Der Zellulare Ansatz – Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende











# Entwicklung der elektrischen Energieversorgung

### Zeitstrahl

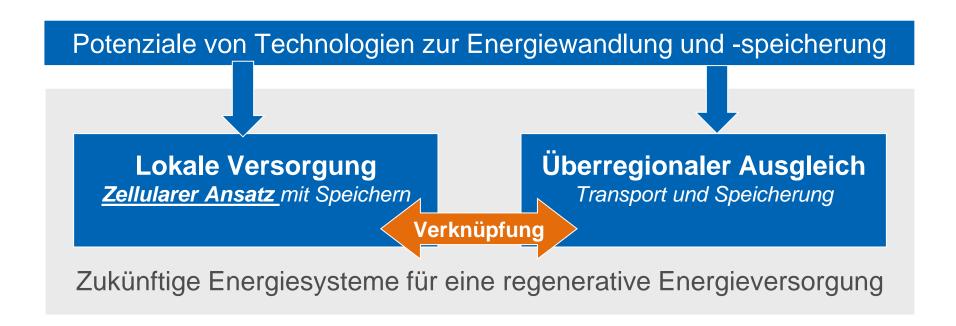
### Zentralisierung des Systems 2016 dezentrale Licht- & überregionale Zukunft der **Energiewende Stromnetze** Elektrizitätswerke **Energienetze?** Beginn mit Beleuchtung weitere Anwendungen Änderung der Erzeugung ? Smart Grid Zubau Onshore WEA, PVA ? HVDC meist Gleichspannung AC-Drehstromsystem kleine Kraftwerke in Städten Großkraftwerke Erste Offshore WFA ? Overlay-Netz Europäisches Verbundsystem "Kleinstaaterei" Netzentwicklungspläne ? SuperGrid Liberalisierung verschiedenste Betriebsmittel ? Desertec Normung

Fotos: vlnr. 1 bis 3: SLUB Dresden/Deutsche Fotothek, Franz Stoedtner / 4 bis 8 © Fotolia.com 4: Digitalpress 5: Franz Metelec 6: Yauhen Suslo 7: Andrew Orlemann 8: focus finder



# Zielsetzung der Taskforce

Wie sieht eine moderne Energieversorgung aus, wenn man unter Beachtung der neuen Anforderungen, aber auch unter Verwendung richtungsweisender Technologien die Struktur völlig neu konzipieren könnte?





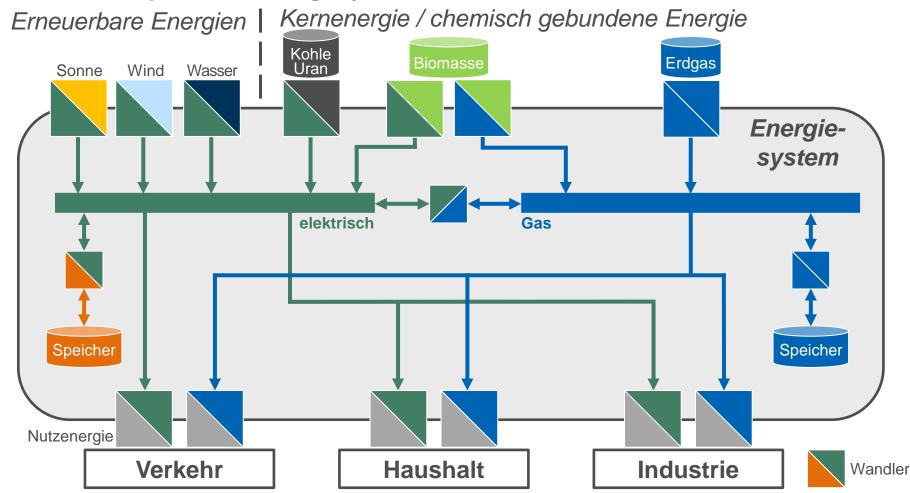
### Inhalt

- Technologiesteckbriefe
  - Wandler und Speicher im Energiesystem
  - Charakterisierung
  - Beispiele
- Zellularer Ansatz
  - Idee
  - Übersicht Energiezellen
  - Vorgehensweise am Beispiel der Energiezelle (EZ) Haushalt
  - Ergebnisse
- Energetische Betrachtungen
  - Annahmen für Verbrauch: Endenergiebedarf nach Anwendungsbereichen
  - Annahmen für Erzeugung: Installierte Leistung, Volllaststunden und Ertragspotenziale
- Überregionaler Energieausgleich
  - Methodik
  - Annahmen
  - Ergebnisse: Energieausgleich und Übertragungskorridore
- Zusammenfassung



