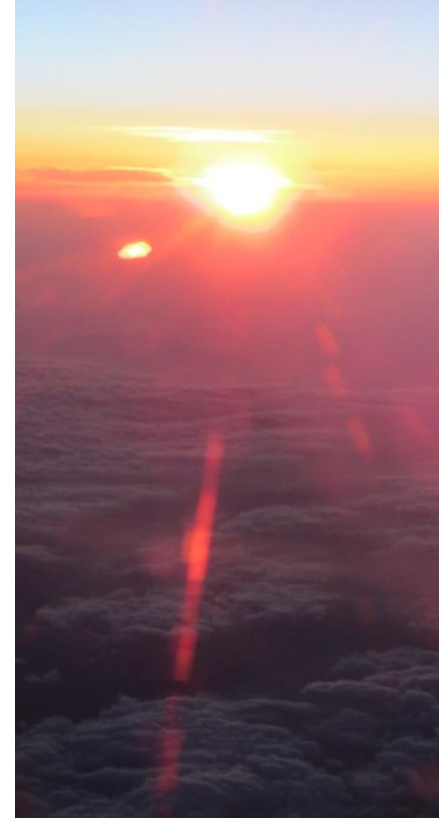


Flexibilisierung: zelluläre Energie- netze und Echtzeitmärkte

5. Workshop der VDE/ITG Fokusgruppe
“Energieinformationsnetze und –
Systeme”

Easy Smart Grid GmbH
Frankfurt, 16.09.2015
Dr.-Ing. Thomas Walter



„Leapfrogging“ - Oft kommt es anders, als man denkt



“Developing countries can **leapfrog** conventional options in favor of cleaner energy solutions, just as they **leapfrogged** land-line based phone technologies in favor of mobile networks.”

Attributed to Ban Ki-moon, New York Times 2012

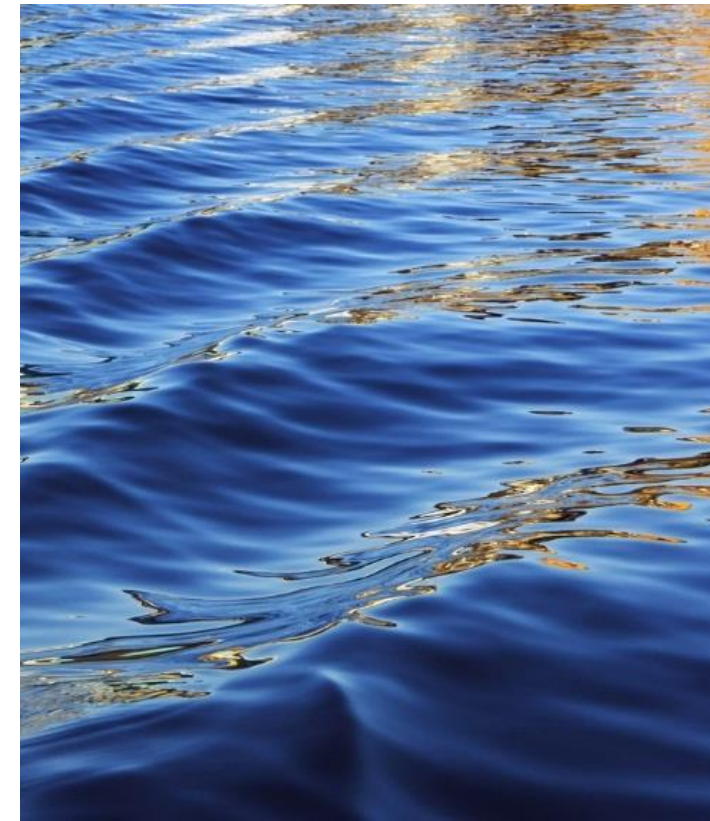
Disruptive Innovationen eignen sich gut zum „Leapfrogging“. Beispiele bei der Digitalisierung:

- Siemens und Alcatel verloren Weltmarktführung beim Übergang zu digitaler Kommunikation an Cisco
- Apple überholte Nokia beim Wechsel vom Handy zum Smartphone

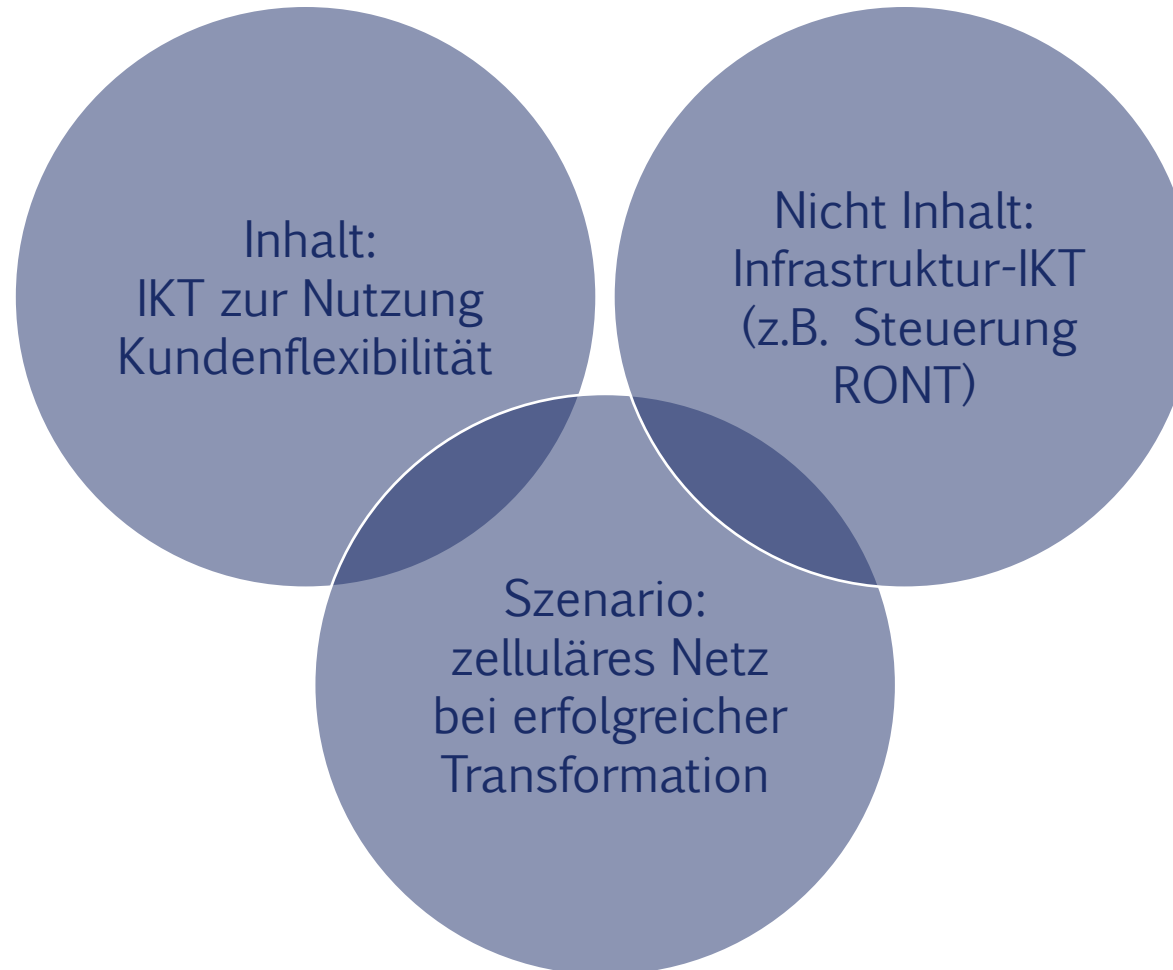
Quelle: Blog Prof. Wettengl: wettengl.info/Blog/?p=5072, Download 21.08.2015, Bullet points von Thomas Walter

Inhalt

- Abgrenzung des Vortrags
- Herausforderung Flexibilität
- Kundenbedürfnisse
- Märkte im Wandel
- Demand Side Management
- Smarte Zellen und zelluläre Netze
- Easy Smart Grid



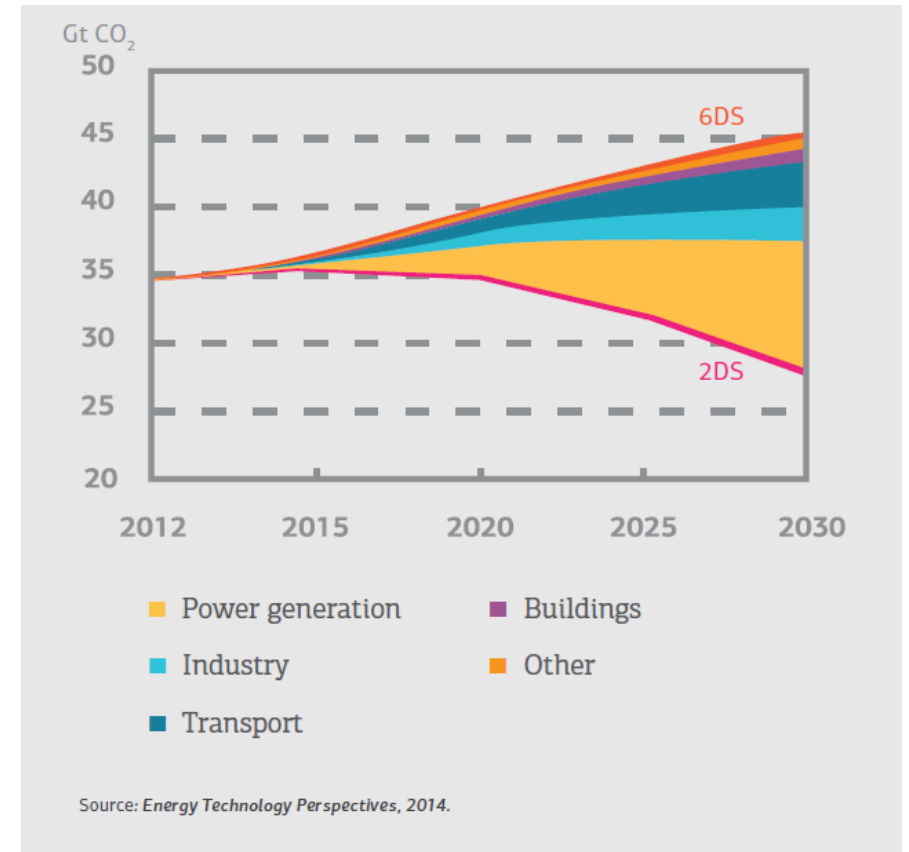
Abgrenzung des Vortrags



Herausforderung Flexibilität

Wozu ein „Smartes“ Netz?

