

Möglichkeiten und Anwendungen zellularer, multimodaler Energienetze

Smart Energies and Systems Conference, 2019
04. – 05. November 2019, Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Reiner J. Schütt
MSc Carina Balke
Fachhochschule Westküste, Heide/Holstein

Wer und wo wir sind:

- Schleswig-Holstein: 156 % der verbrauchten elektrischen Energie durch Erneuerbare (Stand 2017)
- Fachhochschule Westküste mit Studiengängen in Wirtschaft und Technik.
- Interdisziplinäre F&E-Arbeiten für die Energiewende seit 2018 im Institut für die Transformation des Energiesystems (ITE)



Karte Schleswig-Holsteins



Karte Deutschlands

Agenda

- Motivation / Einführung
- Eigenschaften zellularer, multimodaler Energienetze
- QUARREE100 - Beispiel für ein zellulares, multimodales Energienetz
- Zusammenfassung

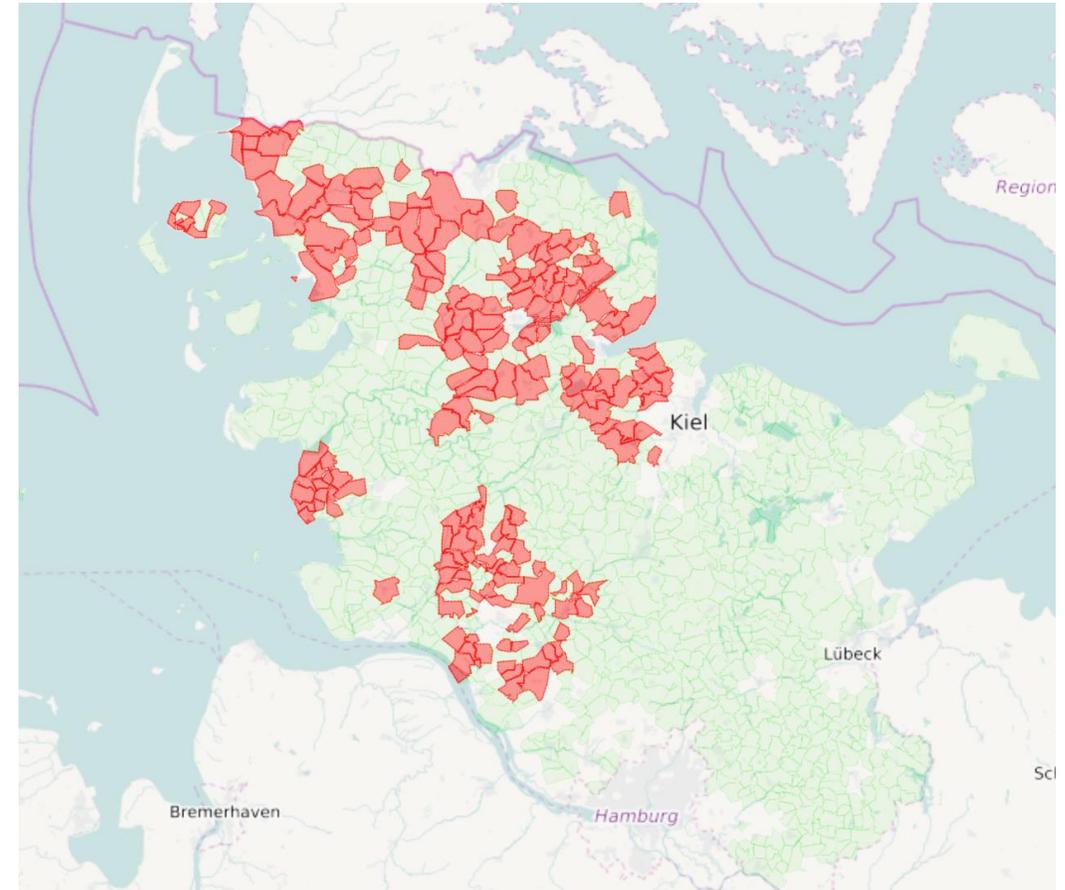
Windenergie als Hauptenergieträger für Schleswig-Holstein