# Technologiesteckbriefe

# Wandler und Speicher im Energiesystem





# Technologiesteckbriefe

### Charakterisierung

# Energie zuführende Wandler (Erzeugung)

- Führen dem System Energie zu
  - Bezugsenergie: Erneuerbare Energien (Wind, Sonne), fossile Energie (Kohle, Erdgas)
  - · Zielenergie: Elektrizität, Gas, Wärme
- ⇒ Beispiele: Windkraftanlagen, Photovoltaik-Anlagen, Großkraftwerke, BHKW

# **Energie konditionierende Wandler**

- Führen Wandlung von einer in eine andere Energieform im System durch
  - · Bezugs- bzw. Zielenergie: Elektrizität, Gas
- ⇒ Beispiele: Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Transformatoren

# Energie abführende Wandler (Lasten)

- Entnehmen dem System Energie
  - Bezugsenergie: Elektrizität, Gas
  - Zielenergie: Nutzenergie z.B. Licht, mechanische Energie, Wärme, Kälte
- ⇒ Beispiel: Wärmepumpen, Motoren

### **Energie-Speicher**

- Vorhaltung von Energie für Zeiten geringer regenerativer Erzeugung
  - · Bezugs- bzw. Zielenergie: Elektrizität, Gas
- ⇒ Beispiele: Batterien, Pumpspeicherkraftwerke, Gasspeicher