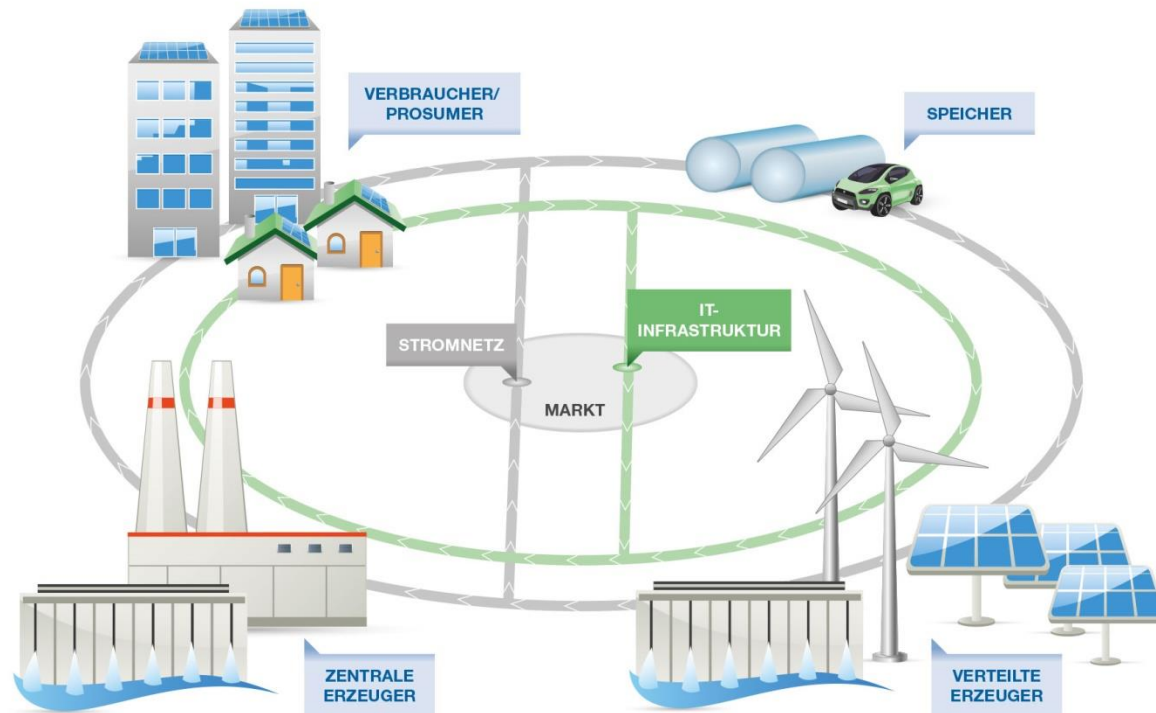
- Es geht um die Dekarbonisierung der Sektoren Strom, Verkehr und Gebäude
- Smart Grid ist ein Mittel zur Erreichung des Zwei Grad Ziels
- Die Internationale Energieagentur (IEA) schreibt: „Verbesserungen auf der Verbrauchsseite und flexibler, reaktiver Verbrauch können schwankende Erzeugung ausgleichen“



Quelle: „The way forward“: www.iea.org/publications/freepublications/publication/The_Way_forward.pdf, download 20.08.2015

Herausforderung Flexibilität

„Smart“ hat wenig mit Technik zu tun



Smart Grid 1.0

- Man behalte Stromnetz und Markt
- Und füge hinzu: Smart Meter, LTE, Big Data.

Doch viele Fragen bleiben offen

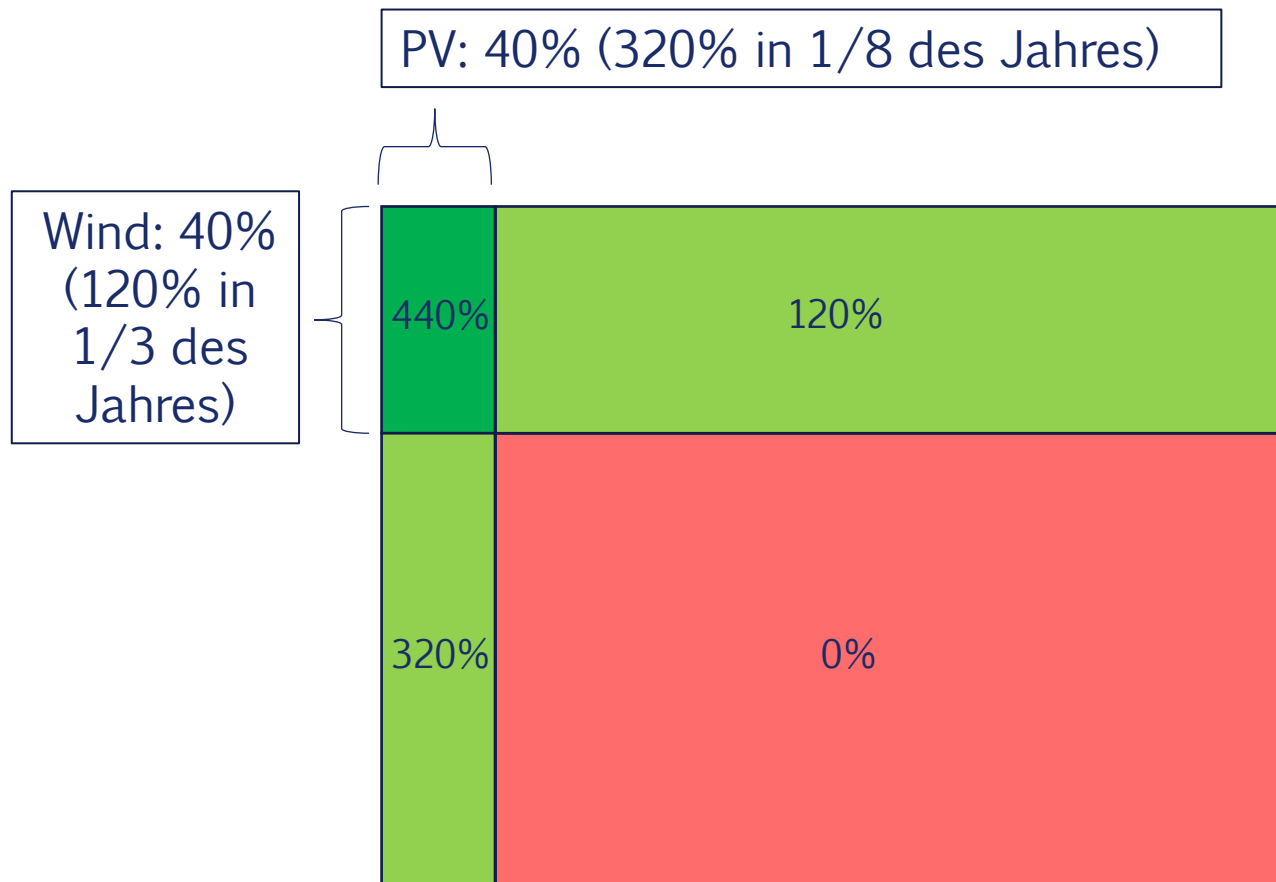
- Wie soll das konkret funktionieren?
- Wie interagieren Stromnetz, Markt und IT?
- Was bleibt, was muß man ändern?
- Wie kommen wir dorthin?
- Und wie die Widerstände überwinden?

Bloomberg schätzt 2014 den Wert der Öl/Gas/Kohle-Unternehmen auf 5.000.000.000.000 \$

Quelle: www.smartgrids.at/smart-grids/, Download 20.08.2015

Herausforderung Flexibilität Energiewende Digital

Wind und PV, je 40% Anteil, binär quantisiert



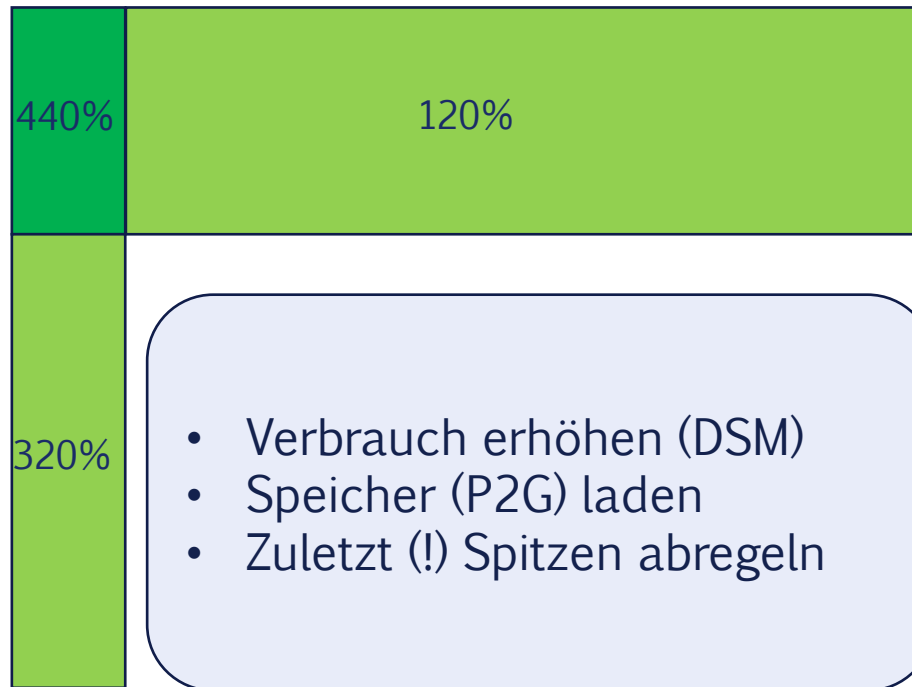
KV-Diagramm entwickelt von
Edward W. Veitch 1952 und
Maurice Karnaugh 1953

