

*SmartRegion*  
Pellworm



## Dezentrale Energieversorgung am Beispiel der Insel Pellworm

Aktivitäten für eine stabile, nachhaltige und wirtschaftliche  
Elektrizitätsversorgung für Pellworm auf Basis erneuerbarer  
Energien mit einem hybriden Speichersystem

Prof. Dr.-Ing. Reiner Schütt, FHW

Smart-Grid-Workshop Braunschweig, 19.09.2012



Fraunhofer



GUSTAV KLEIN  
POWER SUPPLIES · since 1948

RWTHAACHEN



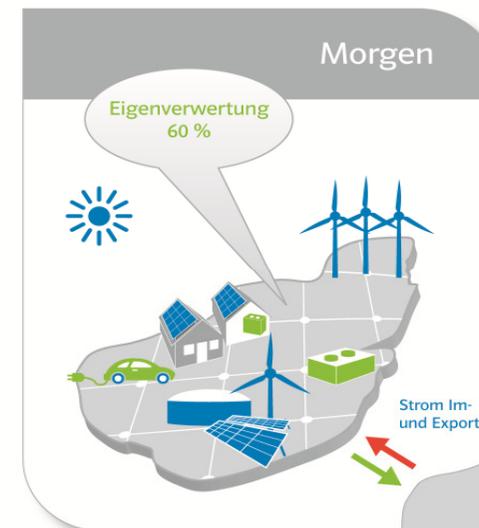
SAFT



Schleswig-Holstein  
Netz AG

# Agenda

- Motivation
- Rahmenbedingungen Pellworm
- Innovationsstudie Pellworm
- Umbau der Energieversorgung Pellworm
- Vorgehensweise



## Motivation

- Ausbau der erneuerbaren Energien <sup>1)</sup>:  
2010:  $P_{WEA} = 22,2\text{GW}$ ,  $P_{PV} = 17,3\text{GW}$   
2030:  $P_{WEA} = 67,2\text{GW}$ ,  $P_{PV} = 61,0\text{GW}$   
2050:  $P_{WEA} = 82,8\text{GW}$ ,  $P_{PV} = 67,2\text{GW}$
- Verhältnis nicht jederzeit einsetzbarer Leistung zu gesicherter Leistung <sup>1)</sup>:  
2010:  $61\text{GW} / 103\text{GW} \approx 1 / 1,7$   
2030:  $133\text{GW} / 84\text{GW} \approx 1 / 0,6$   
2050:  $153\text{GW} / 74\text{GW} \approx 1 / 0,5$
- Netzstabilität erfordert Deckung des Verbrauchs durch Erzeugung u. Speicher.
- Zusätzliche Regelleistung notwendig
- Zusätzlicher Netzausbau notwendig:  
HS-Netz :  $3.500 \text{ km}^2$  <sup>2)</sup>  
MS-Netz :  $55.000 - 140.000 \text{ km}^2$  <sup>3)</sup>  
NS-Netz :  $140.000 - 240.000 \text{ km}^2$  <sup>3)</sup>

<sup>1</sup> BMU Leitstudie 2011

<sup>2</sup> DENA Netzstudie II (2011)

<sup>3</sup> BDEW Gutachten Abschätzung des Ausbaubedarfs in deutschen Verteilungsnetzen aufgrund von Photovoltaik- und Windeinspeisungen bis 2020 (2011)

## Motivation

Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien umfasst der Umbau der elektrischen Energieversorgung folgende technische Aspekte:

Kraftwerksneubau

Netzausbau

Erzeugungsmanagement

Lastmanagement

Energiespeicher

Intelligente Netze

- hohe Investitionen, lange Plan- und Bauzeiten, fehlende Akzeptanz,
- hohe Investitionen, lange Plan- und Bauzeiten, mangelnde Akzeptanz,
- große Energieverluste, hohe Zusatzkosten und Verminderung der CO<sub>2</sub>-Reduktion,
- zur Zeit nur geringe und schwierig zu erschließende Potenziale,
- zusätzliche Verluste, Investitionen und Zusatzkosten, noch in der Entwicklung,
- neue Kommunikationsinfrastruktur/-standards, zusätzliche Investitionen, Datensicherheit