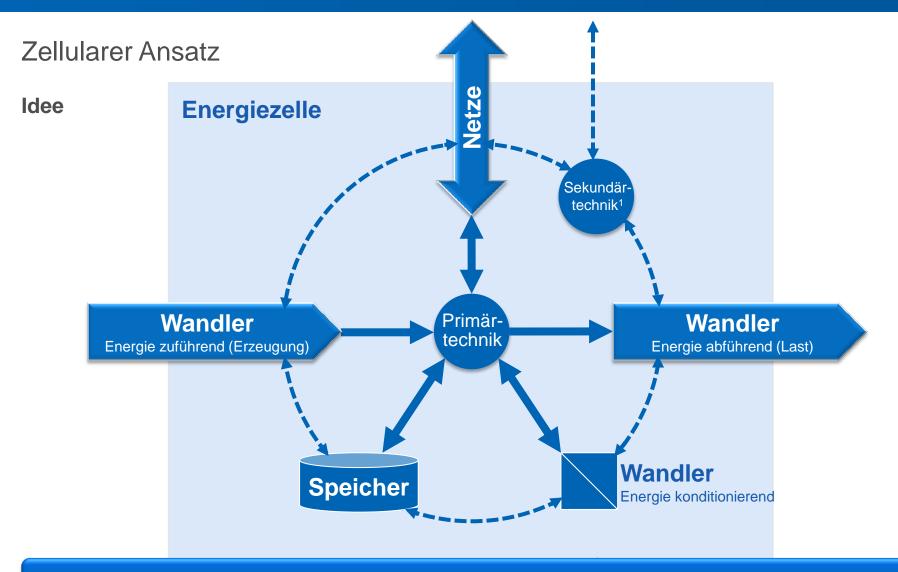


# Technologiesteckbriefe

# Beispiele

Klasse	Energie zuführende Wandler	Energie konditionierende Wandler	Energie-Speicher
Тур	Photovoltaik-Anlage	Power to Gas: Elektrolyseur	Lithium-Ionen-Batterie
	Mono-/ polykristallines Silizium Dünnschichtzellen 		Lithium-Eisenphosphat Lithium-Titanat 
Bezugsenergie	Sonnenlicht	Elektrizität	Elektrizität
Zielenergie	Elektrizität	Wasserstoff H2	Elektrizität
Wirkungsgrad	5% – 20%	75%	Laden/Entladen: 97%, Umrichter: 99%
	Weiterentwicklung: 40%	Ziel: >80%	Gesamt: 92%
Leistungsklasse (bei Speicher auch Energie)	100 W – MW	kW – MW	0,02 kW – 2 MW
			0,01 kWh – 1 MWh (beliebig skalierbar)
Flexibilität des Anschlusses	ele: Umrichter	ele: gut Gas: H2-Anteil (lokal begrenzt)	AC, DC, U, f (abhängig vom Umrichter)





Ziel: Ausgleich von Erzeugung und Last auf der niedrigsten möglichen Ebene



# Zellularer Ansatz ... aus Zellen gebildet

Zelle (Biologie) ... kleinste lebende Einheit in einem pflanzlichen oder tierischen Lebewesen Energiezelle ... Ausgleich Erzeugung und Last auf der niedrigsten möglichen Ebene

# **Dezentralisierung**

- Energieausgleich auf niedrigster Ebene
- ? Was ist die niedrigste Ebene

# Intelligente Systeme

- Steuerung auf niedrigster Ebene
- ? Wie/was wird gesteuert/optimiert?

# Vernetzung

- Energie und Information
- ? Energieträger, AC|DC, CH<sub>4</sub> | H<sub>2</sub>, Spannungs-|Druckebene
- ? Datenaustausch und Sicherheit

# Gesamtsystem

- ? Verantwortung
- ? Versorgungssicherheit
- ? Marktdesign



### Zellularer Ansatz

# Übersicht Energiezellen

### Haushalt

- Typen von Energiezellen
  - Einfamilienhäuser
  - Reihenhäuser
  - Mehrfamilienhäuser
  - Blockbebauung
  - Hochhäuser

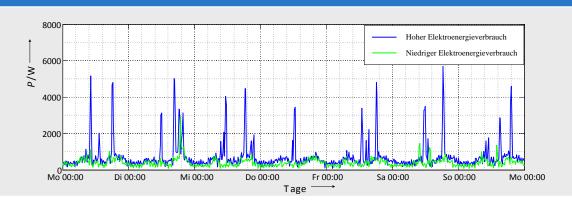
### Gewerbe-Handel-Dienstleistungen

- Typen von Energiezellen
  - Gewerbeunternehmen
  - Handel (z.B. Supermarkt)

### Industrie

- Typen von Energiezellen
  - kleine Industriebetrieb
  - Industriegebiet
  - Industriepark

### **Energetische Simulation für ein Jahr**



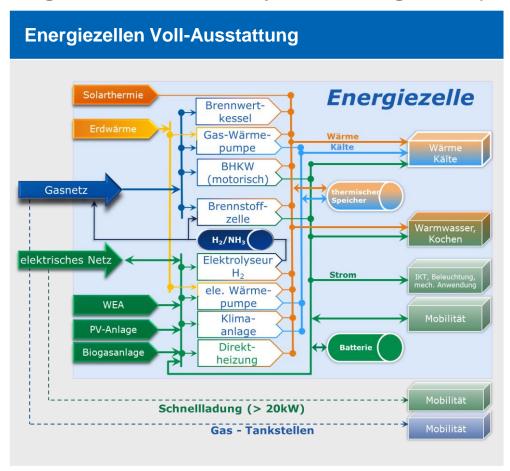
### **Bilanzielle Betrachtungen**

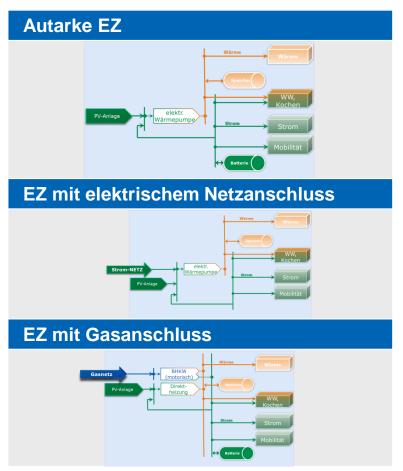
- sehr individuelle Anforderungen verschiedener Industrien an Energie
- keine allgemeingültigen Aussagen möglich
- umfangreiches Portfolio an einsetzbaren Technologien



# Zellularer Ansatz

### Vorgehensweise am Beispiel der Energiezelle (EZ) Haushalt







### Zellularer Ansatz

### **Ergebnisse**

### Haushalt

- Autarke EZ
- Autarkie nur bei Einfamilienhäusern und Reihenhäusern möglich
- Reduzierte Versorgungssicherheit bei keinem Netzanschluss
- EZ mit elektr. Netzanschluss
- Erhöhung der Anforderungen durch Elektromobilität,
  Wärmepumpen, EE-Anlagen
- netzdienliches Lastmanagement kann Netze entlasten
- EZ mit Gasnetzanschluss
- Rückspeisefähigkeit
- · flexible Gaszusammensetzung

### Gewerbe-Handel-Dienstleistungen

- Autarke EZ
- · Autarkie kaum möglich
- EZ mit elektr. Netzanschluss
- Erhöhung der Anforderungen durch Elektromobilität,
  Wärmepumpen, EE-Anlagen
- EZ mit Gasnetzanschluss
- Rückspeisefähigkeit
- flexible Gaszusammensetzung

### Industrie

- Autarke EZ
- Autarkie nicht möglich
- EZ mit Netzanschlüssen
- Verfügen über mehrere Netz-Anschlüsse
- benötigen immer eine externe Energiezufuhr

Ergebnisse zeigen Erfordernisse für überregionalen Energieausgleich



# Energetische Betrachtungen

### Annahmen für Verbrauch: Endenergiebedarf nach Anwendungsbereichen

Anwendung	<i>E</i> <sub>2013</sub> in TWh/a	Reduzierung	E <sub>An</sub> in TWh/a
mechanische Energie	924	-40%	554
Raumwärme	627	-80%	125
sonstige Prozesswärme	550	-25%	413
Warmwasser	124	-25%	93
sonstige Prozesskälte	45		45
Beleuchtung	89	-50%	45
IKT	61		61
Klimakälte	9		9
Summe Endenergie	2.420		1.335

Ziel ist es 600 TWh/a bis 700 TWh/a der Endenergie durch elektrische Energie aus erneuerbaren Energieträgern bereitzustellen!



# Energetische Betrachtungen

### Annahmen für Erzeugung: Installierte Leistung, Volllaststunden und Ertragspotenziale

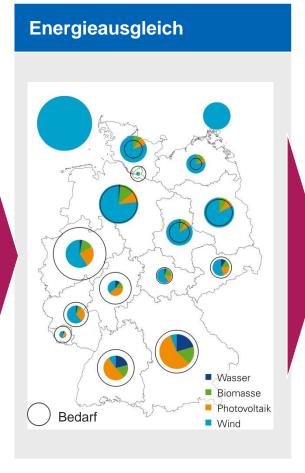
Erneuerbare Energien	P <sub>inst An</sub> in GW	t <sub>voll</sub> in h/a	E <sub>An</sub> in TWh/a
Offshore WEA	1050	4.500	45225
Onshore WEA	150250	1.500	225375
Photovoltaik-Anlage	100200	1.000	100200
Biomassekraftwerke	10	6.000	60
Wasserkraftwerke	6	5.000	30
Summe EE-Anlagen	276516		460890

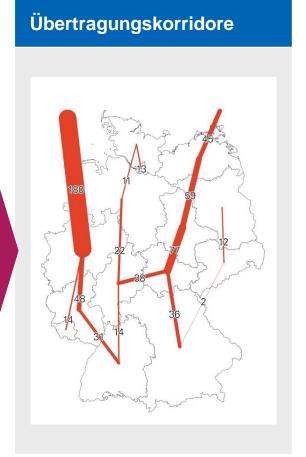
Die notwendige zu installierende Leistung entspricht etwa dem **Drei- bis Sechsfachen** der heutigen Spitzenlast von rd. 80GW!



### Methodik

# Verbindungskorridore







### **Annahmen**

### **Allgemeine Annahmen**

- Betrachtungszeitraum: 1 Jahr es wird nur die Energie bilanziert
- Betrachtungsbereich: Deutschland aufgeteilt in 16 Regionen
- 700 TWh/a elektrische Energie aus erneuerbaren Energieträgern
- Keine Aussagen zu Energieformen oder Energieübertragungssystemen bzw. Leistungsanforderungen

### **Ansatz A**

- Weiterschreibung des EE-Zubaus an PV-Anlagen und Onshore WEA
- Skalierung von PV und Onshore WEA anhand der Verteilung der Anlagen in 2011
- Massiver Zubau an Offshore WEA (225 TWh/a)

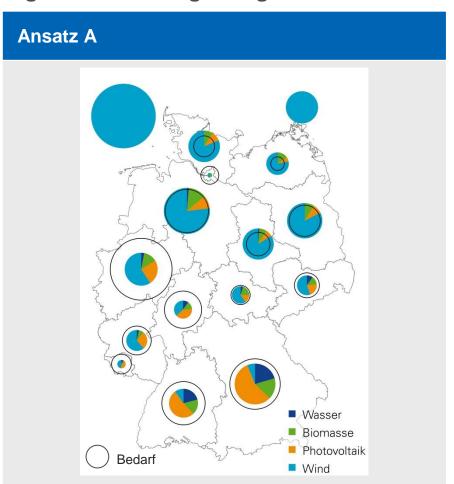
Nordsee: 40 GWOstsee: 10 GW

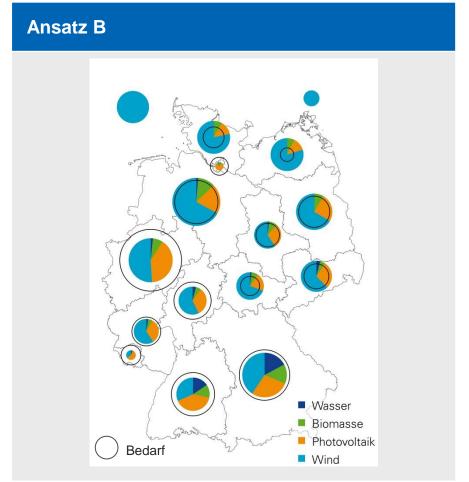
### **Ansatz B**

- Verbrauchernaher EE-Zubau an PV-Anlagen und Onshore WEA
- Zubau von PV-Anlagen und Onshore WEA anhand der potenziell nutzbaren Flächen
- Moderater Zubau an Offshore WEA (56,25 TWh/a)
  - Nordsee: 10 GW
  - Ostsee: 2,5 GW



