

Auswirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energieerzeugung auf die Stabilität des Stromnetzes

E. Waffenschmidt

Aachen, 16.Nov. 2013



Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.



Der Klimawandel kommt unmerklich



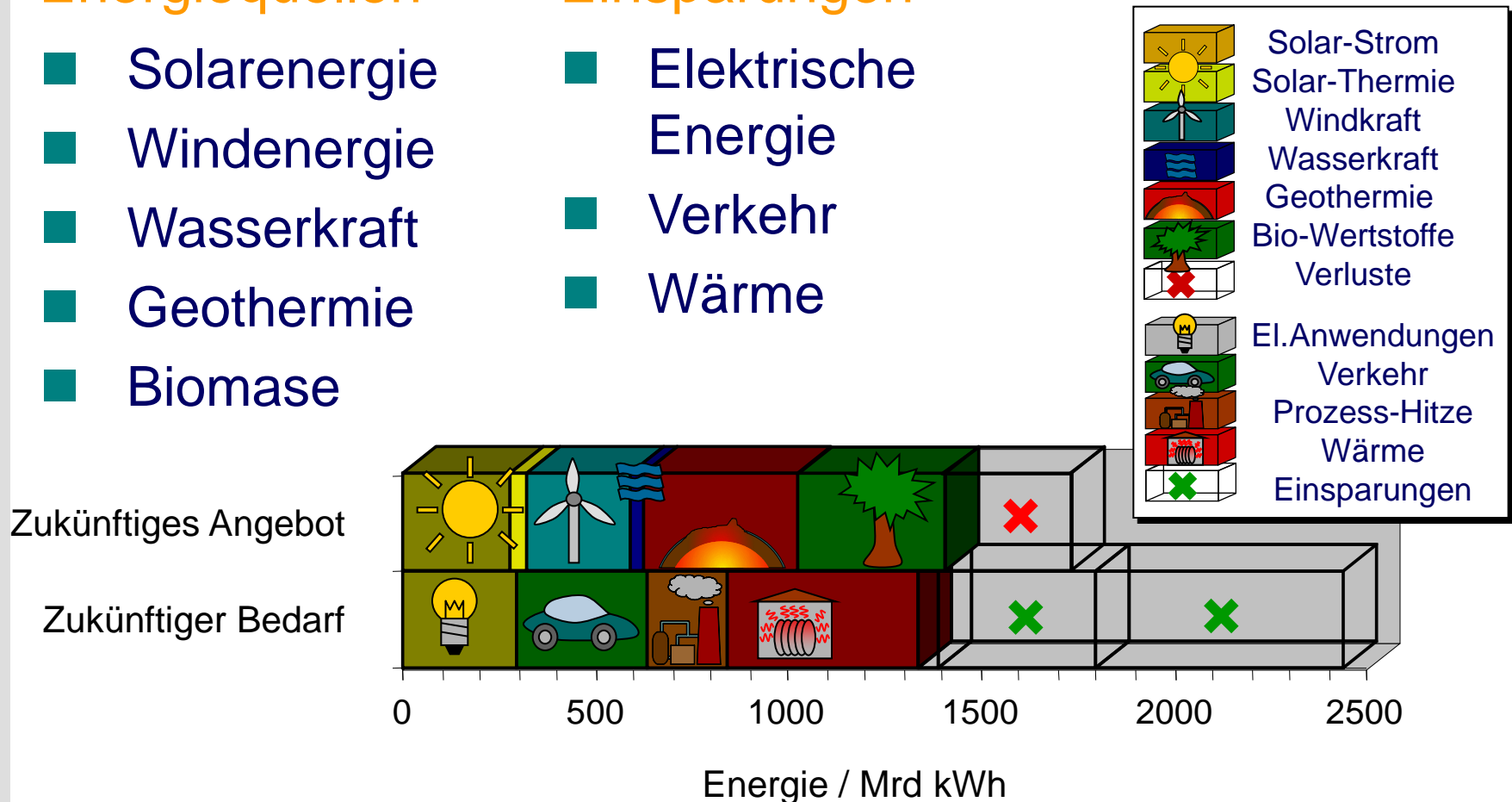
100% Erneuerbare Energien sind möglich

Energiequellen

- Solarenergie
- Windenergie
- Wasserkraft
- Geothermie
- Biomasse

Einsparungen

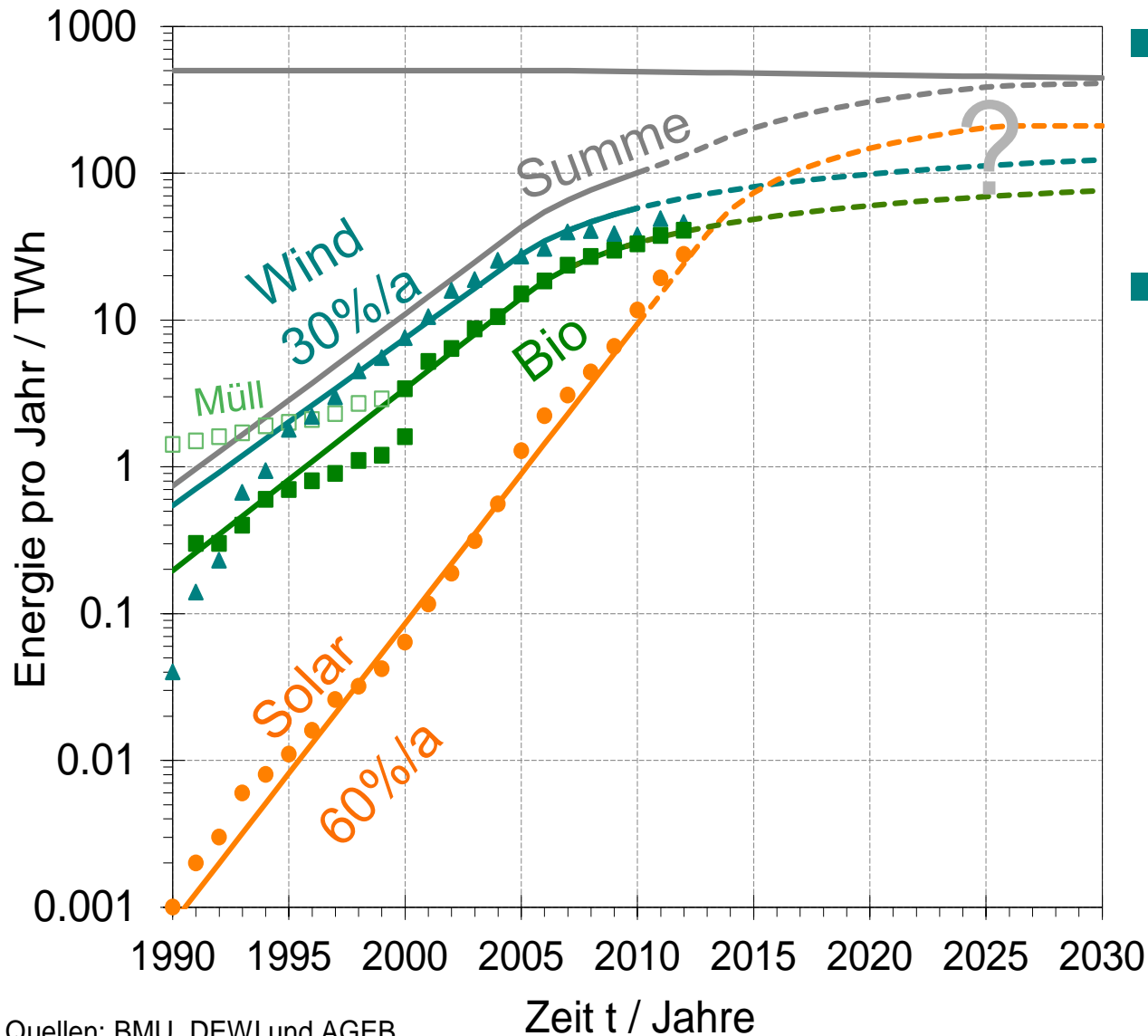
- Elektrische Energie
- Verkehr
- Wärme



Info unter: www.sfv.de



Wachstum von kleinsten Anfängen



- Solarenergie so weit wie Windenergie vor 10 Jahren
- 100% Erneuerbarer Strom in 10 Jahren?

Quellen: BMU, DEWI und AGEb



Speicher



- Lastverschiebung
- Ergänzung der Energieformen
- Regelbare Erzeugung
- Speicherung