## Motivation

Folgende Herausforderungen ergeben sich für den Umbau der Energieversorgung:

- Beibehaltung der gewohnten Versorgungszuverlässigkeit und –qualität,
  - Berücksichtigung der Besonderheiten in Schleswig-Holstein mit Energie aus EE > Verbrauch (2011) und schon jahrelang engagierten Marktteilnehmern (Energieerzeuger, Kommunen, Netzbetreiber, Energieversorger und Verbraucher) und einer Vielzahl von Aktivitäten im Bereich Smart Grid,
  - Fortsetzung Ausbau EE-Anlagen, Ergänzung um zusätzliche Speicher und steuerbare Lasten,
  - Ersatz bisheriges Erzeugungsmanagement durch intelligentes Einspeise-, Speicher- und Lastmanagement,
  - Ersatz starrer Vergütungs- und Strompreismodelle durch marktorientierte, zeitvariable und flexible Modelle,
  - Ersatz bisheriger Organisationsstrukturen durch neue Organisationen.
- Projekt SmartRegion Pellworm im Rahmen der Speicherinitiative BMU u.a.

## Rahmenbedingungen Insel Pellworm

Lage im Weltkulturerbe Nationalpark Wattenmeer

Fläche: 37,44 km<sup>2</sup>

Einwohner: ca. 1100

Haushalte: ca. 720

Kreis: Nordfriesland, Gemeinde: Pellworm

Wirtschaft: Tourismus (ca. 2000 Betten)

Landwirtschaft (ca. 50 Landwirte)

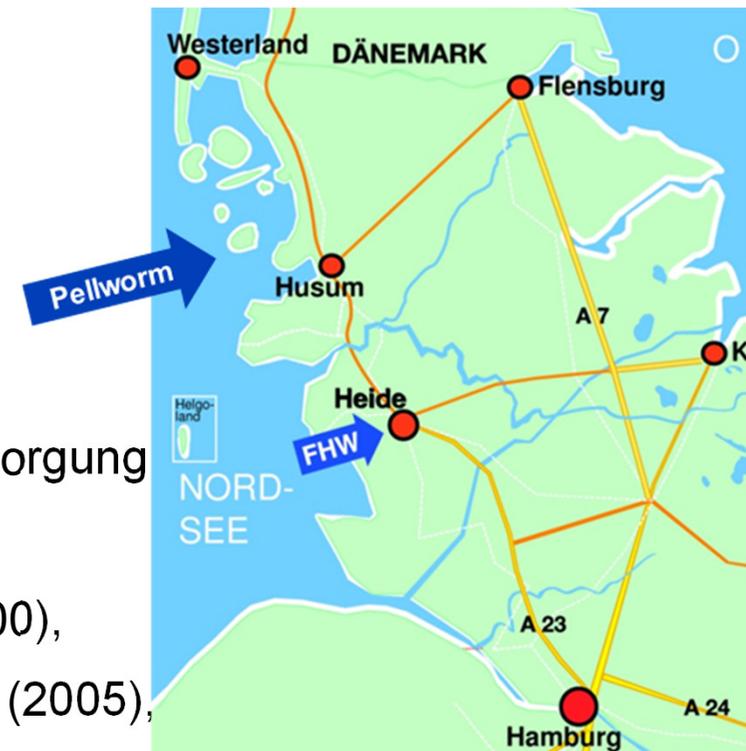
mit langer Tradition in der dezentralen Energieversorgung

Solkraftwerk (1983), Hybridkraftwerk (1989),

Bürgerwindpark (1989), Expo-Energiekonzept (2000),

Biogasanlage (2002), Erneuerung Hybridkraftwerk (2005),

Innovationsstudie Pellworm (FHW, 2011)



## Rahmenbedingungen Insel Pellworm

Anbindung: zwei 20kV-Seekabel,

Ortsnetzstationen: >50

Verbrauch: 7.100 MWh/a<sup>1</sup>

Erzeugung: 22.300 MWh/a<sup>1</sup>

100 Erzeugungsanlagen (PV, WEA, BGA),  
davon ein Hybridkraftwerk und ein  
Bürgerwindpark

Energieversorger: E.ON Hanse AG

Netzbetreiber: Schleswig-Holstein Netz AG

Hybridkraftwerk: E.ON Hanse Wärme GmbH

Bürgerwindpark: Bürger und Gemeinde

Biogasanlage: Privater Betreiber



<sup>1</sup> Innovationsstudie 2011

# Innovationsstudie: Erfassung Erzeugung und Verbrauch

- Erzeugung mit 22,3GWh/a > Verbrauch mit 7,1GWh/a
- großer Anteil Hybridkraftwerk an Erzeugung (6%)
- großer Anteil Nachtspeicherheizungen an Verbrauch (10%)