- PV und Wind schwankt.
Typische Jahresproduktion (8.760h):
PV ~1.100 h
Wind ~3.000 h
- Herausforderung 1:
Motivierung der Flexibilität
(Marktdesign)
- Herausforderung 2:
Aktivierung der Flexibilität
(IKT Implementierung)

Herausforderung Flexibilität

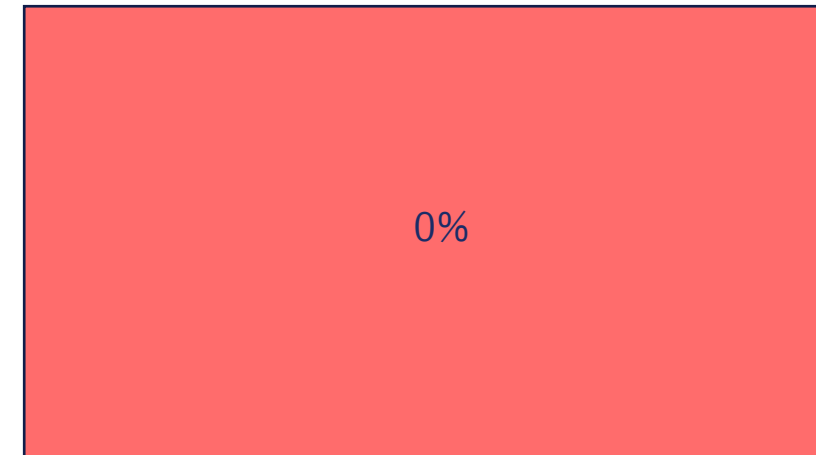
Zwei Zustände und zwei Reaktionen

Zu viel Wind oder Sonne
80% der Energie, 42% der Zeit

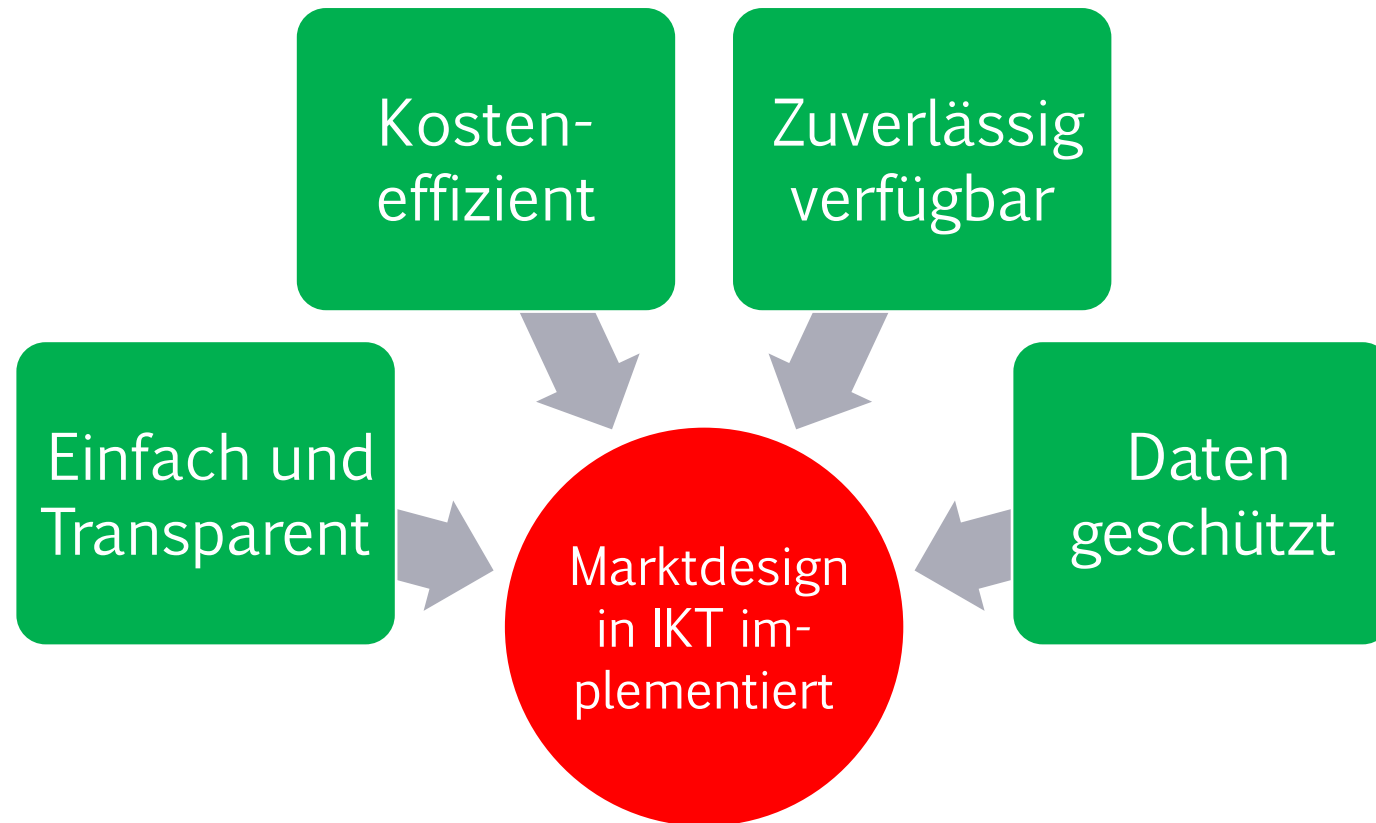


Zu wenig Wind und Sonne
20% der Energie, 58% der Zeit

- Verbrauch reduzieren (DSM)
- Bio/Synthesekraftstoff nutzen
- Speicher entladen



Kundenbedürfnisse Was will der Kunde?



Kundenbedürfnisse Zweifel an Smart Grid 1.0 nehmen zu

Nicht vergessen: Gesellschaft hängt von Energieinfrastruktur ab

Schutz gegen Cyberattacken?

Wirtschaftlichkeit von Smart Metern?

Zuverlässiger Betrieb von IKT Systemen?

Datenschutz bei „Big Data“?

Kundenbedürfnisse

Bremsprobleme im ICE 3

Doch nicht nur die Politik tut sich mit der Digitalisierung schwer – auch große Unternehmen fallen in Deutschland häufig nicht durch IT-Kompetenz auf. 2012 machten ICE-3-Züge von Siemens Schlagzeilen, weil das Software-Signal zum Bremsen etwa eine Sekunde lang durch die IT-Infrastruktur des Zuges irrte, ehe der Bremsvorgang ausgelöst wurde. Das Eisenbahn-Bundesamt verwehrt daher zunächst die Zulassung.

Auch andere deutsche Vorzeigeunternehmen machen im Bereich der Software Anfängerfehler. So prüften Fahrzeuge von Daimler und BMW das SSL-Zertifikat für die verschlüsselte Verbindung zwischen Smartphone und Auto nicht ausreichend, wenn dieses per App geöffnet oder gestartet wird. Daher kann ein Fremder sich in die Kommunikation einklinken und das Auto per App öffnen und starten, wie ein US-Sicherheitsforscher kürzlich demonstrierte.

Softwareprobleme

- Die Software im ICE 3 ist sehr komplex.
- Meist sind die Softwarepakete bei Ablieferung der Lok bzw. des Triebzuges noch **nicht fertig geschrieben**.
- Die Software wird **während der Inbetriebsetzungsphase fertiggestellt** und in immer neuen 'Versionen' der Realität angepasst.
- Siemensechniker gaben 2005 zu: "Der Zug ist für uns in Sachen **Software und Elektronik** immer noch eine **Black Box**."^[57]

Quellen: www.hochgeschwindigkeitszuege.com/deutschland/ice-3.php, download 28.08.2015, Die Welt, 28.08.2015

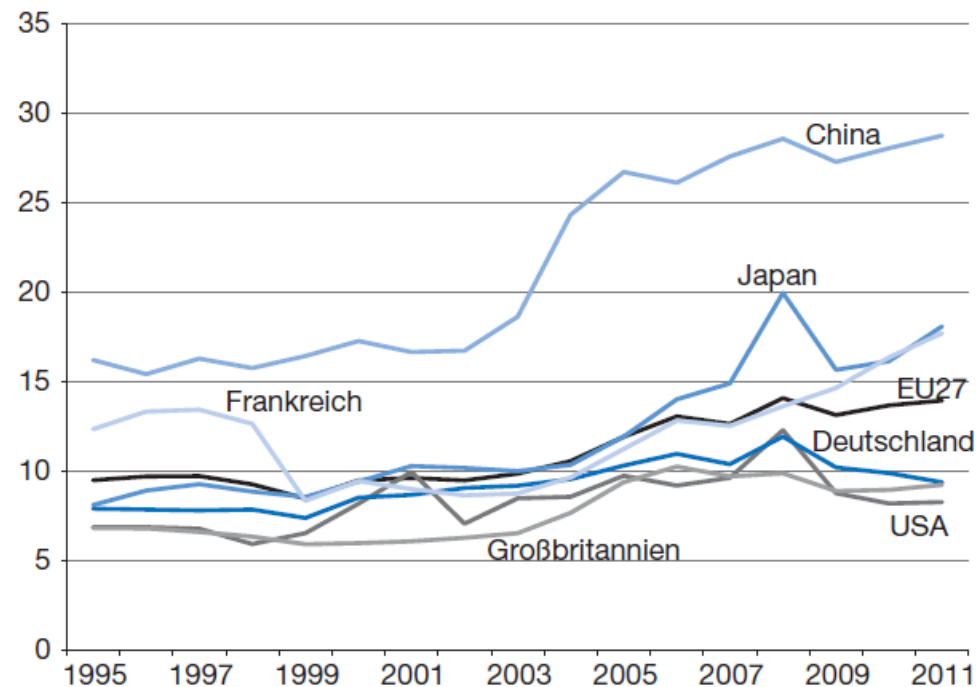


Märkte im Wandel

Deutschland verliert den Vorsprung

Energiestückkosten im Verarbeitenden Gewerbe

Energiekosten in % der Bruttowertschöpfung des Sektors



- **Kein Schmerz („Pain“):**
Strom ist zu billig (bezogen auf BIP);
kurzfristig Flexibilität von Nachbarn sowie
Industrie (47% Verbrauchsanteil) nutzbar
- **Nutzen nicht kurzfristig („Gain“):**
Noch sind hier Erneuerbare teurer als Fossile
- **Risikoaversion:**
„Keine Experimente“ mit Versorgungssicherheit
(Netzausfall nur 15 Min/Jahr ist Weltspitze)
- **Innovation findet statt wo sie Probleme löst:**
Allein 19 Micro Grids in New York

Quelle Grafik: Germeshausen/Löschel, ZBW Leibniz-Informationszentrum Wissenschaft 2015; Navigant New York Smart Grid Consortium Inventory, 13.08.2015

Kundenbedürfnisse Transparenz und Einfachheit – einfach machen!