Windparks in Schleswig-Holstein: NEARSHORE mit MD70, E82, V126 und anderen, OFFSHORE z.B. MEERWIND Süd mit 80 x SWT3.6

Einspeisemanagementmaßnahmen erheblich in Schleswig-Holstein

- 2018: 160 % des Bruttostromverbrauchs (15 TWh) durch Erneuerbare (24 TWh), nur 38% des Endenergieverbrauchs (63 TWh)
- In 2017* Abregelung von 3,1 TWh (13,6 %)
- In 2017 311 Mio. € Zahlungen für Abregelungen¹⁾



„SH-Netzampel“ der aktuellen Einspeisemanagementmaßnahmen für den 01.03.2018, 16:00 Uhr, Quelle: www.netzampel.energy, Schleswig-Holstein Netz AG, 2018

Fragen für die CO₂-freie Energieversorgung mit begrenztem Stromnetz

- Wie können die vorhandenen Erneuerbaren Energieanlagen effektiv zur CO₂-Vermeidung beitragen?
- Wie kann das vorhandene Strom-, Gas- und Wärmenetz optimal genutzt werden?
- Wie kann der Stromnetzausbau auf das technisch Notwendige begrenzt werden?
- Wo, in welcher Größe und Technologie sollen Energiespeicher ergänzt werden?
- Wo und in welcher Größe sollen Power-to-X-Technologien genutzt werden?
- Was ist der richtige Gebiet oder das richtige Subsystem, um Erzeugung und Verbrauch optimal in Einklang zu bringen?
 - Wie können dezentrale, lokale Teilsysteme effektiv zur Energieversorgung beitragen?

Agenda

- Motivation / Einführung
- Eigenschaften zellularer, multimodaler Energienetze
- QUARREE100 - Beispiel für ein zellulares, multimodales Energienetz
- Zusammenfassung

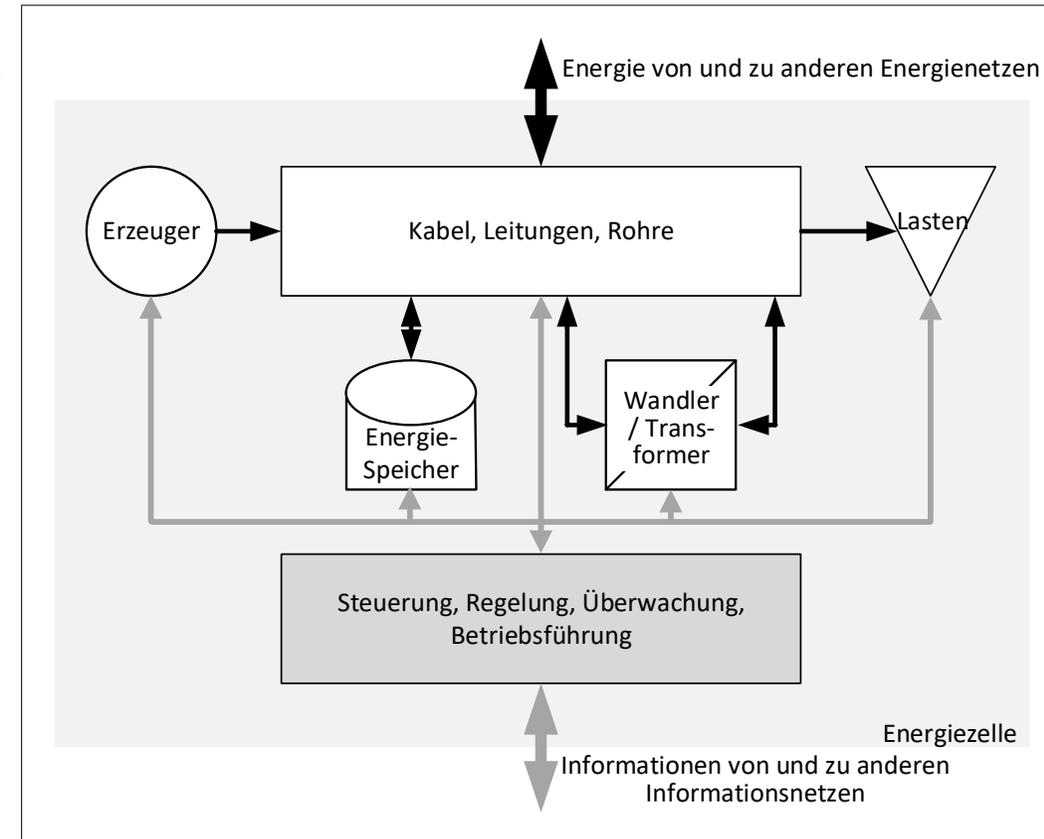
Zentrale Ideen zellularer, multimodaler Energienetze

