

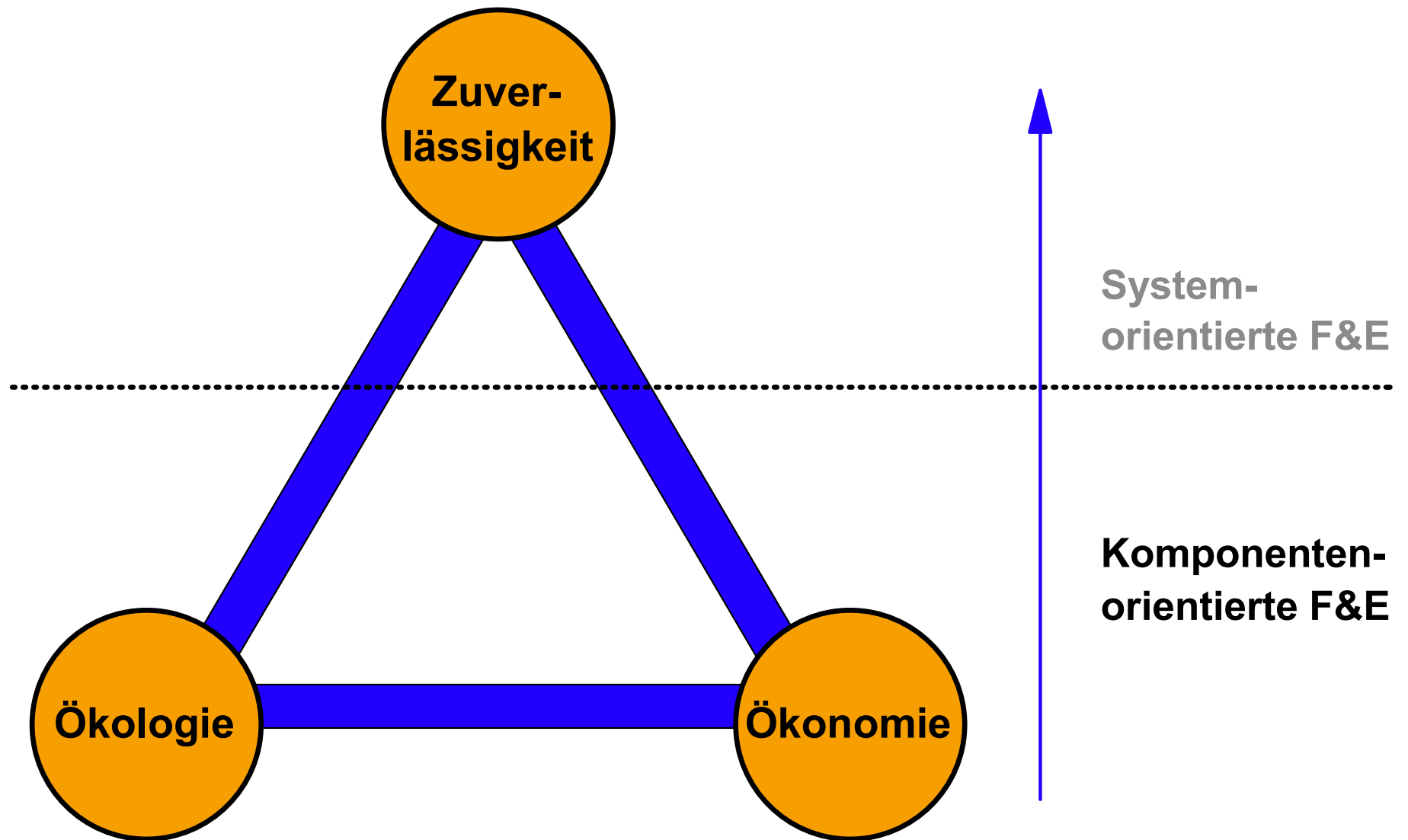
Forschung und Entwicklung für die Energieversorgung der Zukunft

Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartkopf

18.02.2009



Grundsätze der Energieversorgung



F&E-Bereiche in der Stromerzeugung:

Erzeugung regenerativ:

- **Windenergie**
- **Wasserkraft**
- **Solartechnik**
- **Bioenergie**
- **Abfälle**
- **Geothermie**
- **Meeresenergie**
- **Niedrigtemperatur-Stromerzeugung**
- **...**

fossile Erzeugung CO₂-arm:

- **Kohlekraftwerke**
 - ▶ **hoher Wirkungsgrad**
- **Erdgas**

fossile Erzeugung CO₂-frei:

- **Kohlekraftwerke**
 - ▶ **CCS-Technologie**
- **Kernenergie**
 - ▶ **Kernspaltung**
 - ▶ **Kernfusion**

F&E-Bereiche in der Stromanwendung:

Rationelle Prozesse:

- **Kraft-Wärme-Kopplung**
- **Wärmepumpen**
- **Wasserstofftechnologie**
 - ▶ **Brennstoffzellen**
 - ▶ **Elektrolyseure**
- **Elektromobilität**
- **Supraleitung**
- **Flüssige Brennstoffe aus Niedrigenergie-Brennmaterialien**
- **Beleuchtung**
- **Antriebssteuerung**
- **Energieeinsparung**
 - ▶ **Zertifizierung von Geräten**
- **...**

F&E-Bereiche in der Stromanwendung:

Speichertechnologien:

- **chemische Speicherung**
 - ▶ **Batterien, Brennstoffzellen, ...**
- **mechanische Speicherung**
 - ▶ **Pumpspeicher, Schwungrad, Druckluftspeicher...**
- **elektrische Speicherung**
 - ▶ **Kondensatoren, Supraleiter, ...**
- **Wärmespeicher**
 - ▶ **Anwendung für Solarthermie, Druckluftspeicher ...**

Elektromobilität:

- **Brennstoffzellen-Fahrzeuge**
- **Hybrid-Fahrzeuge**
- **plug-in Hybrid-Fahrzeuge**
- **reine Elektrofahrzeuge**

Weitere F&E-Bereiche

Industrie, Handel und Gewerbe

- Antriebstechnik
- Prozesswärme
- Abwärmenutzung
- ...

Verkehr

- Fahrzeugentwicklung
- Reduzierung Mineralölbedarf
- ...

Klimatisierung in Gebäuden

- Wärmedämmung
- Raumwärme
- Wärmepumpen
- Kältetechnik
- Solar- und Erdwärme
- ...

Klimaforschung

Perspektiven der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

- **Erneuerbare Energien können nennenswerte Beiträge zur Stromversorgung leisten**
- **die Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren ist aber immer noch unzureichend**
- **zur Begrenzung der volkswirtschaftlichen Kosten müssen Erneuerbare Energien in das Marktgeschehen integriert werden**
- **Förderprogramme werden noch für längere Zeit erforderlich sein**
- **für den Einsatz der Erneuerbaren ist eine europäische Standortstrategie erforderlich**
- **gleiche Marktchancen in einem europaweit einheitlichen Fördersystem sind zielführend**
- **die Zuverlässigkeit der Versorgung mit Regenerativen Energien aus dem europäischen Ausland ist unbekannt**