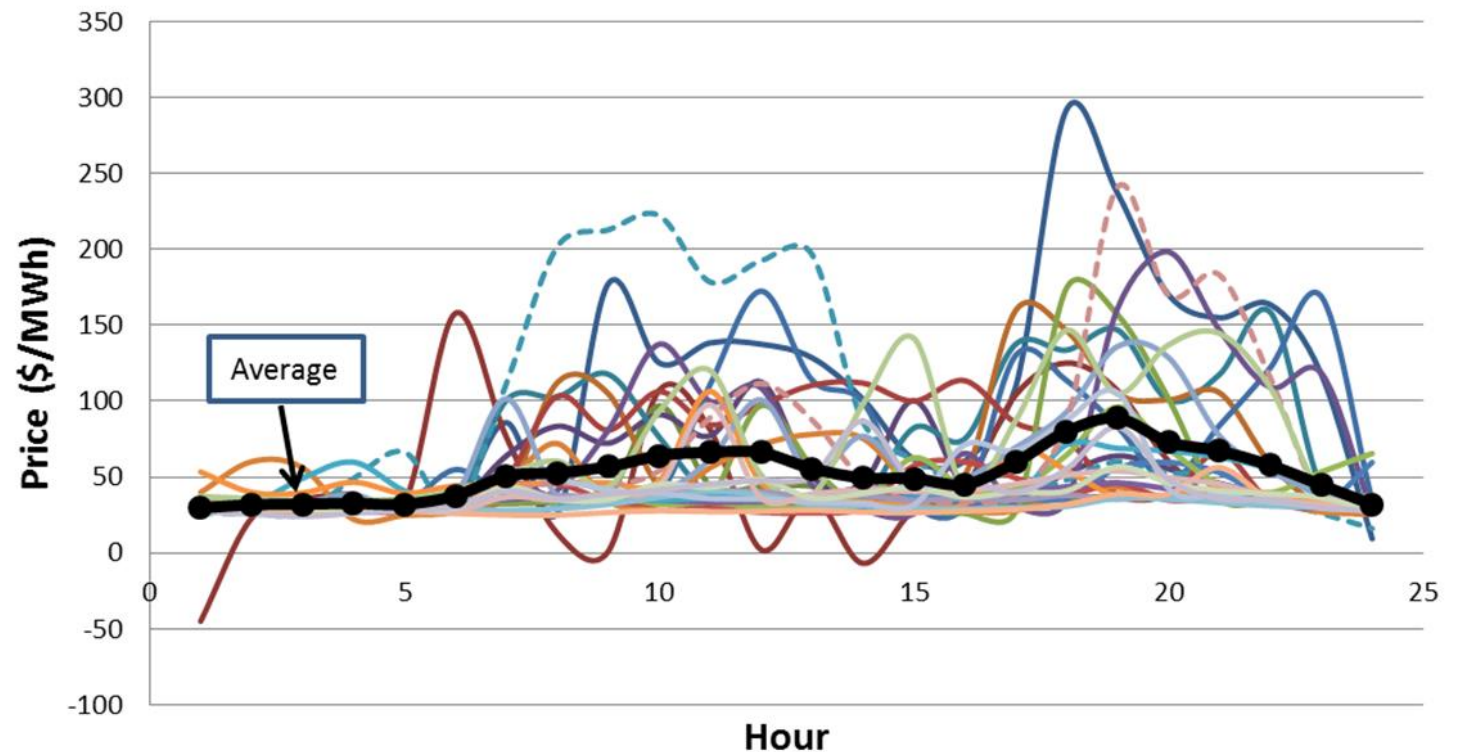


Märkte im Wandel

Preisschwankungen nehmen weiter zu

- „Locational Marginal Prices“ (ein Monat, eine Region)
- Stundenpreise („Average“) sind nicht effizient genug
- Hogan (Harvard) fragt sich, ob Echtzeitpreise nicht sinnvoller?
- Dabei ist Einspeisung volatiler Erzeugung ist dort noch gering!

Newark Bay Real-Time LMP, Days in Feb. 2013



Quelle Grafik: Time-of-Use Rates and Real-Time Prices, W. Hogan, John F. Kennedy School of Government, Harvard University 23.08.2014

Märkte im Wandel

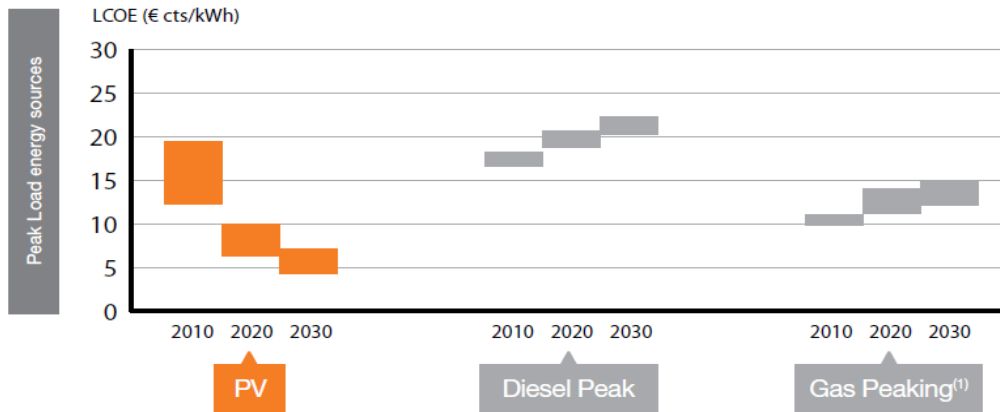
Isolierte Netze vor schneller Transformation

- Potential Dieselstrom:
 - > **50 GW** entsprechend
 - > **100.000.000.000 €/a**
- Attraktive Ersparnis **0,2 €/kWh** bei Stromerzeugung PV mit 0,2 statt Diesel mit 0,4 €/kWh
- **Hohes DSM Potential**
Wärme/Kälte, Pumpen, Entsalzung, Elektromobilität:
hohe EE-Anteile bei geringster Speicherinvestition



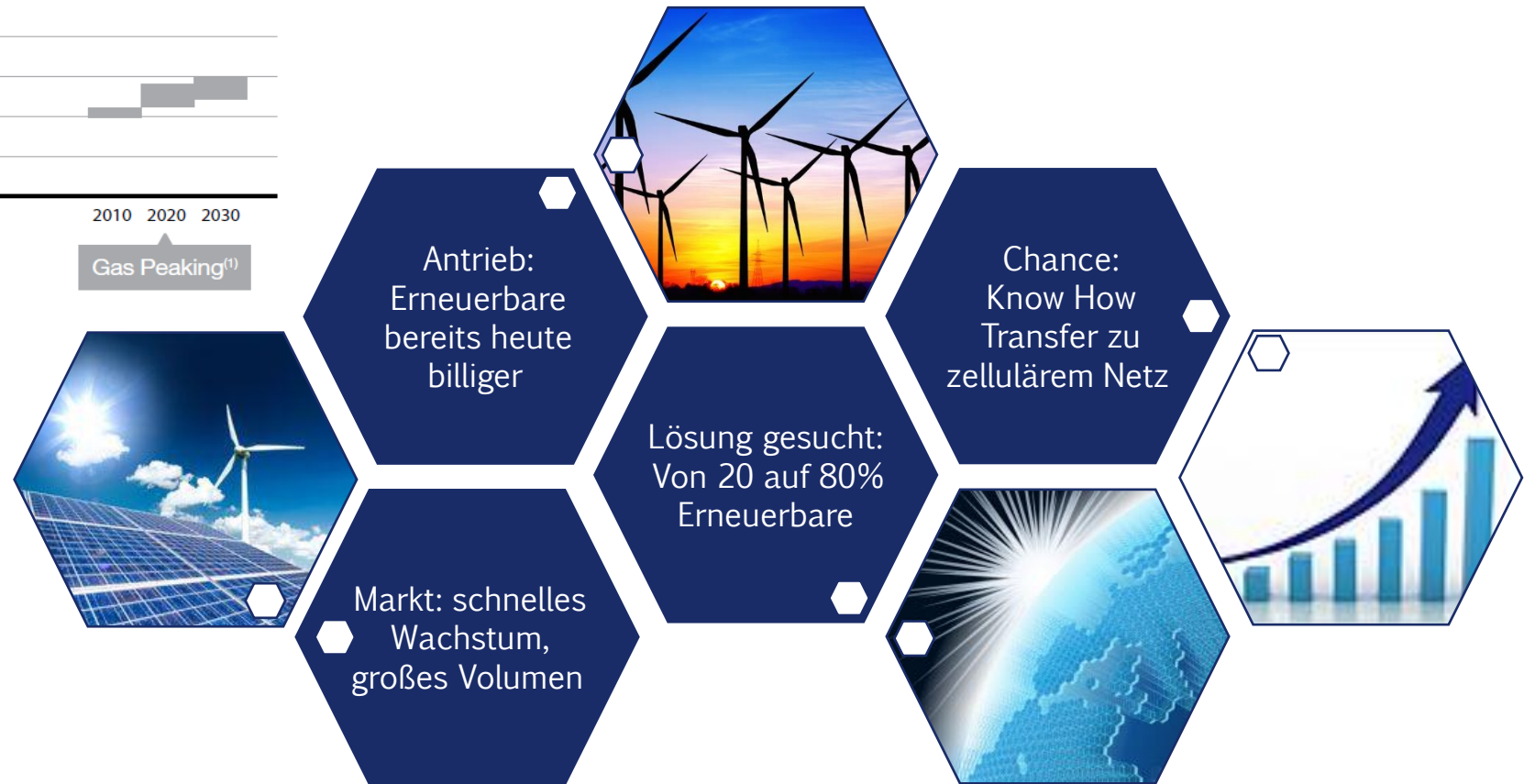
Märkte im Wandel Transformation: Erst Öl, dann Gas...