Energieträger	Anlagen-Anzahl	installierte elektrische Leistung in kW	Jahresenergieertrag in kWh
Windenergie	12	5.725	15.251.399
Solar	87	2.742	2.586.485
Biomasse	1	530	4.452.690
Summe		8.997	22.290.574

Energieträger	installierte elektrische Leistung in kW	Jahresenergieertrag in kWh
Windenergie Hybridkraftwerk	300	587.305
Solar Hybridkraftwerk	772	806.128
Summe Hybridkraftwerk	1.072	1.393.433

Lastprofil	Zähler-Anzahl	Jahresenergiebezug in kWh
Haushalt (H0)	731	3.274.702
Gewerbebetriebe (G0-G5)	185	1.179.462
Elektro-Heizung (E1-E2)	148	814.684
Sondervereinbarungen	57	1.498.144
Wärmepumpen (W1)	20	178.855
Landwirtschaft (L0-L1)	15	123.038
Summe	1.156	7.068.885

Energieerzeuger und Verbraucher Pellworm 2010 (eigene Darstellung)

## Innovationsstudie: Szenarien für Speicherauslegung

Für die Speicherauslegung sind drei Szenarien festgelegt:

- Szenario 1:
  - a) Speicher zur Begrenzung des Energieaustausches mit Festland und Vermeidung des Energiebezugs vom Festland (Rückspeisung von Energie aus EE in Richtung Festland möglich)
  - b) Wie 1a) mit Einbeziehung flexibler Lasten
  - c) kein Energieaustausch mit Festland, Bezug von Systemdienstleistungen vom Festland
  - d) Begrenzung des Energieaustausches gemäß maximal übertragbarer Leistung
- Szenario 2: Minimierung von Netzverlusten / Blindleistungskompensation
- Szenario 3: Direktvermarktung der EE

