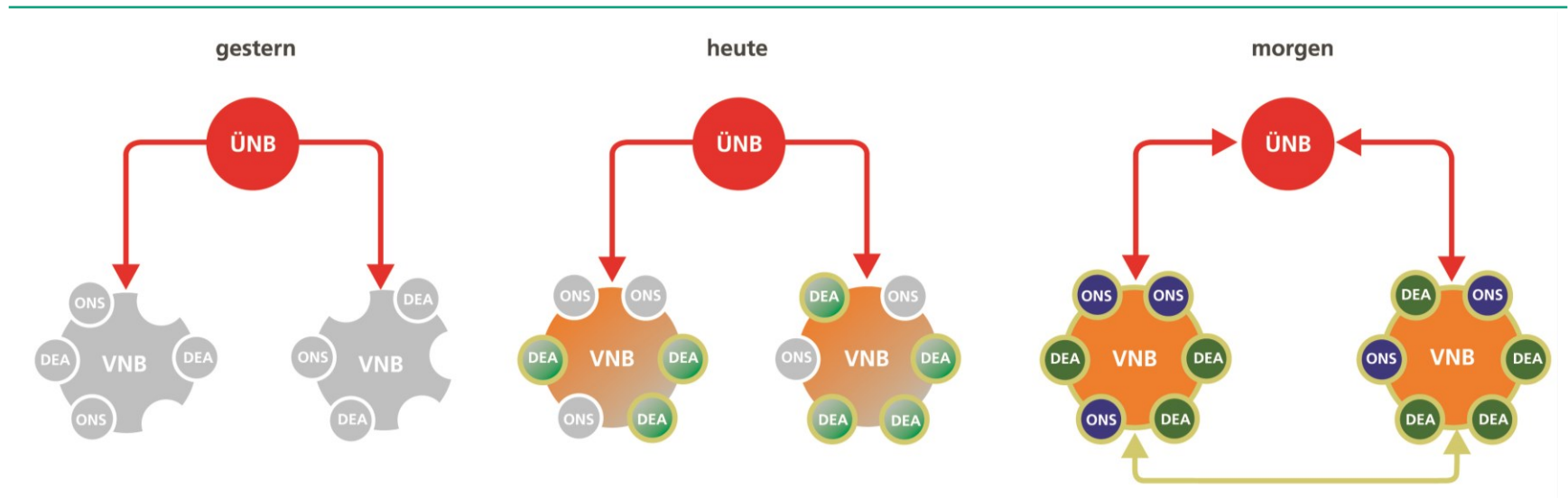


NETZ:KRAFT

Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerksstrukturen



Wolfram Heckmann,
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES,
www.Netz-Kraft-Projekt.de