Dezentrale Speicher



Quelle:
G.Mester
für SFV

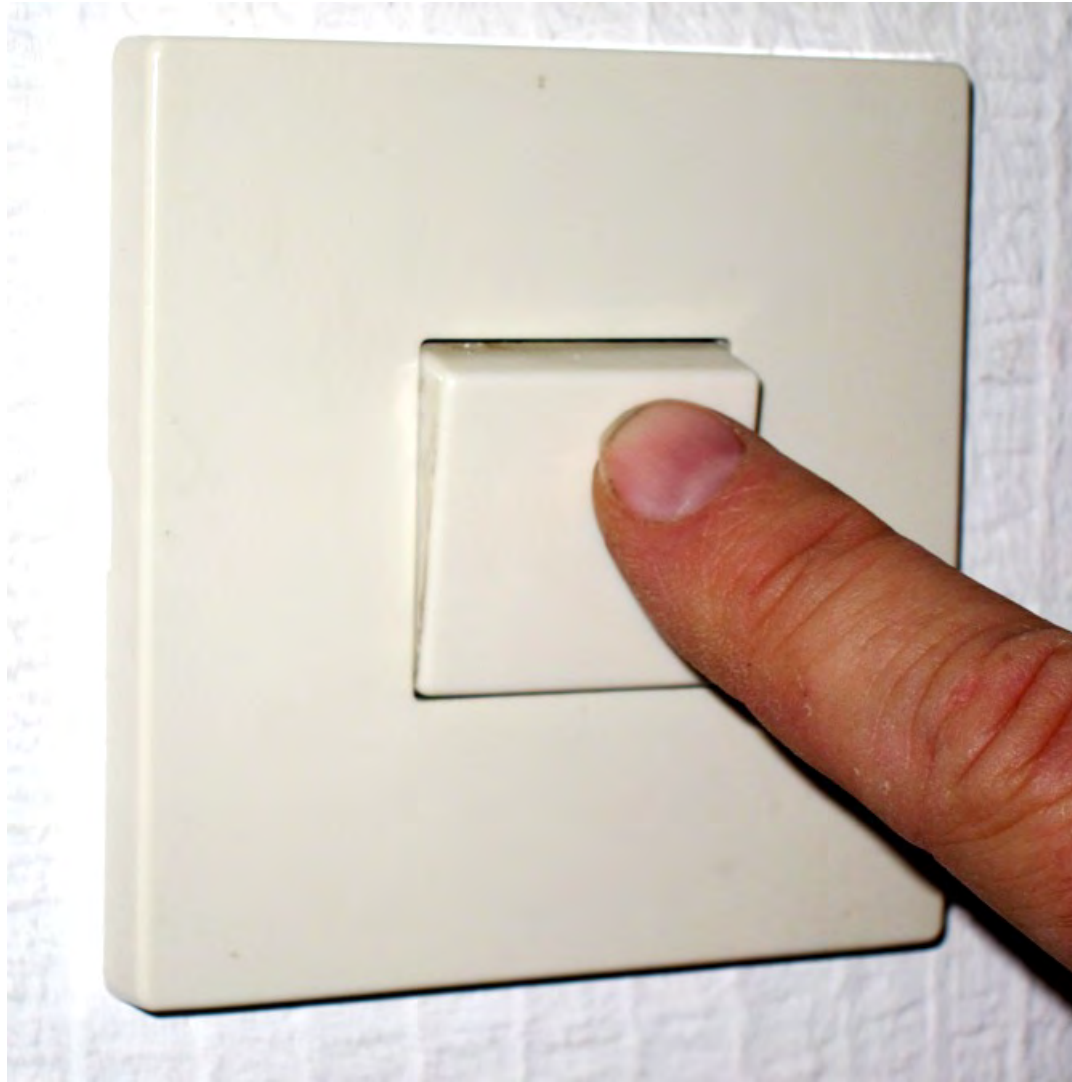


Komponenten der Netzregelung

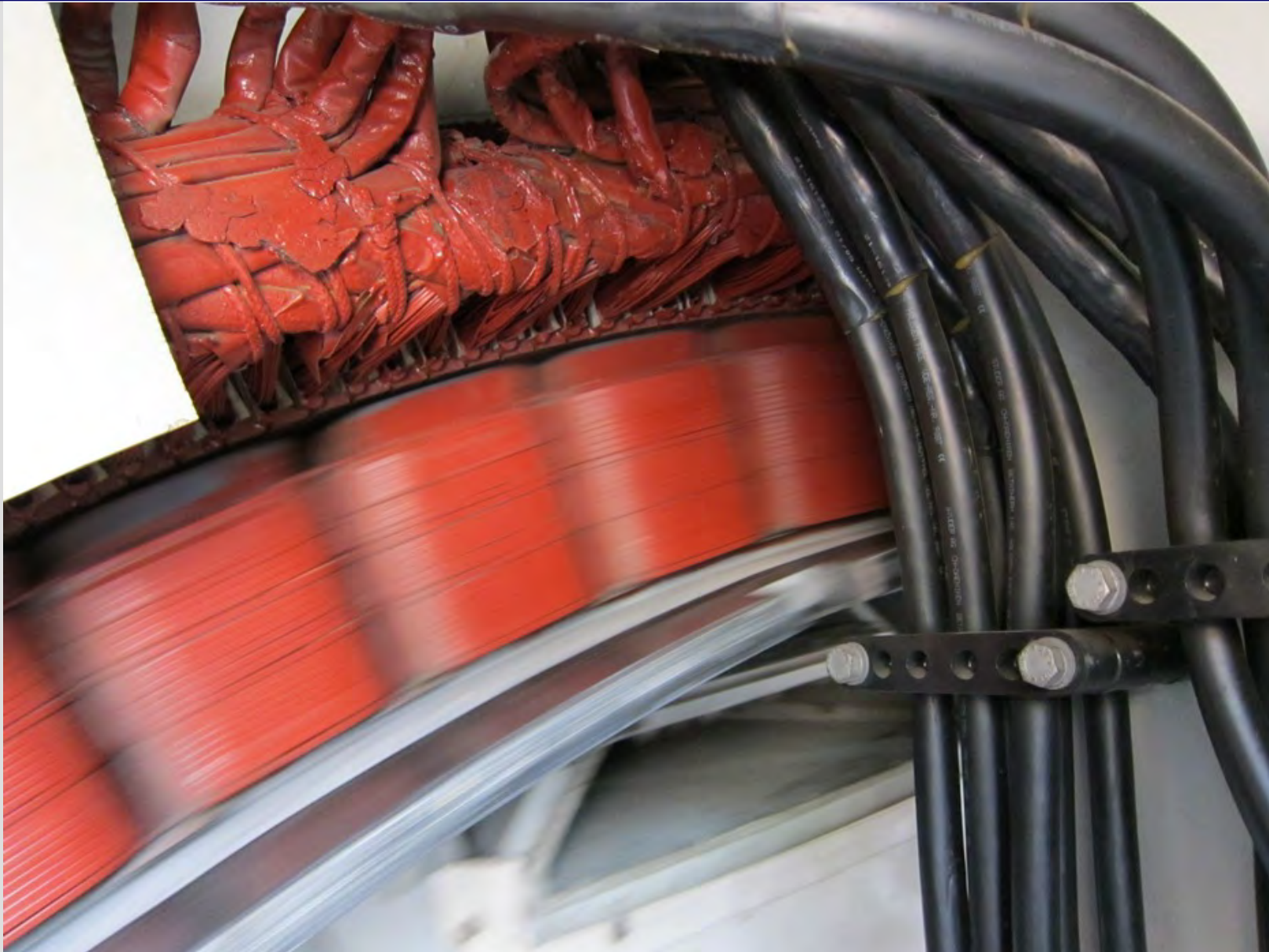
- Leistungsregelung
- Spannungshaltung
- Fehlermanagement
- Blackout