# Innovationsstudie: Auswahl Speicher

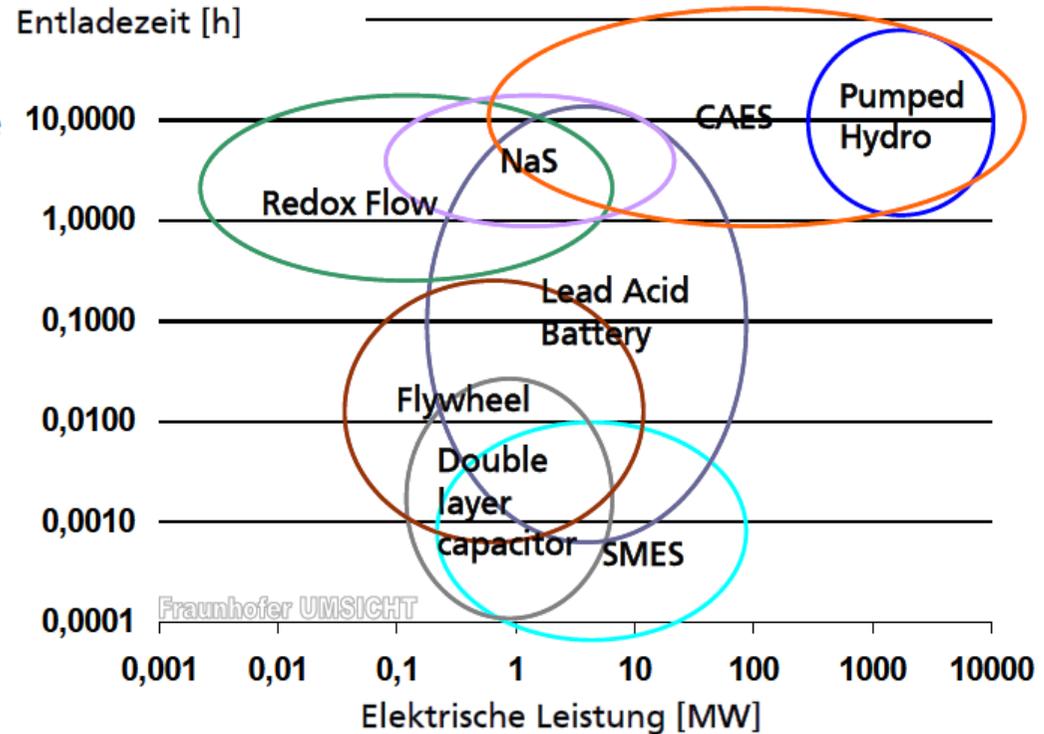
## Mittel-/Langfrist

- ▶ Pumpspeicherkraftwerke
- ▶ Druckluftspeicherkraftwerke
- ▶ Redox-Flow Batterien
- ▶ Bleibatterien

## Kurzfrist

- ▶ Bleibatterien
- ▶ Schwungradspeicher
- ▶ Kondensatoren
- ▶ Supraleitende Spulen

## Realisierte Anlagen



Quelle: Christian Doetsch, Fraunhofer Umsicht: Netzgebundene Speichertechnologien, E-World Essen 08.02.2011

Auswahlkriterien für Speicher: Leistung, Energie, Lade- und Entladezeit, Wirkungsgrad, Verfügbarkeit, Umweltverträglichkeit, Kosten, Akzeptanz

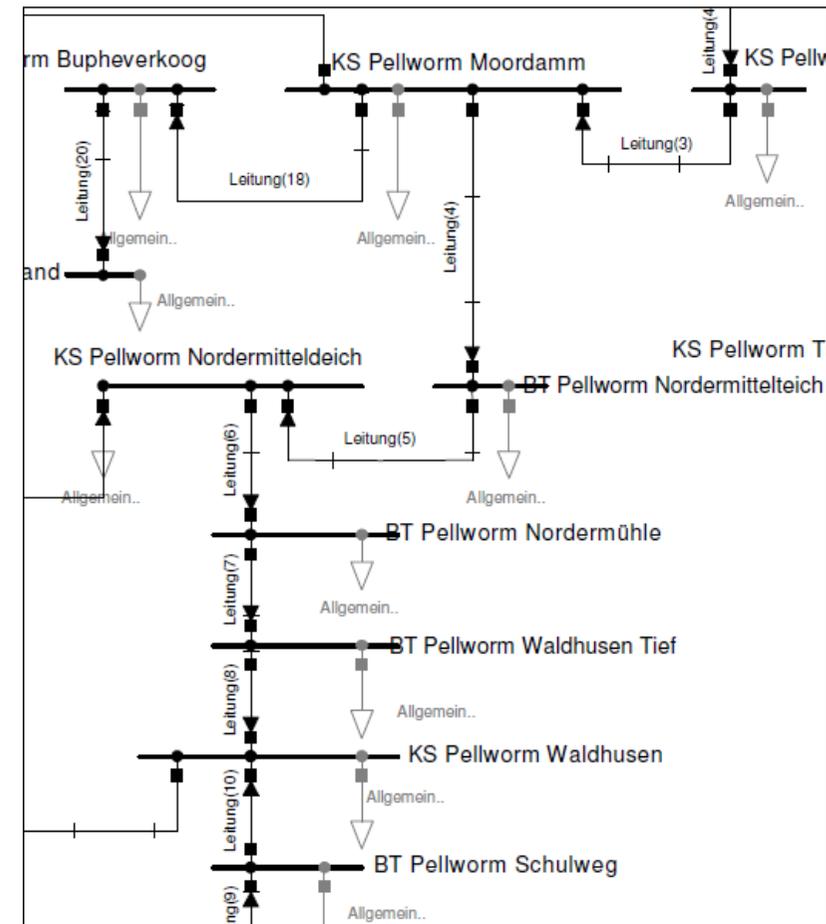
## Innovationsstudie: Speicherauslegung Szenario 1