ETG Taskforce „Grundsätzliche Auslegung neuer Netze: Der zellulare Ansatz - Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende“, (R. Speh u. w., vde-Verlag, 2015)²⁾:

- Gemeinsame Behandlung von Strom, Heizung, Kühlung, Erdgas, H₂, Treibstoffe für Mobilität
- Harmonisierung von Verbrauch und Erzeugung so dezentral wie möglich
- Einsatz unterschiedlicher Speicher und Power-to-X-Komponenten
- Optimierung des Energieflusses in dezentralen Energiezellen mit eigenem Energiemanagementsystem für den autonomen Betrieb nach vorgegebenen Zielen
- Zusammenfassung einzelner Energiezellen so, dass sie als eine Energiezelle für benachbarte Zellen und Energiezellen in der nächsthöheren Leistungsstufe zusammenwirken.

Aufbau multimodaler Energiezellen

- Im Innern Verwendung von Basiszellen wie Erzeuger, Lasten, Speicher, Wandler/Transformator, „Energiebusse“ wie Leitung, Kabel oder Rohr und eigenem Steuerungs- und Sicherungssystem
- Nach Außen Behandlung als Einheit mit Residualleistungen für Energien/Stoffe und beschränkten Transport- und Speicherkapazitäten mit Schnittstelle
- Zusammenfassung von Energiezellen, wenn Austausch der Energien/Stoffe über definierte Schnittstellen mit eigenem Energiemanagement möglich



Multimodale Energiezelle mit Basiselementen

Beschreibung der Grundelemente durch Profile (Technologiesteckbriefe)

- Bottum-Up-Entwurf möglich durch Beschreibung der Basis- und Energiezellen durch Profile (Technologiesteckbriefe)
- Profile mit grundlegenden Informationen zu Klasse, Typ, Modell, Investitionskosten, Betriebskosten, CO₂-Emissionen und weitere
- Profile mit klassenspezifischen Informationen, z.B. zu Kapazität, zulässige Entladetiefe, zulässige Leistungsgradienten, Wirkungsgradverlauf und weitere für Batteriespeicher

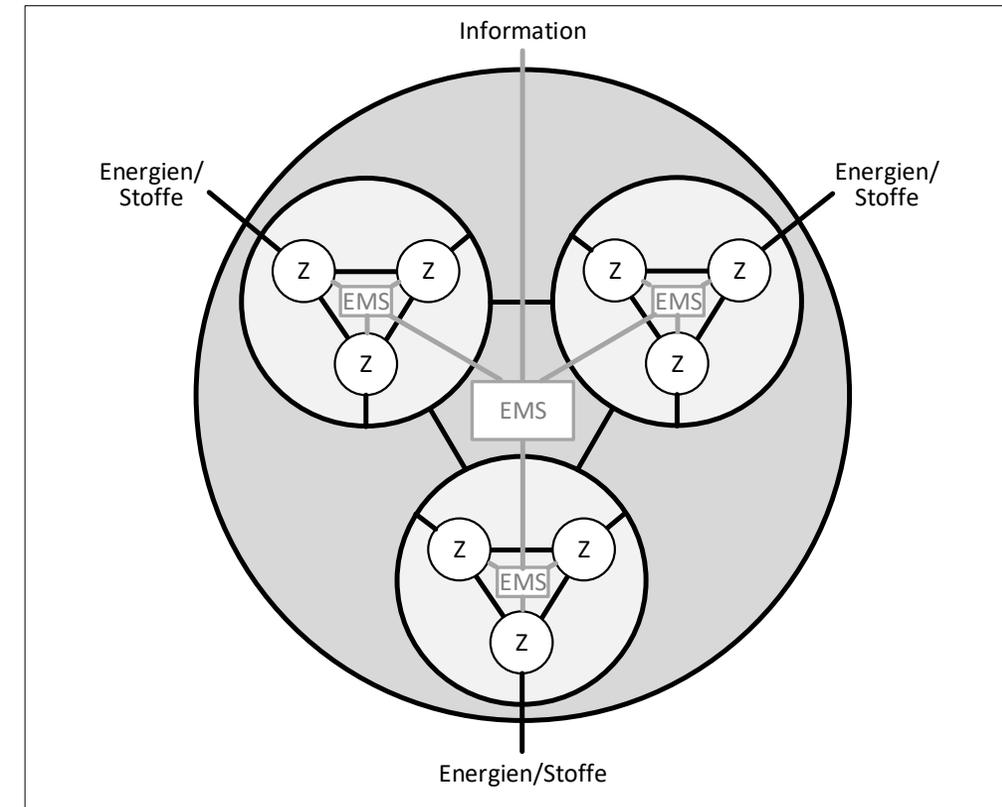
Klasse	Erzeuger	Speicher
Typ	Windkraftanlage	Batterie
Modell	Offshore	Li-Ion
Hauptenergie in	Wind	elektrisch
Hauptenergie out	elektrisch	elektrisch
Leistung	5 MW	0.6MW
Energie		0,6 MWh
...
Treibhausgasem.	5 g CO ₂ / kWh	X g
Netto-Energiekosten	50 € / MWh	..
Zeitbasis	10 min	15 min
Regelung	Flex. Abnahme	Flexible

Beispielhafter Auszug eines Basiszellen-Profiles für Windkraftanlage und Batteriespeicher

Bottom-Up-Zusammenfassung von Energiezellen

Schrittweise Zusammenfassung von Energiezellen mit eigenem Energiemanagementsystem (EMS) für

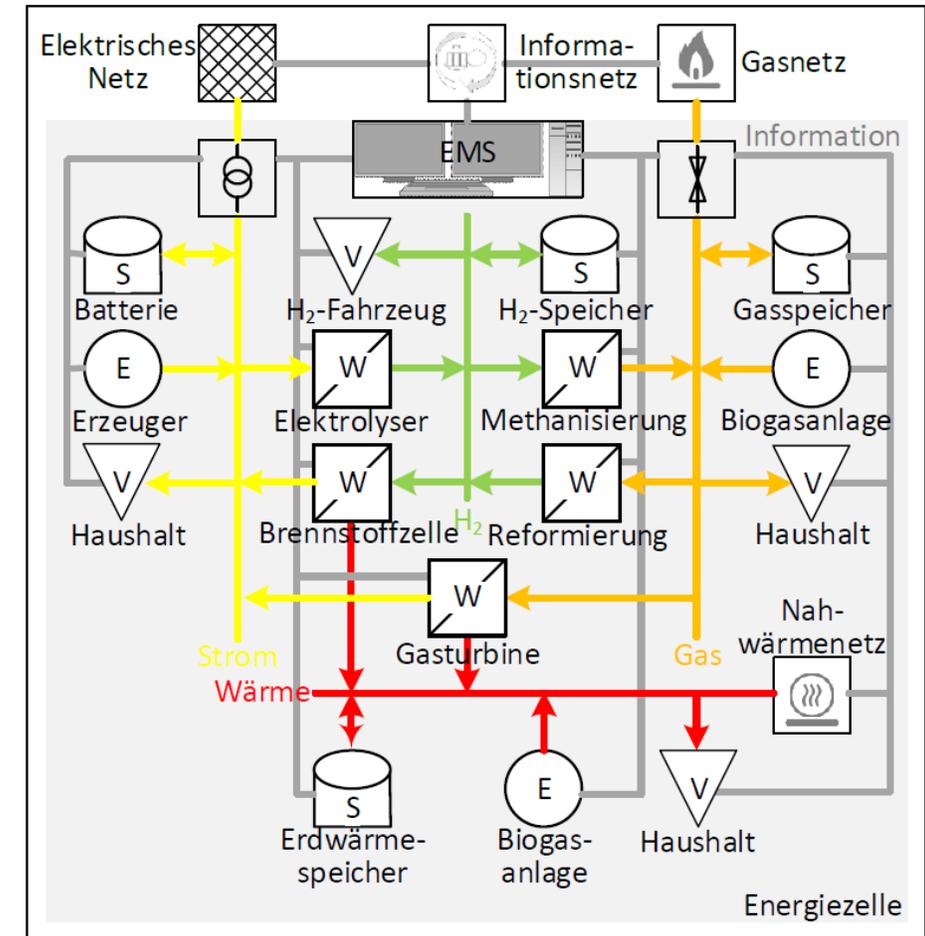
- kleine Einheiten wie Einfamilienhaus, Mietshaus, landwirtschaftlicher Betrieb, Kleingewerbebetrieb
- mittlere Einheiten wie Gewerbebetriebe, kleine Wohnquartiere, größere Liegenschaften
- große Einheiten wie Gewerbegebiet, Industriebetrieb, Gemeinde
- zunehmend große Einheiten wie Stadt, Bezirk, Region