COMPARISON OF LCOE 2010, 2020, 2030, LOW CASE FUEL PROJECTION (€cts/kWh)



Grafische Darstellung: Unlocking the Sunbelt – Potential of Photovoltaics – März 2011
National Renewable Energy Laboratory, National Energy Technology Laboratory, EPIA
Set for 2020, World Bank, A.T. Kearney Analysis.

LCOE: Levelized Cost Of Energy
O+M: Operation and Maintenance



Märkte im Wandel

Aus der Homepage Energieversorger Hawaii

Clean Energy, Lower Bills

Lowering our customers' bills is a top priority for the Hawaiian Electric Companies. By far the biggest impact on electric bills is fuel and fuel-related costs that make up more than 70 percent of the typical bill. Our companies take no markup on fuel or power purchased from independent providers of renewable and conventional power.

Net Energy Metering (or NEM) is one way to lessen Hawaii's dependence on imported oil by encouraging the greater use of eligible renewable energy sources like solar (photovoltaic), wind, biomass, or hydroelectric power for electrical generation by residential and commercial customers. Hawaiian Electric Company, Maui Electric Company, and Hawaii Electric Light Company support Net Energy Metering and recognize their roles to help Hawaii transition from fossil fuels to more renewable energy resources. NEM guidelines for Maui and Hawaii Island differ. For information on NEM for Maui, [click here](#). For information on NEM for Hawaii Island, [click here](#).

What is Fast DR?

Fast DR is designed to reduce electricity demand in near real time in response to grid changes, such as unexpected spikes in energy use, when electricity generation may not be sufficient to meet peak load, or sudden drops in wind or solar generation. For commercial and industrial customers who qualify, Hawaiian Electric places automatic or semi-automatic controllers on non-essential equipment.

While Fast DR requires some automation, customers always maintain complete control and can opt out of having their demand impacted at any time. Participating customers may not rely on backup generation during demand reductions.

Typical loads to be reduced:

- Any non-essential process or equipment
- HVAC use
- Non-essential indoor and outdoor lighting, signage or window displays
- Fountains, saunas, pool or hot tub heating and pumps
- Excess elevator banks or escalators (as permitted)

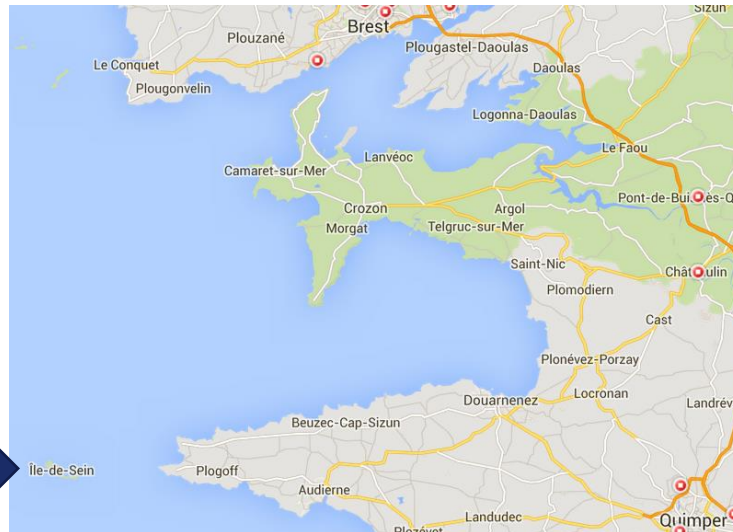


Märkte im Wandel

Beispiel Frankreich/Bretagne: Ile de Sein



Stromsubvention
40 auf 5 ct/kWh:
3333 €/a je Ein-
wohner (120).
„Solidaritätsfonds“
CSNE zahlt für Die-
sel auf französi-
schen Inseln
~2 Mrd €/a



Transitioning from a 100% fossil energy to a 100% renewable and local energy with a genuine territorial project.

In order to accomplish this, **Île de Sein Énergies** is conducting research.... In order to reduce the means of production, **an intelligent system to manage the demand** will then be implemented. Electrical boilers, for example, will turn on when there is energy (tidal, wind, solar energy), rather than arbitrarily turn on in the middle of the night. Moreover, **renewable production** means will be implemented.

What about finances?

To this day, **EDF** spends each year more than **€400,000** provided by the **electricity solidarity fund (CSPE)** in order to **burn fossil energies**. **IDSE** wishes to use this amount to **insulate homes, implement an intelligent system and purchase clean and lasting production means**.

Quelle: www.idsenergies.fr/idse_home, download 20.08.2015, Kürzungen und Hervorhebungen durch Thomas Walter

Demand Side Management

Einfach und attraktiv für Kunden machen!

DSM automatisieren!

- Komfort: DSM nicht wahrnehmbar, insb. bei neuen Anwendungen Dekarbonisierung Verkehr/Gebäude
- Aufwand: Wer will alle 15 Minuten Kühlschrank ein- und ausschalten?
- Gewöhnung: Navi statt Karte, Abstandspiepser statt Vorsicht, Telefonbuch statt Tastatur
- Verhaltensänderungen dauern Zeit. Aber gerne zusätzlich nutzen!

DSM dezentral gesteuert!

- Lokale Situation nur lokal bekannt: Falsch ausgeschaltet: Nahrung oder Wäsche verdorben Speicher leer: Komfortverlust
- Haftung, Konflikt mit Autonomiebedürfnis der Kunden
- Komplexität: Automatisierung komplexer Objekte nahezu unlösbar (Facility-Manager)
- Preissignale sind die Basis dafür!

Smarte Zellen und zelluläre Netze

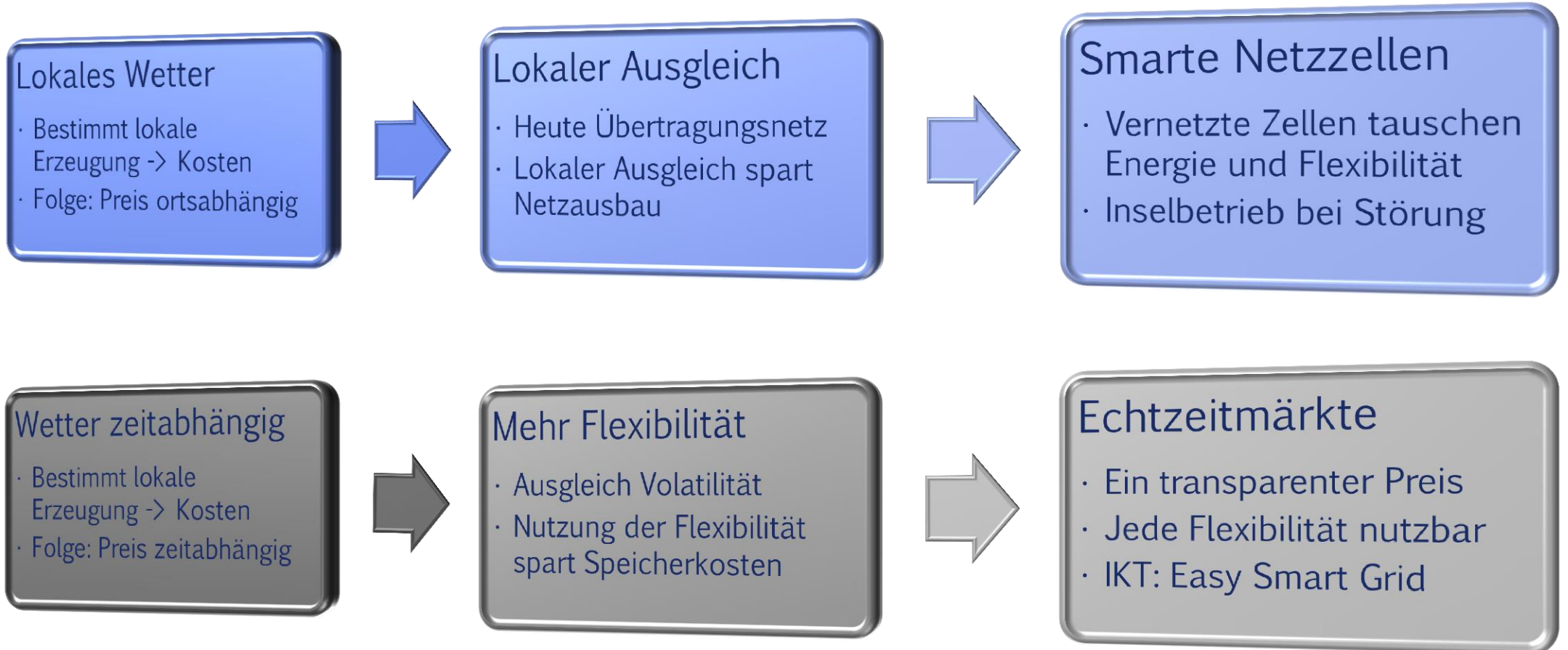
UCTE Verbundnetz vor Transformation



„Zelluläre Transformation“ in
Telekom und Fabriken
schon erfolgt

Smarte Zellen und zelluläre Netze

Erzeugung (Kosten/Preise) orts- und zeitabhängig



Smarte Zellen und zelluläre Netze

Beispiel für Deutschland in 2050

- Stromerzeugung zu 80% wetterabhängig: Zellgröße $\approx$ Wetterkorrelation
- Deutschland: 126 Zellen, je 60 km $\varnothing$ und 635.000 EW

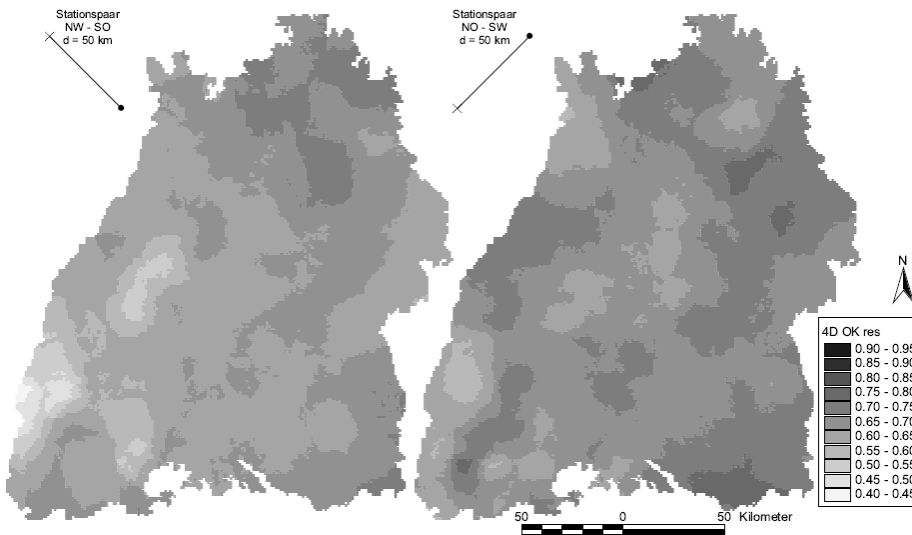


Abbildung 3.7.: Regionalisierte Korrelation zwischen Station und 50 km entfernter Station mit vierdimensionalem Ordinary Kriging der Residuen unter Verwendung eines dreiparametrischen exponentiellen und sphärischen Variogramms (Modell 7 in Tabelle 3.1).