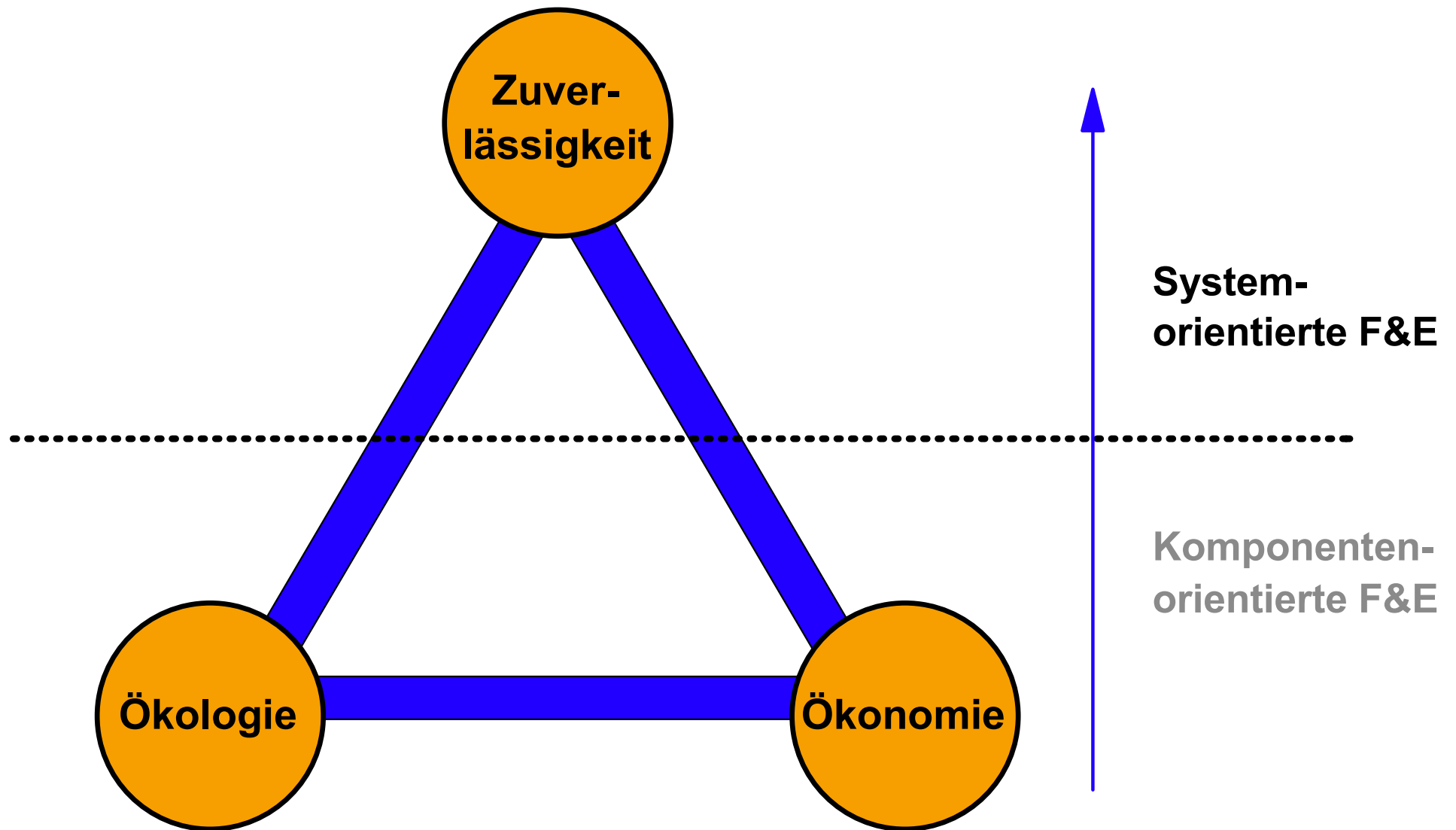
Perspektiven der klassischen Stromerzeugung

- die Energie- und Klimapolitik der Zukunft sollte den Erhalt eines angemessenen Anteils von Braun- und Steinkohle in der Stromerzeugung unterstützen
- ein ausgewogener Energieträgermix, der alle Optionen bei Energieträgern und -techniken berücksichtigt, kann den Aspekten der Wirtschaftlichkeit, des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit gleichermaßen gerecht werden
- der beschlossene Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie ist zu überdenken. Die Kernenergie trägt maßgeblich zur Vermeidung von CO₂-Emissionen bei. Die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger wird begrenzt