Optimierungsmodell	Speicherparameter	Energiebezug in [MWh]
Referenz	-	336,51 (5%)
sehr große RFB	800 kW / 8000 kWh, Eta = 0,64	64.81
große RFB	400 kW / 4000 kWh, Eta = 0,64	130.37
kleine RFB	400 kW / 1100 kWh, Eta = 0,64	211.29
kleine LIB	400kW / 1000 kWh, Eta = 0.81	206.77
Große RFB mit NSH	400 kW / 4000 kWh, Eta = 0,64	81.31
Moderate RFB mit NSH	800 kW / 8000 kWh, Eta = 0,64	29.19 (0,5%)
Kleine RFB mit NSH	400 kW / 1100 kWh, Eta = 0,64	137.70
kleine LIB mit NSH	400kW /1000 kWh, Eta = 0.81	135.28

- Kombination von Speichern moderater Größe und flexiblen Lasten verringert Energiebezug vom Festland um bis zu 90% -

# Innovationsstudie: Überprüfung der Netzeigenschaften

- Nachbildung von Erzeugern und Verbrauchern auf Basis von vorhandenen Zeitreihen unter Beachtung langjähriger Einflüsse (meteorologische Daten) und der Lastprofile
- Umsetzung des Netzbildes Pellworm in Berechnungsumgebung (Digsilent)
- Festlegen von Zielszenarien zur Speicherauslegung unter Berücksichtigung der Bewertung von Speichertechnologien
- Berechnung von Restlasten und Spannungsverhältnissen

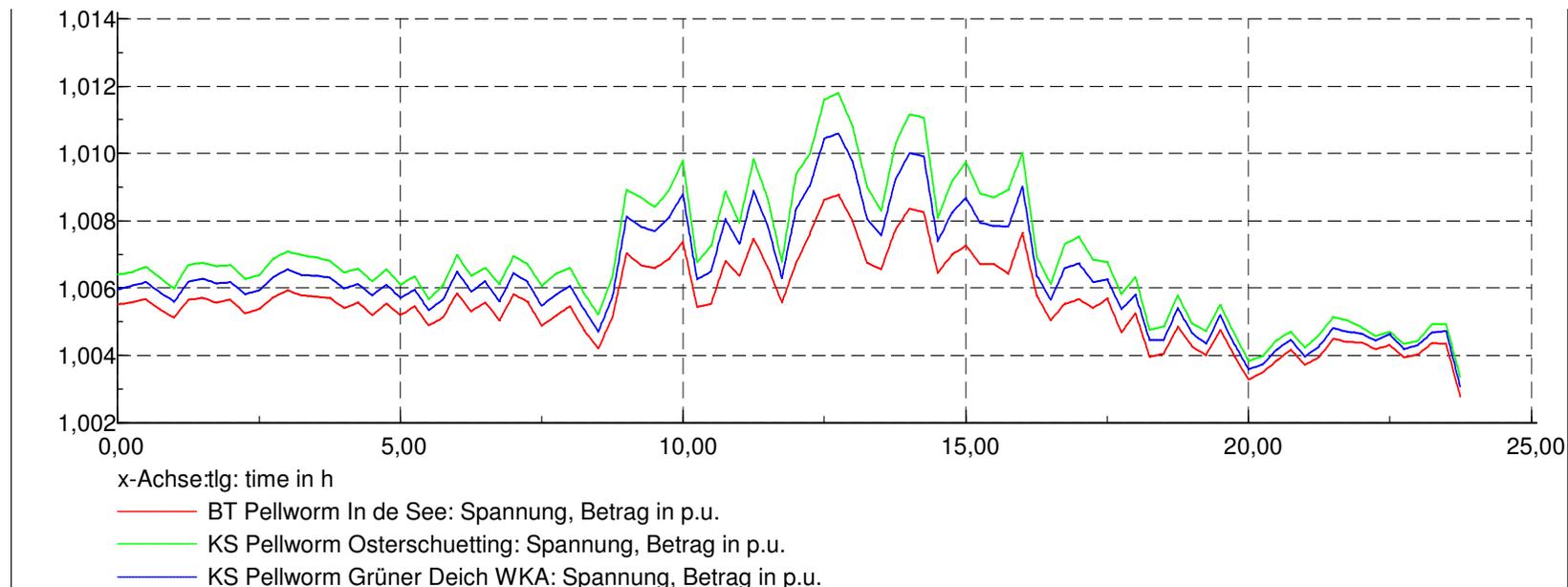


Ausschnitt Netzbild Pellworm (Quelle: AST-IOSB)