Bottom-Up-Zusammenfassung von Energiezellen

Auslegung und Spezifikation multimodaler Energiezellen

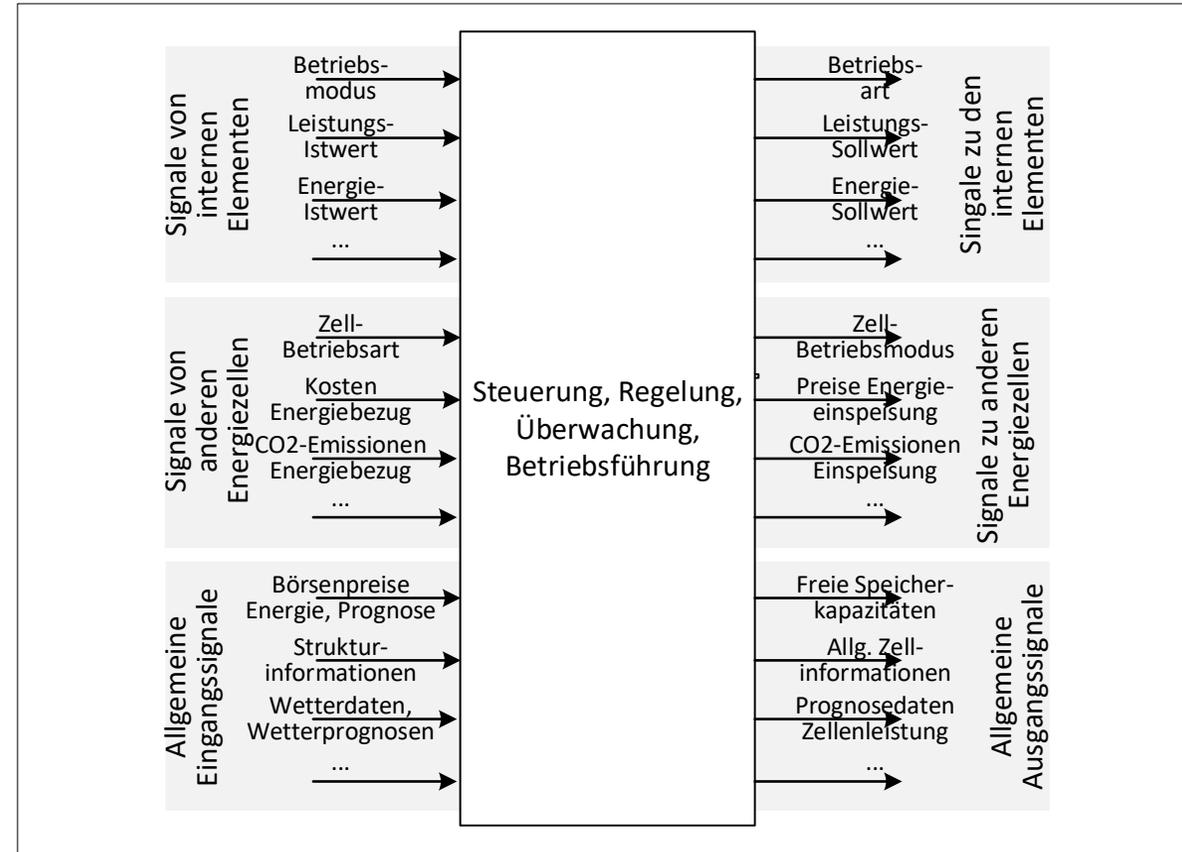
- Definition der Zellgrenzen und der Optimierungsziele (z.B. CO₂-minimales Energiesystem)
- Analyse der vorhandenen Infrastruktur
- Auswahl und Dimensionierung zusätzlicher Erzeuger, Speicher, Wandler, Leitungen, Kabel, Rohre
- Schnittstellenbeschreibung der Grundelemente und zum Datenaustausch zwischen Energiezellen
- Festlegung der EMS-Grundfunktionen zum autonomen Betrieb mit automatisierter Regelung der Energie- und Stoffströme



Beispiel einer multimodalen Energiezelle für ein Wohnquartier

Schnittstelle komplexer Energiezellen

- Steuerung, Regelung, Überwachung und Betriebsführung der Energie- und Stoffströme über EMS mit definierten Ein- und Ausgangs-Steuergrößen
- EMS zur Generierung der internen Steuersignale in Abhängigkeit der Eingangssignale und interner Größen
- EMS zur Generierung der Ausgangssignale in Abhängigkeit interner Größen und erforderlicher Ausgangsinformationen



Auszug aus den Ein- und Ausgangsinformationen zur Steuerung und Regelung einer multimodalen Energiezelle

Agenda

- Motivation / Einführung
- Eigenschaften zellularer, multimodaler Energienetze
- QUARREE100 - Beispiel für ein zellulares, multimodales Energienetz
- Zusammenfassung