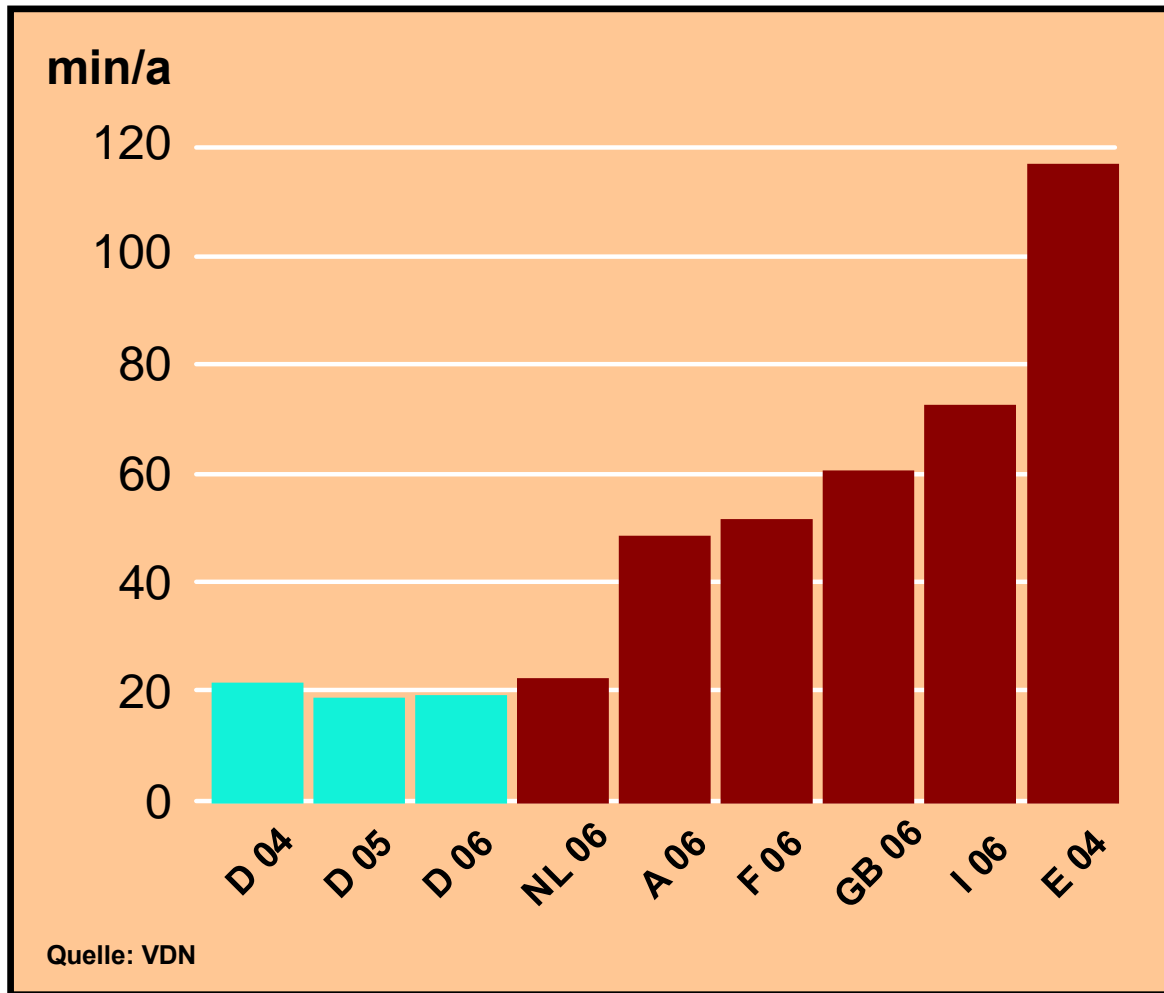
F&E für die Architektur neuer Übertragungsnetze

- **Das Europäische Verbundnetz wurde vorrangig für den gegenseitigen Reserveausgleich konzipiert**
- **Energietransport stand nicht im Vordergrund**
- **Im Zuge der Liberalisierung werden die Netze zunehmend mit Transportaufgaben beaufschlagt**
- **Internationale Transite durch Stromhändler, sowie von Windstrom und Regelenergie belasten die Netze teilweise bis an ihre Grenze**
- **Als Folge nimmt die temporäre Verletzung des n-1 Prinzips deutlich zu**
- **F&E-Bedarf entsteht in den Bereichen**
 - ▶ **Netzausbauplanung und -ertüchtigung**
 - ▶ **HGÜ-Technologien zur Fernübertragung**
 - ▶ **Moderne Leistungshalbleiter zur Lastflußsteuerung**
 - ▶ **Dynamische Blindleistungskompensation**
 - ▶ **Dämpfung von Leistungspendelungen**