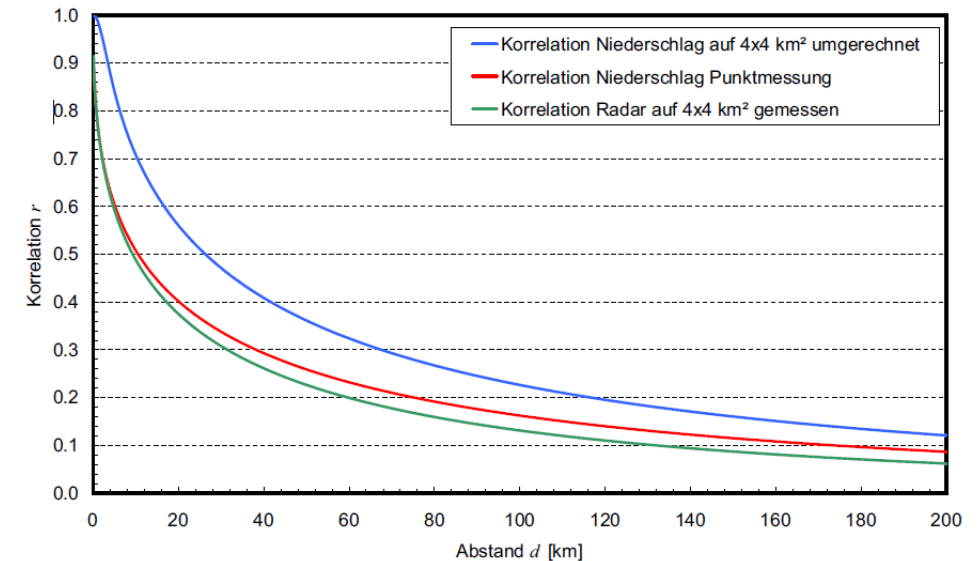


Abbildung 3.12.: Korrelation der Niederschlagspunktmessungen, der Radarmessungen und der auf die Fläche der Radarraaster umgerechneten Niederschlagsmessungen.

Quelle Abbildungen: Dissertation Jürgen Brommundt, 2008 Institut für Wasserbau Uni Stuttgart, Download 20.08.2015, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2008/3470/pdf/Brommundt_170_online.pdf

Smarte Zellen und zelluläre Netze

Inseln sind isolierte Netzzellen

- Stromerzeugung zu 80% wetterabhängig, 126 Netzzellen mit 60 km Ø in D.
- Vergleich Gran Canaria (800.000 EW schon heute billiger versorgt wenn 100% EE)

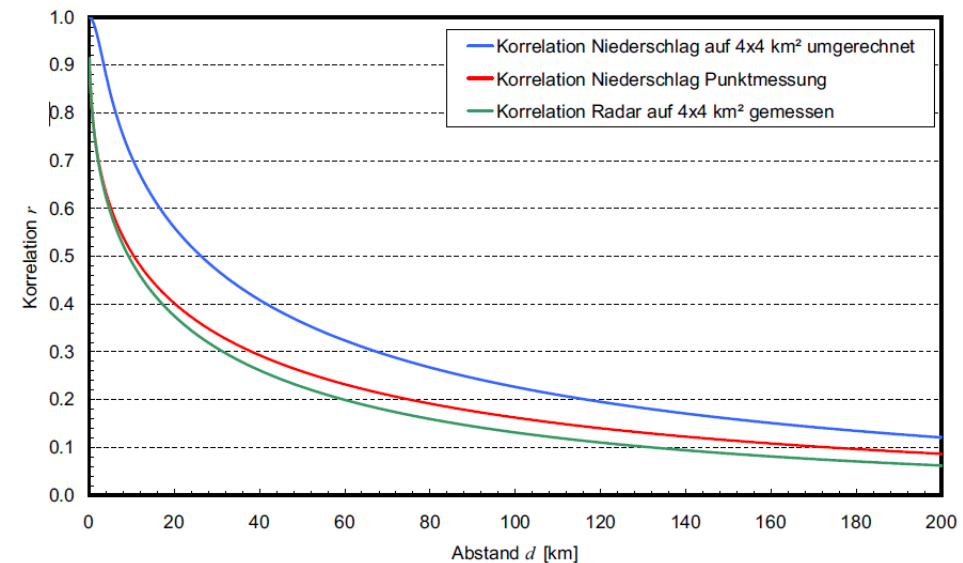
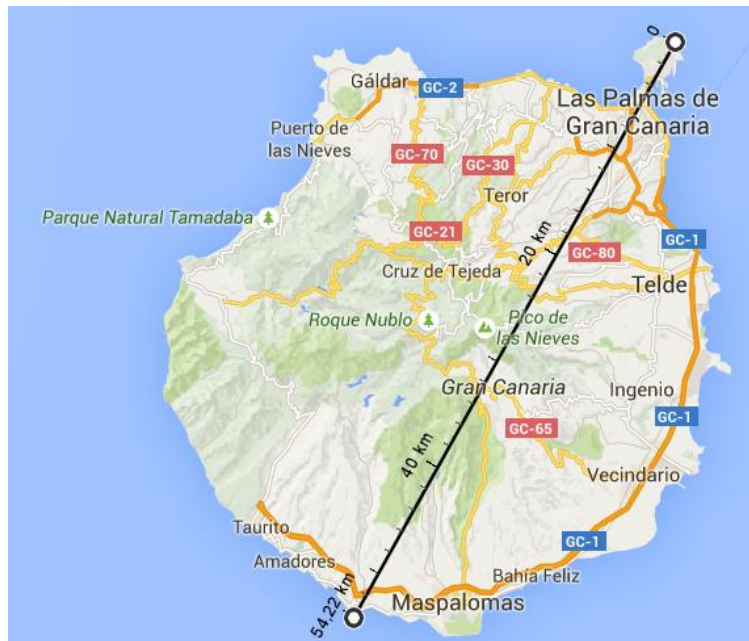


Abbildung 3.12.: Korrelation der Niederschlagspunktmessungen, der Radarmessungen und der auf die Fläche der Radarraster umgerechneten Niederschlagsmessungen.

Quelle Abbildung: Dissertation Jürgen Brommundt, 2008 Institut für Wasserbau Uni Stuttgart, Download 20.08.2015
http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2008/3470/pdf/Brommundt_170_online.pdf, Google Maps

Smarte Zellen und zelluläre Netze

Netzzellen in Gleichgewicht bringen

Erzeugung < Verbrauch
Verbrauch < Erzeugung

Preis bis zum Gleichgewicht *erhöhen*
Preis bis zum Gleichgewicht *reduzieren*



Flexible Erzeuger
Flexible Verbraucher
Speicher

Erzeugung zu *hohen Preisen* verschieben
Verbrauch zu *niedrigen Preisen* verschieben
Günstig laden, *teuer* entladen

„ECOGRID“ implementierte auf der Insel Bornholm (DK) einen Echtzeitmarkt

- IKT Kosten über 10 M€ (Sammlung, Verarbeitung, Übertragung von Daten)
- Preisaktualisierung alle 5 Minuten (beeinflusst BHKWs-Blockheizkraftwerke)

Smarte Zellen und zelluläre Netze

Neue Rollen für die Akteure

Zelle

- 0-2,5 GW
(4 * Ø-Erzeugung)
- Energieaustausch
- Flexibilitätsaustausch
- Systemdienste,
selbstbalancierend
- Insel-/Schwarzstartfähig
- Netz- und Marktgebiet