## Innovationsstudie: Ergebnisse Szenario 2

Spannungs- und Leistungsverläufe am Netzmodell Pellworm mit Speicher zeigen:

- keine unzulässig großen Spannungsänderungen im MS-Netz,
- Standort des Speichers frei wählbar.



relativer Spannungsverlauf über einen Tag bei extremen Einspeise- und Entnahmesituationen = Tagesgang der Mittelspannung Pellworm (AST-IOSB)

# Innovationsstudie: Vorschlag für automatisiertes Verteilnetz

Legende:

NLS = Netzleitsystem

MS = Mittelspannung

ZS = Zentralstation

UW = Umspannwerk

MSE = Mess- und Steuereinrichtung

ÜS = Übergabestation

WD = Wetterdaten

DEMS = Dezentrales Energiemanagementsystem

DK = Datenkonzentrator

ME = Messeinrichtung

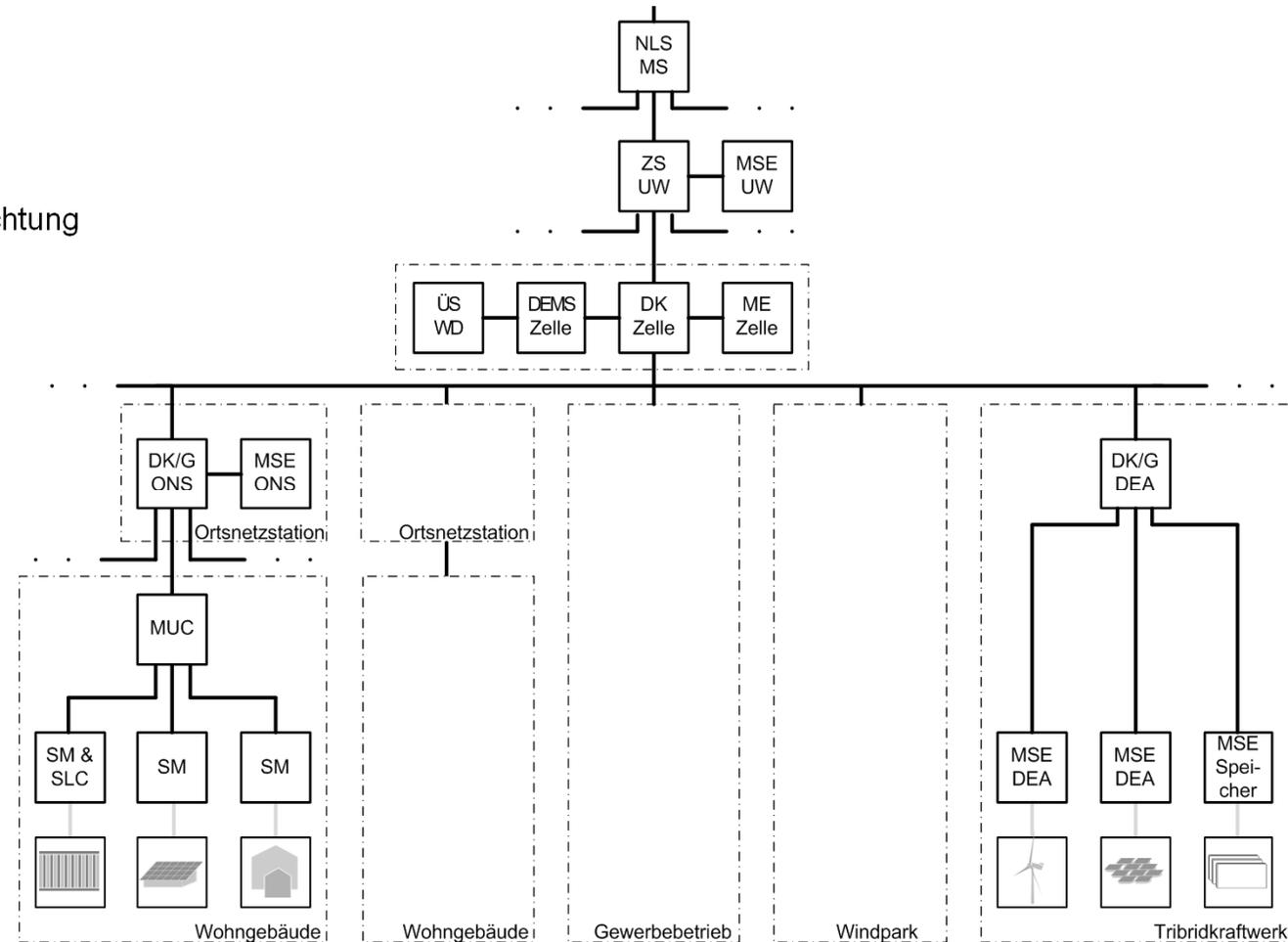
DK/G = Datenkonzentrator mit Gateway

ONS = intelligente Ortsnetzstation

MUC = Multi-Utility-Communication

SM = Smart Meter

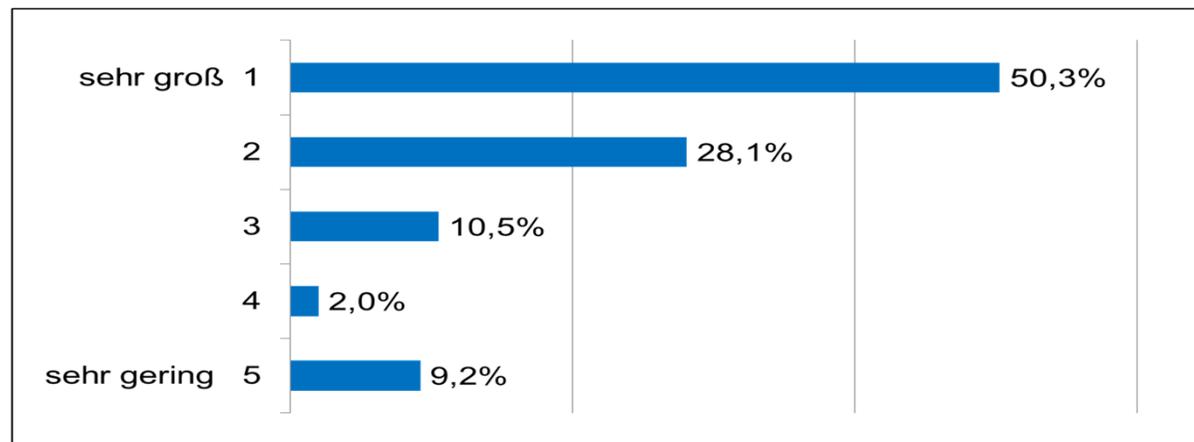
DEA = Dezentrale Erzeugungsanlagen