Zuverlässigkeit - hohe Systemanforderungen durch Erneuerbare



Trotz fluktuierender Einspeisungen muß die Zuverlässigkeit der Versorgung erhalten bleiben



- Für 1 MW Windkraft müssen 0,85 bis 0,90 MW Reserveleistung vorgehalten werden
- 53 GW Windleistung in 2030 entspricht einer gesicherten Leistung von ca. 3000 - 5000 MW
- die entsprechende gesicherte Leistung für 24 GW Photovoltaik ist noch nicht bekannt
- Folge:
 - ▶ der bestehende konventionelle Kraftwerkspark muß weitgehend erhalten bleiben
 - ▶ Altkraftwerke werden durch neue Kohlekraftwerke ersetzt

F&E zur Systemintegration von fluktuierenden Erzeugern

geschätzte 53.000 MW Wind und 24.000 MW Solarstrom bis zum Jahr 2030 bedeuten u.a.:

- **Ausbau (nach Möglichkeit) der Pumpwasserspeicher**
- **neue Speichertechnologien (z.B. Druckluft, chem. Batterien)**
- **voraussichtlich zusätzliche Gaskraftwerke zur Leistungsregelung**
- **verbesserte Einspeisungs- und Lastvorhersage**
- **fortgeschrittene Betriebsführung Regenerativer Anlagen**
 - ▶ **Bereitstellung von Blindleistung**
 - ▶ **Unterstützung beim Versorgungswiederaufbau**
 - ▶ **Bereitstellung von Reserveleistung**
- **Ausbau der Netzkapazitäten, auch ins Ausland**
- **virtuelle Kraftwerke**
- **Lastmanagement für ausgewählte Verbraucher**

Quelle:
BMU-Studie "Ausbau Erneuerbarer Energien
im Strombereich bis zum Jahr 2030"

Energieinhalte von Speichern

| Einrichtung | Leistung [MW] | Entladezeit [h] | Energieinhalt (ca.) [MWh] |
|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|
| Schluchsee | 512 | 314 | 160.000 |
| Goldisthal | 1.060 | 8 | 8.400 |
| Huntdorf | 290 | ca.2-3 | 700 |
| McIntosh | 110 | 26 | 2.800 |
| Iowa (geplant) | 2.700 | 193 | 500.000 |

Luftbild Schluchsee Staukraftwerk



Energiespeicher, eine technologische Herausforderung

der Energieinhalt des Schluchseespeichers entspricht:

- ca. 1,6 Mio t einer chemischen Batterie
- ca. 5.000 t Wasserstoff (ohne Umwandlungsverluste)
- bzw. ca. 65.000 m³ flüssigem Wasserstoff