Überregionale Störfälle – Beispiel Italien

■ Italien 2003

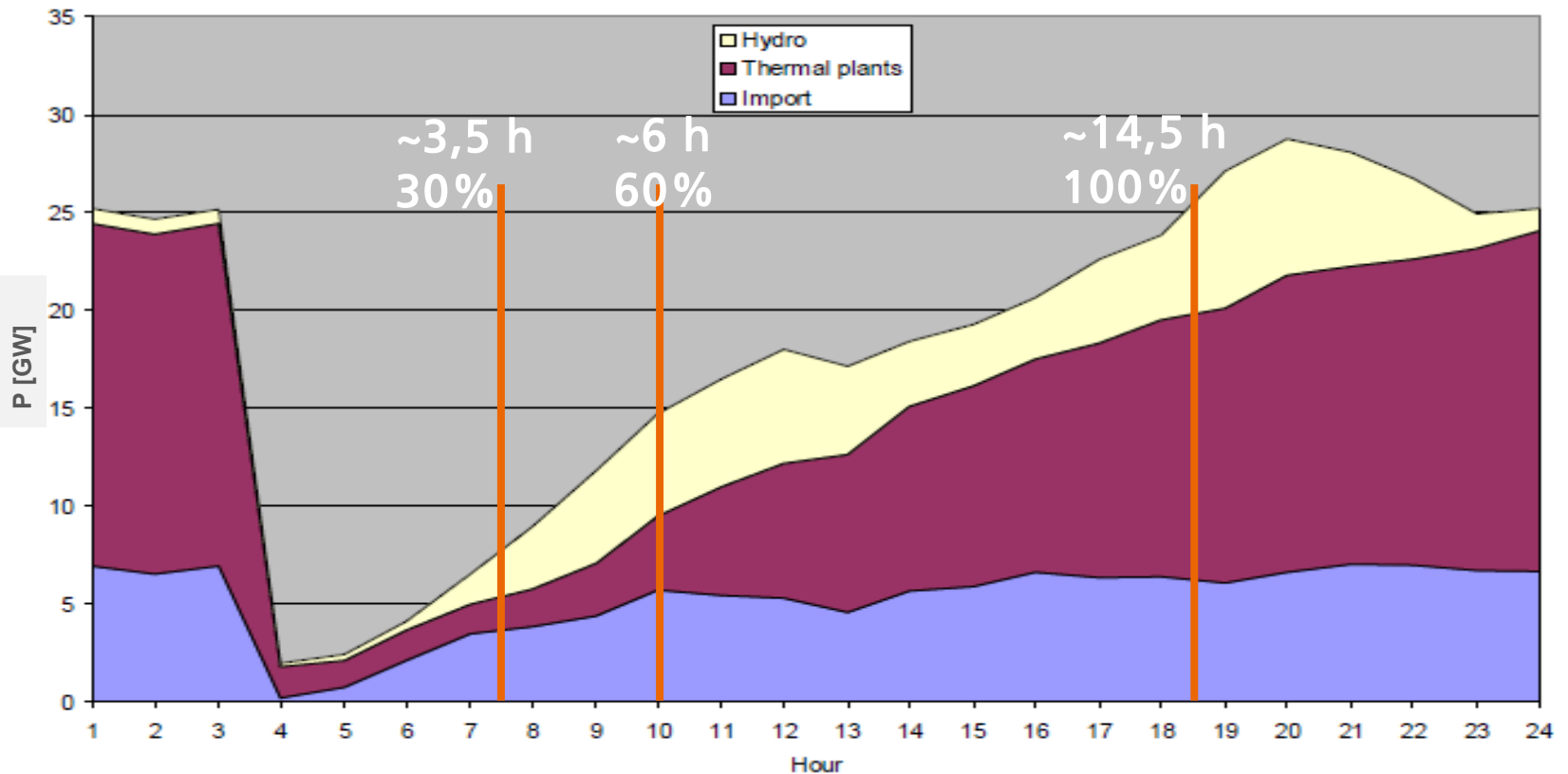


Fig.9 – The energy supply in Italy on Sept.28th, 2003.

[Beri 2004]

Überregionale Störfälle – International

26. Februar 2008	Störfall in einem Umspannwerk in Florida Direkter Verlust von drei Kraftwerksböcken, Ausfall 8 weiterer Kraftwerke – über 3 Millionen Menschen betroffen
8. September 2011	Fehler einer 500-Kilovolt-Leitung, Stromausfall in Teilen Kaliforniens, Arizonas und Mexikos – 5,7 Millionen Menschen betroffen
31. Juli 2012	Überlastung des Stromnetzes, Stromausfall in 20 von 28 Bundesstaaten Indiens – 600 Millionen Menschen betroffen
31. März 2015	Nach Ausfall von Kraftwerken, Abtrennung der Türkei vom europäischen Netz – 76 Millionen Menschen – Dauer 9 Stunden

[de.wikipedia.org/wiki/Liste_historischer_Stromausfälle]

Regionale Störung „Münsterländer Schneechaos“

- Freitag, 25. November 2005
 - Stromausfall für 25 Gemeinden, rund 250.000 Einwohner
- Sonntag, 27. November 2005
 - Große Teile wiederversorgt
- Montag, 28. November 2005
 - Notabschaltung zweier 110 kV-Leitungen
 - Massiver Einsatz von Netzersatzanlagen
 - Rund 50.000 Einwohner weiterhin betroffen
- Dienstag, 29. November
 - Ochtrup zu 95% wiederversorgt
 - Weniger als 20.000 nicht versorgte Personen
- Mittwoch, 30. November 2005
 - Knapp 2.000 Personen ohne Netzanschluss

Schneebabys

Es ist ein immer wieder gern erzähltes Märchen, dass immer dann, wenn durch besondere Umweltbedingungen der häusliche Herd von der Außenwelt und Elektrizität abgeschnitten ist, besonders viele Babys aufgrund fehlender Alternativen gezeugt werden. Schon nach einem Stromausfall am 9. November 1965 in New York berichtete 9 Monate später die „New York Times“ von ungewöhnlichen Geburtshäufungen in einigen Kliniken. Dies konnte aber von der Fachzeitschrift „Demography“ nicht bestätigt werden. Auch berichteten im August 2006 viele Zeitungen im Münsterland begeistert über den „Babyboom nach Stromausfall“ aufgrund des Schneechaos Ende November 2005. Das war zwar schön erzählt, aber falsch. Wie das Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW richtigstellte, gab es in den besonders vom Schneechaos betroffenen Landkreisen eher weniger als mehr Geburten.