## Innovationsstudie: Bürgerbefragung Pellworm

Wie groß ist Ihre Bereitschaft, Maßnahmen zum Aufbau eines intelligentes Stromnetzes in Kauf zu nehmen?

Wesentlich mehr als zwei Drittel der Haushalte bewerten den Ausbau der erneuerbaren Energien für sehr sinnvoll. Sie fühlen sich durch die vorhandenen Erzeugungsanlagen nicht gestört und sehen auch den Ausbau des Stromnetzes als sinnvoll an.



Auswertung der Fragebögen und Interviews von 165 Haushalten

## Innovationsstudie: Bürgerbefragung Pellworm

Insgesamt ergeben sich folgende Aussagen:

- Die Bewohner Pellworms begrüßen grundsätzlich den Umbau der elektrischen Energieversorgung.
- Smart-Metering-Eigenschaften sind bekannt und werden positiv bewertet.
- Die Bewohner haben Interesse am Ausbau der IKT-Infrastruktur, allerdings möchte nur eine Minderheit dafür auch bezahlen.
- Mit zunehmendem Alter nimmt die Bereitschaft ab, in eine schnelle Internetverbindung zu investieren und dafür monatlich zu bezahlen.
- Die Bereitschaft zur Verwendung eines Elektrofahrzeuges ist überraschend groß.