Druckluftspeicher

- schlechter Wirkungsgrad durch Wärmeverluste

adiabatische Druckluftspeicher

- große Wärmespeicher erforderlich

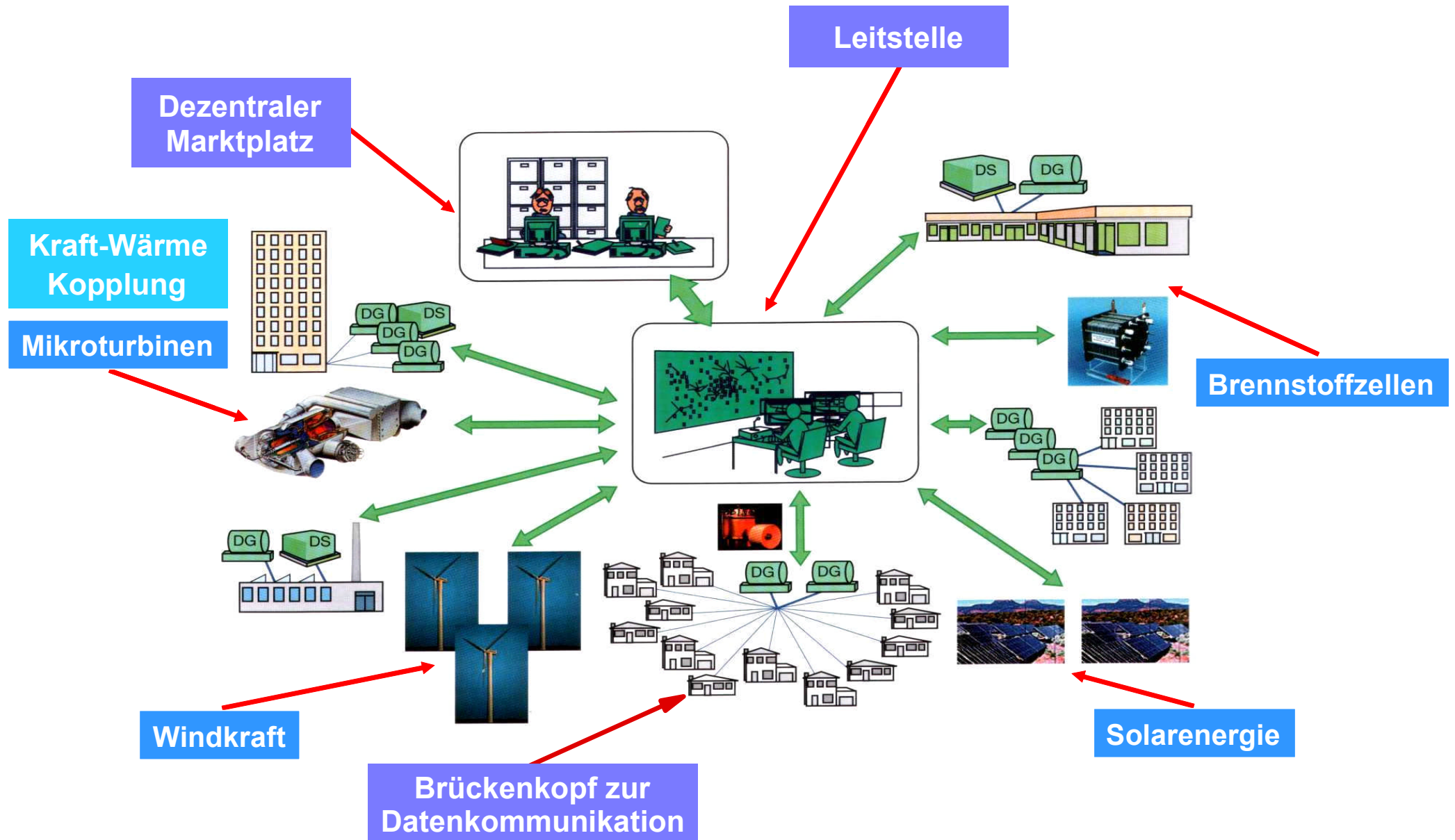
Weitere Forschungsthemen:

- Bestimmung der notwendigen Regel- und Reserveleistung
- Erarbeitung von Versorgungsszenarien

F&E-Erfordernisse für die (plug-in) Elektromobilität

- **Fahrzeug- und Antriebsentwicklung**
- **Infrastrukturentwicklung für die Stromversorgung**
 - ▶ **im Verteilnetzbereich**
 - ▶ **bei der Strombereitstellung**
- **Datenkommunikation**
 - ▶ **bei Ladevorgängen**
 - ▶ **Gleichzeitigkeitseffekte**
 - ▶ **Rechnungsstellung**
 - ▶ **Nutzung des Batteriespeichers für die öffentliche Stromversorgung**

Informations- und Kommunikationstechnik in der Stromversorgung (E-Energy)



**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit**