mittagszeit die Netzeinspeisung reduzieren und das Netz damit entlasten kann.

Für die Energiewende bereit?

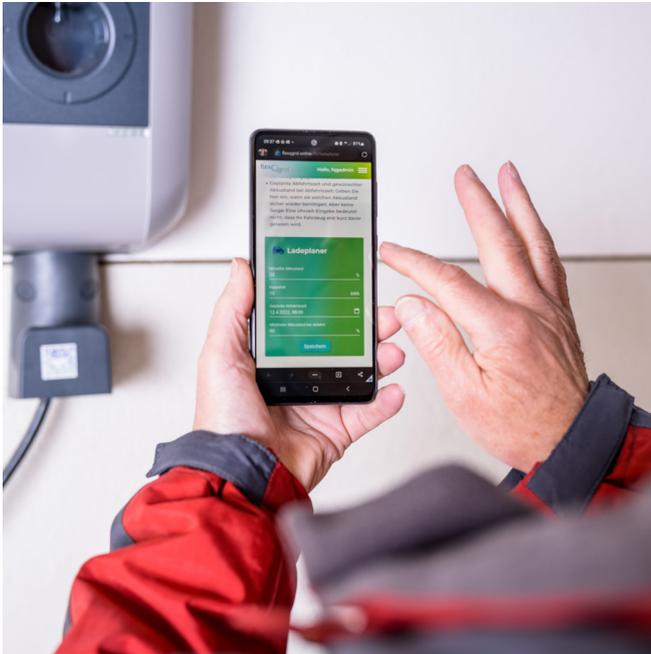
Akzeptanz der Steuerung von Flexibilitäten

Für die Entfaltung des vollen Potenzials der Flexibilitätsnutzung sind die Akzeptanz und eine hohe Teilnahme der Netzkunden an den Steuerungsmodellen unerlässlich. Daher wurde im Rahmen des Projekts eine umfangreiche wissenschaftliche Studie durchgeführt, die die Präferenzen verschiedener Zielgruppen untersucht hat. Um Aussagen hinsichtlich der Akzeptanz zur Steuerung treffen zu können, wurden sowohl repräsentative als auch spezifische Befragungen unter den Feldtestteilnehmenden durchgeführt und mit diversen wissenschaftlichen Methoden analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Akzeptanz für das Quotenmodell in privaten Haushalten grundsätzlich hoch ist, aber sowohl von der konkreten Ausgestaltung (z.B. Freiwilligkeit der Teilnahme, finanzielle Anreize, Komforteinschränkungen) als auch von personenbezogenen Charakteristika (z.B. Umweltmotivation, Innovationsfreudigkeit) abhängt. Die Akzeptanz des Quotenmodells im Industrie- und Gewerbesektor wird dagegen stärker durch objektive Kriterien bestimmt, wie bspw. technische, ökonomische und organisationale Faktoren.



Stimmen unserer Feldtestteilnehmenden aus Freiamt



Die Teilnahme am Feldtest von flexQgrid hat uns die Energiewende nähergebracht. Wir fahren super gerne mit dem E-Auto einkaufen. Die private Tankstelle zu Hause in Form einer Wallbox ist eine super Sache, gerade wenn man so wie wir im Ländle wohnt.



Alt trifft neu: Auf dem Dach unseres selbst restaurierten, historischen Hauses haben wir uns für PV-Anlagen entschieden. Sich selbst mit nachhaltigem Strom zu versorgen, wird immer wichtiger, dabei denke ich auch an die Zukunft meiner Kinder. Wir freuen uns, das Projekt zu unterstützen, da es Lösungen für die optimale Einspeisung von lokal erzeugtem Strom sucht.



Für mich war es selbstverständlich, den Feldtest zu unterstützen. Auch privat interessiere ich mich sehr für die Energie und Mobilität der Zukunft. Mit dem E-Auto unterwegs zu sein, zu Hause zu tanken - einfach eine super Sache. Dass Strom und E-Mobilität zukünftig eng miteinander verbunden sein werden, ist klar. Gut, dass sich flexQgrid darum kümmert und so die Weichen für die Zukunft stellt.



Für mich stand schon vor der Teilnahme an flexQgrid fest: Tschüss Verbrenner, willkommen Elektromobilität. Ob mit dem E-Bike oder mit dem E-Auto – das ist unsere Zukunft. Als Fachmann ist mir bewusst, dass die Energiewende eine große technische Herausforderung ist. Super, dass sich Netze BW dieser stellt und nach Lösungen sucht, die Energieinfrastruktur nachhaltig zu gestalten.

Wir unterstützen den Feldtest gerne. Die Energie-
wende kann nur stattfinden, wenn Innovationen in
der Praxis erprobt werden. Nachhaltige Energie, am
besten selbst erzeugt, ist unserer Familie wichtig.
Daher haben wir gerade unser Haus mit PV-Anlage
und Batteriespeicher ausgestattet.



flexQgrid

Das Projekt flexQgrid freut sich, wenn diese Ergebnisse aus dreieinhalb Jahren Forschung zu den laufenden Diskussionen beitragen können. Zudem haben wir weiterführende Forschungsfragen identifiziert, die in folgenden Projekten, insbesondere zum präventiven Engpassmanagement, berücksichtigt werden sollten.

flexQgrid bedankt sich herzlich bei der Gemeinde Freiamt und den beteiligten Freiamter*innen für den erfolgreichen Feldtest und ihr Engagement. Danke auch dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Förderung sowie allen am Projekt beteiligten Mitarbeitenden.

Die detaillierten Ergebnisse sind im Abschlussbericht zu finden, der hier heruntergeladen werden kann, ebenso wie die digitale Version dieser Broschüre:

www.netze-bw.de/unsernetz/innovationen/flexqgrid



FICHTNER

 **Netze BW**

 **BLOCKINFINITY**

PSI 

 **Universität Stuttgart**

 **Entelios**

 **KIT**
Karlsruher Institut für Technologie

 **FZI**

PRE

Abschlussbericht des Projekts:

www.netze-bw.de/unsernetz/innovationen/flexqgrid



Unsere Projekt-Website:

www.flexqgrid.de



Projekte der Netze:

www.netze-bw.de/unsernetz/netzinnovationen



Netze BW GmbH
Schelmenwasenstraße 15 · 70567 Stuttgart
flexqgrid@netze-bw.de