## Innovationsstudie: Kernaussagen

- Durch Integration eines mittelgroßen Speichers und Einbeziehung von flexiblen Lasten lässt sich der Energiebezug vom Festland deutlich verringern. Eine autarke Insel führt zu unwirtschaftlichen Speichergrößen.
- Ein Kern-Smart-Grid-Pellworm sollte das Hybridkraftwerk, zusätzliche RFB- und LIB sowie die Steuerung von der Elektroheizungen umfassen.
- Die Speicher können beim Hybridkraftwerk angeordnet werden, der Ausbau des Verteilnetzes auf Pellworm ist dafür nicht erforderlich.
- Das Verteilnetz muss automatisiert werden, der Ausbau der Infrastruktur ist notwendig (insbesondere Kommunikationsmittel und neue Ortsnetzstationen).
- Mit dem Kern-Smart-Grid ist eine Entlastung der Netzstruktur auf Pellworm und der vorgelagerten Netze möglich.
- Pellworm ist aufgrund der Infrastruktur und Akzeptanz besonders gut zum Aufbau eines Smart-Grid geeignet und kann daher ein Modell für die zukünftige Energieversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien werden.

## Umbau der Energieversorgung: Konsortium und Aufgaben

Partner	Projektschwerpunkte
E.ON New Build and Technology	Projektplanung und -management, Redox-Flow-Batterie
E.ON Hanse AG	Projektumsetzung, IKT-Infrastruktur, Betrieb
Fachhochschule Westküste	Kundenverhalten, Technologieakzeptanz, Übertragbarkeit in die Regionen
Fraunhofer IOSB-AST & Umsicht	Netzmodellierung und Berechnung und Energiemanagementsystem
Gustav Klein GmbH	Leistungselektronik für Energiespeicher
Saft Batterien GmbH	Li-Ionen Batterie
RWTH Aachen	Wissenschaftliche Gesamtbewertung, volkswirtschaftliche Auswirkungen



## Umbau der Energieversorgung: Projektinhalte

- Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb einer LIB ( $560\text{kW}_{\text{Lade}}$ ,  $1,1\text{MW}_{\text{Entl}}$  /  $560\text{kWh}$ ) und einer RFB (geplant  $200\text{kW}$  /  $1,2\text{MWh}$ ) auf dem Gelände des Hybridkraftwerks mit der zugehörigen leistungselektronischen Ein- und Rückspeiseeinheit
- Motivation und Ausrüstung von Verbrauchern (insbesondere mit Elektrospeicherheizung) mit Leistungsmessgeräten und mit Smart-Metern inklusive Steuerung
- Erfassung und Analyse der Verbrauchs- und Erzeugerportfolios als Minutenwerte
- Automatisierung der Ortsnetzstationen und Anbindung der steuerbaren Erzeuger und Verbraucher an Netzleitsystem, Aufbau neue Kommunikationsinfrastruktur
- Aufbau und Inbetriebnahme des Energiemanagementsystems für den netzparallelen Betrieb von Hybridkraftwerk, Speicher und Nachtspeicherheizungen
- Ermitteln und Umsetzen der optimalen Fahrweisen der Systemkomponenten nach ausgewählten Strategien
- Auswerten des Betriebes und Bewerten der Vermarktungsmodelle und des Einflusses von Tarifsignalen

## Umbau der Energieversorgung: Erste Schritte

- Datenschutzvereinbarung
- Genehmigungsplanung und Bauvorbereitung Speicher (Flächenplanung, Bodengutachten, Erdung, Blitzschutz, Arbeitssicherheit, Dienstbarkeiten, Grundstücksnutzung)
- Vertragsgestaltung zur Teilnahme am SmartRegion Pellworm (Rechtssicherheit)
- Teilnehmerakquise (Mindestanzahl Elektrospeicheröfen und Smart Meter)
- Festlegung Fahrweise Batterien für Energiemanagementsystem
- Automatisierung Ortsnetzstationen
- Beschreibung Geschäftsmodelle
- Installation vorläufiger Kommunikationslösungen (GSM = Funknetz)

## Umbau der Energieversorgung: Beispiel Pellworm

- SmartRegion Pellworm = Baustein im Umbau der Energieversorgung
- Vorstudie 2011
- Aktivitäten seit 2012
- Inbetriebnahme ab 2013
- Betriebsergebnisse bis 2015



Besuchen Sie Pellworm: E.ON-Besucherzentrum am Hybridkraftwerk,  
In de See, Pellworm