Leistungsregelung



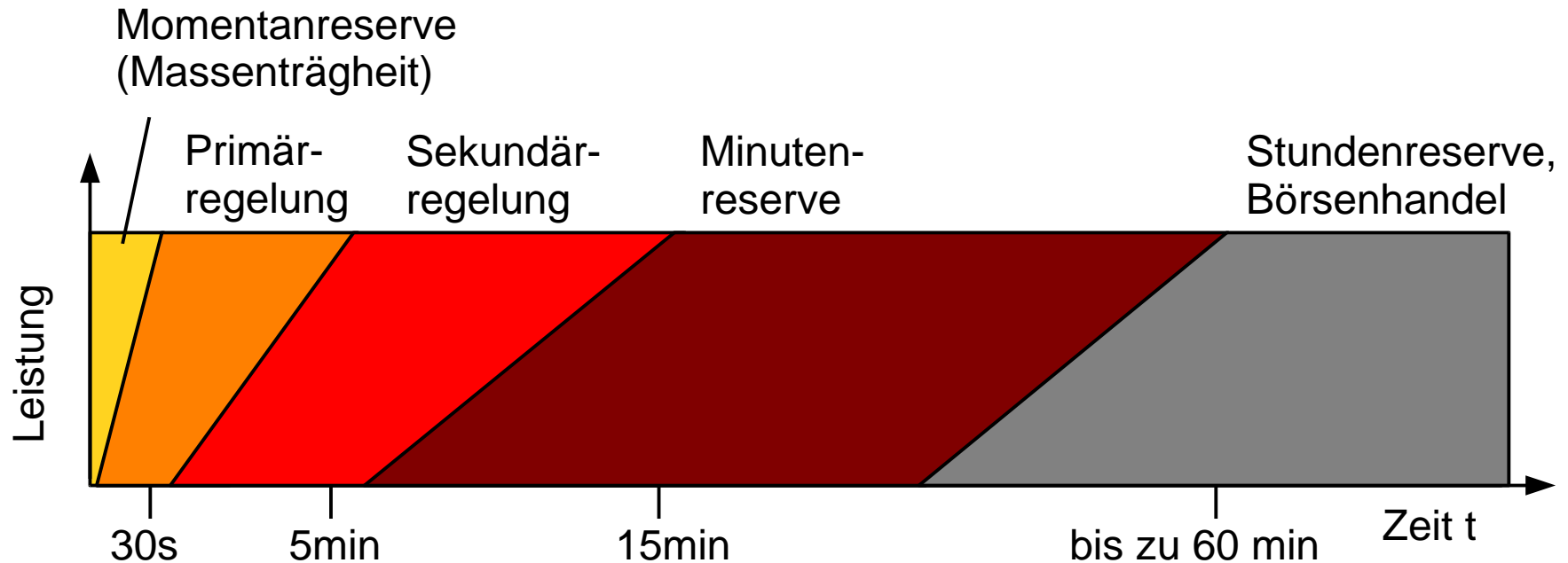
Schwungmasse von Generatoren



Frequenzregelung

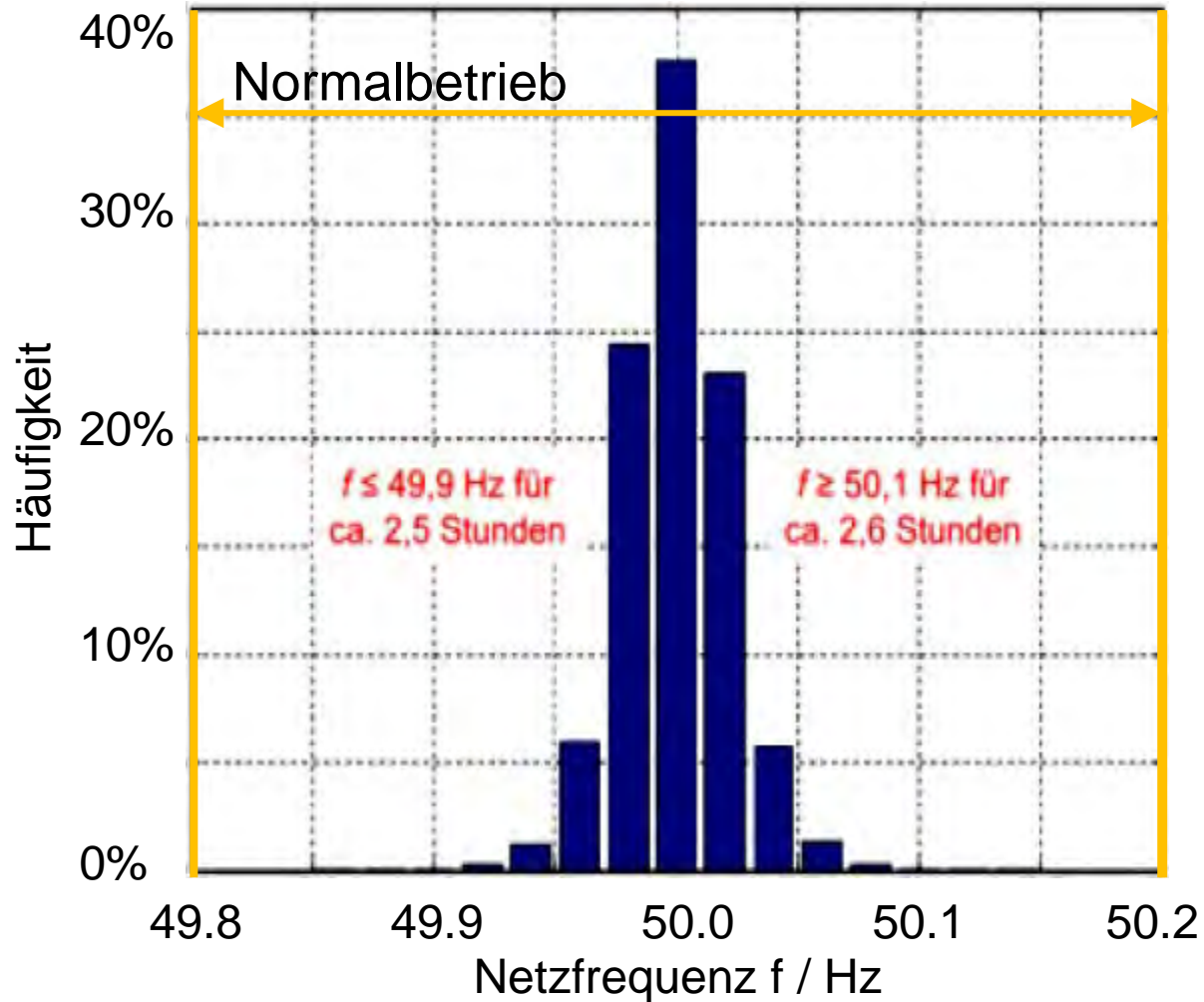


Stufen der Netzregelung



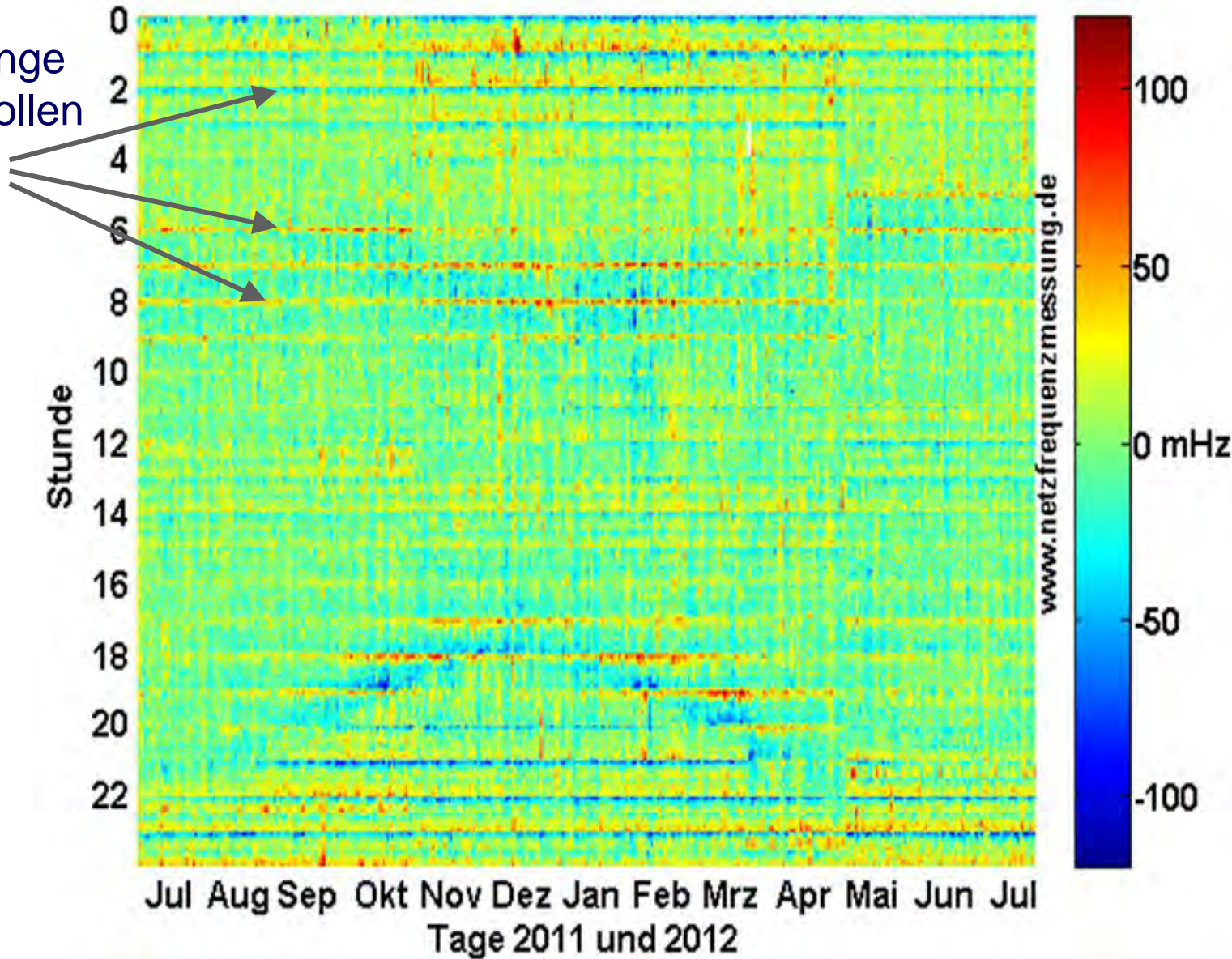
Netzfrequenz-Messungen

Häufigkeitsverteilung der Netzfrequenz für 2010

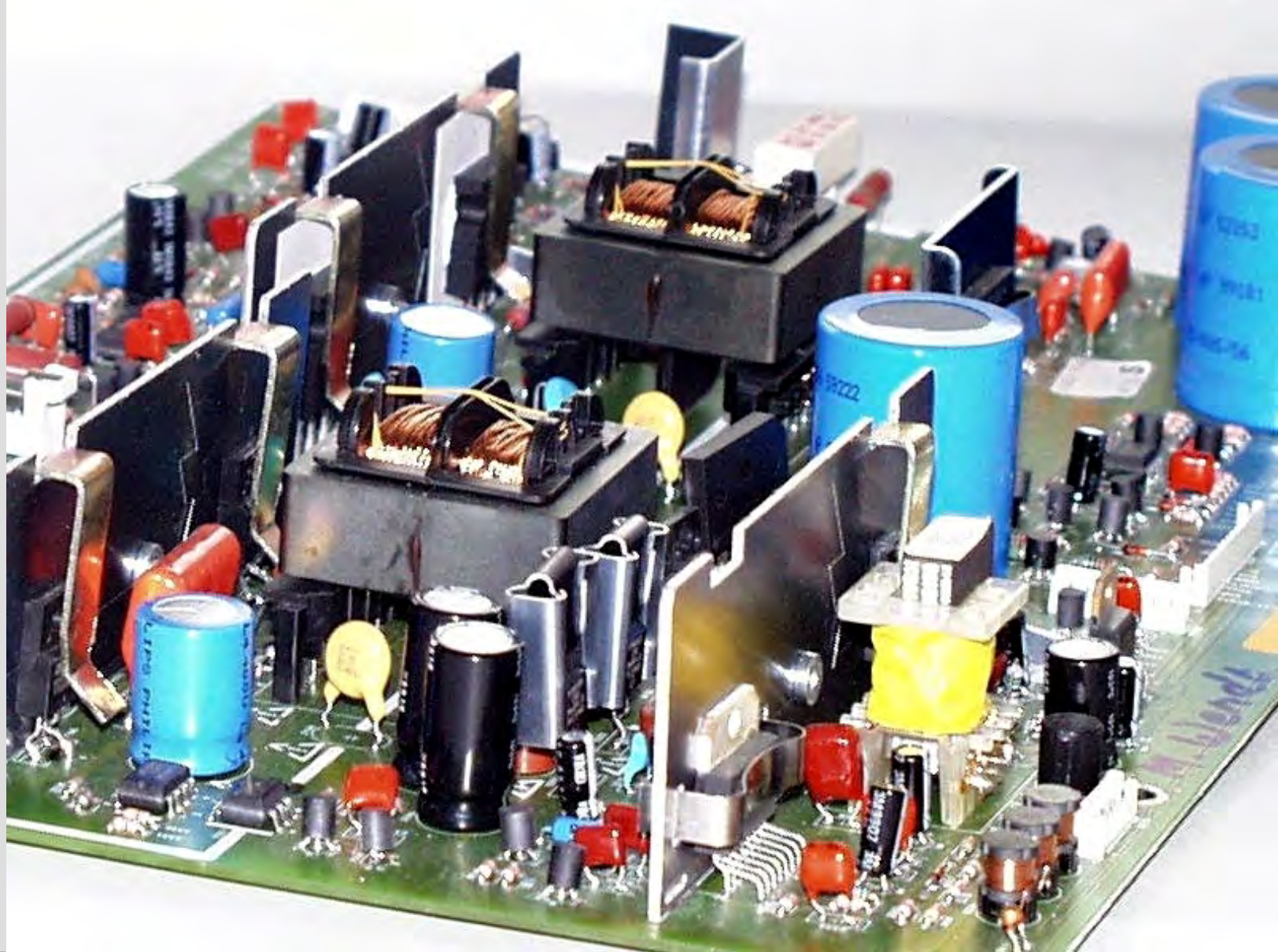


Netzfrequenz-Messungen

Große Sprünge
immer zur vollen
Stunde!



Elektronik hat keine Schwungmasse



Frequenzregelung mit Erneuerbaren

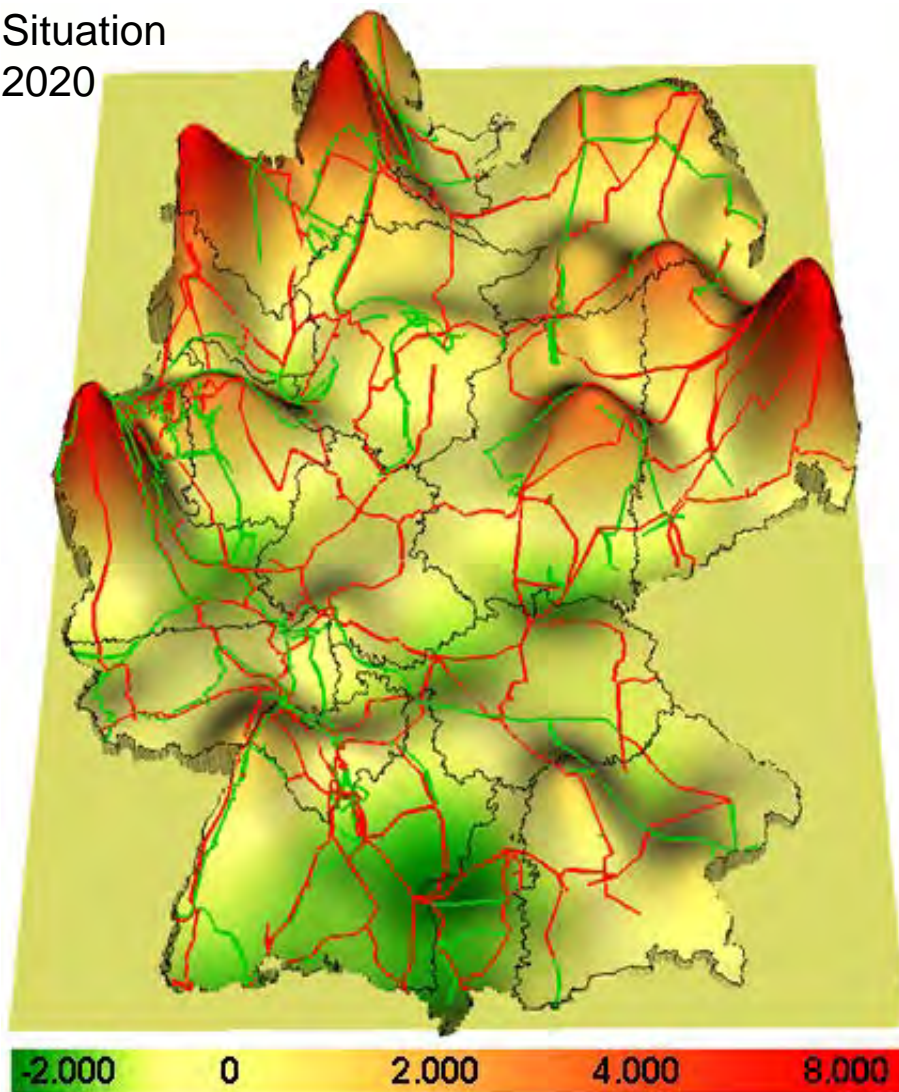
- **VSYNC-Projekt:**
 - Frequenzregelung mit Photovoltaik-Wechselrichtern
- **Virtueller Synchrongenerator**
 - Wechselrichter verhält sich wie Synchrongenerator
- **Enercon Windanlagen**
 - Frequenzregelung für Windanlagen
- **Kombikraftwerk 2**
 - Regelverbund verteilt über Deutschland



Spannungshaltung

Spannungshaltung

Situation
2020



Leistung [MW]

Problem

bei langen Leitungen:

- Nicht so sehr Stromüberlastung

sondern:

- Spannung wird zu niedrig!

Blindleistung anschaulich

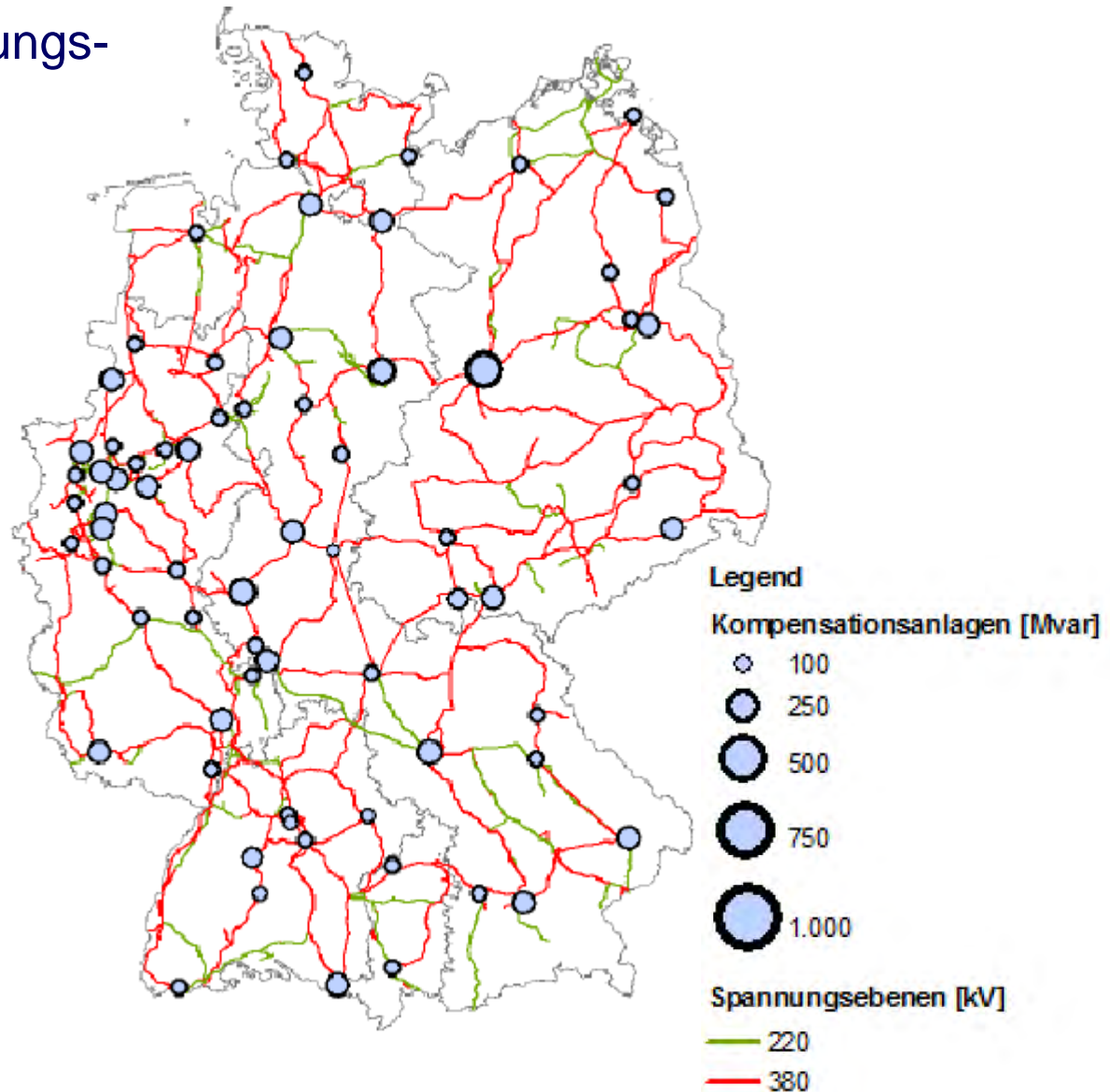
Endlich eine vernünftige Erklärung zu Wirk-, Blind- und Scheinleistung auch für Nicht-Elektrotechniker



<http://amish-geeks.de/blog/scheinleistung/>

Spannungshaltung

Standorte der Blindleistungs-Kompensationsanlagen



Quelle: Netzentwicklungsplan 2012 S.92

Blindleistung mit Wechselrichtern



- Deutsche Solarpreis 2012 an:
- BELECTRIC
- Großflächen-Photovoltaikanlage mit blindleistungsfähigem Wechselrichter
- Auch wenn die Sonne nicht scheint



Fehlermanagement

Kurzschluss



- Sicherheitselemente sprechen nicht an, denn
- Wechselrichter liefern nicht mehr als Nennstrom

Kurzschluss



- Sicherheitselemente sprechen nicht an, denn
- Stromquellen von mehreren Seiten



Blackout

Smart Grid



100% Erneuerbare Energien

Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.



Blackout



Ganz Europa ist vom Blackout betroffen...

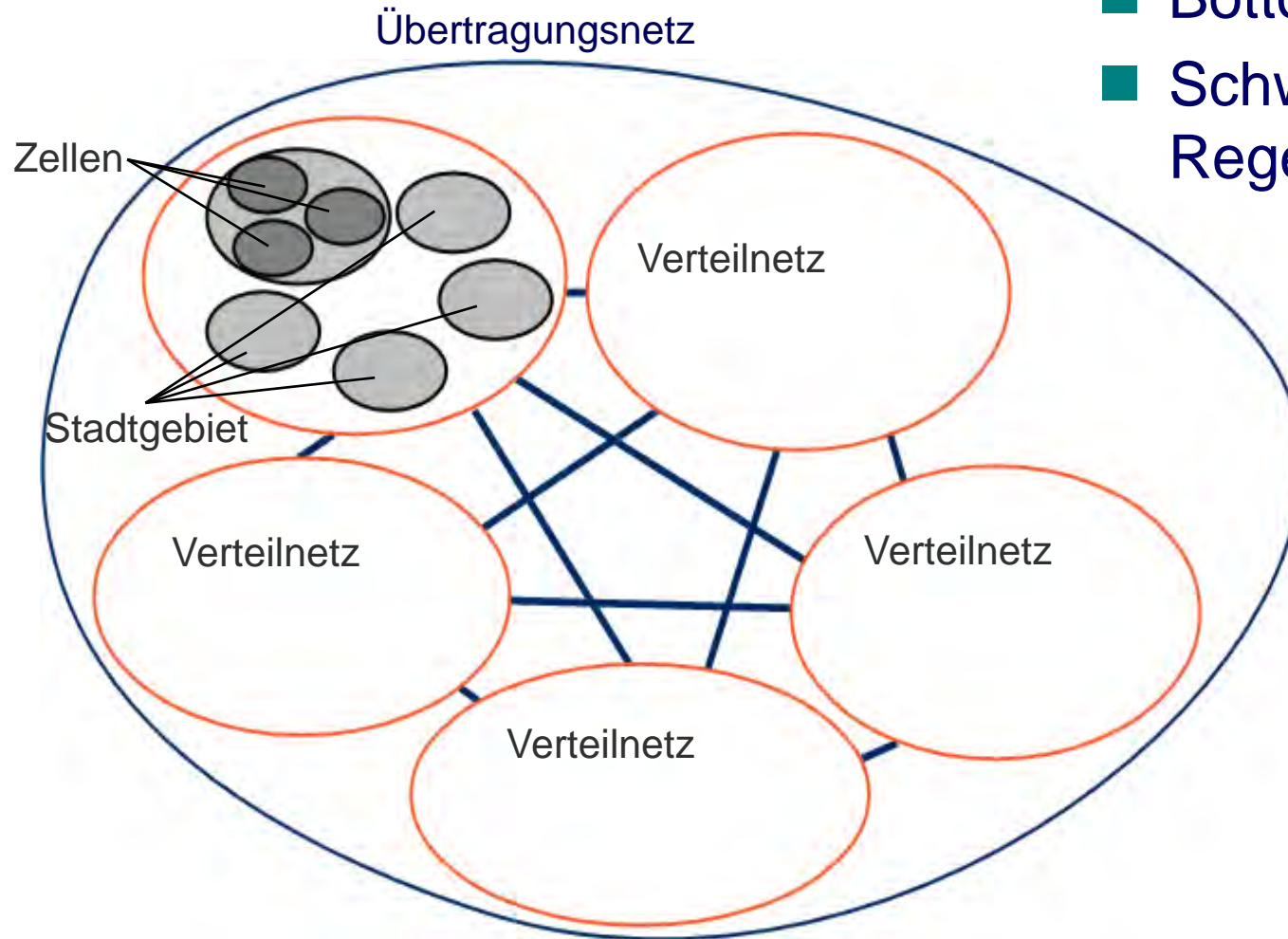
ganz Europa?
Nein! Ein von unbeugsamen Energieaktivisten bevölkertes Dorf hört nicht auf, der Dunkelheit Widerstand zu leisten.