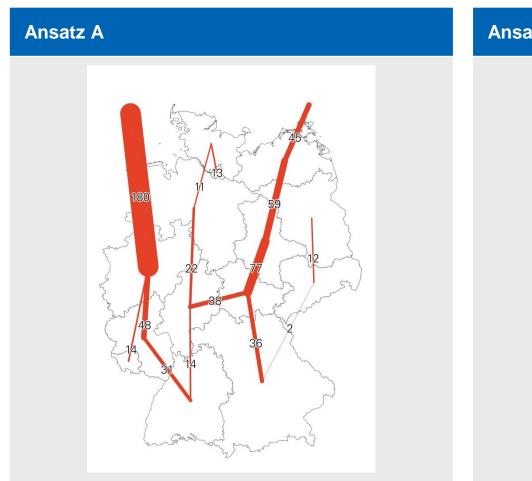
# Ergebnisse – Energieausgleich

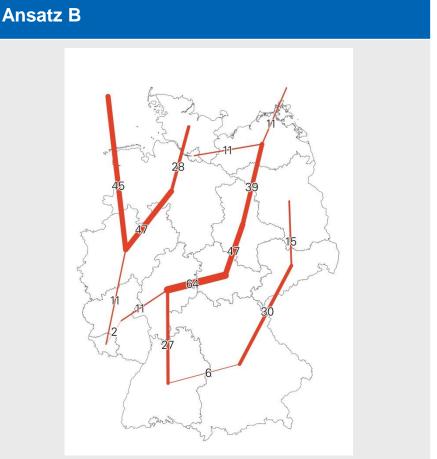






# Ergebnisse – Übertragungskorridore (in TWh/a)







# Zusammenfassung

# Schlussfolgerungen – Der Zellulare Ansatz ...

- Vision für eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung
- Technische Innovation und Motor für eine elektrische Energieversorgung aus erneuerbaren Energieträgern
- Förderung der Konvergenz zwischen Energieträgern
- Basis für eine nachhaltige Akzeptanz der Energiewende
- Motor für wirtschaftliches Wachstum und neue Marktmodelle
- Ermöglicht die Reduzierung der Energieübertragung

# Handlungsempfehlungen



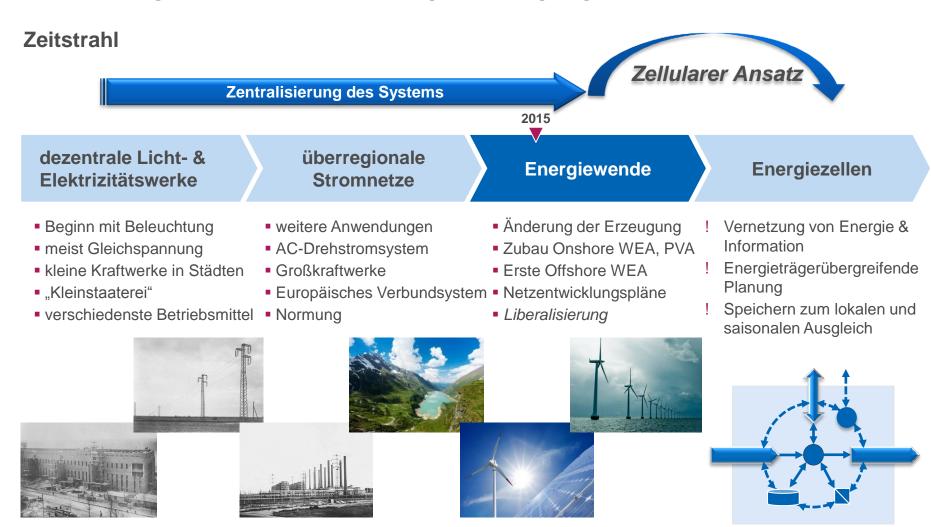
# Zusammenfassung

# Handlungsempfehlungen

- 1. Entwicklungspläne für zukünftige Energienetze in allen Ebenen müssen sämtliche Energiearten wie Strom, Gas, Wärme etc. berücksichtigen.
- 2. Die Entwicklung von Speichertechnologien in einem großen Energiespektrum muss weiter unterstützt werden, um die Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem voranzubringen.
- 3. Die Entwicklung von Technologien zur effizienten Wandlung muss gefördert werden, um die Vorteile verschiedener Energieformen zu nutzen.
- 4. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um bei einer Umsetzung des Zellularen Ansatzes inklusive der Entscheidungsfreiheiten auf Zellebene Fragen der Verantwortung für Planung und Betrieb des Gesamtsystems zu klären.
- 5. Vorgeschlagen werden Felderprobungen zur Machbarkeit des Zellularen Ansatzes.



# Entwicklung der elektrischen Energieversorgung



Fotos: vlnr. 1 bis 3: SLUB Dresden/Deutsche Fotothek, Franz Stoedtner / 4 bis 8 @ Fotolia.com 4: Digitalpress 5: Franz Metelec 6: Yauhen Suslo



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

VDE – Netzwerk Zukunft

### **Ihr Ansprechpartner:**

Energietechnische Gesellschaft

Phone: +49 69 6308 346

etg@vde.com