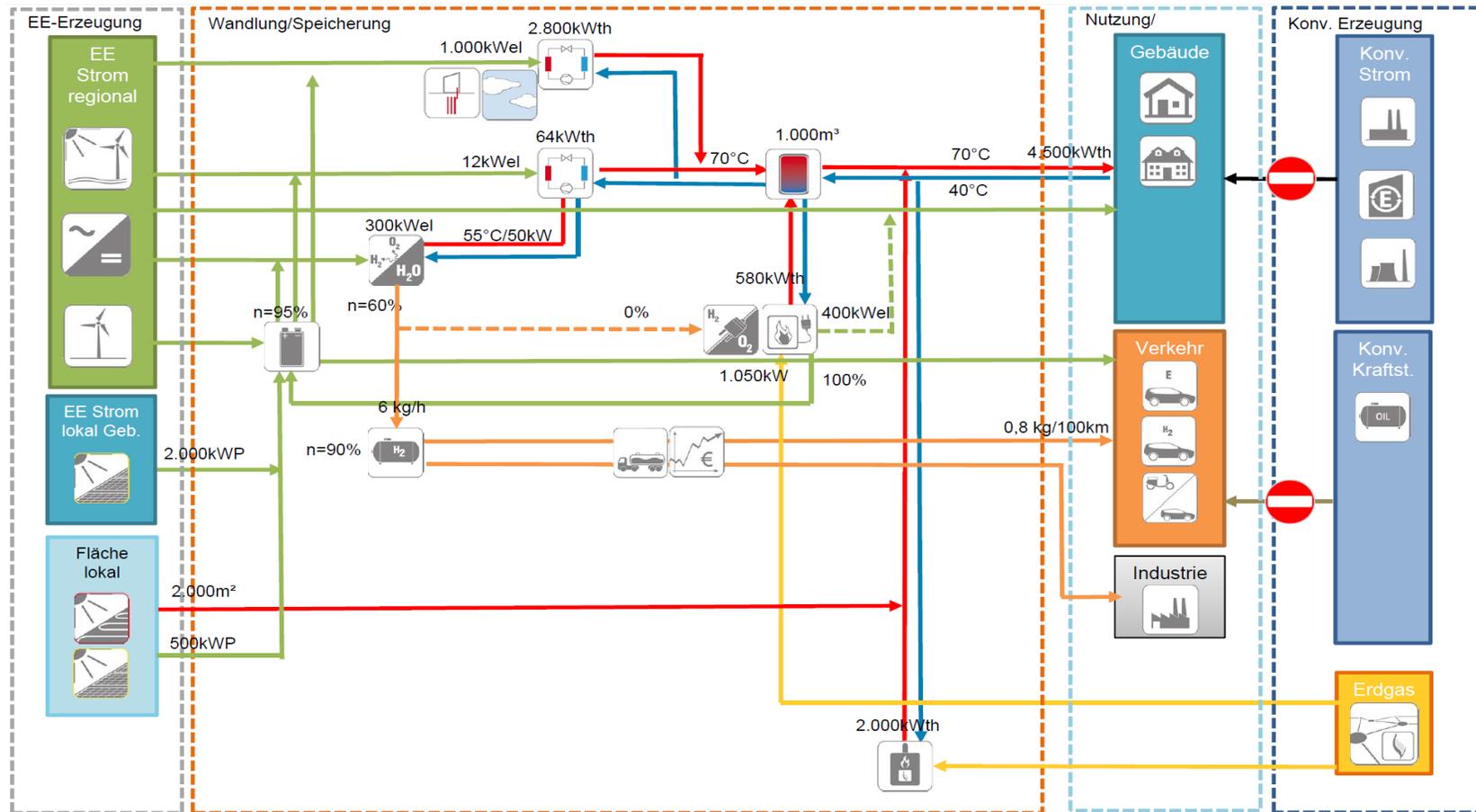
QUARREE100 – Umbau der Energieversorgung für den „Rüsdorfer Kamp“

- Ziel: Aufbau eines resilienten Energiesystems für ein Bestandsquartier mit geringen CO₂-Emissionen
- 2 km² Fläche, 400 Bewohner, 180 Häuser
- Private Haushalte, Mehrfamilienhäuser, Gewerbe- / Handel- / Dienstleistungsgebäude
- Energieverbrauch 2018: Wärme: 6400 MWh/a mit 1800 t CO₂/a, Strom: 1100 MWh/a mit 600 t CO₂/a, Mobilität: 2800 MWh/a mit 800 t CO₂/a (ca. 8 t/CO₂ pro Per.)