[BNetzA 2006]

[Mich 2009]

Notwendige Berücksichtigung Erneuerbarer Energien

Szenario aus „Roadmap Speicher“ orientiert an den Langfristszenarien des BMU

Ungefähres Szenariojahr	2020	2030	2050	
EE-Anteil DE	45-50%	69%	88%	} EE-Anteil am Stromverbrauch
EE-Anteil EU	26%	37%	82%	
Sensitivitäten (vgl. Kapitel 6.3)	<i>Wind- / Wind+</i>	<i>Flex- / Flex+ Netz- / Netz+</i>	Szenario A-C + Varianten	
Wind gesamt (GW)	53 (<i>Wind+</i> : 65)	85	97	} Installierte Leistung
Wind onshore (GW)	45 (<i>Wind+</i> : 55)	60	65	
Wind offshore (GW)	8 (<i>Wind+</i> : 10)	25	32	
Photovoltaik (GW)	53,5	59,3	67,2	
Laufwasser (GW)	4,7	4,9	5,2	
Biomasse (GW)	8,1	8,8	9,7	
Geothermie (GW)	0,3	1,0	3,0	

[IWES 2014]

Konventionelle Mindestenerzeugung



Studie zur Ermittlung der technischen Mindestenerzeugung des konventionellen Kraftwerksparks zur Gewährleistung der Systemstabilität in den deutschen Übertragungsnetzen bei hoher Einspeisung aus erneuerbaren Energien



fangen, festgehalten wird. Das Netzwiederaufbaukonzept muss aber auch alleine mit schwarzstartfähigen Kraftwerken durchführbar sein. Demzufolge ist die Schwarzstartfähigkeit eines Systems mit einem grundsätzlich **technisch geeigneten Kraftwerkspark** - dafür kommen heute nur konventionelle Kraftwerke in Frage - sicherzustellen und es ergibt sich demnach keine Anforderung an eine jeweils im Betrieb befindlichen Mindestenerzeugung konventioneller Anlagen. Allerdings begünstigt ein größeres Potenzial konventioneller Erzeugung, die sich bei einem Netzzusammenbruch im Eigenbedarf fängt, selbstverständlich einen erfolgreichen und zügigen Versorgungswiederaufbau.

[FGH 2012]

Netzdienstleistungen

- Regelenergie
 - Primär/ Sekundär/ Tertiär
- Spannungshaltung
 - Statisch/ Dynamisch
- Systemwiederherstellung/
Netzwiederaufbau
 - Schwarzstartfähigkeit
 - Inselbetriebsfähigkeit
- Kurzschlussstrombereitstellung
- Kompensation der Wirkverluste
- Systemkoordination
- Betriebliche Messung

Schwarzstartfähigkeit

- Startfähigkeit (in weniger als 2 Stunden)
- Aufnahme von Lastsprüngen (Lastblöcke größer 20 MW)
- Wiederholtes Anfahren
- Brennstoffverfügbarkeit/ Vorrat (3 Tage und mehr)
- Verfügbarkeit größer 90%
- Blindleistung zum Laden von Leitungsabschnitten (größer 100 MVAR im Transportnetz)

(beispielhafte Größen für Großbritannien [Nati 2012])

Netzdienstleistung - Inselbetriebsfähigkeit

3.3.14.1 Abfangen von Erzeugungseinheiten auf Eigenbedarf

...

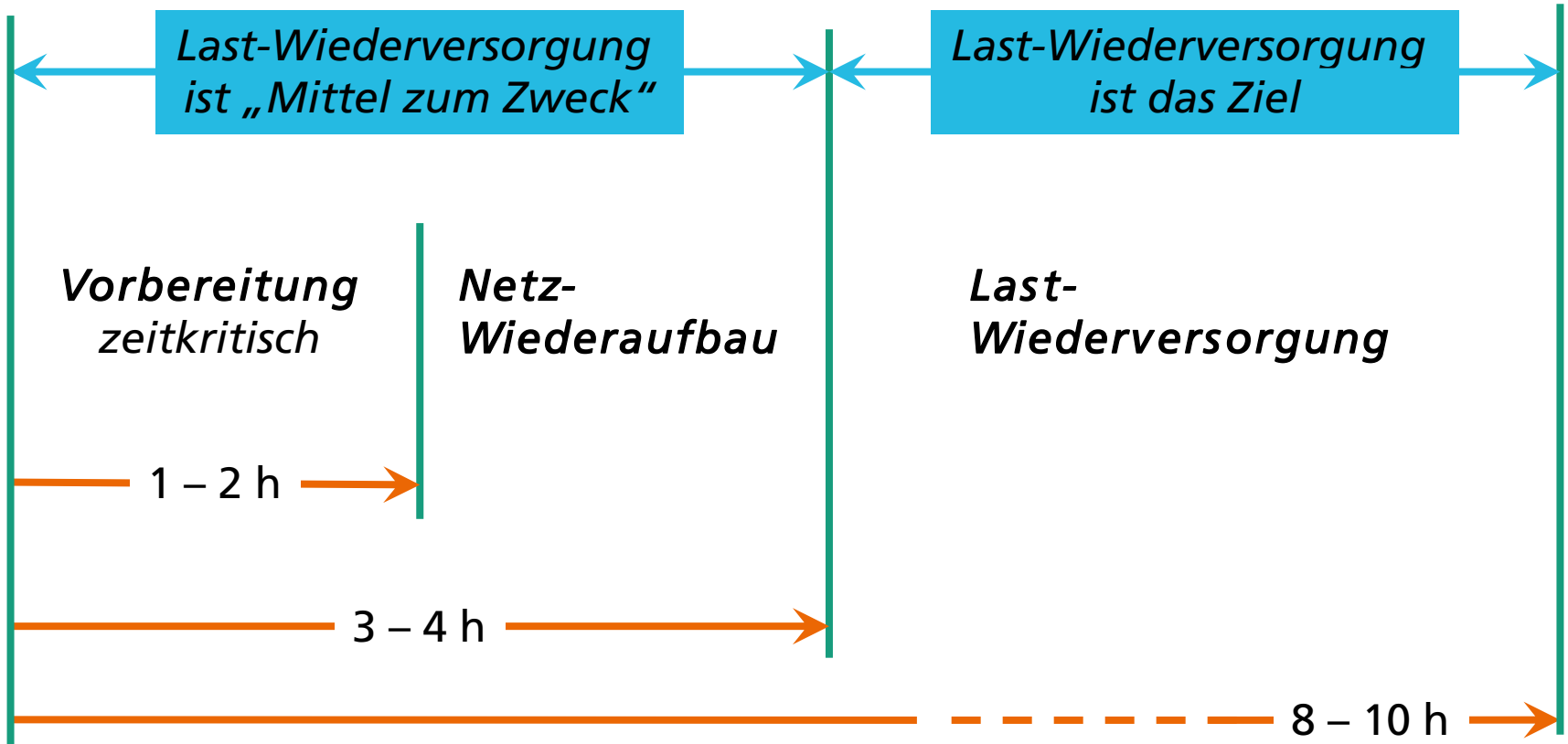
- (3) Nach Abfangen auf Eigenbedarf muss die Erzeugungseinheit mindestens 2 Stunden nur mit dem Eigenbedarf belastet betrieben werden können.
- (4) Ausnahmeregelungen für diese Anforderungen an spezielle Arten von Erzeugungseinheiten (z.B. Laufwasserkraftwerk) können vereinbart werden.

3.3.14.2 (Netz-)Inselbetriebsfähigkeit

- (1) Jede Erzeugungseinheit ≥ 100 MW muss in der Lage sein, die Frequenz zu regeln unter der Voraussetzung, dass das entstandene Leistungsdefizit nicht größer als die in der Netzzinsel vorhandene Primärregelreserve ist. (...)
- (2) Ein derartiger (Netz-)Inselbetrieb muss mehrere Stunden aufrechterhalten werden können. Die Einzelheiten (...).

[VDN 2007]

Phasen der Systemwiederherstellung



[Adib 2008]

Netzwiederaufbau - Wirkleistungseinspeisung

2.5.3 Wirkleistungsabgabe

Die Erzeugungsanlage muss mit reduzierter Leistungsabgabe betrieben werden können. In folgenden Fällen ist der Netzbetreiber berechtigt, eine vorübergehende Begrenzung der Einspeiseleistung zu verlangen oder eine Anlagenabschaltung vorzunehmen:

- potenzielle Gefahr für den sicheren Systembetrieb,
- Engpässe bzw. Gefahr von Überlastungen im Netz des Netzbetreibers,
- Gefahr einer Inselnetzbildung,

6.5 Nachweis der Zuschaltbedingungen

Es ist nachzuweisen, dass die Erzeugungsanlage

- erst bei einer Netzspannung von mindestens 95 % U_c und einer Netzfrequenz zwischen 47,5 Hz und 50,05 Hz zuschaltet oder wiederzuschaltet,
- im Falle einer Auslösung durch den Entkopplungsschutz nach Wiederschaltung die Wirkleistung mit einem Gradienten von maximal 10 % der Nennleistung pro Minute steigert (gilt nur für Erzeugungsanlagen > 1 MVA).

HöS, HS: nur Spannung
MS: Spannung und Frequenz

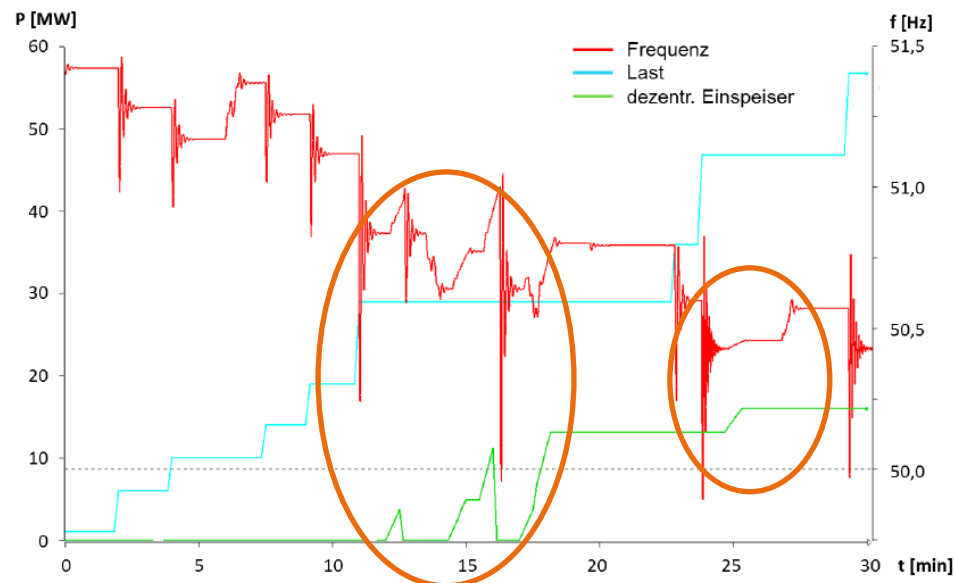
[BDEW 2008]

Umfeld – Ungesteuerte Erneuerbare-Energie-Anlagen

Frequenzstrategie

Kärnten
Netz

- Festlegung der Startfrequenz
- Festlegung der max. möglichen Last bei Zuschaltung
- Berücksichtigung dezentraler Erzeuger
- Konzept für Synchronisierung



R. Scharanz

14. November 2013

22

[Schm 2013]

Fragen zum Einsatz Erneuerbarer beim Netzwiederaufbau im Hoch- und Höchstspannungsnetz

- Verfügbarkeit Primärenergie
 - Sonne und Wind
 - Batteriespeicher
- Schwarzstartmöglichkeiten großer Wind- und PV-Parks
- Möglichkeiten der Blindleistungsbereitstellung
 - Laden von Netzabschnitten
 - Blindstrommanagement schwach belasteter Leitungen
 - Verhalten beim Anfahren großer Motoren
- Vor- und Nachteile verringerter Massenträgheit für die Frequenzregelung
 - Aufnahme von Lastblöcken

Fragen zum Netzwiederaufbau durch dezentrale Erzeuger in einer Verteilnetzregion

Schwarzstartfähigkeit

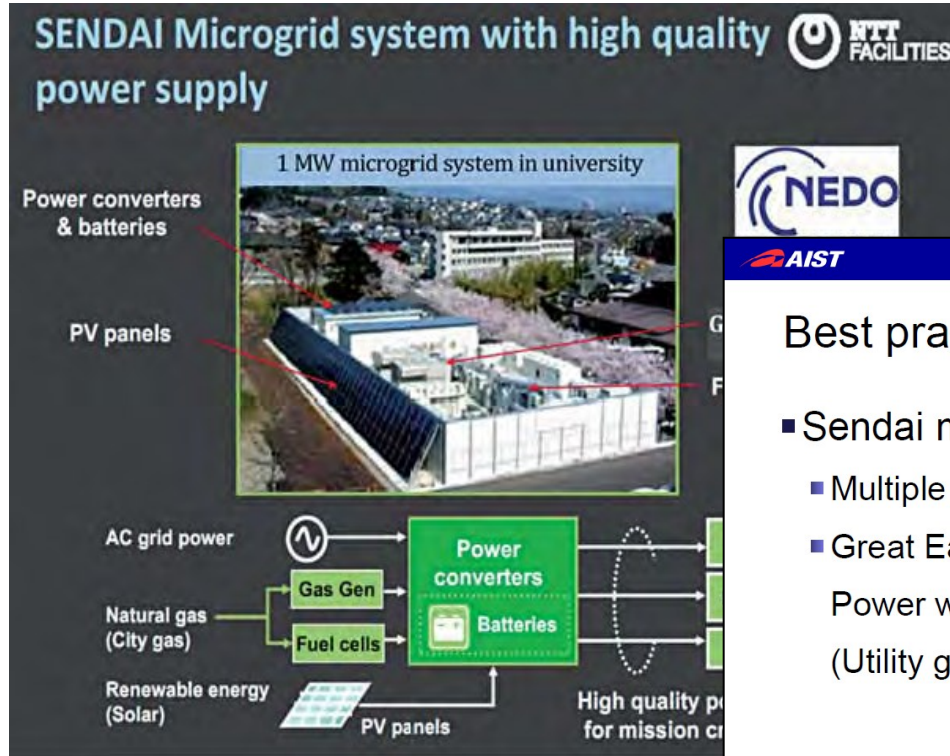
- Startfähigkeit (in weniger als 2 Stunden)
- Aufnahme von Lastsprüngen (Lastblöcke größer 20 MW)
- Wiederholtes Anfahren
- Brennstoffverfügbarkeit/ Vorrat (3 Tage und mehr)
- Verfügbarkeit größer 90%
- Blindleistung zum Laden von Leitungsabschnitten (größer 100 MVAR im Transportnetz)

(beispielhafte Größen für Großbritannien [Nati 2012])

Übertragung auf das Verteilnetz

- Startfähigkeit von BHKW und Erneuerbaren (Netzbildner?)
- Wie groß sind die erwarteten Lastsprünge im Verteilnetz?
 - Verhältnis von gesteuerter zu ungesteuerter Erzeugung?
- Verfügbarkeit Primärenergie
 - Sonne und Wind
 - (Bio-) Gas
 - Batteriespeicher
- Technische Verfügbarkeit
- Blindleistungsanforderungen beim Laden eines Verteilnetzes?

Versorgungsinseln – Kritische Infrastrukturen



Best practice

- Sendai microgrid
 - Multiple quality: DC > AC-A > AC-B1 > AC-B3
 - Great East Japan Earthquake (2011):
Power was supplied to important loads by microgrid
(Utility grid: blackout for 3 days)



(Source: Wikipedia, this picture is not included to white paper)

Universitätsklinikum

[IEC 2014]

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

NETZ:KRAFT, Projektvorstellung, Stand 11/2015 [14]

© Fraunhofer IWES

Versorgungsinselfn – Beispiel Landwirtschaft



Hessisches Biogas-Forschungszentrum
Fraunhofer IWES/ LLH, Schloss Eichhof, Bad Hersfeld

- Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV), §3 Absatz 5:

Für Haltungseinrichtungen, in denen bei Stromausfall eine ausreichende Versorgung der Tiere mit Futter und Wasser nicht sichergestellt ist, muss ein Notstromaggregat bereitstehen.

- Frage:
Wie viele Biogasanlagen und wie viele PV-Anlagen auf Scheunen sind notstrom- bzw. inselnetzfähig?

NETZ:KRAFT Kurzbeschreibung

NETZ:KRAFT erarbeitet neue Konzepte für den Netzwiederaufbau (NWA) bei zukünftigen Kraftwerksstrukturen. Ziel ist die Einbindung erneuerbarer Energien beim NWA zu ermöglichen.

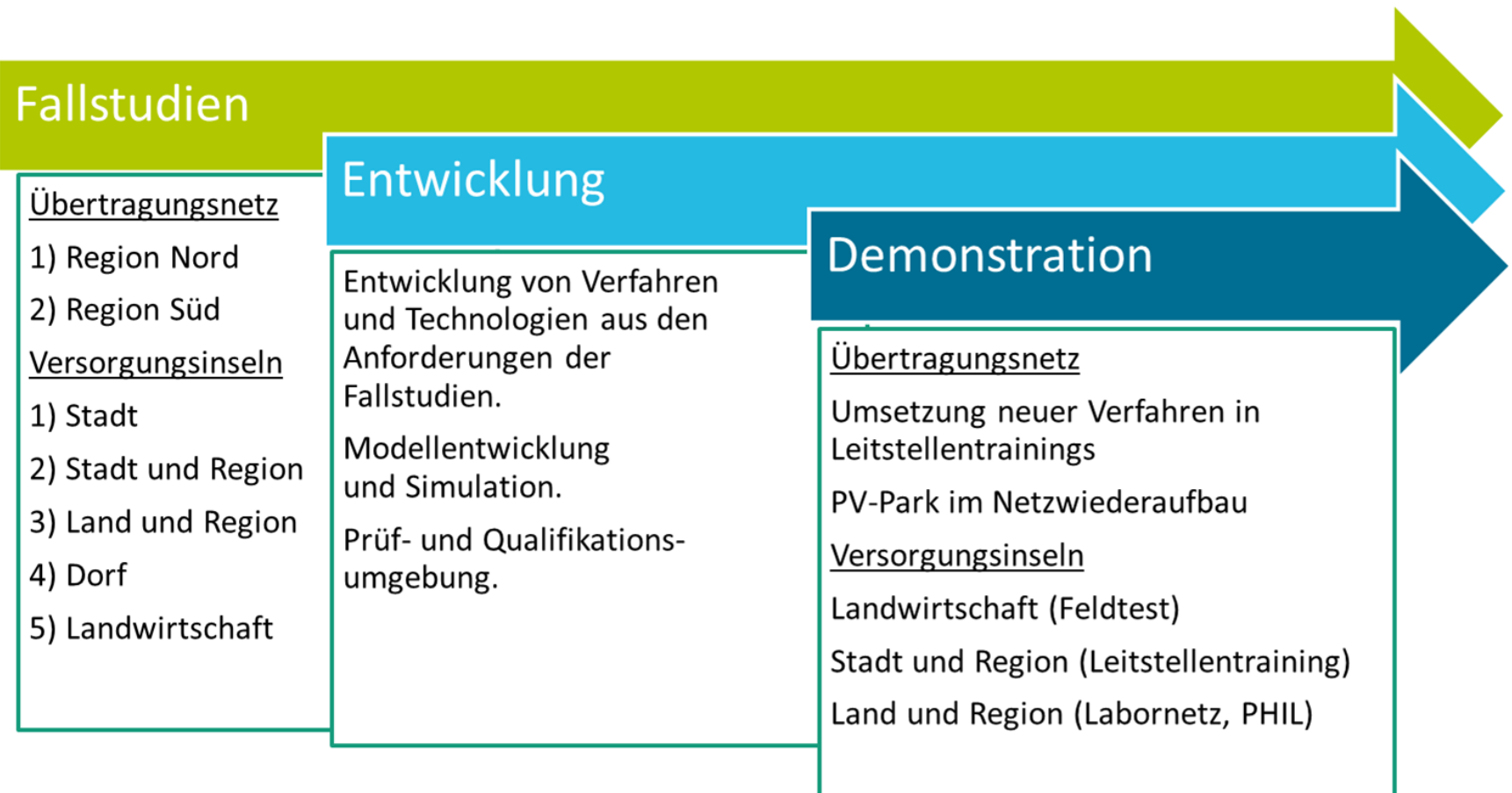
- Weiterentwicklung der vorhandenen NWA-Konzepte der Übertragungsnetzbetreiber unter Berücksichtigung des Verhaltens von Erneuerbare-Energie-Anlagen.
- Grundlegende Untersuchungen der Möglichkeiten, dezentrale Erzeugung in Versorgungsinseln der Verteilungsnetzbetreiber zur Verkürzung von Ausfallzeiten aktiv zu nutzen.
- Übergreifend wird die Koordination der beiden Stränge untersucht.

Laufzeit: Januar 2015 – Juni 2018, Förderer: BMWi (FKZ 0325776)

NETZ:KRAFT Projekt-Team

- Fraunhofer IWES
- 50 Hertz Transmission
- TransnetBW
- TenneT TSO
- Amprion
- Avacon
- HanseWerk
- MITNETZ STROM
- DREWAG NETZ
- EnergieNetz Mitte
- ENERCON
- Energiequelle
- SMA Solar Technology
- ÖKOBIT
- PSI
- DUtrain
- GridLab
- Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
- Universität Kassel
- DERlab

NETZ:KRAFT Vorgehensweise



NETZ:KRAFT Projektziele – Demonstrationen (1)

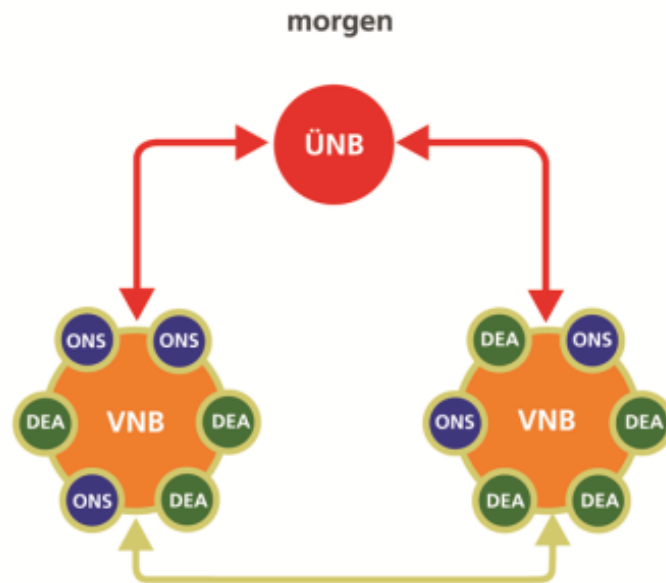
Aufgabe	Demonstration	Netzebene	Methode
NWA im Übertragungsnetz	<u>NWA Region Süd</u>	Hoch- und Höchstspannung	Leitstelle – Trainingssimulator
NWA im überregionalen Verteilnetz	Unterstützung <u>NWA mit PV-Parks</u>	Mittel- und Hochspannung	Feldtest an einem Megawatt-PV-Park
NWA im Übertragungsnetz	<u>NWA Region Nord</u> , Berücksichtigung des Verhaltens von Windkraft	Hoch- und Höchstspannung	Leitstelle – Trainingssimulator
Zusammenwirken im Übertragungs- und Verteilnetz	<u>netz-übergreifender NWA</u> , verschiedene Netzebenen und Netzbetreiber	Mittel-, Hoch- und Höchstspannung	Leitstelle – Trainingssimulator, Referenznetz

NETZ:KRAFT Projektziele – Demonstrationen (2)

Aufgabe	Demonstration	Netzebene	Methode
NWA im Verteilnetz	<u>Versorgungsinsel Landwirtschaft</u> , Biomasse-Anlage als Netzbildner	Niederspannung	Feldtest in einem landwirtschaftlichen Arealnetz
NWA im Verteilnetz	<u>Regionales Verteilnetz</u> , <u>Schwarzstart</u> mit Energetisierung eines Mittelspannungsstranges	Nieder- und Mittelspannung	Testnetz im Außenbereich Labor
NWA im Verteilnetz	<u>Regionales Verteilnetz</u> , <u>Einbindung Windpark</u>	Mittelspannung	Controller-Hardware-in-the-Loop
NWA im Verteilnetz	<u>Versorgungsinsel Großstadt</u>	Mittel- und Hochspannung	Leitstelle – Trainingssimulator

NETZ:KRAFT

Netzwiederaufbau mit zukünftigen Kraftwerkskapazitäten



www.netz-kraft-projekt.de

- Informationen zum Netzzustand
- Einbindung Windkraft und PV
- Zuschaltung „aktiver“ Verteilungsnetze
- Optimierte Netzwiederaufbaupfade
- Resynchronisierung
- Versorgungsinseln im Verteilungsnetz
- Verkürzte Ausfallzeiten
- Schwarzstartfähigkeit von EEA
- Prüf- und Qualifikationsverfahren

Referenzen/ Literatur

Adib 2008	Adibi, M.M., Martins, N., „Power System Restoration Dynamics Issues“, IEEE PES General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, Pittsburg, PA, USA, 20.-24.07.2008
Beri 2004	Berizzi, A., „The Italian 2003 blackout“, IEEE PES General Meeting 2004, Denver, 07.06.2004
BNetzA 2006	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Untersuchungsbericht über die Versorgungsstörung im Netzgebiet des RWE im Münsterland vom 25.11.2005“, Bonn, Juni 2006
FGH 2012	FGH e.V., CONSENTEC GmbH, IAEW RWTH Aachen, „Studie zur Ermittlung der technischen Mindesterzeugung des konventionellen Kraftwerksparks zur Gewährleistung der Systemstabilität in den deutschen Übertragungsnetzen bei hoher Eispeisung aus erneuerbaren Energien“, Studie im Auftrag der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Abschlussbericht, Mannheim, 20.01.2012
IEC 2014	IEC Market Strategy Board, „ Microgrids for disaster preparedness and recovery“, White Paper, Genf, März 2014
IWES 2014	Fraunhofer IWES, IAEW RWTH Aachen, Stiftung Umweltenergierecht, „Roadmap Speicher – Bestimmung des Speicherbedarfs in Deutschland im europäischen Kontext und Ableitung von technisch-ökonomischen sowie rechtlichen Handlungsempfehlungen für die Speicherförderung“, Studie im Auftrag des BMWi, November 2014
Nati 2012	National Grid, „Black Start Service Description“, Version 2, Oktober 2012
Mich 2009	Michelmann, H.W., „Wunder, Mythen und Märchen in der Reproduktion“, Journal für Reproduktionsmedizin und Endokrinologie, 2009-6 (Sonderheft 1)
Schm 2013	Schmaranz, R., „Blackout – Die Schlüsselfaktoren eines erfolgreichen Netzwiederaufbaus“, Fachtagung „Blackout im Übertragungsnetz – den Ernstfall beherrschen“, Bonn, 14.11.2013
VDN 2007	Verband der Netzbetreiber e.V., „TransmissionCode 2007“, Version 1.1, Berlin, August 2007

NETZ:KRAFT

Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerksstrukturen



**Anwendungsnahe Forschung
und Entwicklung**

Fraunhofer IWES unterstützt
Wirtschaft und Politik in allen
systemischen, technischen und
wirtschaftlichen Fragestellungen
im Kontext der deutschen
Energiewende.

Sprechen Sie uns an!

Dr. Thomas Degner
Abteilungsleiter Netztechnik und Integration
0561 7294-232
thomas.degner@iwes.fraunhofer.de

Wolfram Heckmann
Projektmanagement
0561 7294-126
wolfram.heckmann@iwes.fraunhofer.de
www.energiesystemtechnik.iwes.fraunhofer.de
www.pruefung-netzeigenschaften.de