Nachbarn

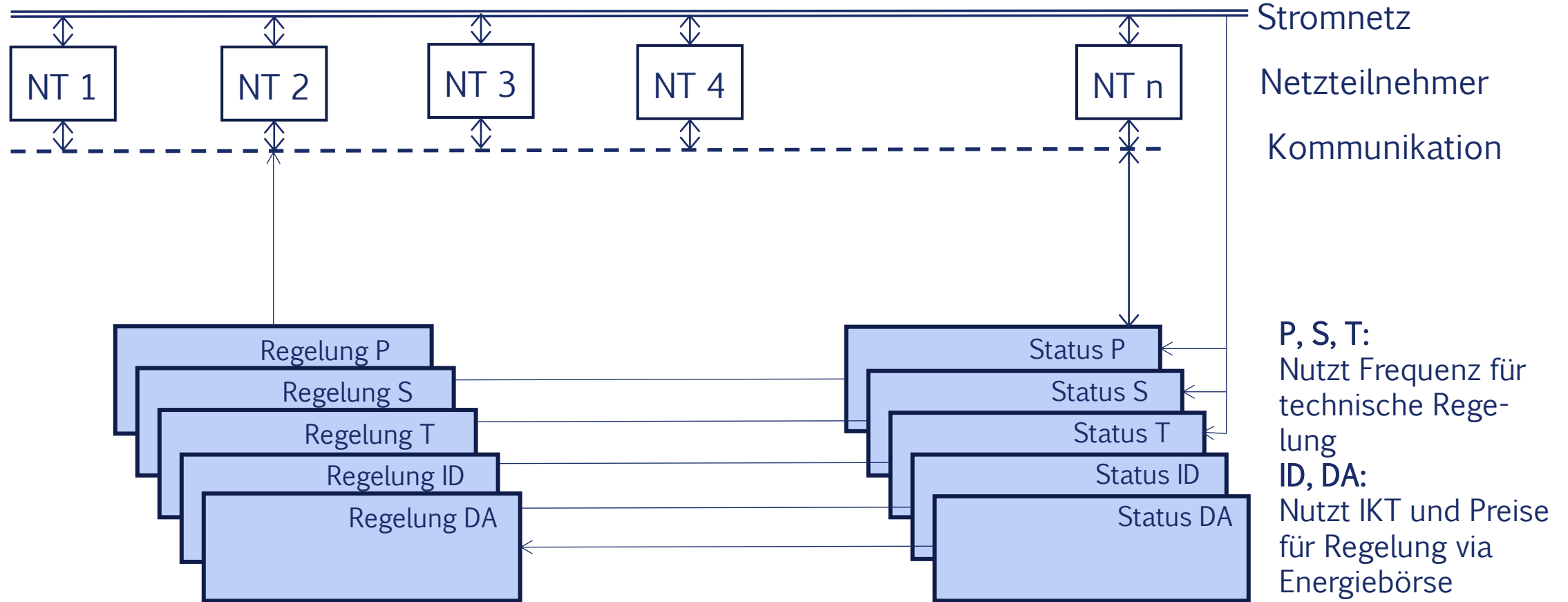
- Energietausch (Δ Preis)
- Flexibilitätstausch (Δ Preis)
- Zugang zu Nachbar n+2
- Isolation im Störfall
- Sonderfall Energiequelle/
-senke

Übertragungsnetz

- „Autobahn“ HGÜ
- Nicht durch Spannungsebene definiert
- Großflächige Systemintegration
- Ankopplung Sonderzonen:
 - Offshore, „Desertec“
 - Großverbraucher „NRW“

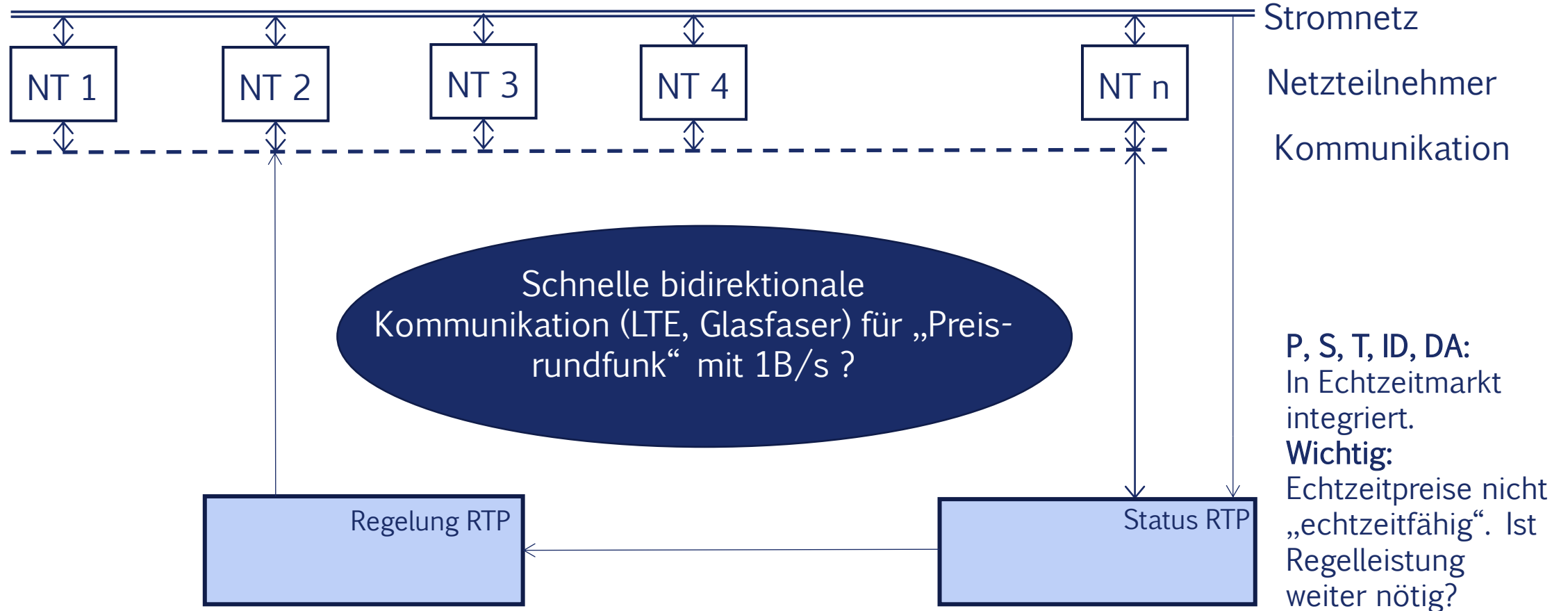
Smarte Zellen und zelluläre Netze

Heute: Fünf parallele Regelprozesse



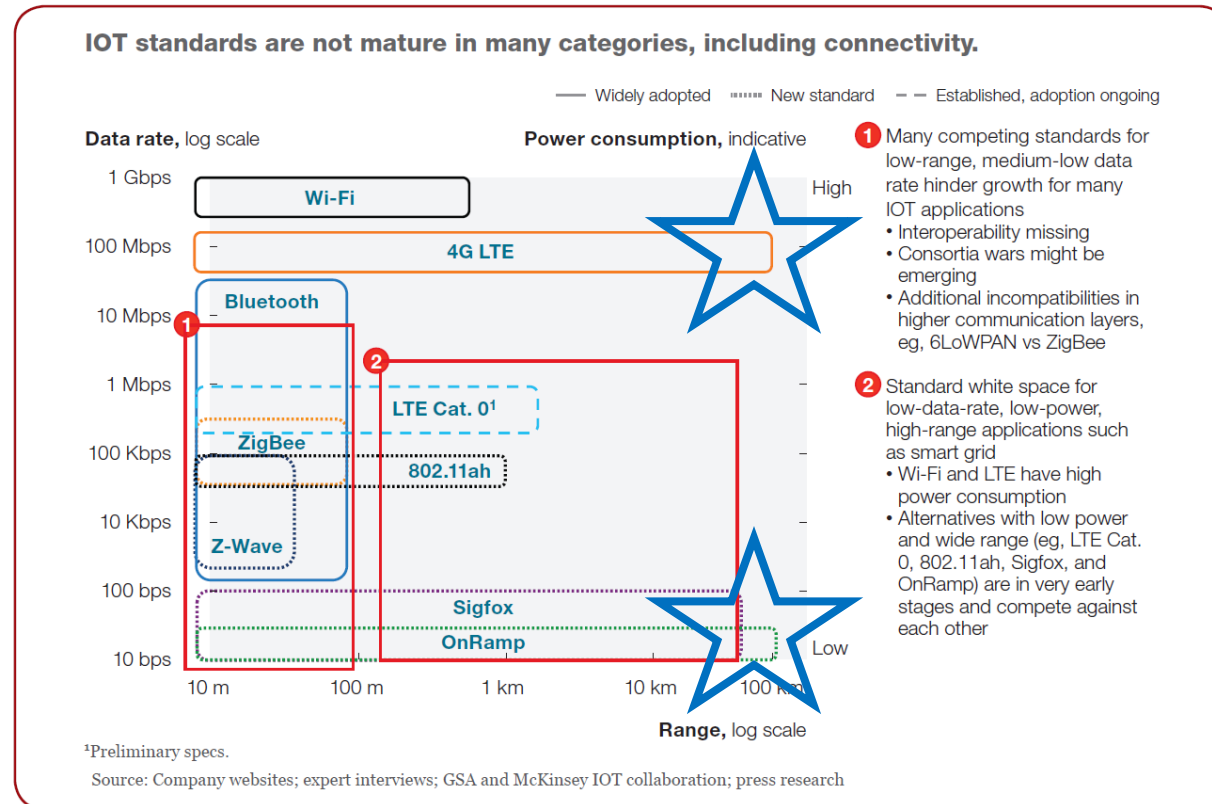
Smarte Zellen und zelluläre Netze

Echtzeitmarkt: nur noch ein Prozess?



Smarte Zellen und zelluläre Netze Komplexität oder Vereinfachung?