Luftbildaufnahme Wohnquartier „Rüsdorfer Kamp“ und Gebäudekartierung

Auslegung der multimodalen Energiezelle „Rüsdorfer Kamp“



Energie- und Stoffströme des Energiekonzeptes „Rüsdorfer Kamp“ mit Komponenten, Energie- und Stoffströmen ³⁾

Komponenten der multimodalen Energiezelle „Rüsdorfer Kamp“

- PV-Anlagen (mindestens 700 kWp auf 26 000 m² Bruttokollektorfläche, Privathaushalte und Gewerbebetriebe)
- Solarthermieanlage auf Freifläche (800 kWth, 2000 m²)
- Energiezentrale mit Großwärmepumpe (2000 kWth), Elektrolyseur (300 kW) mit Kleinwärmepumpe (64 kWth), BHKW (400 kWel), Gaskessel (2000 kW), Li-Io-Batteriespeicher (900 kWh)
- Wärmespeicher (Erdsondenspeicher mit 1.000 cbm)
- Zusätzliches Nahwärmenetz (70°, 4.600 m)
- Zusätzliches elektrisches Betriebsnetz für Energiezentrale (ca. 4.600 m)

Betriebsstrategien / Geschäftsmodelle für multimodale Energiezellen

Keine einheitliche Verwendung von Betriebsarten, Betriebsstrategien, Geschäftsmodellen, hier Orientierung an Smart Grid Geschäftsmodellen, siehe SmartRegion Pellworm ⁴⁾:

- marktorientierter Betrieb: Einsatz der Komponenten anhand der mit den Energieflüssen verbundenen Energiekosten und -vergütungen
- umweltorientierter Betrieb: Einsatz der Komponenten anhand der mit den Energieflüssen verbundenen CO₂-Emissionen (max. Eigenverbrauch aus Erneuerbaren)
- netzorientierten Betrieb: Einsatz der Komponenten zur Reduzierung von Regeleingriffen im überlagerten Verteil- und Übertragungsnetz (Reduzierung der Peakleistungen)
- kombinierter Betrieb: Einsatz anhand festgelegter Bearbeitungsreihenfolge, z.B. zunächst netzorientiert, dann umweltorientiert, dann marktorientiert

Zusammenfassung / Fazit zur Nutzung zellularer Energienetze

- Das Energiesystem kann in multimodale Energiezellen aufgeteilt werden, die Energie- und Stoffströme sowie Informationen austauschen.
- Jede Energiezelle verfügt über ein EMS, das den Energiefluss in der Zelle optimiert.
- Verschiedene Zellen können zu einer Zelle kombiniert werden, die über Ein- und Ausgangssignalen mit anderen Zellen interagieren.
- Die Energiesystemoptimierung durch multimodale Energiezellen erfolgt so dezentral wie möglich, es fasst dezentrale Energiezellen so zentral wie erforderlich zusammen.
- Durch den Bottom-Up-Umbau können bestehende Energiesysteme und Energienetze schrittweise in ein dezentrales, multimodales Energiesystem umgebaut werden.
- Die Gestaltung von Energiesystemen folgt unterschiedlichen Optimierungszielen. Das EMS muss die unterschiedlichen Betriebsstrategien/Geschäftsmodelle berücksichtigen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Quellen:

- 1) Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung Schleswig-Holstein: Erneuerbare Energien in Zahlen für Schleswig-Holstein, Versorgungsbeitrag in den Jahren 2006-2017, Kiel, 21.03.2019
- 2) ETG Task Force Grundsätzliche Auslegung neuer Netze: Speh, Rainer u.a. 2015. Der zellulare Ansatz - Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende. Frankfurt am Main : VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 2015.
- 3) Martin Eckardt: Festlegung der Maßnahmen und des Umfangs der Demonstrationsanwendungen im Projekt QUARREE100, Beschlussvorlage, 12.09.2019
- 4) Koopmann, Simon, Nicolai, Steffen und Schettler, Armin. 2014. Multifunctional Operation of a Virtual Power Plant in an Active Distribution Grid: Modelling Approaches and First Field Test Experiences from the Smart Region Pellworm Project. Istanbul : Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-; Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-, Power & Energy Society -PES-., 2014. S. S.1267-1272. ISBN: 978-1-4799-7721-5.