

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld

am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Unrestricted © 2019

iren2.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Konsortium
IREN2

Zukunftsfähige Netze für die
Integration Regenerativer
Energiesysteme

Siemens AG

SIEMENS

Allgäuer Überlandwerk GmbH

AÜW

AllgäuNetz GmbH

AllgäuNetz
Der Leitungsverbund

Hochschule Kempten,
Institut für Elektrische
Energiesysteme

Hochschule
Kempten
University of Applied Sciences

RWTH Aachen – Institut für
Hochspannungstechnik

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

IDKOM Networks GmbH

ID.KOM

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

Wildpoldsried: das smarte Energiedorf



Solar- und Windkraft, Biogas, Biomasse – die Gemeinde Wildpoldsried im Allgäu erzeugt aus erneuerbaren Quellen fünfmal so viel Energie, wie sie selbst verbraucht.

IREN2 basiert auf Ergebnissen aus dem Projekt IRENE:

- Mehr Einspeisung aus Erneuerbaren, aber weniger Netzausbaukosten – durch intelligente Netzplanung
- Ausbau mit regelbaren Netzkomponenten wie intelligente Ortsnetzstation – aber keine flächendeckende Messtechnik nötig

Fragen in IREN2:

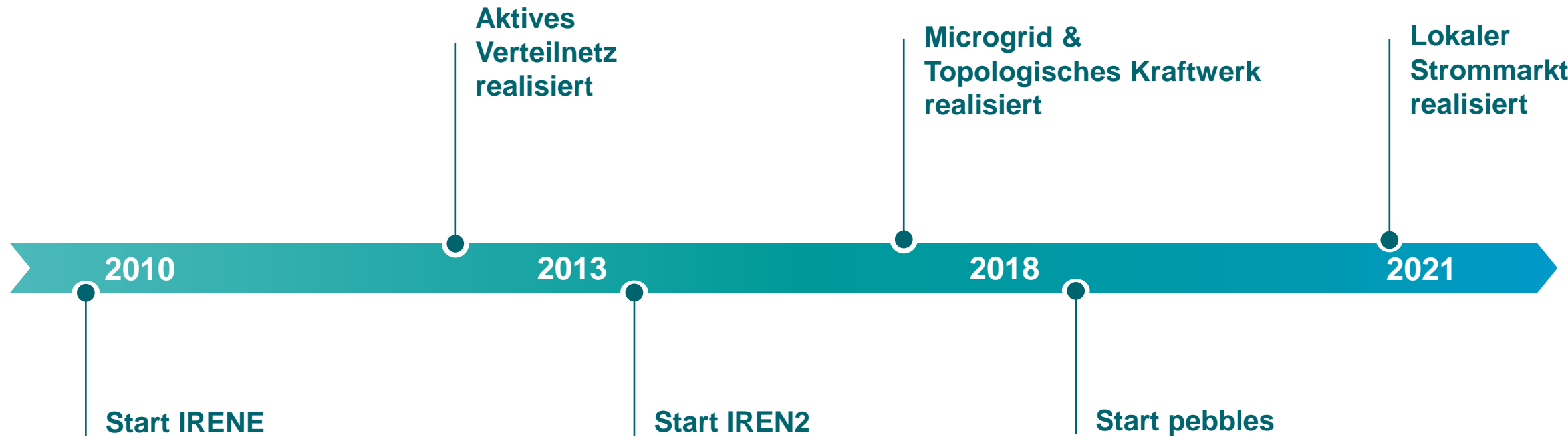
- Können Netze mit hohem Anteil Erneuerbarer autark laufen?
- Können solche Netzgebiete Großkraftwerke ersetzen?

Aktuelle Situation im Untersuchungsgebiet:

<http://iren2.ifht.rwth-aachen.de/>

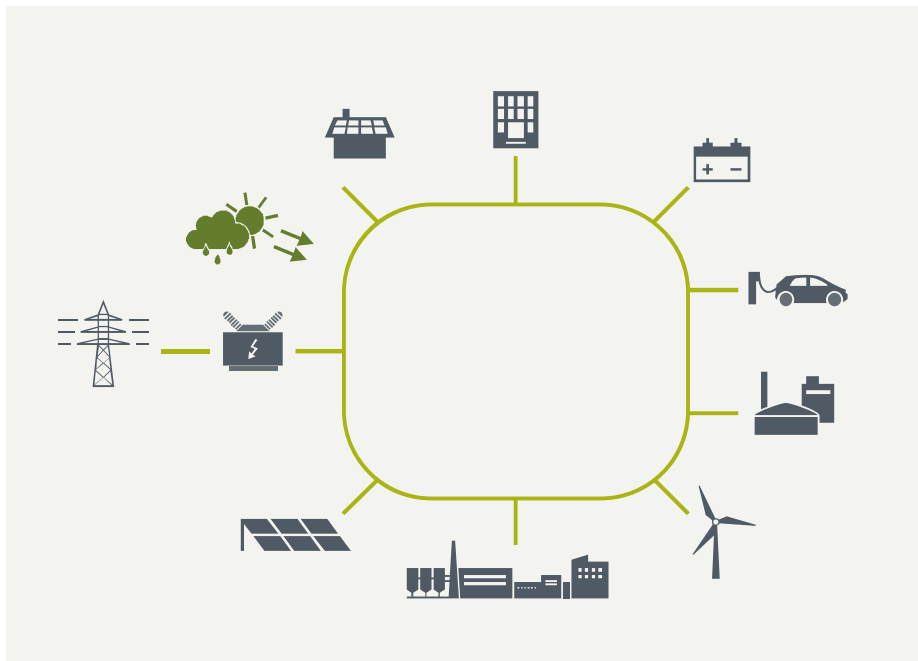
Wir sind seit 2010 mit einem eingespielten Team dabei innovative Lösungen für verteilte Stromerzeuger zu realisieren

Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



IRENE project: How it all started

The situation in 2010: Wildpoldsried already has a generation mix as expected for Germany in 2020. Solar and wind power, biogas, biomass – Wildpoldsried generates four times more energy from renewable resources than it requires for its own consumption



Research objectives:

- Cope with reversed power flows in distribution grids due to renewable infeed
- Influence of electro mobility on distribution grids
- Economically optimized grid extension and stable operation

IRENE served as living lab for a future 2020 scenario

IRENE: Active distribution networks with real-time measurement and control can significantly save network expansion costs

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Grid Control



CO2 & cost avoidance



Loss prevention



Network Planning



Research content:

- Deployment of around 100 measurement sensors
- Data analysis

Findings:

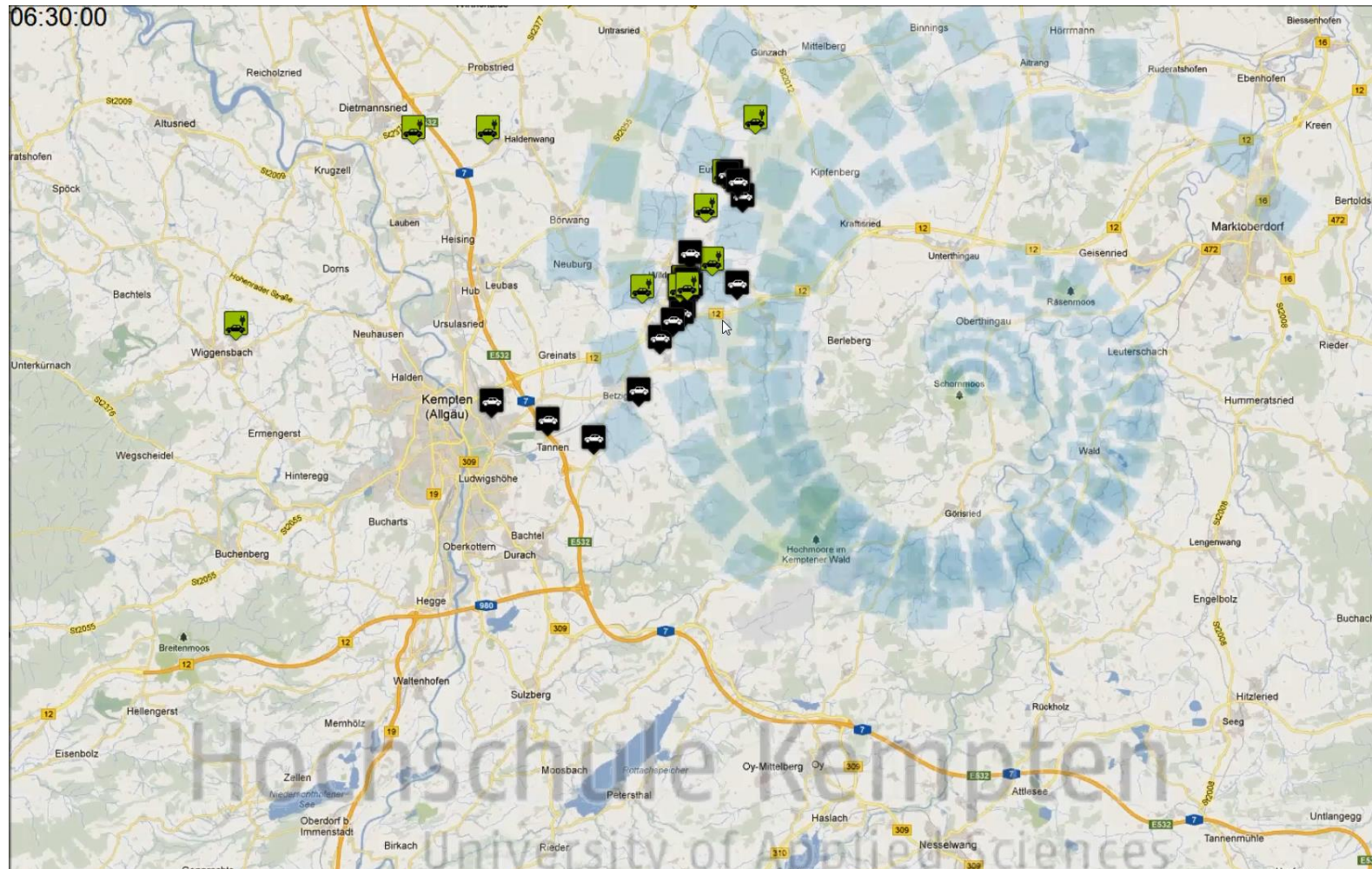
- Active distribution networks with real-time measurement and control can significantly save network expansion costs and increase the infeed capacity for renewable energy massively
- For an effective and stable control of an intelligent distribution network, an elaborate smart meter infrastructure is not necessary

IRENE: Germany's 2020 eCar scenario is expected to cause no problems in rural distribution grids

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Research content:

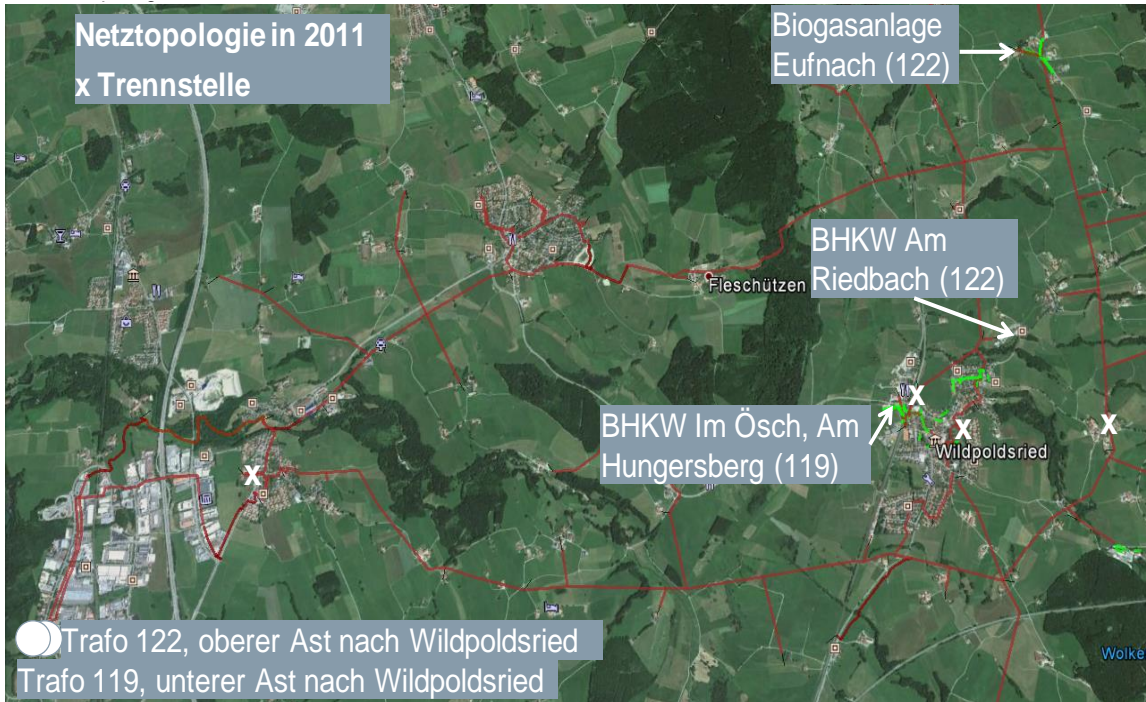
- Deployment of 32 eCars within Wildpoldsried
- Analysis of usage profiles
- Analysis of different charging strategies
- Active network management (battery storage system, inverters, controllable distribution transformers)

Finding:

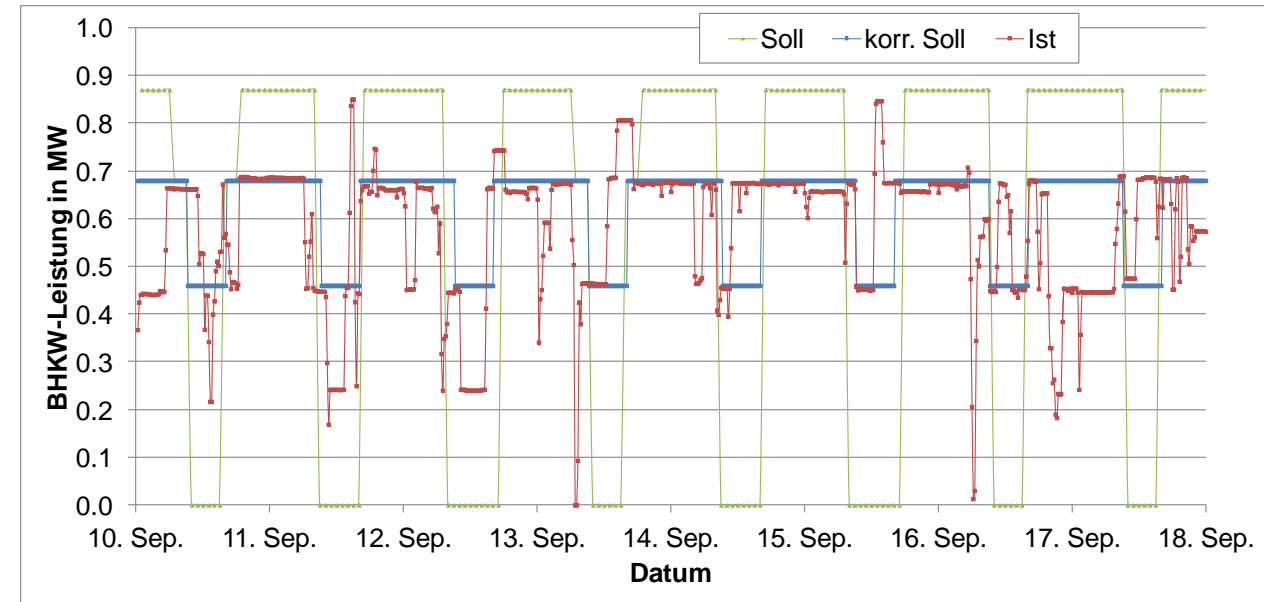
The eCar scenario predicted for Germany in 2020 can be handled without further distribution grid extensions (comparable rural grids)

IRENE – Netz optimierte Fahrweise der Biogas-BHKWs

Netztopologie und BHKW-Standorte



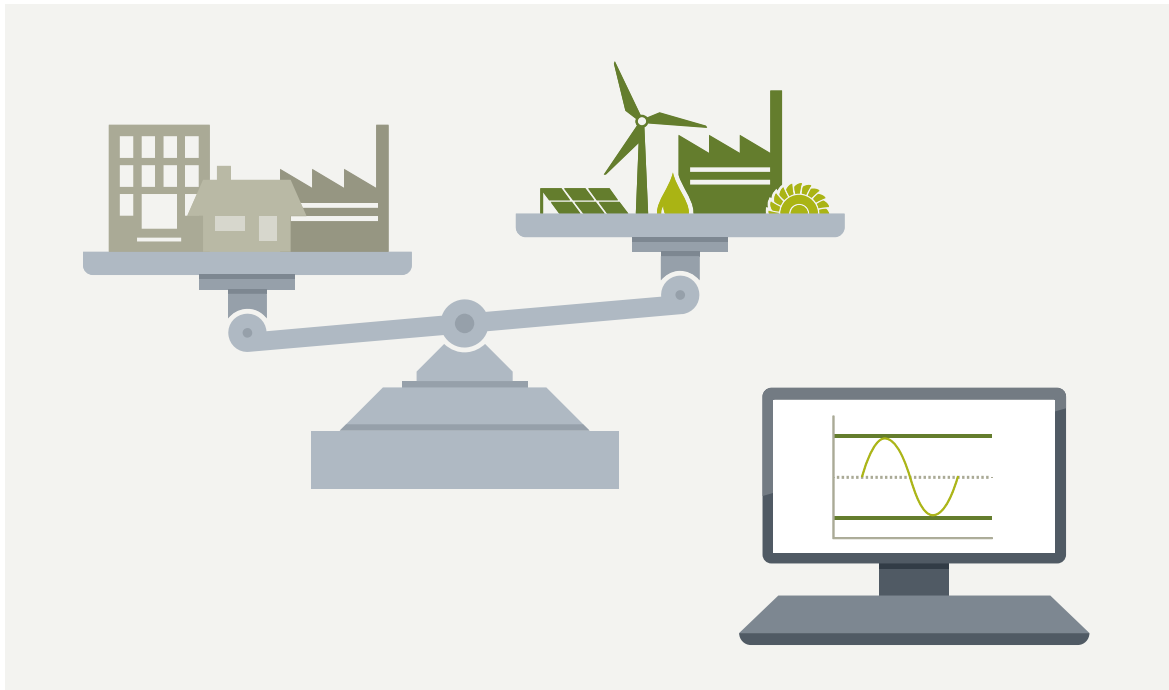
BHKW-Leistung im September 2013 bei netzoptimierter Fahrweise



Fazit: Eine netzoptimierte Fahrweise war wirtschaftlich schwer realisierbar, da die Einzellösung für Automatisierung und Kommunikation zu hohe Investitionen bedeutet. Verbesserte Hersteller übergreifende Standardisierung wird hier helfen.

IREN2: Das Wildpoldsrieder Microgrid im Inselnetz-Betrieb

Erneuerbare und konventionelle Erzeuger bilden eine hybride Struktur. Das sichert Stabilität im Netz und optimiert die Wirtschaftlichkeit im Betrieb.



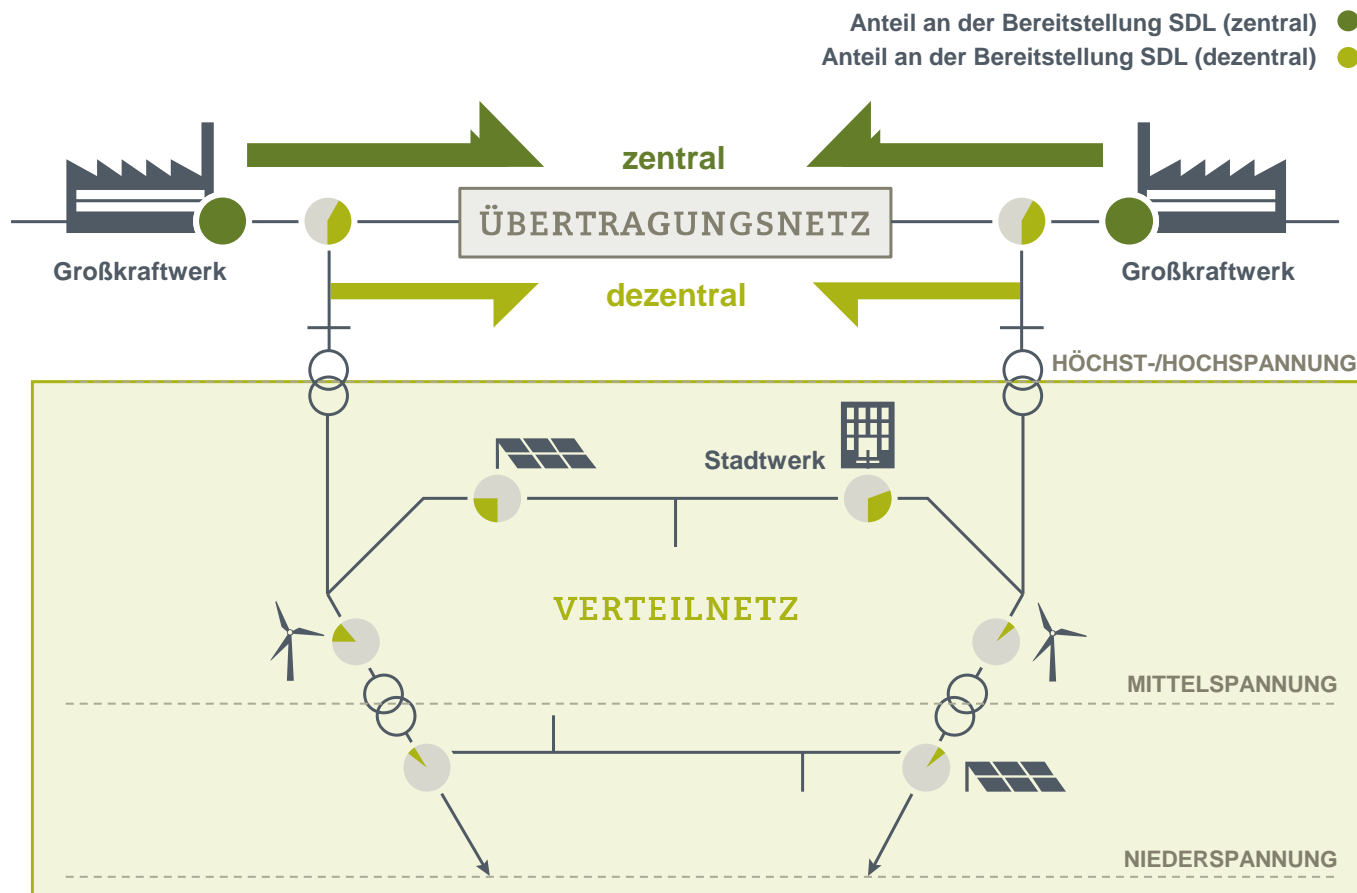
Was ein Microgrid leistet:

- Anlagen müssen jederzeit die Netzstabilität sichern – vor allem bei schwankender Einspeisung aus Solar- und Windkraft.
- Ein Regelsystem hält Erzeugung und Verbrauch im Gleichgewicht – so wird ein autarker Betrieb möglich.

Ein Microgrid ermöglicht die profitable Nutzung Erneuerbarer unabhängig vom Versorgungsnetz.

IREN2: Das Wildpoldsrieder Microgrid als topologisches Kraftwerk

Neuere Ära des Systemsdienstleistungsnetzes 1.0“



Was ein topologisches Kraftwerk leistet:

- Die Potentiale für Systemdienstleistungen werden vorhergesagt.
- Wenn Systemdienstleistungen vereinbart sind, muss das Microgrid diese jederzeit liefern können.
- Ein Regelsystem sorgt dafür, dass die verteilten Anlagen die Systemdienstleistung zusätzlich zum normalen Betrieb erbringen.

Quelle der Systemdienstleistungen sind sowohl Großkraftwerke als auch viele kleine dezentrale (regenerative) Erzeugungseinheiten.

Die Systemdienstleistungen werden zunehmend dezentral erbracht – mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien.

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

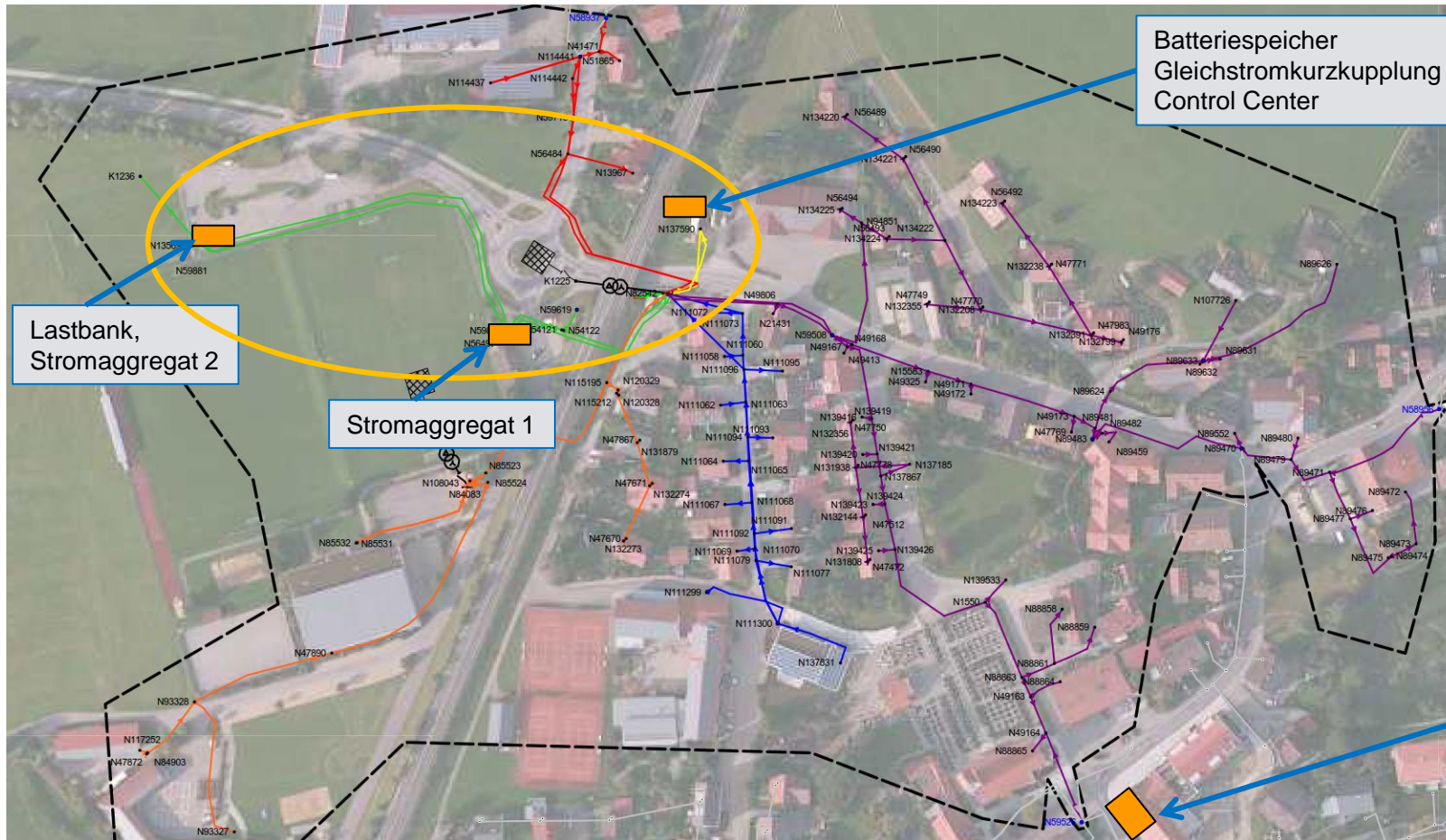
Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

Energiecampus in Wildpoldsried



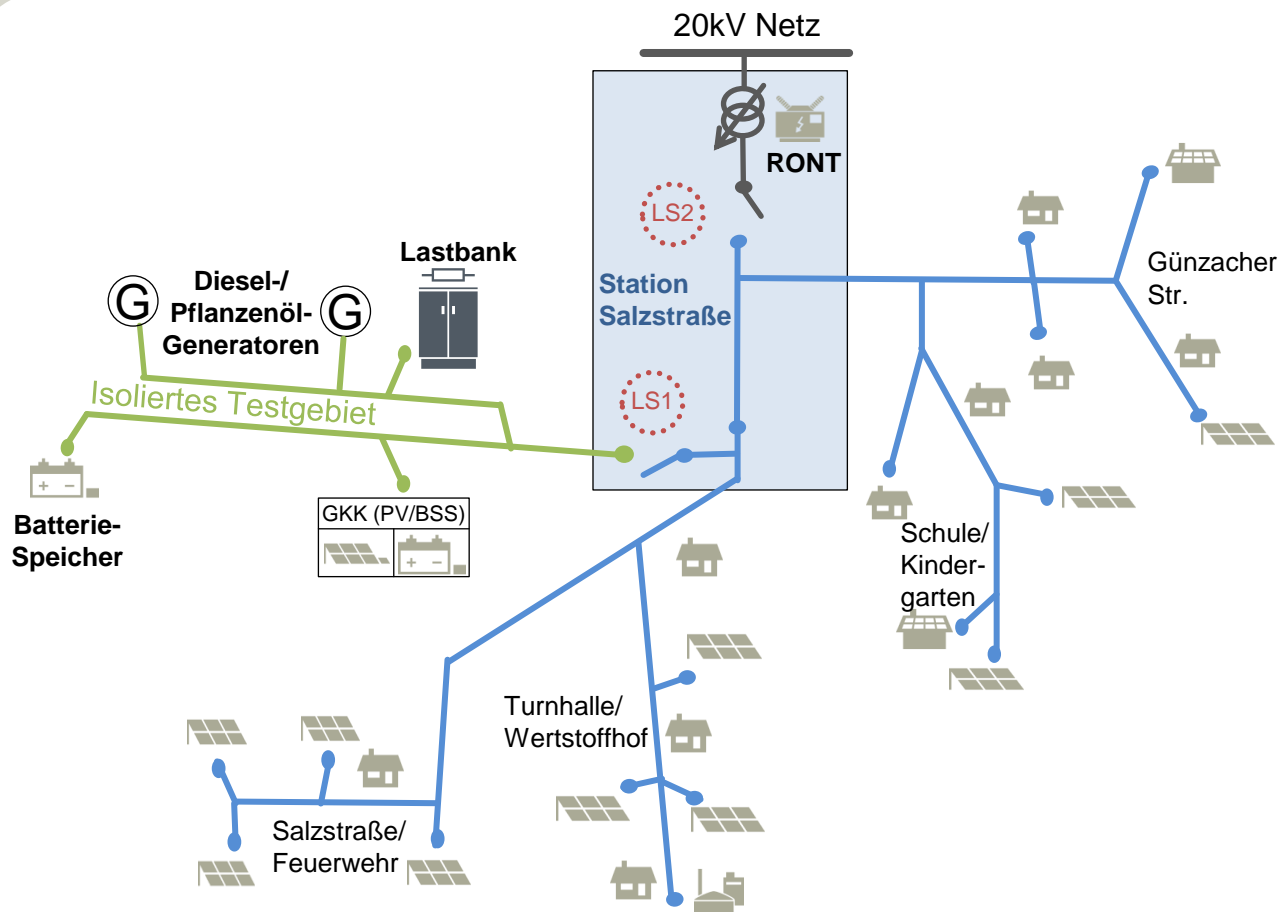
Batteriespeicher
Gleichstromkurzkupplung
Control Center