Und es werden mehr!

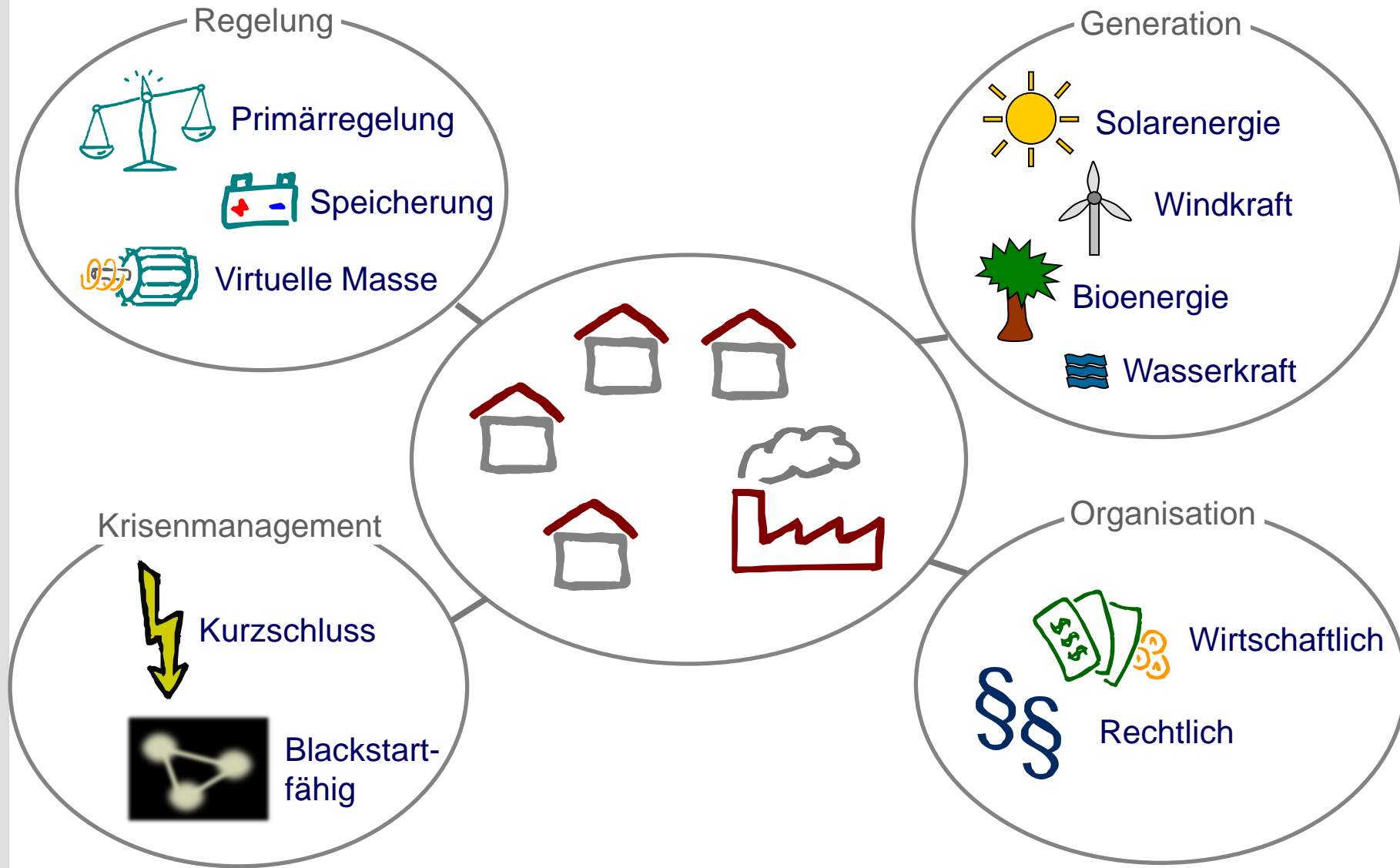
Bildquelle: www.tagesschau.de

Zellulare Netze

- Autarke Zellen
- Bottom-up-Ansatz
- Schwarm-Regelung



Autarke Zelle



Das zukünftige Stromnetz kann...

- auch mit Erneuerbaren betrieben werden
- zuverlässiger und sicherer als heute sein



Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,

Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik (F07)

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@fh-koeln.de

<http://www.f07.fh-koeln.de/fakultaet/personen/professoren/eberhard.waffenschmidt/index.html>