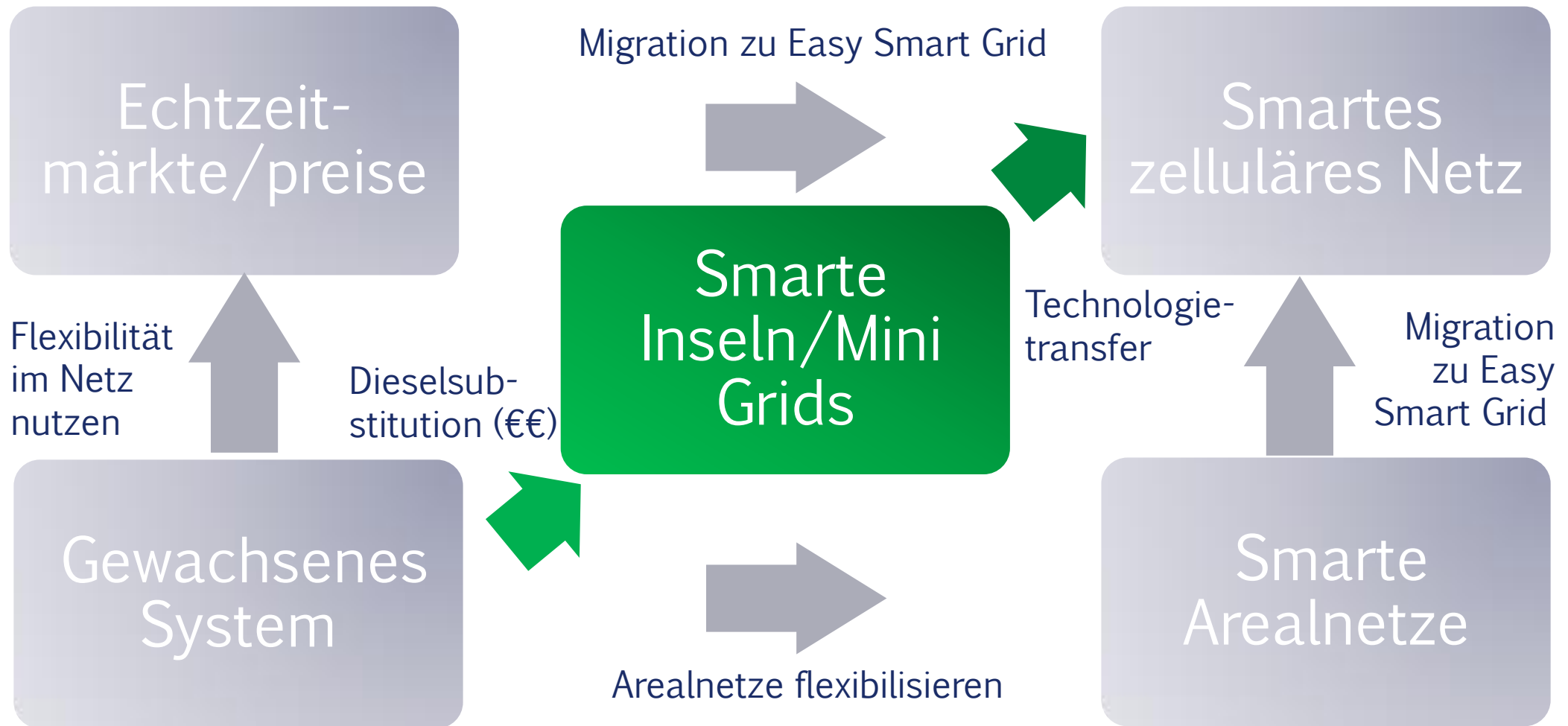
- Braucht Smart Grid das Tempo von LTE (oben) oder nur von OnRamp/Sigfox (unten)?
- „Die Chancen, die unsere Interviewpartner am meisten interessierten, warenSoftware, Sicherheit und Systemintegration“
- Kritische Technologie: „Stromsparend“



Quelle: Executive summary „The Internet of Things“, McKinsey/Global Semiconductor Alliance May 2015

Smarte Zellen und zelluläre Netze

Wege und Chancen der Transformation



Easy Smart Grid

Worum geht es?

Annahmen: Smart Grid braucht

Dezentrales Management
Variablen Preis

Kostengünstige Realisierung
Liquidität, kleine Flexibilitäten



Preis durch Netzfrequenz übertragen (Inselnetze/Netzinseln)

Überall günstig lesbar
Preisübertragung ausfallsicher

Echtzeit, sicher, robust
Selbststabilisierend: $\Delta f \rightarrow \Delta P$



Mehrwert-Erweiterungen mit gleichen Vorteilen

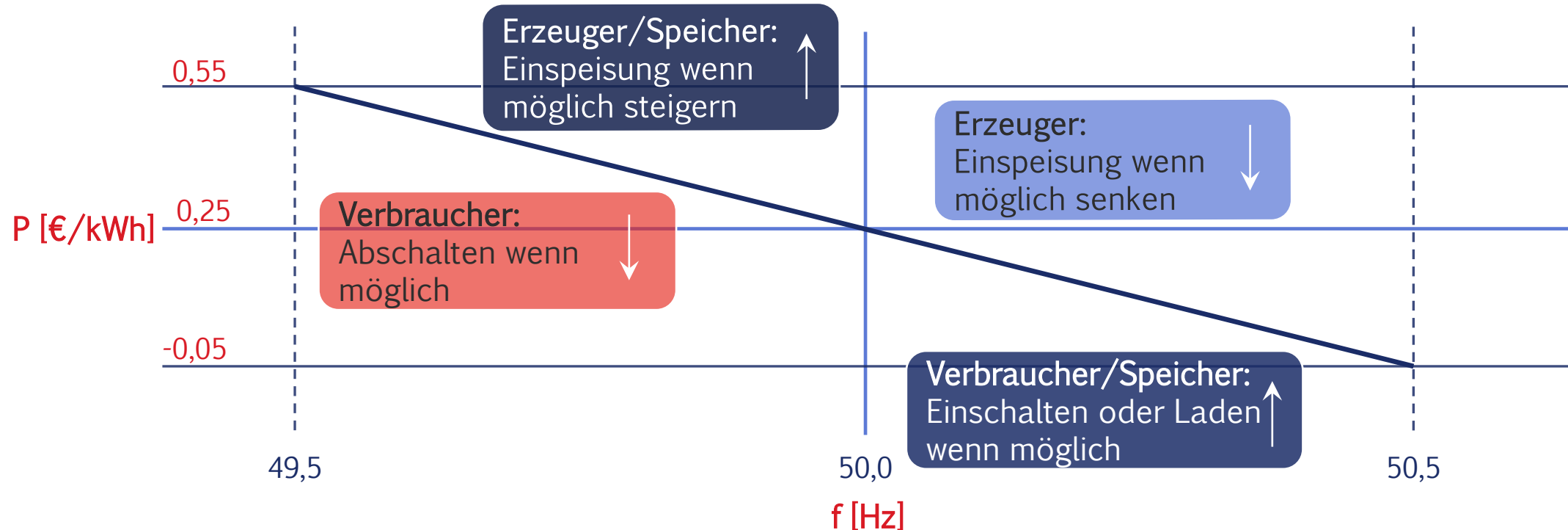
Echtzeitmarkt
Netz balanciert sich selbst

Basis zellulärer Netze
Zellen mit Leistungselektronik gekoppelt

Easy Smart Grid

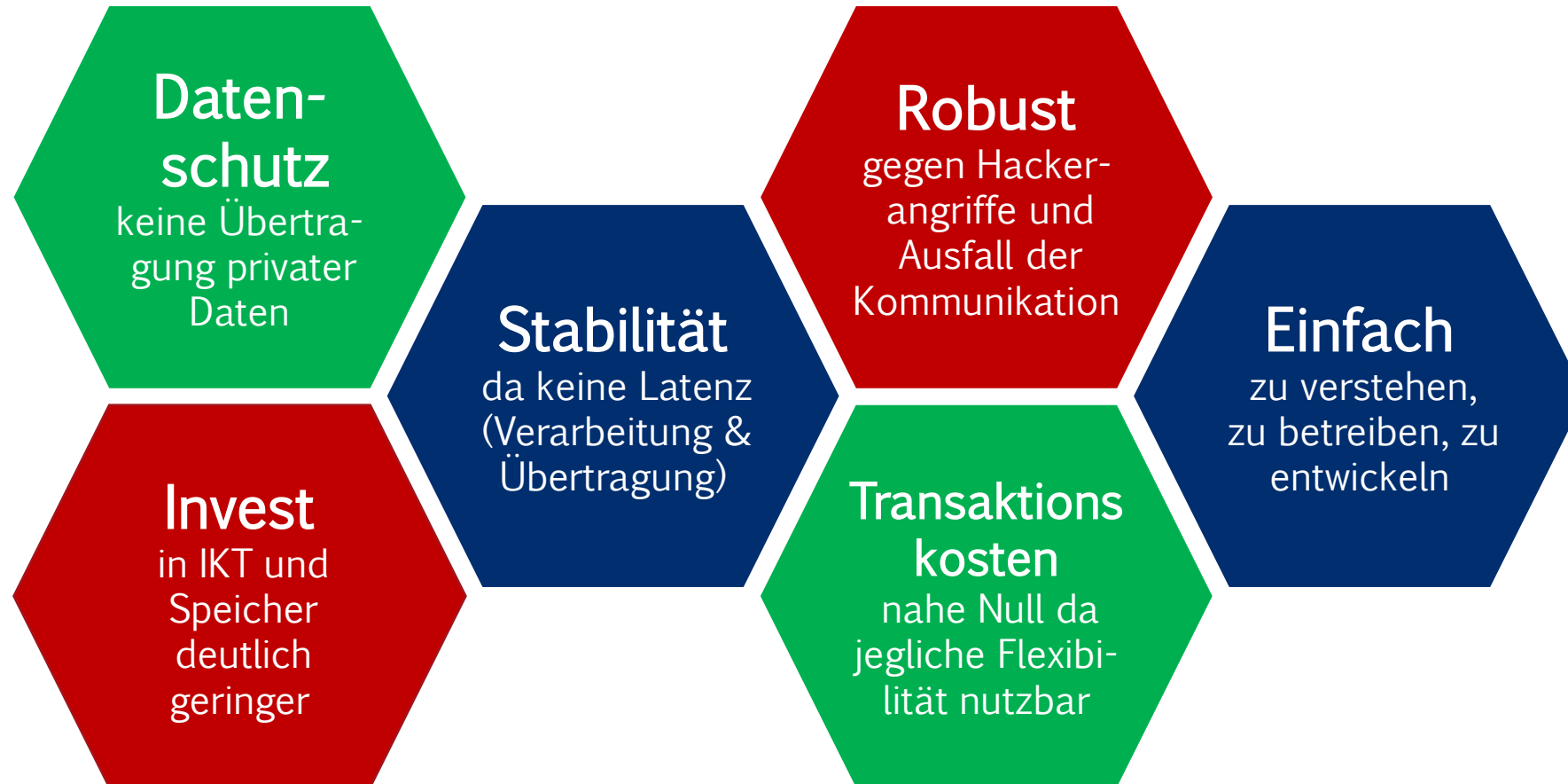
Das Netz regelt sich selbst

Preisbereich festlegen -> Frequenzbereich festlegen -> Verknüpfen



Easy Smart Grid

Signifikante Vorteile gegenüber SG 1.0



A vertical rectangular image on the left side of the slide showing a bright sun setting or rising over a layer of white clouds, with a lens flare effect.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Thomas Walter
Easy Smart Grid GmbH
www.easysg.de
thomas.walter@easysg.de