Lastbank,
Stromaggregat 2

Stromaggregat 1

Kultiviert
„Dorfsaal“

Energiecampus in Wildpoldsried



Batteriespeicher

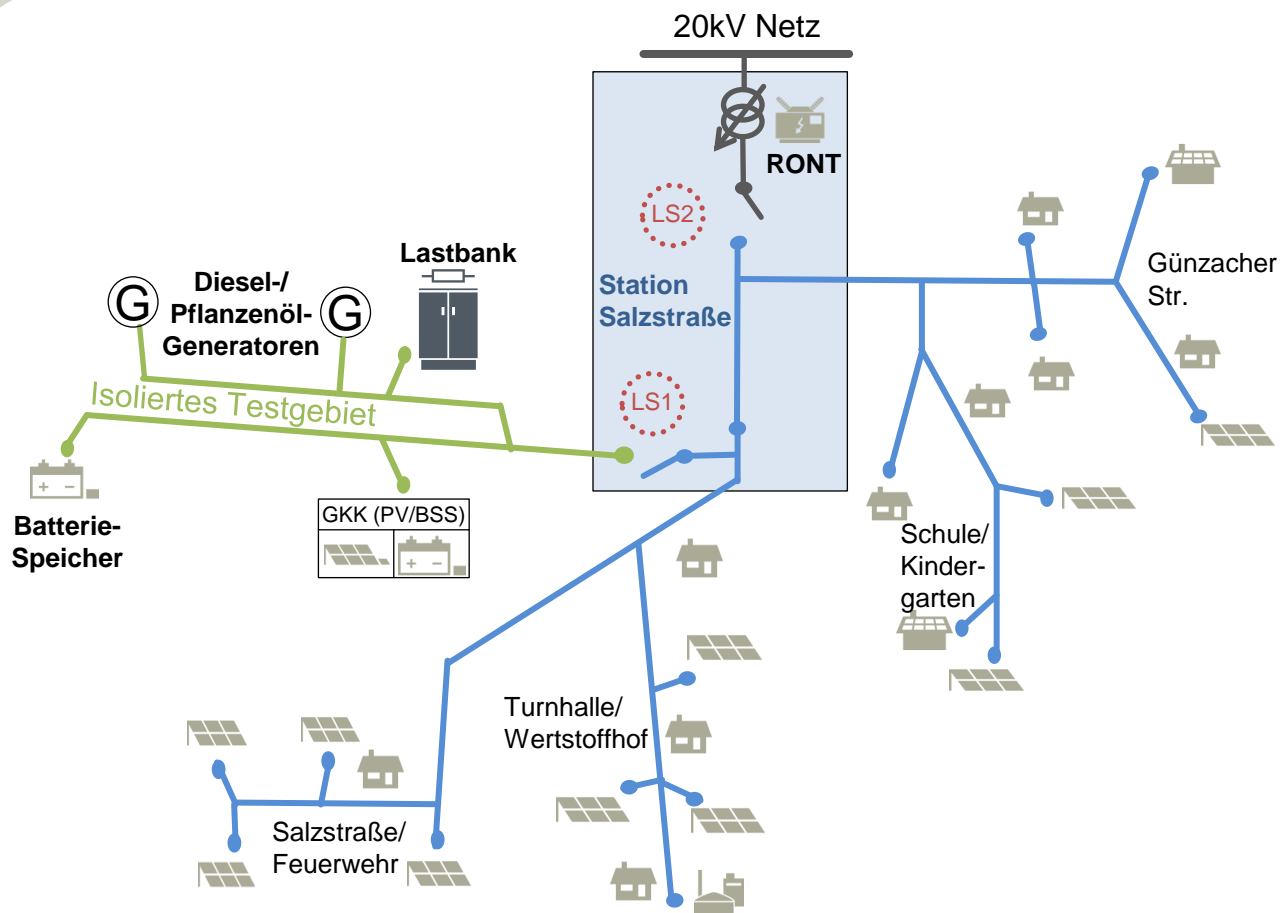


Leistung: 240 kVA (300 kVA Spitzenleistung)

Energie: 160 kWh

Lithium-Ionen-Batterie

Energiecampus in Wildpoldsried

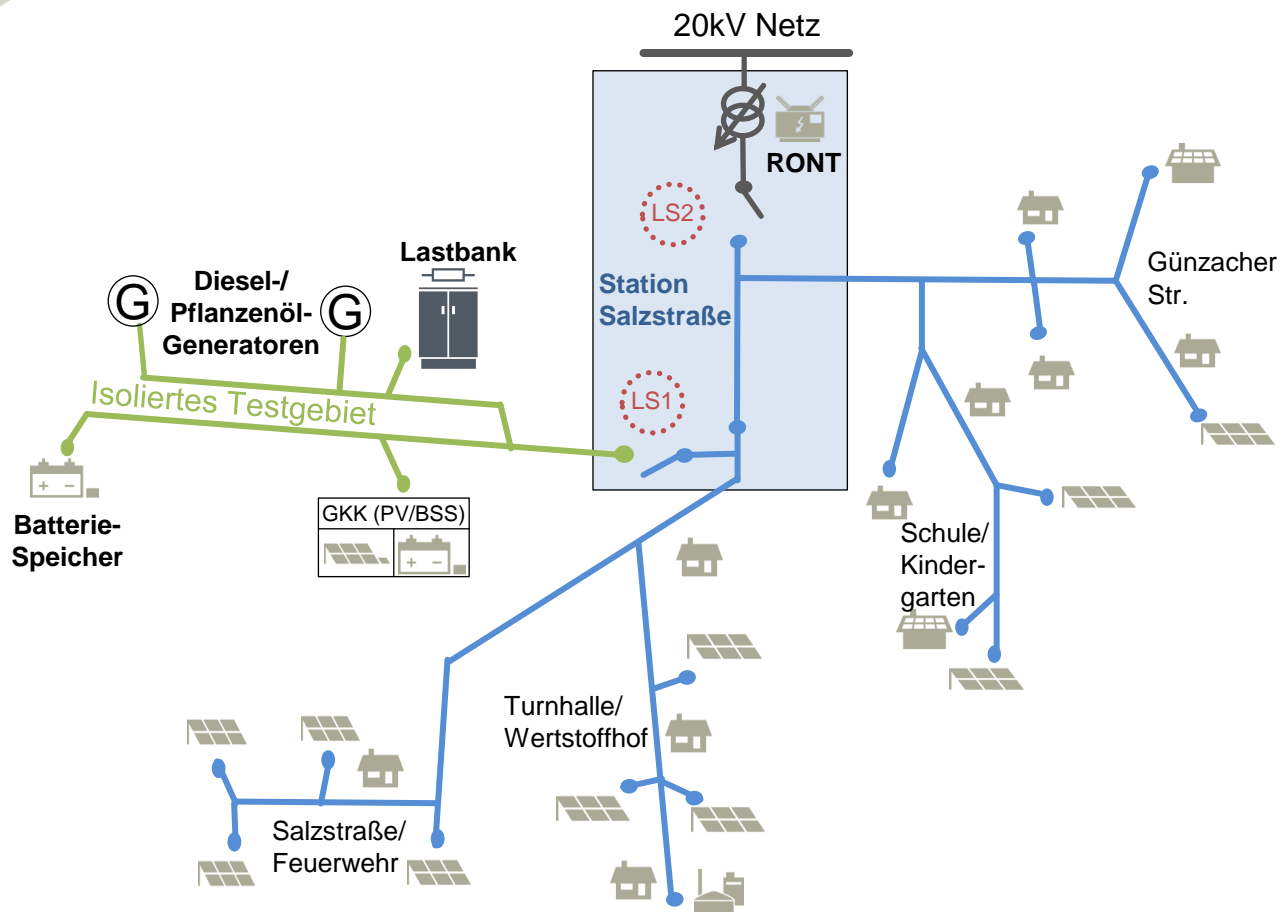


Dieselegenerator mit Pflanzenölbetrieb



Leistung: 90kW
Kraftstoff: Pflanzenöl

Energiecampus in Wildpoldsried

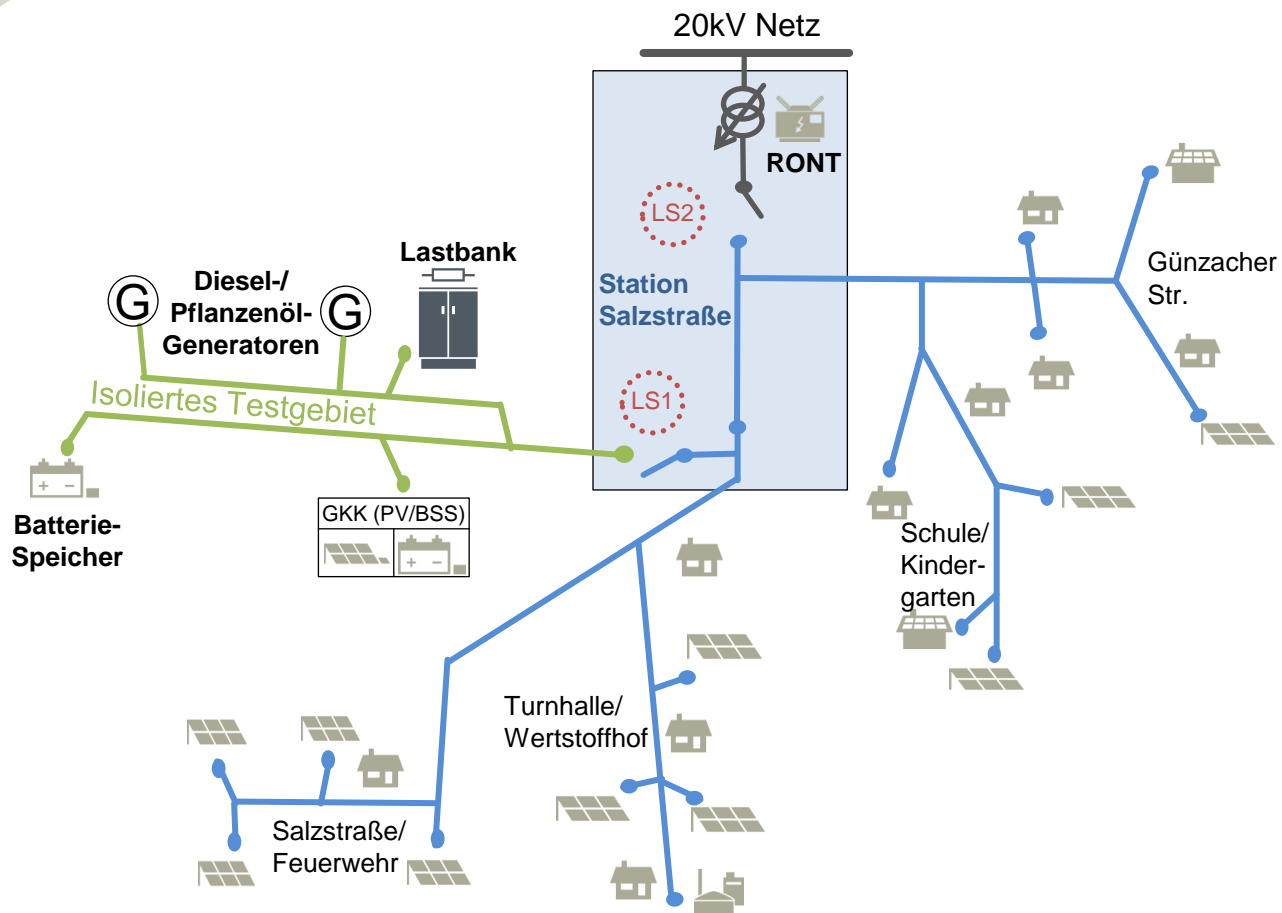


Lastbank



Leistung: 0 bis 150 kW,
unsymmetrisch ansteuerbar

Energiecampus in Wildpoldsried

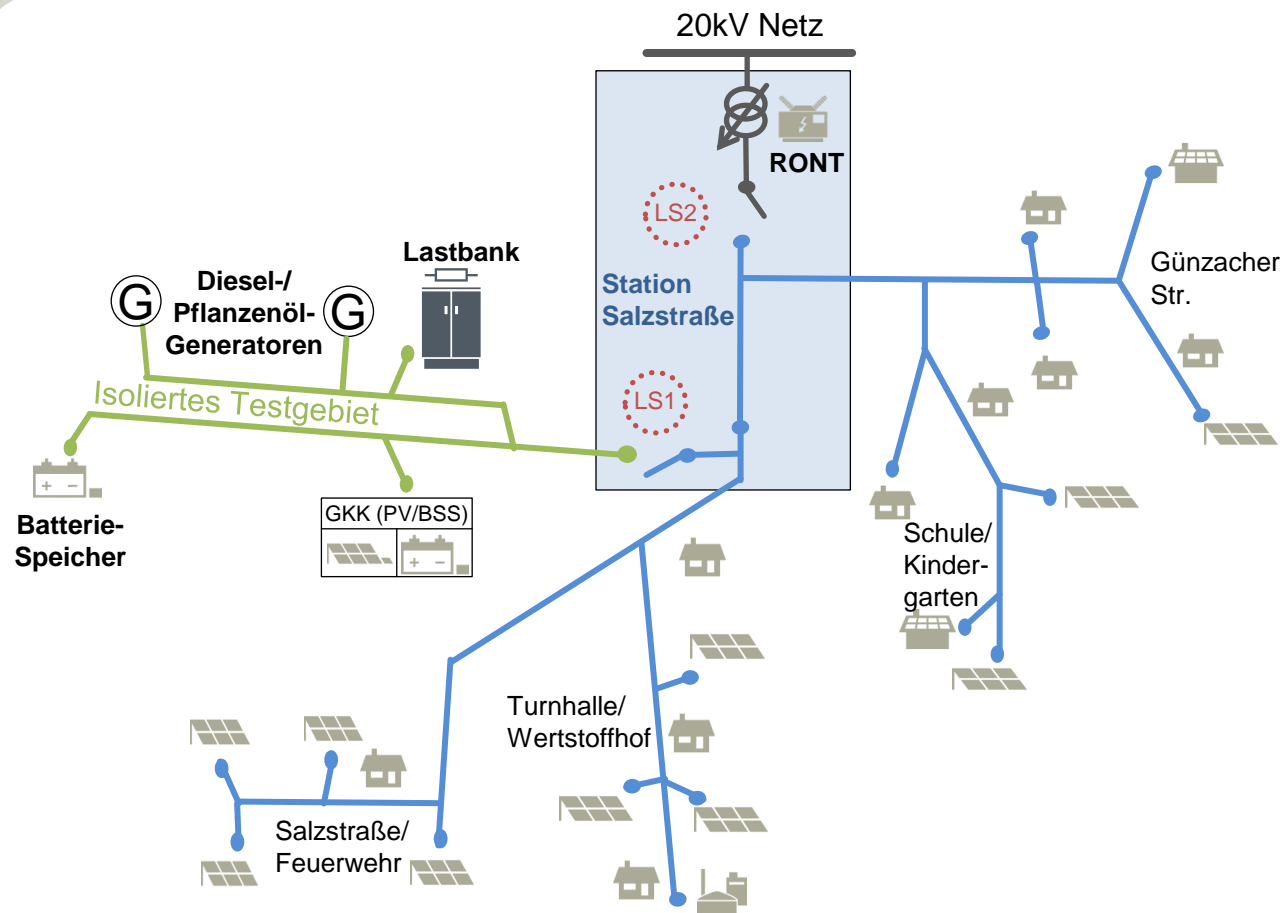


Notstromgenerator



Leistung: 500 kVA

Energiecampus in Wildpoldsried

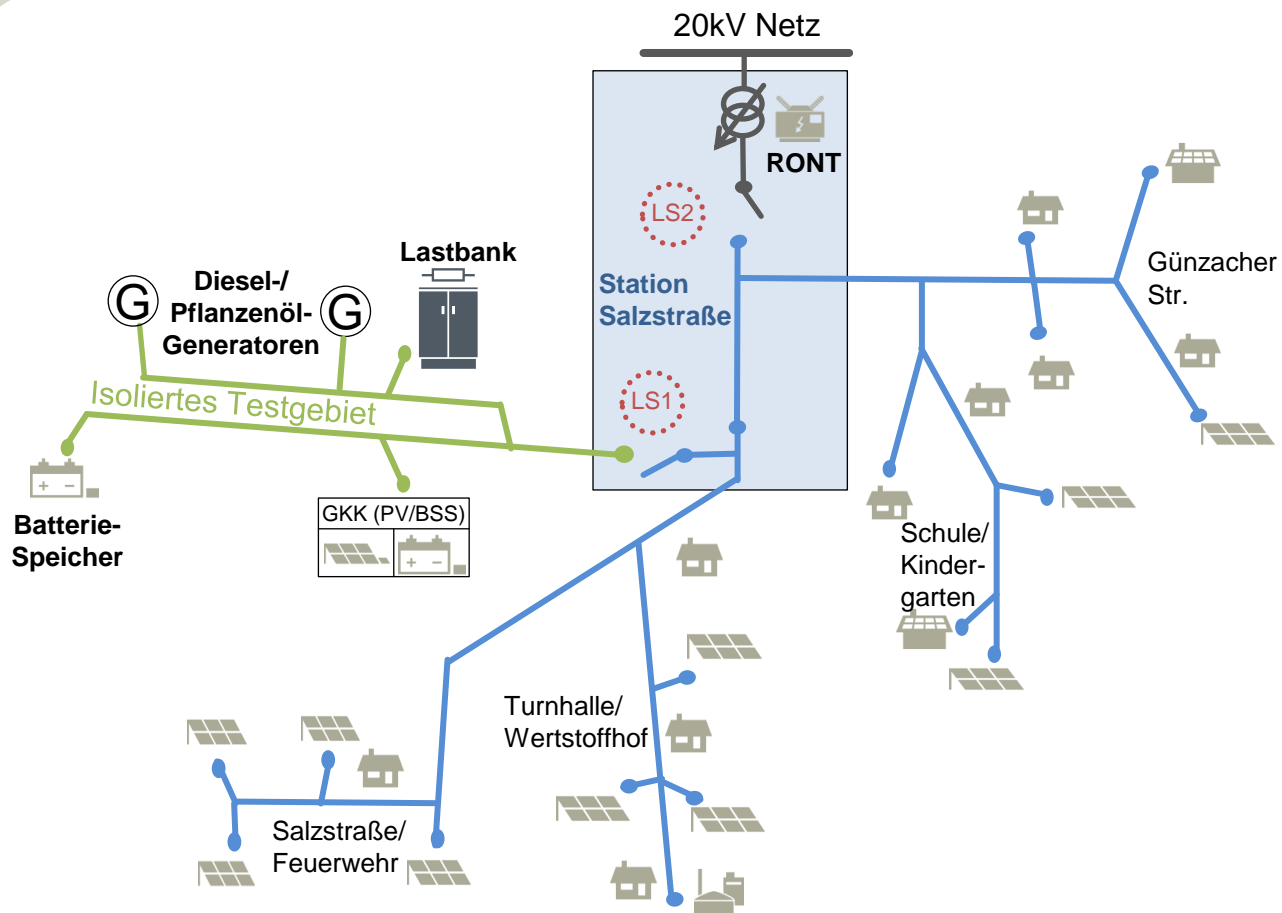


Intelligente Ortsnetzstation - RONT



RONT – Regelbarer Ortsnetztransformator
 Oberspannungsseitiger Stufenschalter
 9 Stufen
 Leistung: 630kVA

Energiecampus in Wildpoldsried

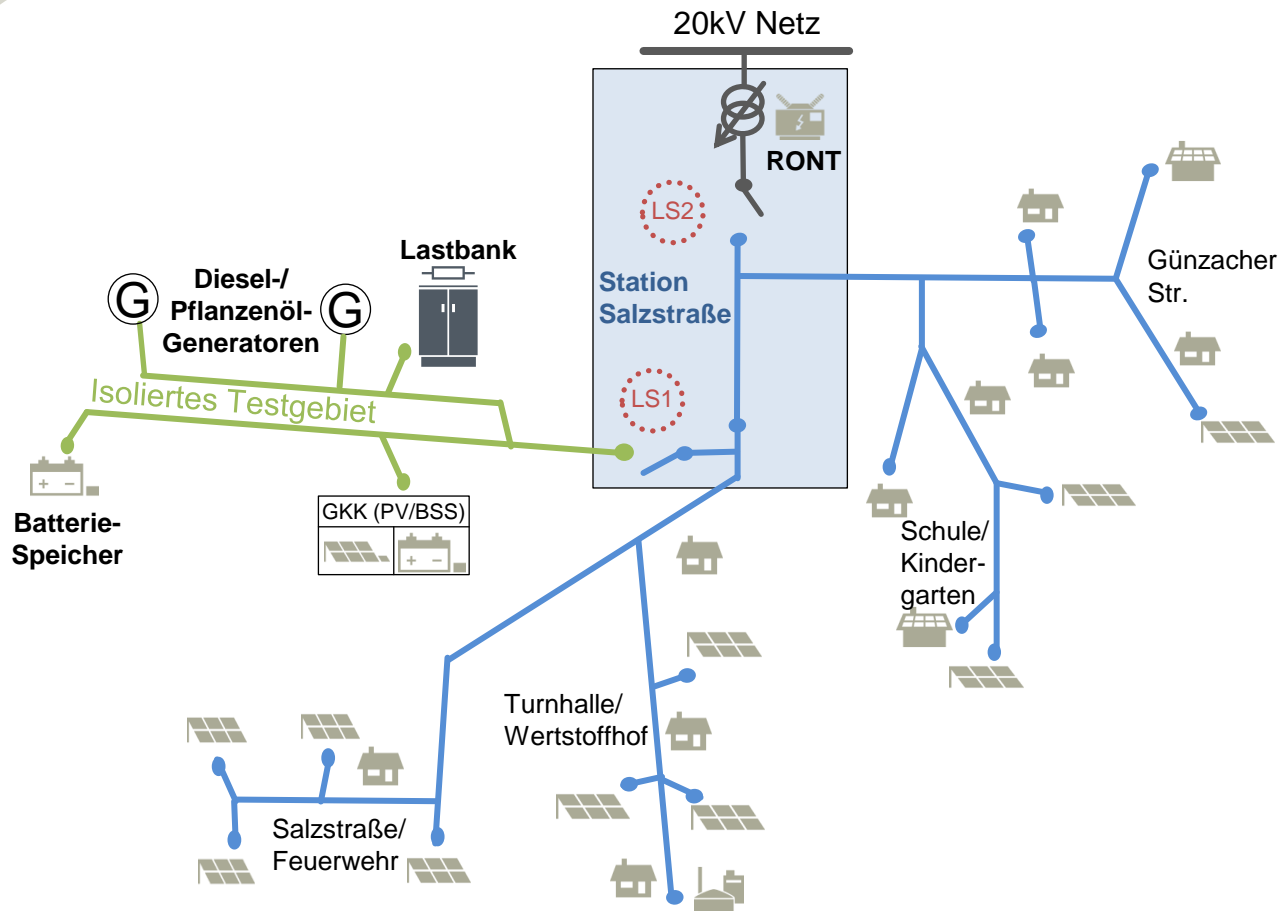


Regelbarer Ortsnetztransformator



Leistungselektronisch geregelte Niederspannungsseite
Leistung: 400 kVA
3 Stufen

Energiecampus in Wildpoldsried



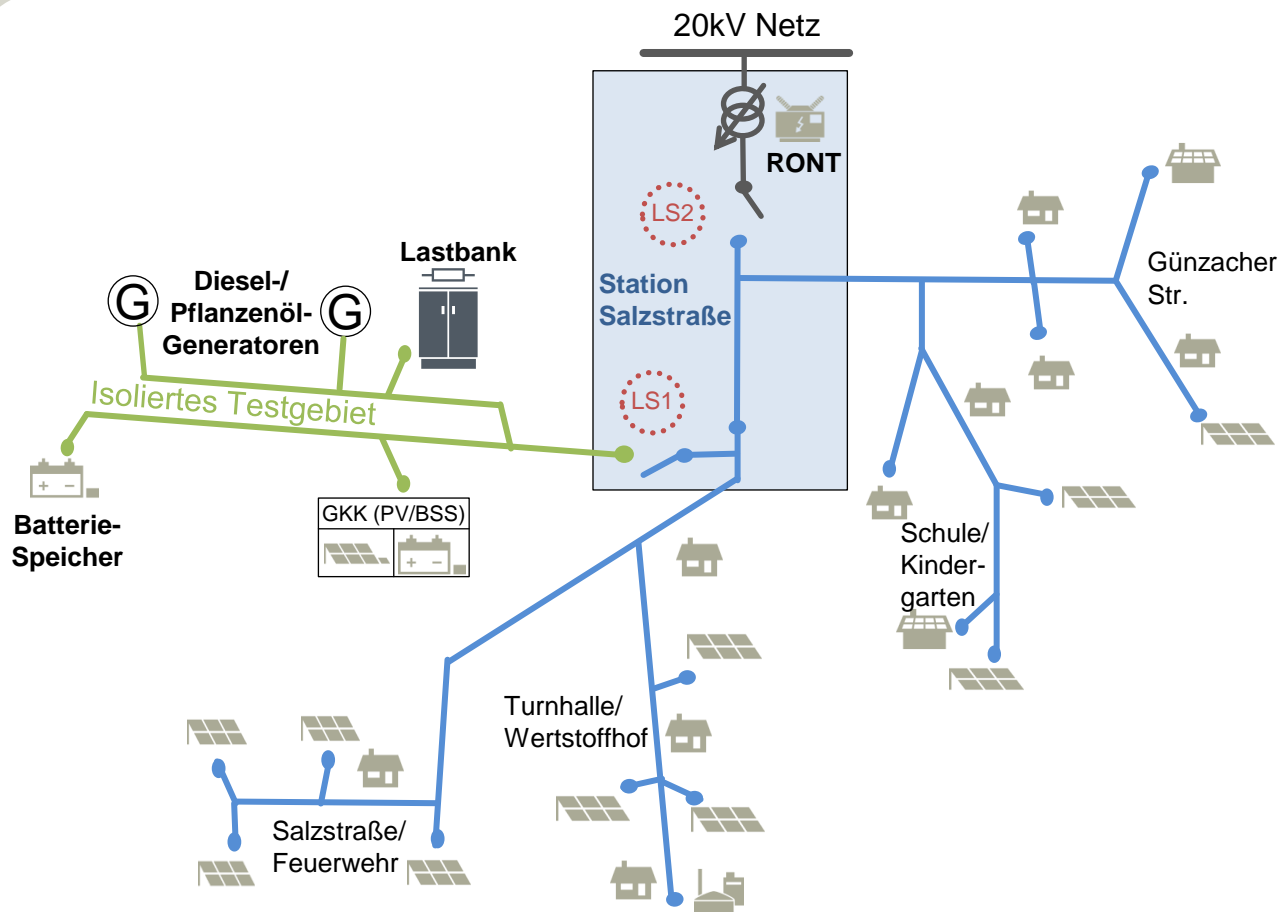
Microgrid Controller



Autonomer Betrieb; SICAM Microgrid Controller benötigt **keine** Verbindung zum Leitsystem

- Steuerung erneuerbarer Erzeuger
- Speichersteuerung
- Schwarzstart
- Dieselminimierung
- Synchronisierung
- Regelbasierte Effizienzsteuerung
- Laststeuerung

Energiecampus in Wildpoldsried



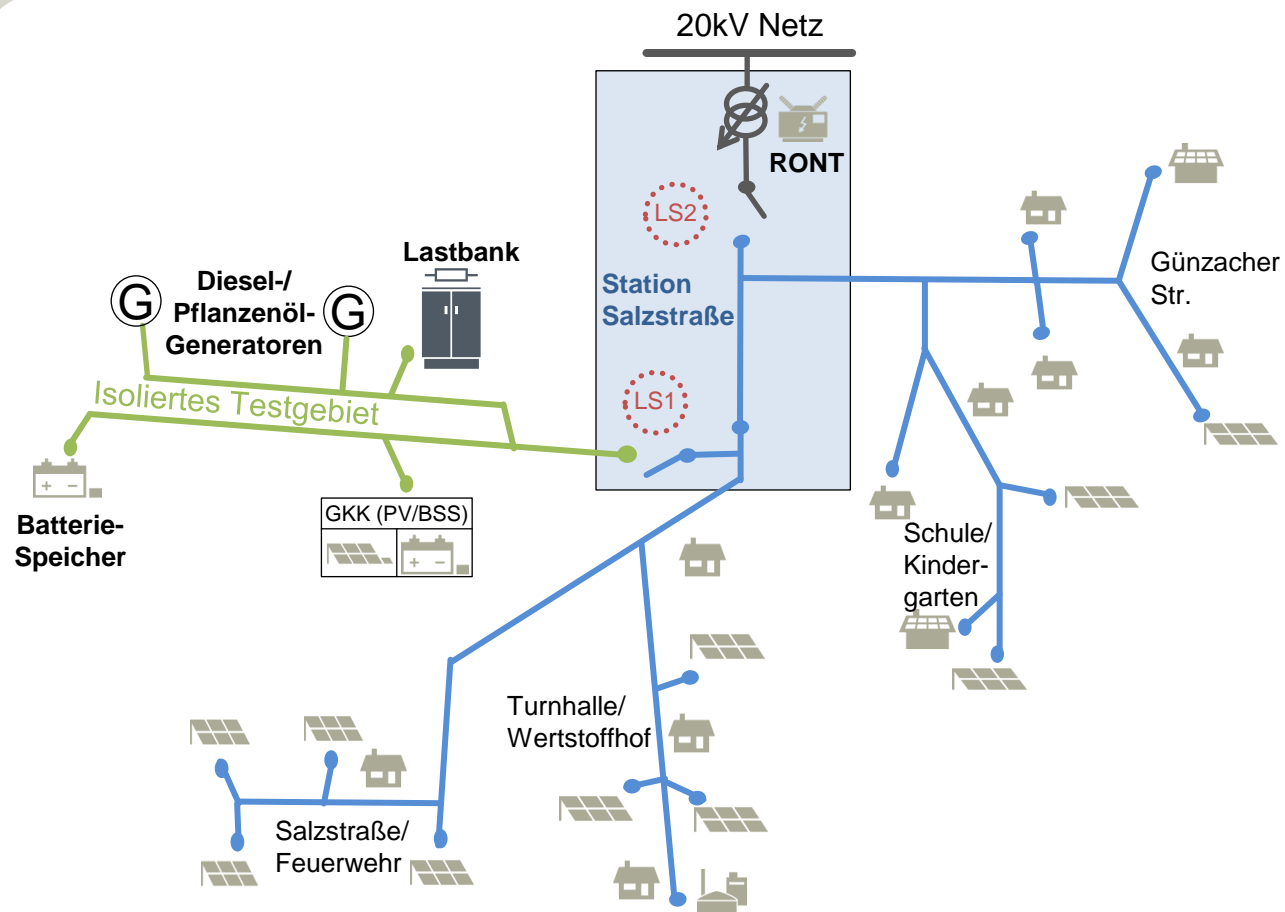
Kommunikation



Kombination aus leitungsgebundener und mobiler Kommunikation

- Glasfaser
- DSL
- GPRS
- WLAN

Energiecampus in Wildpoldsried



Aktives Netzmanagement System

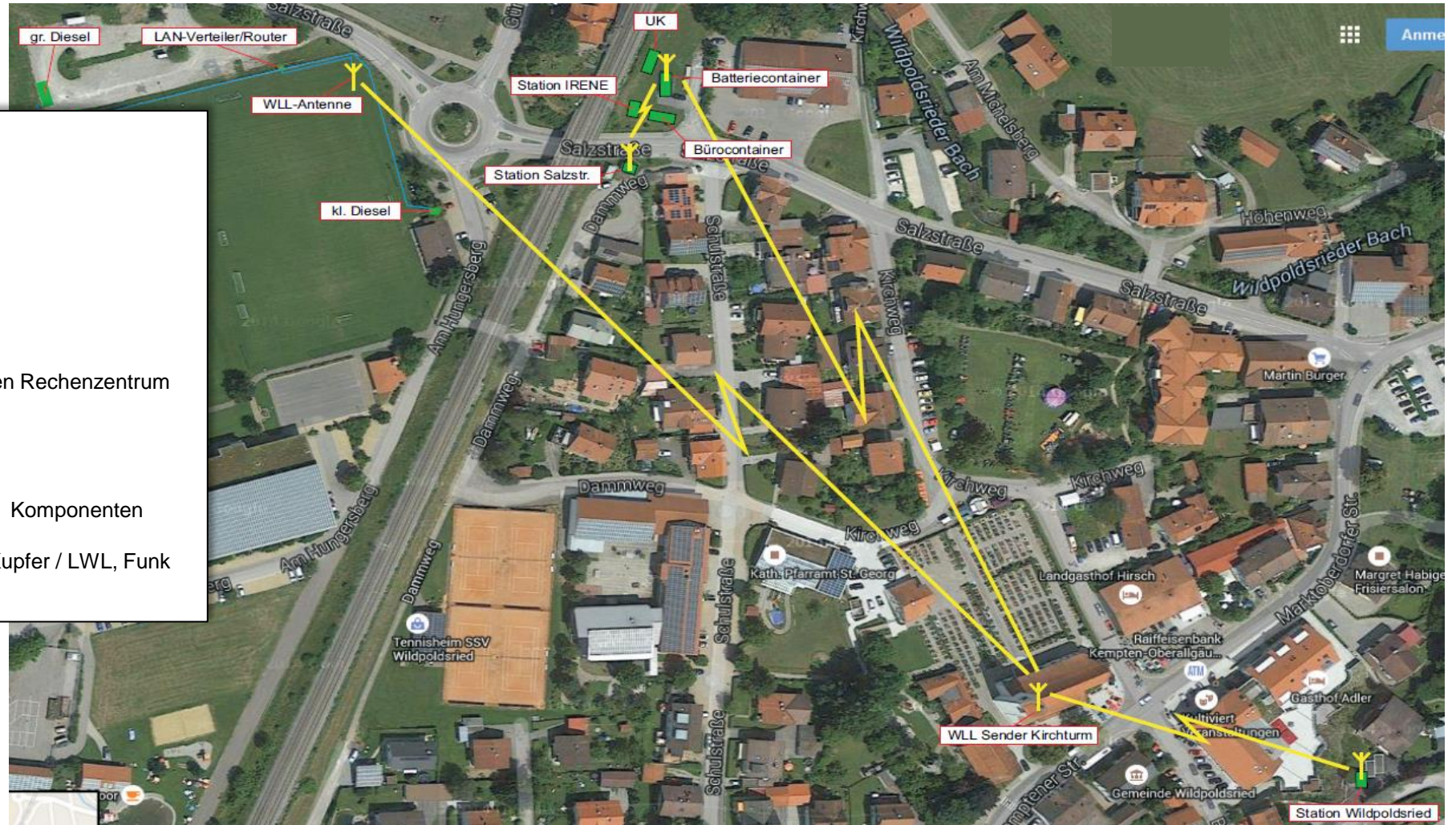


- Bedienen
- Beobachten
- Archivierung

Topologischer Überblick Informations- und Kommunikationstechnik

Eckdaten

- 4 Funkstrecken im Versuchsgebiet
- Redundante Internetanbindung
- 2 Firewall-Systeme
- teilw. Betrieb der Server im hochverfügbaren Rechenzentrum der IDKOM
- abgesicherter VPN-Zugriff
- 24 / 7 Überwachung der Verbindungen und Komponenten
- aktuell 71 Messstellen angebunden (über Kupfer / LWL, Funk und M2M)



M2M = Machine to machine
LWL = Lichtwellenleiter
VPN = Virtual Private Network
WLL = Wireless Local Loop

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

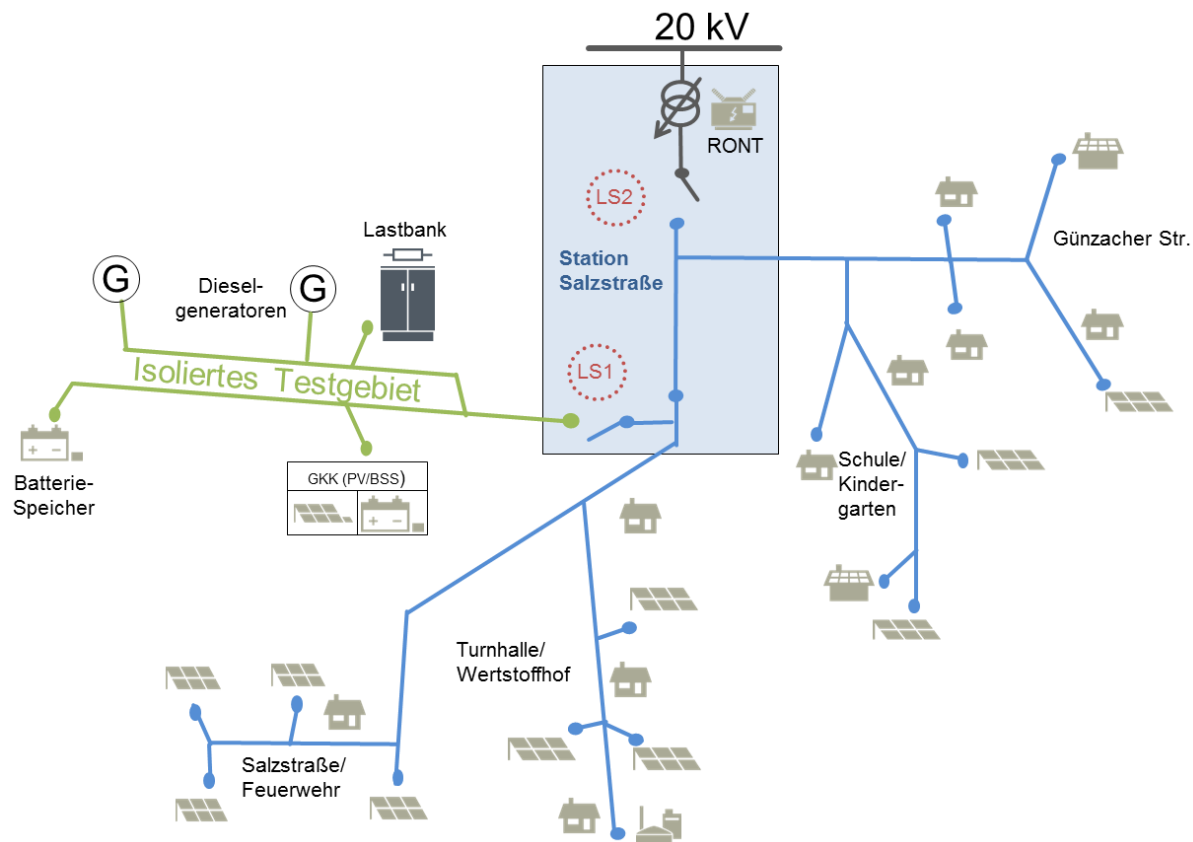
Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

Microgrids als Inselnetze



Hauptergebnisse Inselnetzbetrieb:

- Mathematische Modellierung der einzelnen Hardware-Komponenten einschließlich Regelkreise
 - Verifikation durch Messungen am Energie-Campus
 - Betrieb und Analyse des gesamten Inselnetzes (über Simulation und praktische Versuche)
 - Stabilitätsuntersuchungen
 - Schutzkonzept
- ➔ Demonstration des Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

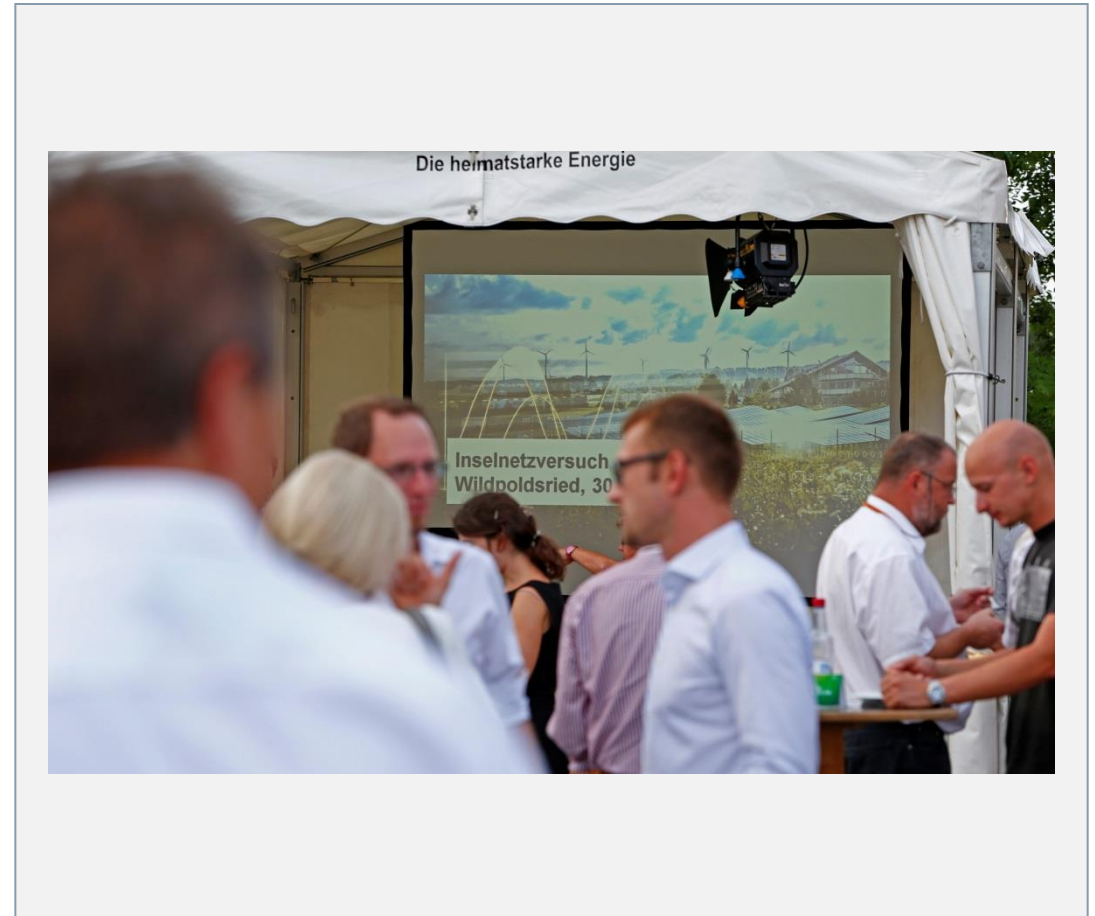
Inselnetzversuch mit Bürgerbeteiligung

30.08.2017 18:30 – 20:30

Am Inselnetzversuch beteiligte Anschlüsse

14 Anschlussobjekte:

- eine Schule
- ein Kindergarten
- 3 Gewerbebetriebe
- 27 Haushalte
- Installierte Einspeiseleistung **358 kWp**
Photovoltaik
- genehmigte Last, Gewerbebetriebe **126 kW**



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

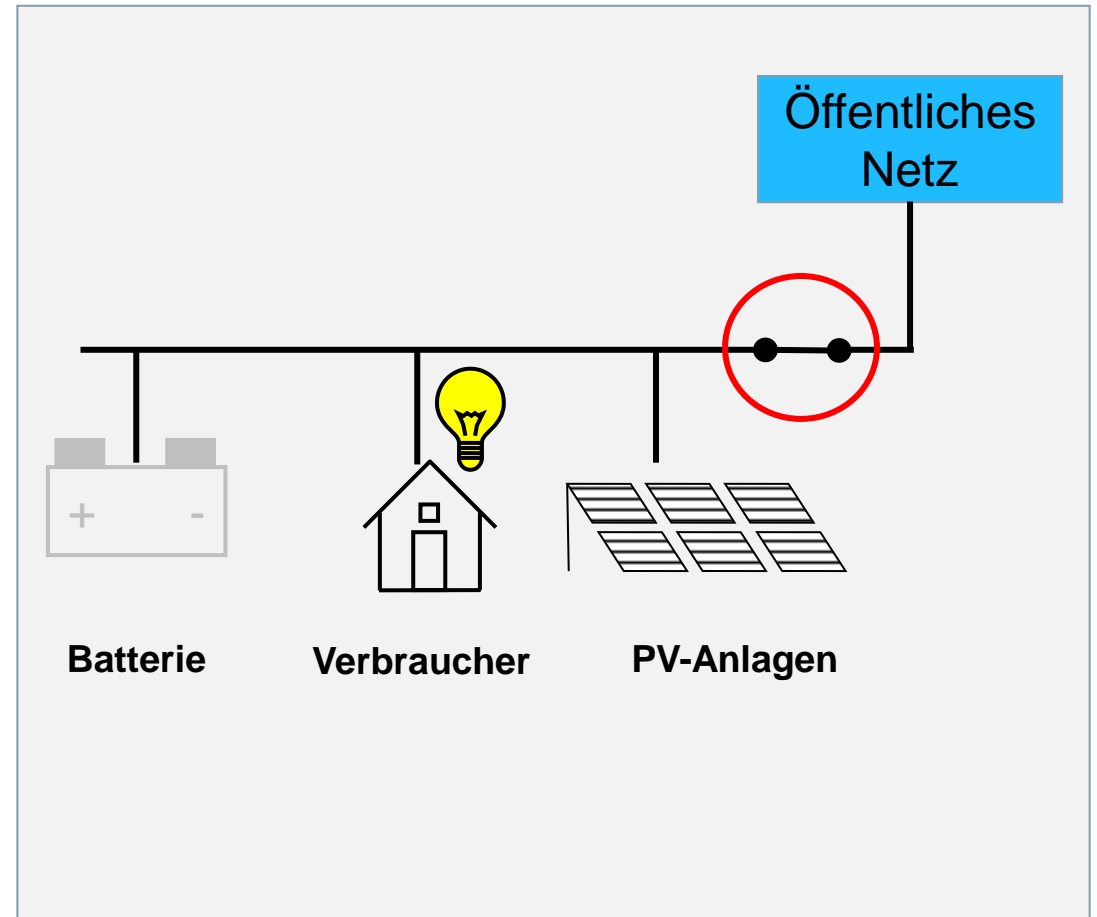
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 0: normaler netzgekoppelter Betrieb



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

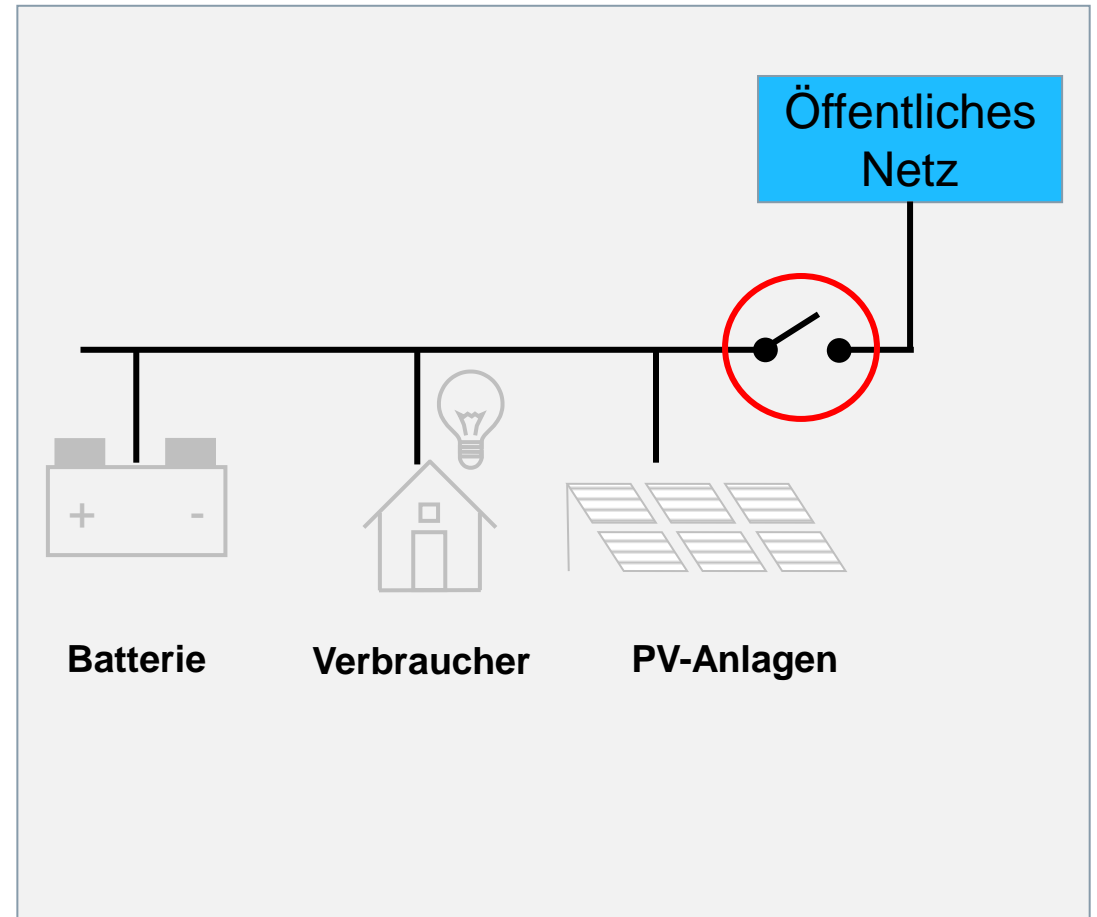
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 1: „Blackout“



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

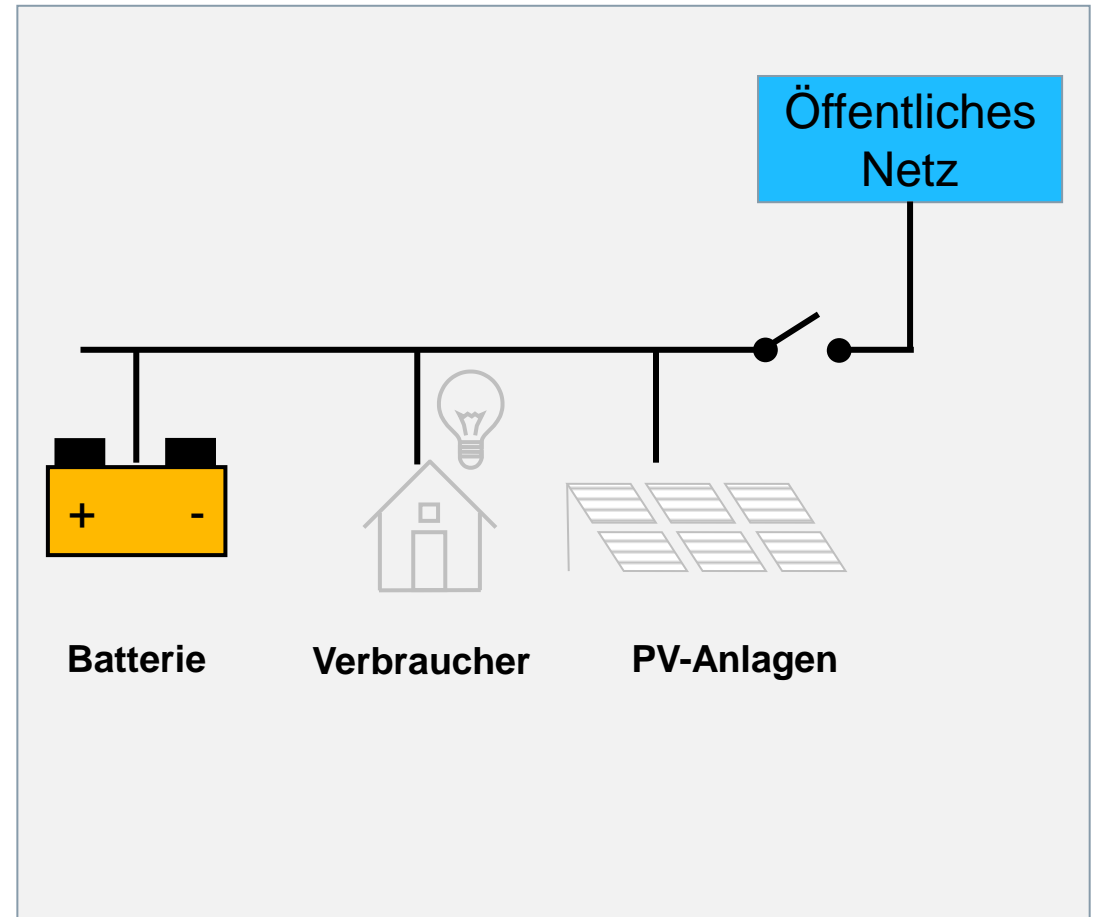
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 2: „Blackstart“



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

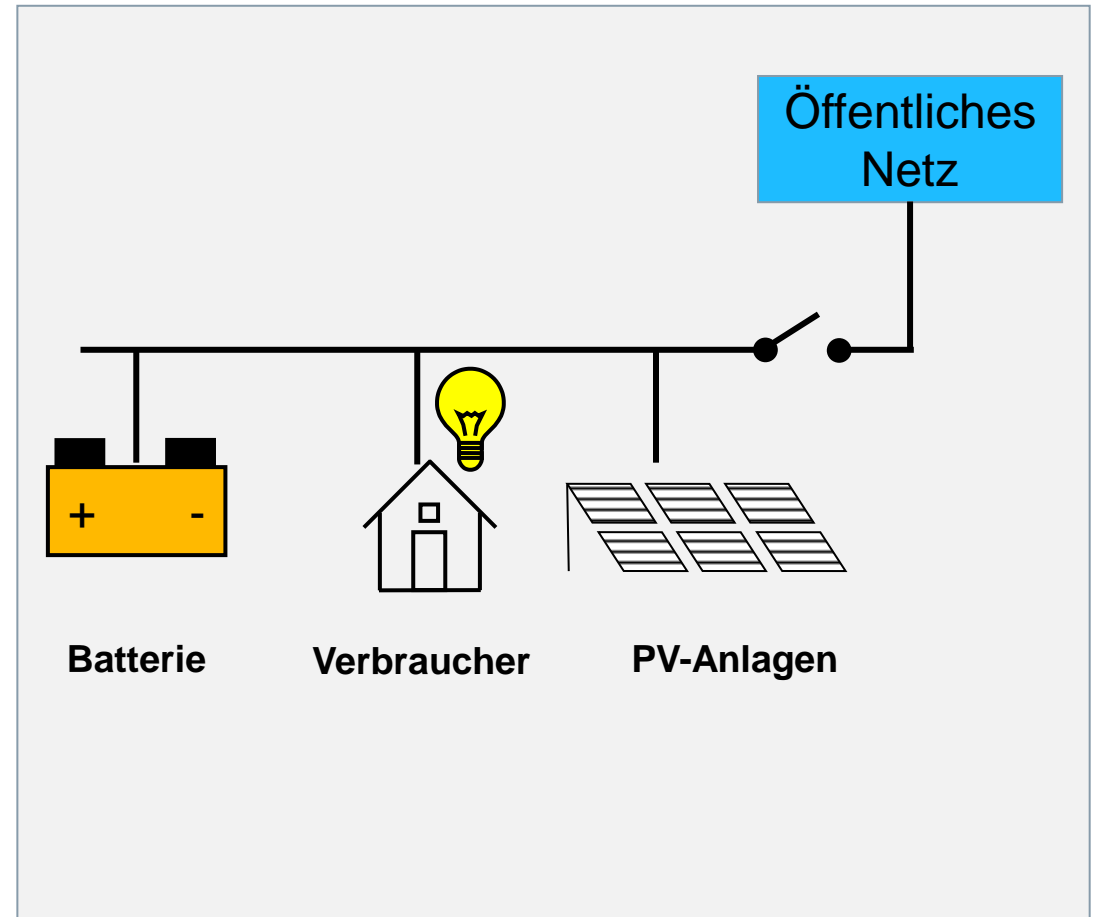
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 3: „Inselnetzbetrieb“



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

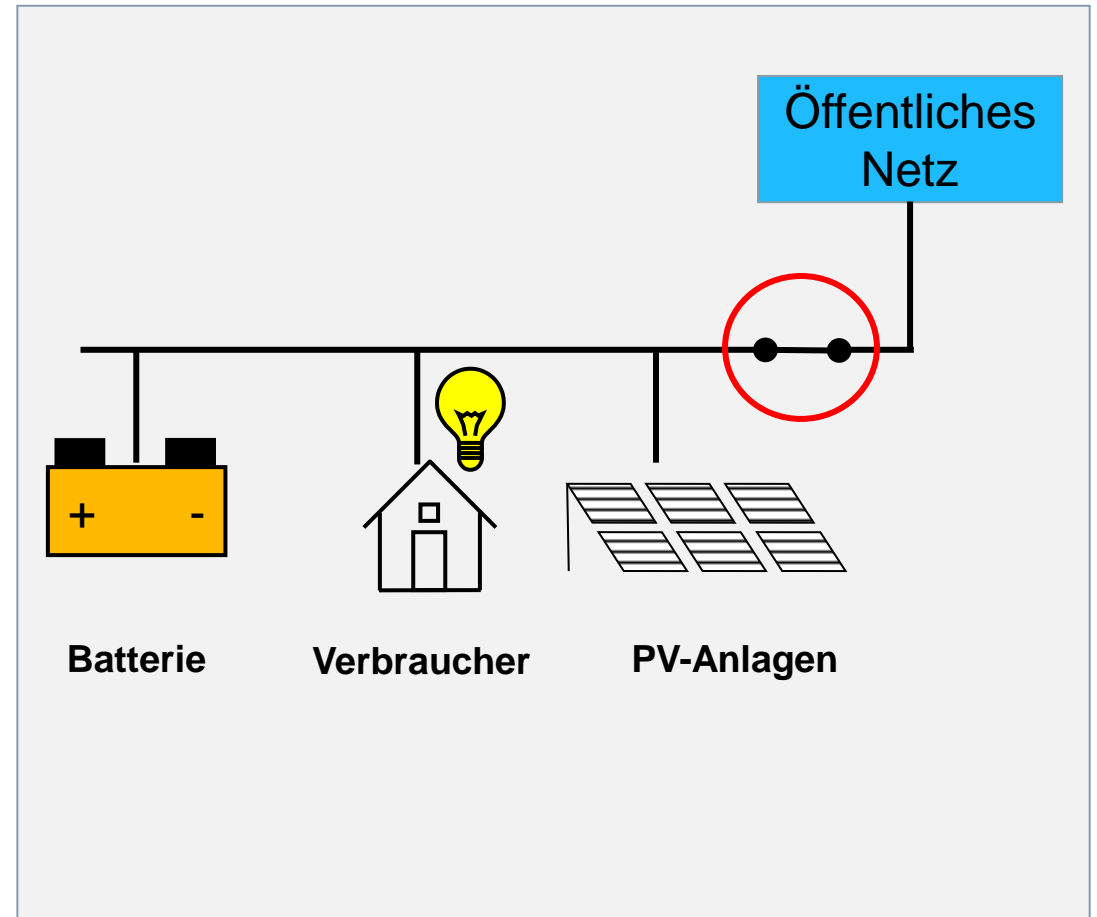
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 4: „Re-Synchronisierung“



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

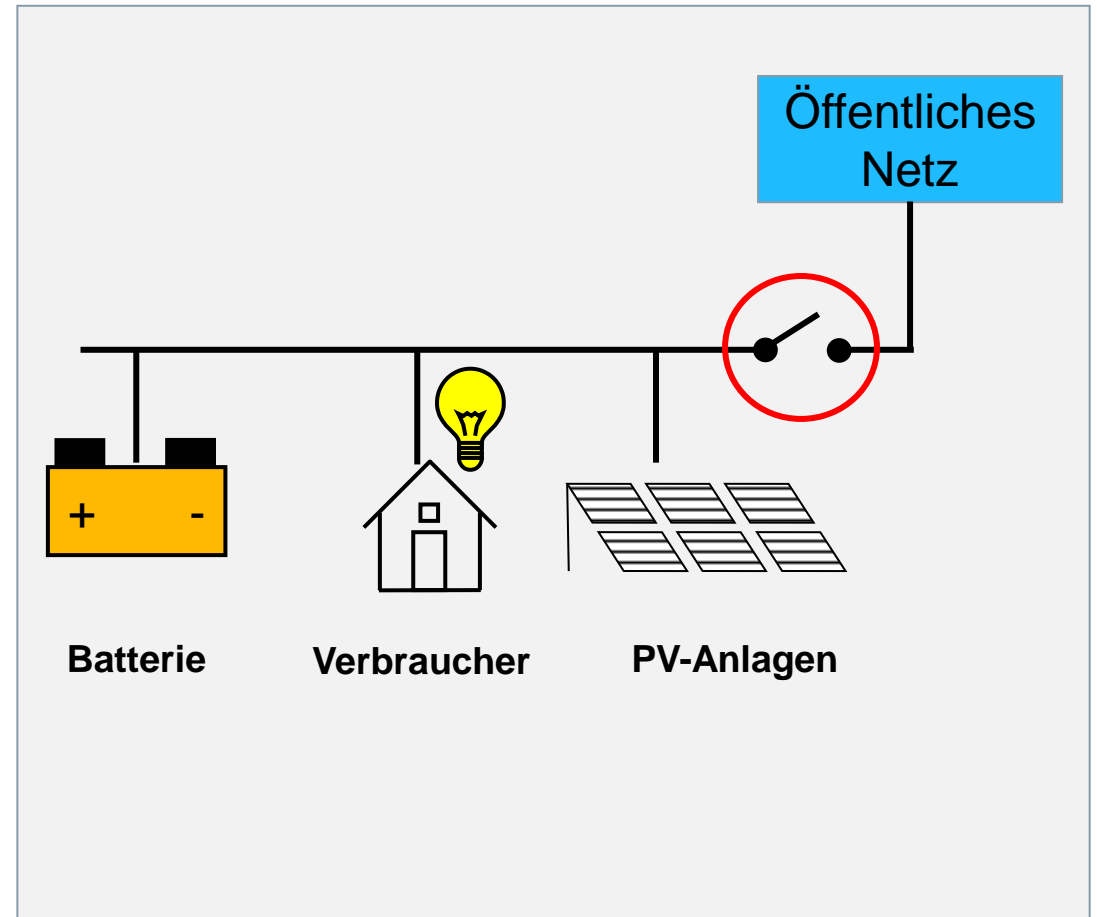
Versuchsphasen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

➤ Phase 5: „Autarkie“



Demonstration des realen Inselnetzbetriebs mit realen Anschlussnehmern

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Versuchsgebiet im Schwarzfall



Versuchsgebiet im Inselnetzbetrieb

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

Netzorientierte Marktverfahren – Markt vs. Netz

Marktverfahren

- Eigene Flexibilität kann aus wirtschaftlichen Gründen zur individuellen Portfoliooptimierung (z.B. Eigenverbrauch) und / alternativ zur Marktpartizipation eingesetzt werden
- Eine aggregierte Vermarktung ist für die Einzelanlage grundsätzlich profitabler (Ausnutzung von Ausgleichseffekten)
- **Virtuelle Kraftwerke** als etabliertes Konzept zur aggregierten Vermarktung von DEA



Netzorientierte Integrationsverfahren

- Beitrag von DEA zur Systemstabilisierung (z.B. Spannungshaltung) bisher weitestgehend beschränkt auf Vorgaben aus technischen Richtlinien
- Zahlreiche netzorientierte Integrationsansätze basierend auf IKT in der Forschung diskutiert und erste Ansätze erprobt, die den netzdienlichen, intelligenten Flexeinsatz von DEA untersuchen
- Verbreitete Konzepte: **Microgrids, Aktive Verteilnetze**



→ Netzorientierte Marktverfahren ermöglichen die Umsetzung unterschiedlicher Betriebsstrategien (markt-, system-, netzdienlicher oder kombinierter Flexibilitätseinsatz)

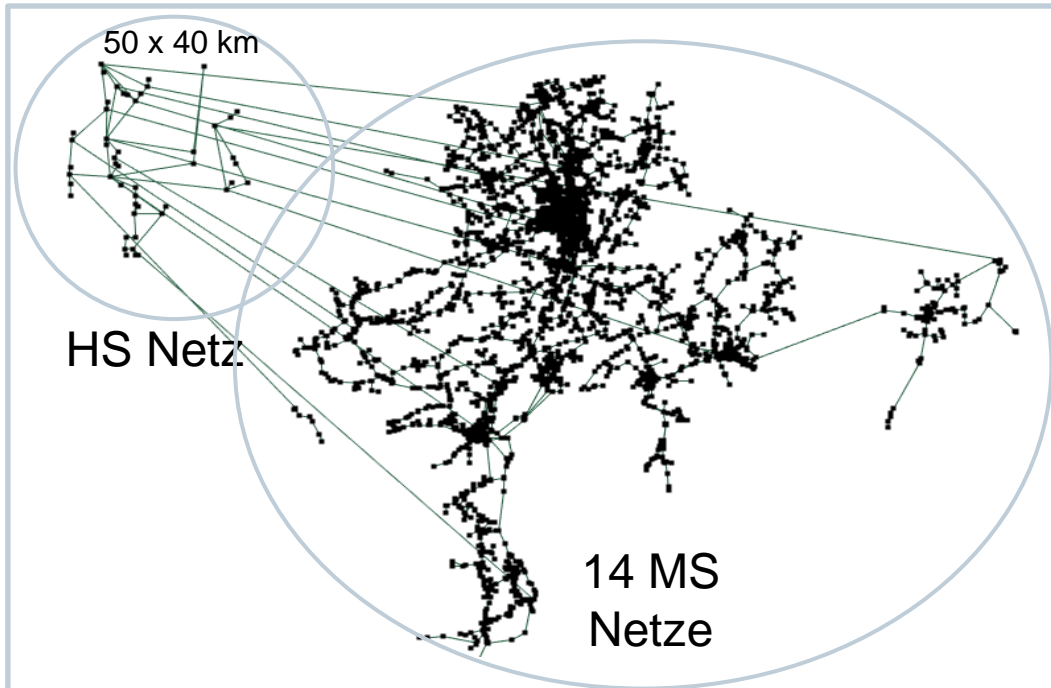
Microgrids als Topologische Kraftwerke

Modellierung des Versorgungsgebiets

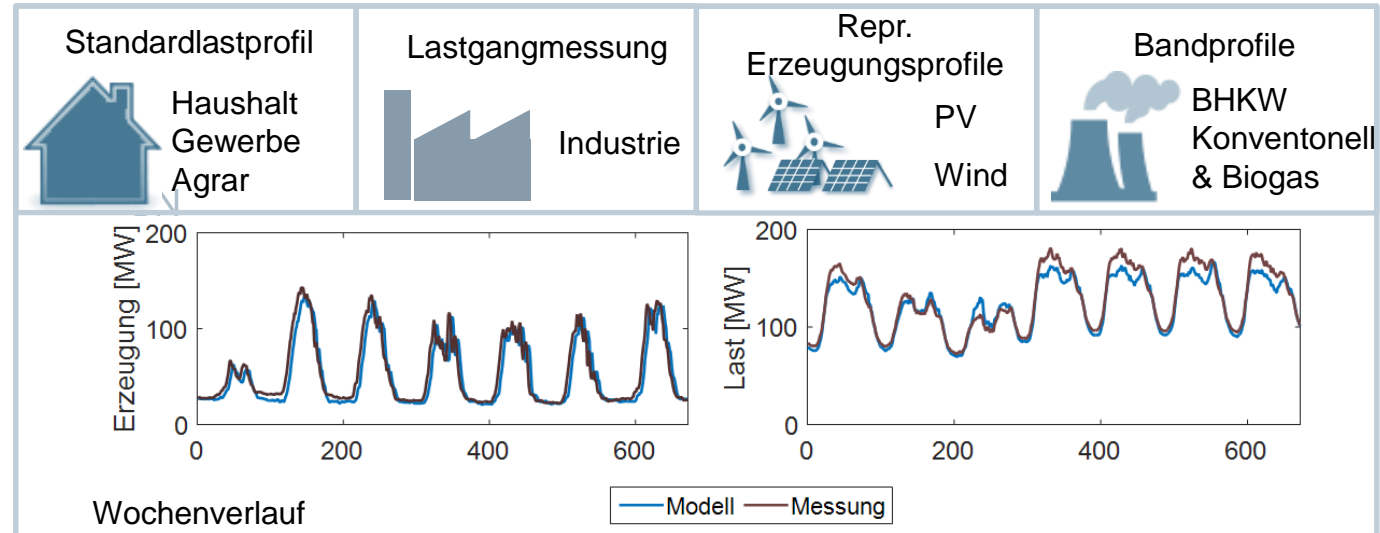
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

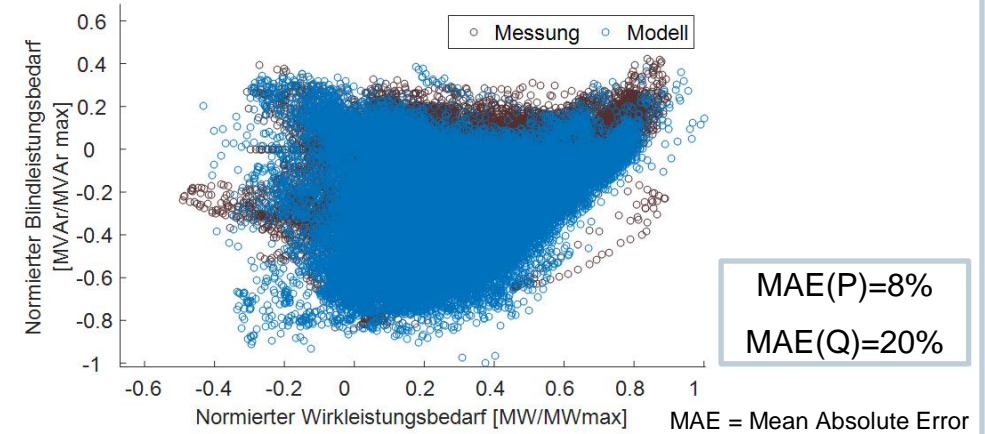


Ortsnetzstationen	~1000
HS/MS-Transformatoren	200 MVA
Netzausdehnung	1700 km
Freileitungen:	1000 km
Kabel:	700 km
Installierte Erzeugung	270 MW
PV:	162 MW
Maximale Last	235 MW



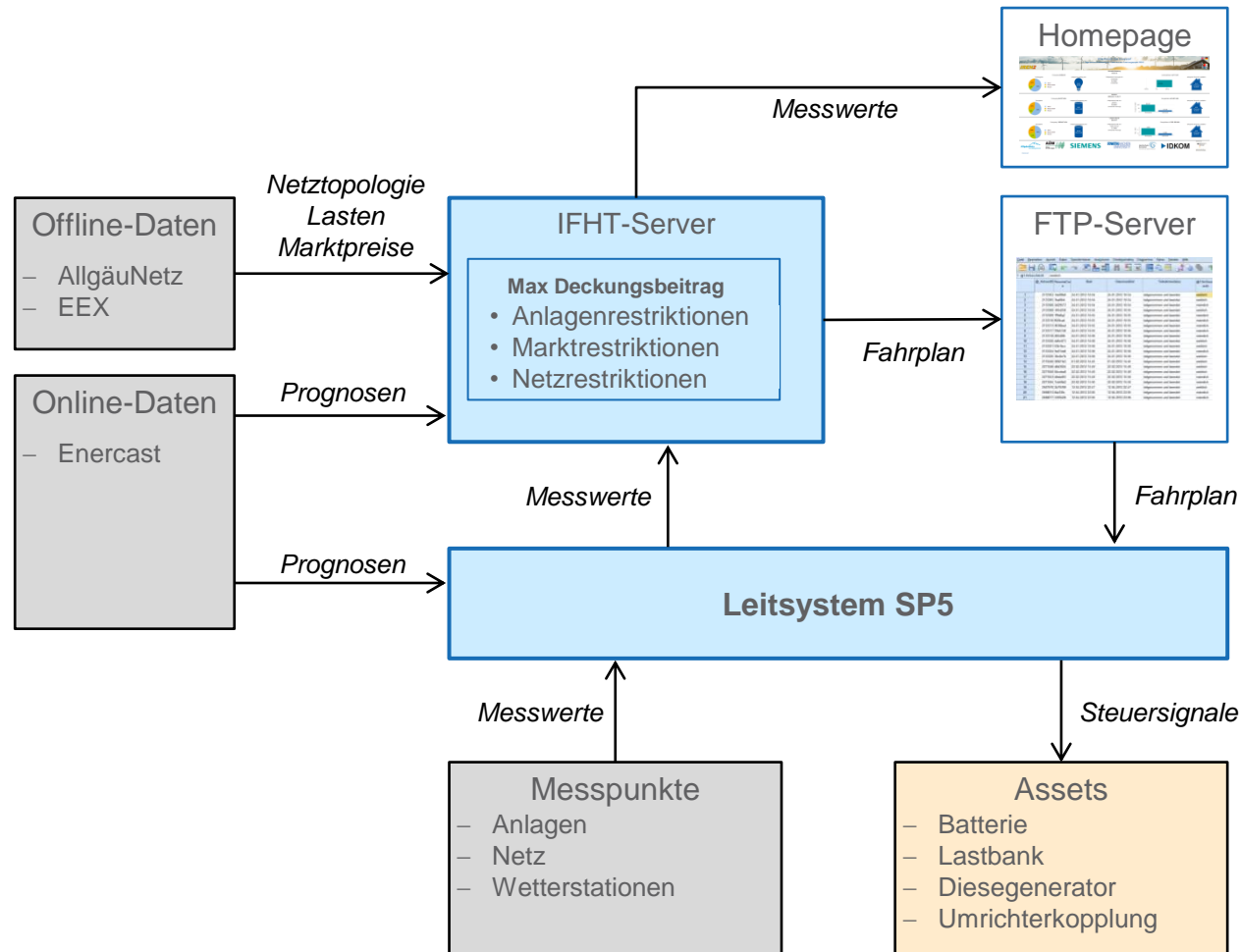
Q-Verhalten:

- Industrie:
 $\cos\varphi = 0.95^*$
 - Haushalte:
 $\cos\varphi$ Charakteristik**
abhängig von P
 - Erzeugung:
 $\cos\varphi = 0.95^*$
- (*Absprache mit AN)
(**vorh. Ergebnisse)



Microgrids als Topologische Kraftwerke

Systemstruktur Demonstrator



1. Datenaufbereitung
 - Netztopologie, SLP, RLM-Kunden
 - Prognosen einlesen, bereinigen, Szenariengenerierung
 - Marktpreissignale (historische Daten)
2. Fahrplannerstellung
 - Maximierung des Deckungsbeitrags unter Berücksichtigung von Anlagen-, Markt- und Netzrestriktionen
 - Blindleistungsbereitstellung entsprechend Betriebsstrategie (z.B. Minimierung von Q am Netzübergabepunkt)
3. Fahrplanabruf
 - Hochladen der Fahrpläne auf FTP-Server
 - Abruf der Fahrpläne durch SP5
4. Anlagenansteuerung
 - Aufteilung der aggregierten Fahrpläne auf die einzelnen Anlagen
5. Fahrplanauswertung
 - Vergleich berechnete – gemessene Fahrpläne

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Demonstration im Feld

ZIELE

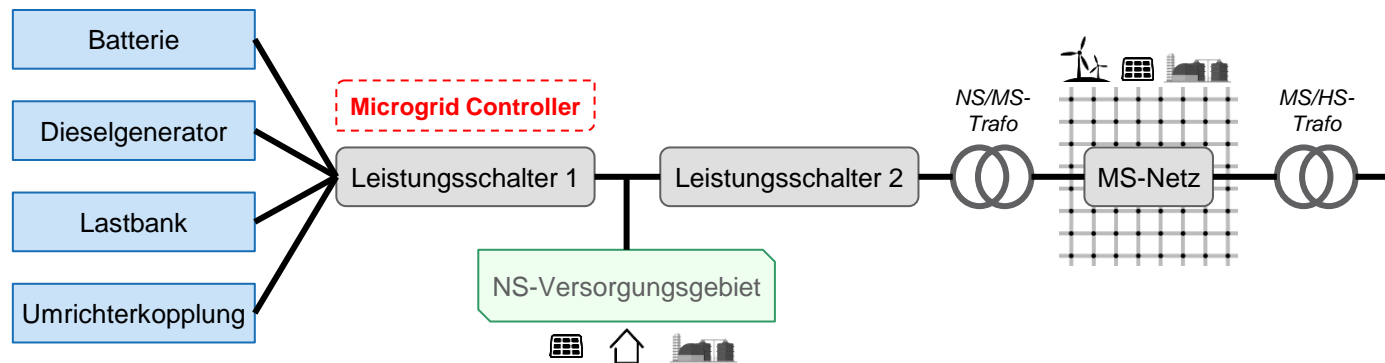
Demonstration der technischen Umsetzbarkeit des TK

- Funktionsweise der Prozesskette
- Lokale Fahrplantreue (→ theoretisch nur Anlagenverbund)
- Bereitstellung von Blindleistung am Point of common coupling (→ theoretisch nur Anlagenverbund)

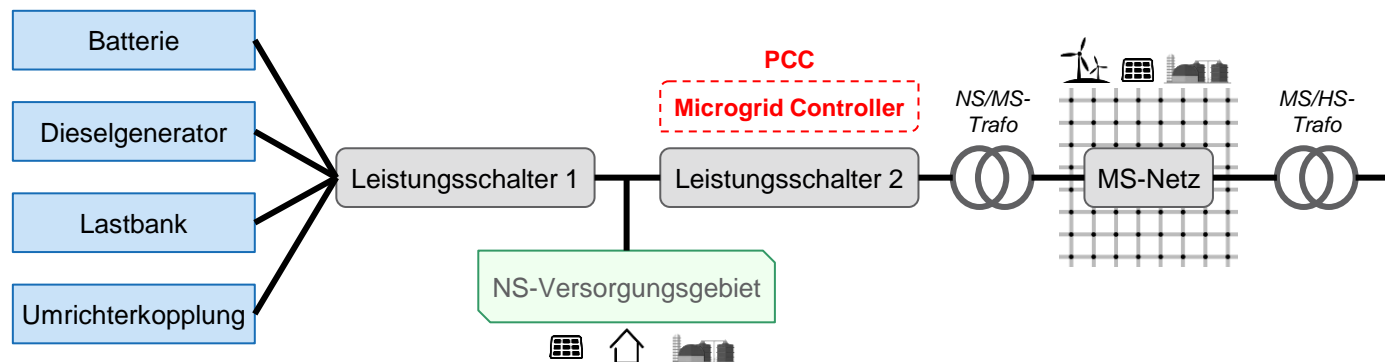
KPIs

- Fahrplantreue
- Potenzial Blindleistungsbereitstellung

Ziel Phase 1: Grundsätzliche Demonstration der Umsetzbarkeit (Prozesskette)



Ziel Phase 2: Fahrplantreue am PCC unter Einbeziehung des Dorfes



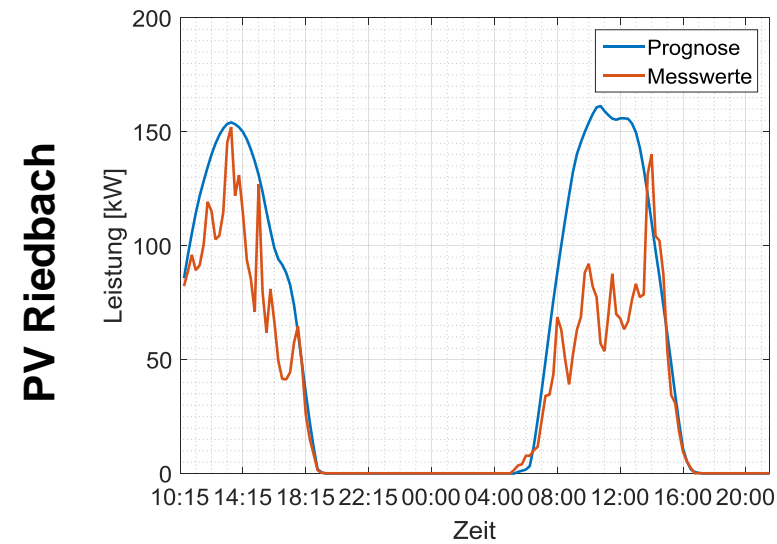
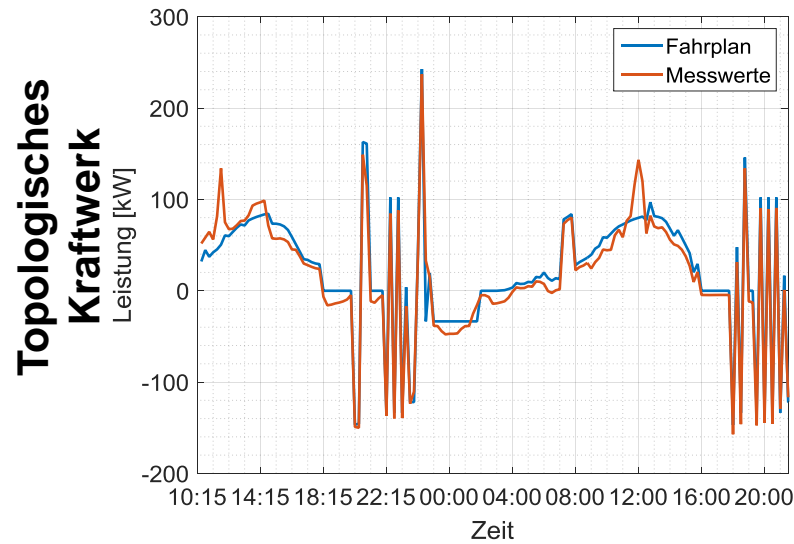
Microgrids als Topologische Kraftwerke

Auswertungen Feldversuch – Phase 1

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



- Zeitraum
 - Donnerstag 28.09, 10:15h bis Freitag, 29.09 23:45 h, in **minütlicher** Auflösung
- Vorgehen
 - PLAN: Einsatzplanung auf Basis der Spotpreise und PV-Prognose Riedbach gerechnet
 - IST:
 - Für den Fahrplan PV-Messwerte statt Prognosen übergeben, um künstlich Unsicherheit im Versuch einzubauen
 - Die flexiblen Anlagen versuchen in Echtzeit die Unsicherheiten zu kompensieren

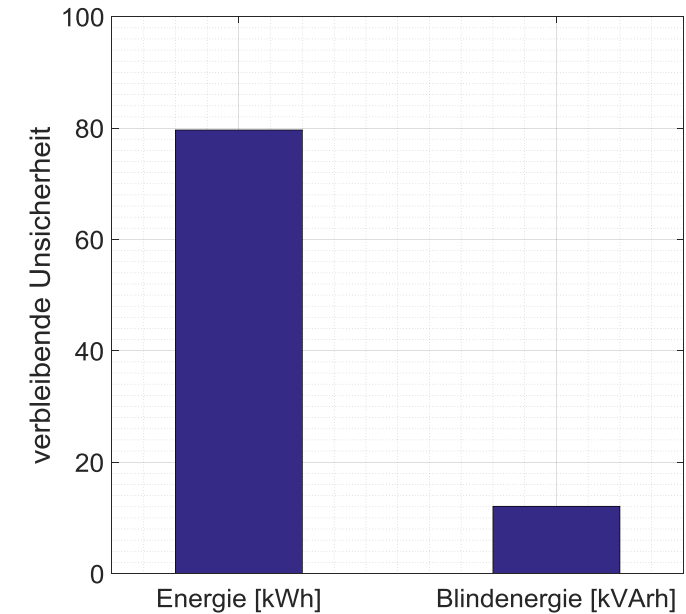
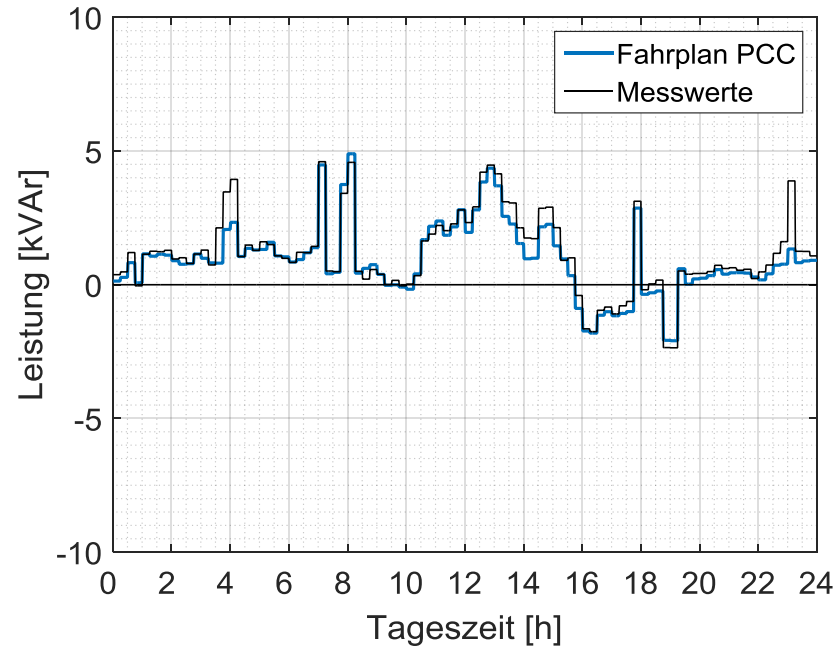
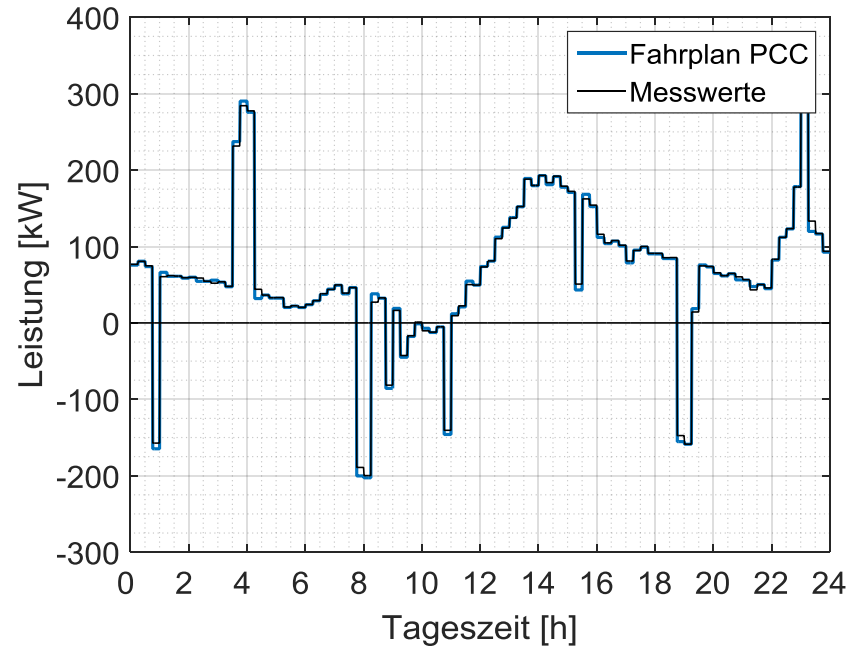
Microgrids als Topologische Kraftwerke

Auswertungen Feldversuch – Phase 2, Fahrplantreue

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



- **Viertelstündliche** Zeitauflösung
- Ziel Fahrplantreue gut erreicht → verbleibende Unsicherheit: ca. 80 kWh, 12 kVArh
- Referenz: Fahrplan-Energie ca. 93900 kWh, 1330 kVArh

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

IREN2 konnte wesentlich Erkenntnisse zu Microgrids als Inselnetzen und topologischen Kraftwerken gewinnen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Microgrids können als **Topologische Kraftwerke** heutige Kraftwerke teilweise ersetzen, Beiträge zur Systemstabilität liefern und Systemdienstleistungen auch durch die Integration erneuerbarer Erzeuger und Speicher über das heutige Maß hinaus erbringen.
- Die regulierungskonforme **Integration von Netzbetriebsführung und Energiemarkt** für den Betrieb von netzgekoppelten Microgrids ist heute nicht ausreichend geregelt. Dadurch fehlen ökonomische Anreize für die Bereitstellung lokaler Systemdienstleistungen.
- Microgrids als Inselnetze erhöhen die **Versorgungssicherheit**, und können je nach Systemumfeld eine **wirtschaftlich sinnvolle Alternative** darstellen.
- Unter Berücksichtigung individueller Gegebenheiten kann mit minimalen Anpassungen der **Netz- und Personenschutz** auch für Inselnetze gewährleistet werden.
- Ein stabiler Inselnetz-Betrieb mit **mehreren Netzbildnern und ohne rotierende Massen** ist möglich. Dabei erhöht sich unter Umständen der Komplexitätsgrad für die Realisierung.
- **Flächendeckende, sichere und robuste IKT** ist eine der größten Herausforderungen für den Aufbau und den Betrieb von Microgrids.
- Automatisierung und Primärtechnik erfüllen heute nahezu vollumfänglich die für Microgrids notwendigen Anforderungen. **Hersteller-übergreifend standardisierte Produkte und Lösungen** existieren noch nicht in notwendigem Maße.

Netz- und Marktintegration von dezentraler Stromerzeugung im ländlichen Umfeld am Beispiel der Projekt IRENE, IREN2 und pebbles

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Agenda

Motivation und "Historie"

Untersuchungsgebiet und Energie-Campus Wildpoldsried

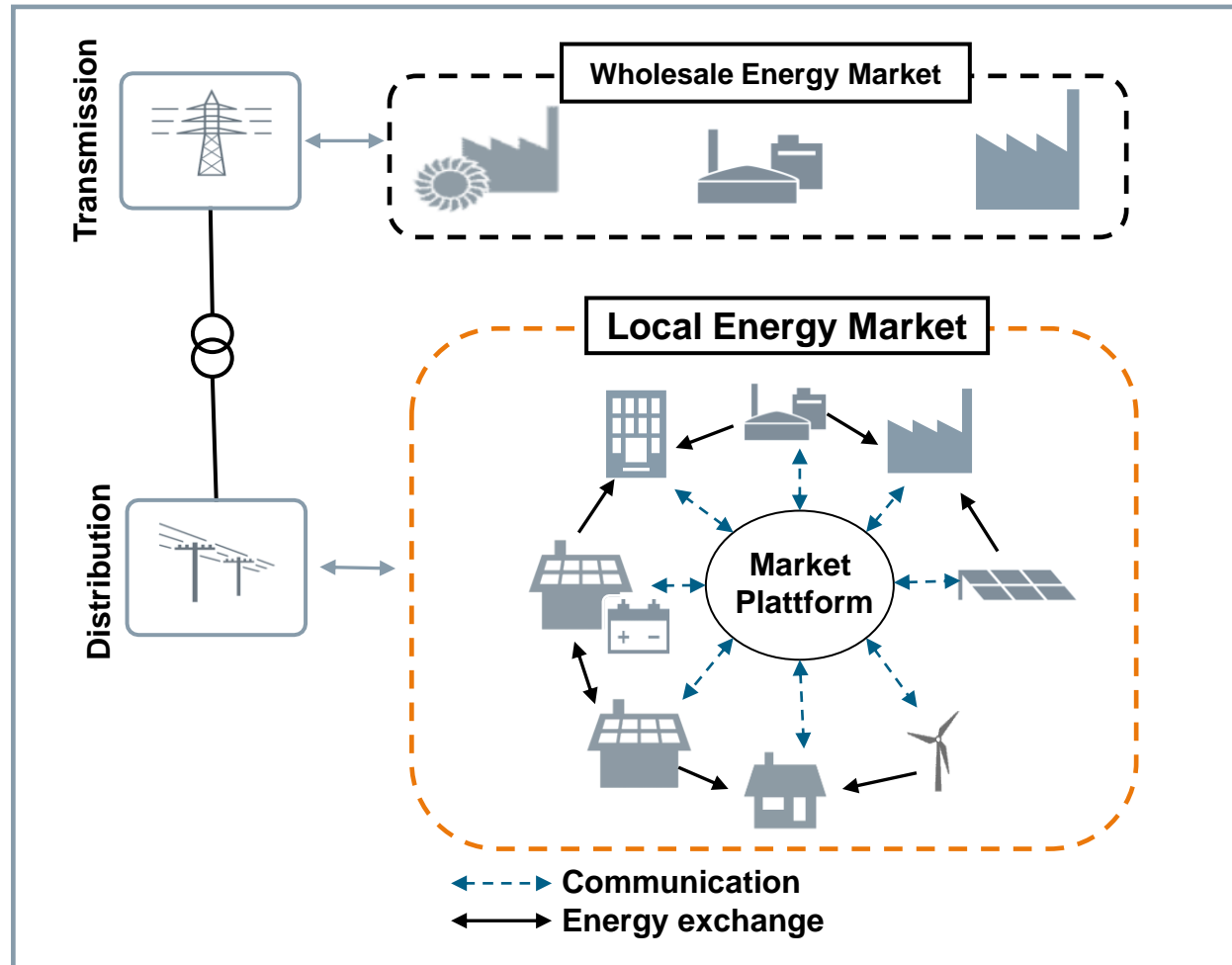
Microgrids als Inselnetze

Microgrids als Topologische Kraftwerke

Bewertung und Handlungsempfehlungen

Ausblick - lokale Strommärkte

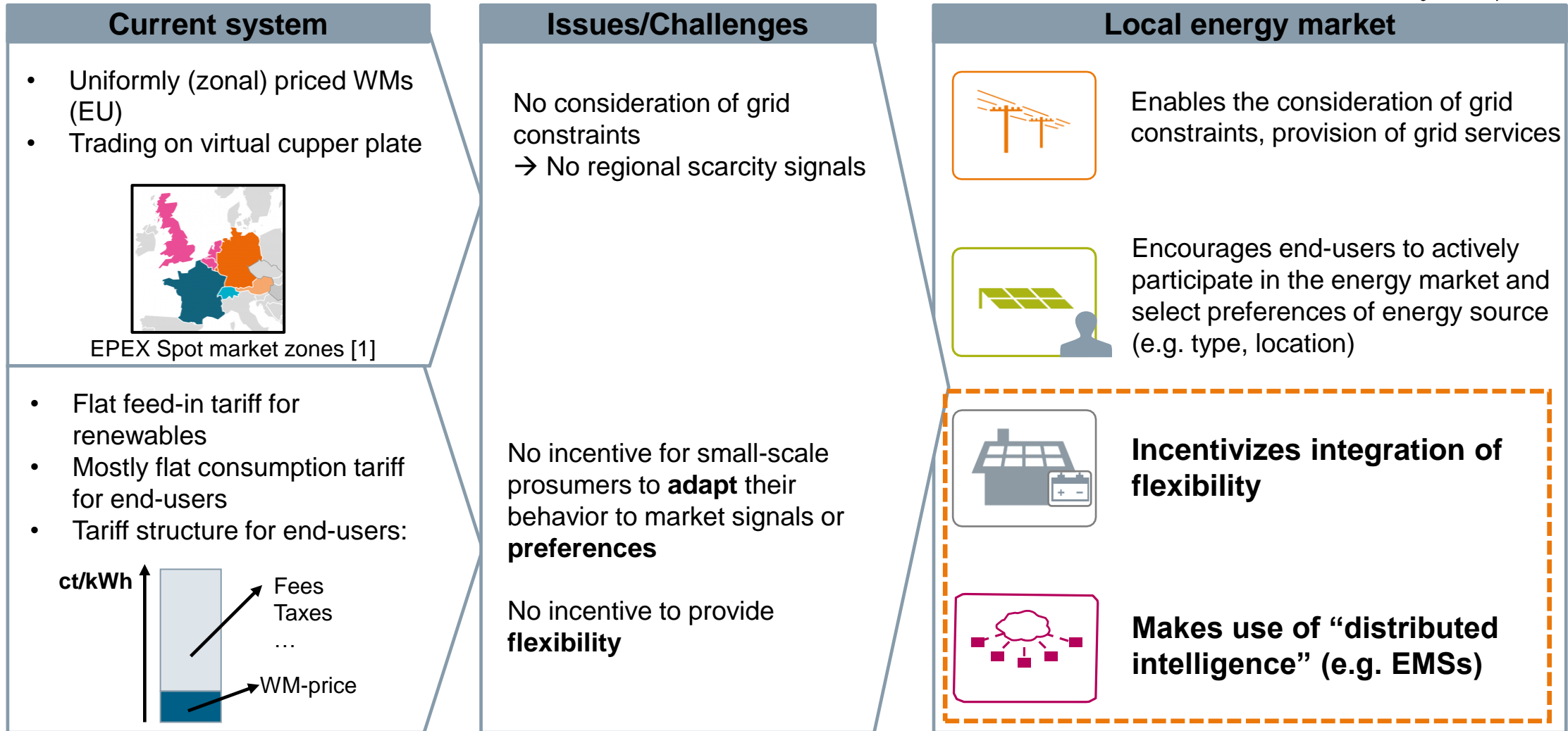
1. Local Energy Markets - What?



A Local Energy Market:

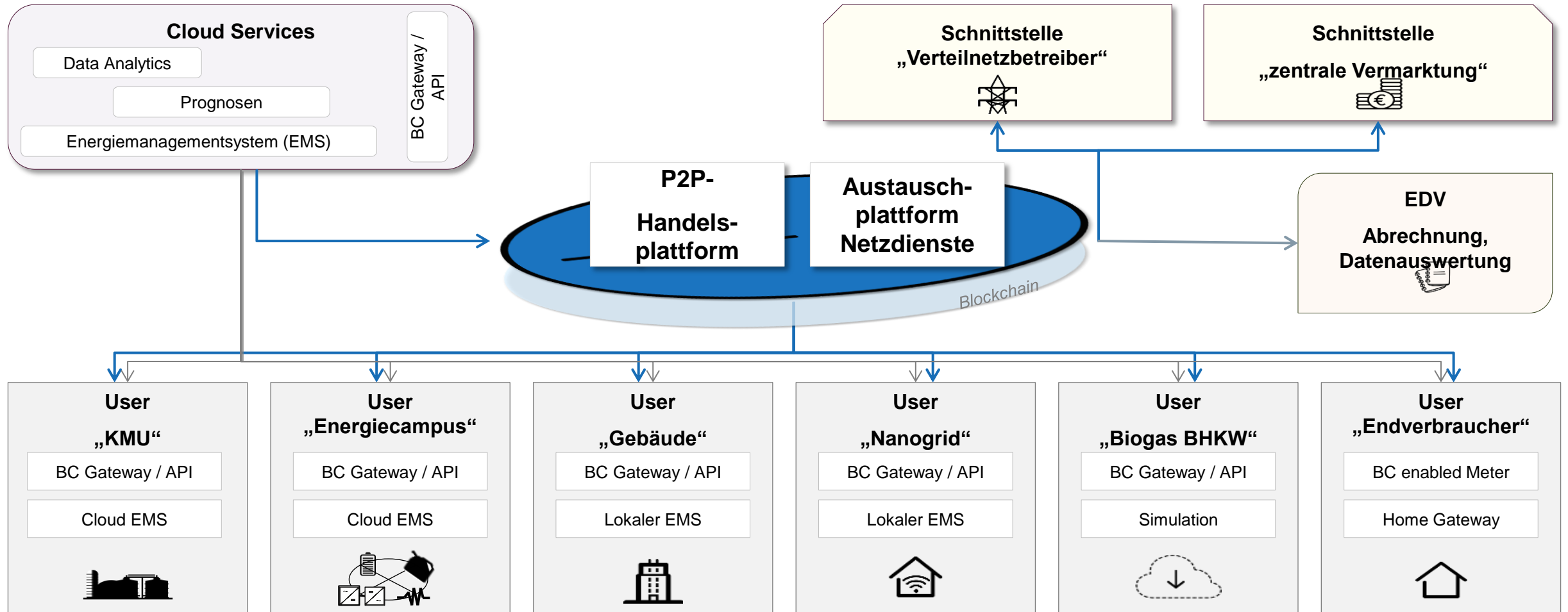
- Enables trading of electric energy and/or flexibility on a spatially constrained region
- Is composed of energy subsystems ranging from households over apartment buildings to microgrids
- Vast share of demand covered by distributed, small-scale generation

1. Local Energy Markets - Why?



Im Nachfolgeprojekt pebbles entwickeln wir eine lokale Handelsplattform und Cloud Services wie Forecasting und Energiemanagement bzw. Optimierung

Systemarchitektur in pebbles



Contact

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Dr. Michael Metzger

Siemens AG
Corporate Technology

Otto-Hahn-Ring 6
81739 Munich
Germany

Mobile: +49 (1520) 1577792

E-mail:

michael.metzger@siemens.com