Neuausrichtung der Energiewende für eine gesicherte Energieversorgung auf EU- und nationaler Ebene

Smart Energy 2015 am 12. und 13. November 2015 in Dortmund

Martin Doster, DEKRA SE Stuttgart

Themen

 © 2015 DEKRA

Öffentliches Meinungsbild zur Energiewende

Wirtschaftliche Lage der Energieversorger

… die **AKW-Betreiber stecken allesamt in der Klemme**. Das Geschäftsmodell Atom endet, doch ein neues ist noch nicht in Sicht. **Die Zahlen sind weiterhin mies. Schlecht ist das auch für den Zugriff auf die Atomrück-stellungen.** Angesichts schwacher Geschäfte könne sich die Lage verschärfen… (Süddeutsche, 28. Juli 2015)

Rückbau AKWs und Entsorgung

…. RWE hat offenbar jahrzehntelang **keine Rückstellungen** für Abriss und Entsorgung seiner Atomkraftwerke zurückgelegt. **Das Geld für den Rückbau und die Entsorgung müsse erst noch verdient werden,** sagte der RWE-Chef Peter Terium.

 © 2015 DEKRA

Öffentliches Meinungsbild zur Energiewende

Jahrhundertlasten AKW

Es geht um viel Geld: **Die Atomrückstellungen betragen 38 Mrd. €.** Das Geld liegt nicht im Tresor, sondern ist unter anderem **in Kraftwerken gebunden,** die wegen des Ökostrom-Booms und Managementfehlern **immer weniger wert sind**. Zugleich haben die Konzerne den Staat mit Milliarden-Klagen wegen der Atomsteuer und der Stilllegungen überzogen.

(Werner Müller, RAG Stiftung)

Kraftwerk-Stilllegungen gefährden die Versorgungs- Sicherheit

Die Lage für Bestandskraftwerke spitzt sich immer weiter zu. Und auch im Kraftwerksneubau droht eine Eiszeit: Jede zweite geplante Anlage steht auf der Kippe...
... Moderne Kraftwerke sind künftig die **Vollkaskoversicherung** unserer erneuerbaren Energieversorgung und müssen als solche bezahlt werden.

(Hildegard Müller, BDEW)

 © 2015 DEKRA

Öffentliches Meinungsbild zur Energiewende

Modernstes Kraftwerk Irsching soll stillgelegt werden?

„Irrsinn in Irsching“ In Bayern steht die beste, größte, effizienteste Gasturbine der Welt. Dass sie nicht läuft, ist ein Jammer. Und verrät einiges **über den Wahnsinn der Energiepolitik.**

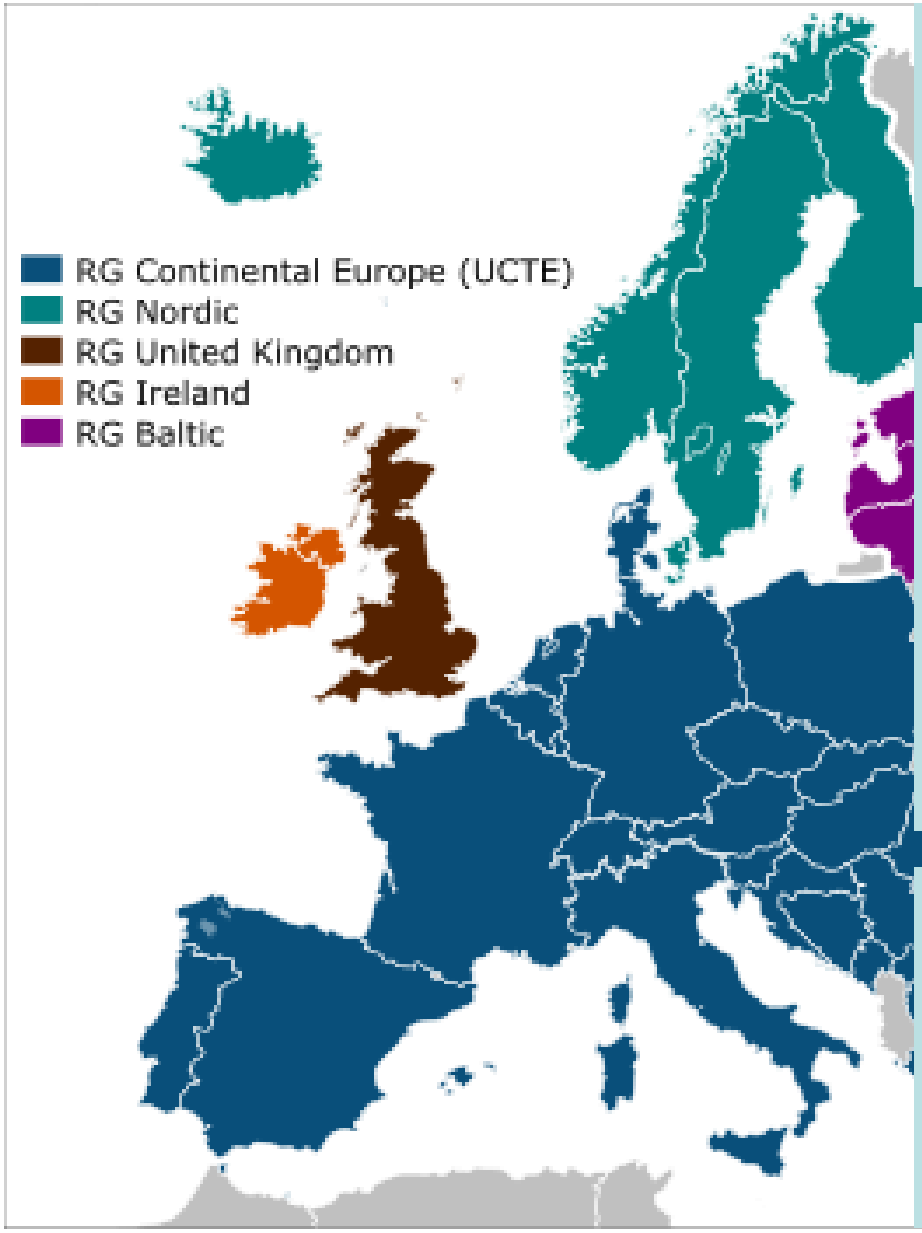
(FAZ 17.3.2015)

Südlink: Tennet Planungen sind Makulatur

„Die bisherigen **Planungen** des Betreibers Tennet für die **Stromtrasse Südlink** sind jetzt **weitestgehend Makulatur!**“ So kommentierte der Planungs-Dezernent der Region Hannover, Prof. Axel Priebs, den Beschluss der Berliner Großen Koalition vom Monatsbeginn, wonach die Erdverkabelung bei neuen Gleichstromleitungen Vorrang bekommen soll. (Planungsdezernat Hannover - Juli `15)

 © 2015 DEKRA

Das kontinental-europäische Verbundnetz



Das Verbundnetz UCTE

- Deckt 24 kontinental-europäische Länder ab.
- Begonnen in den 30 Jahren, Integration der süd-ost- und ost-europ. Länder 1999 abgeschlossen.
- 600 Kraftwerksblöcke versorgen 450 Millionen Menschen

Technik und Verfügbarkeit

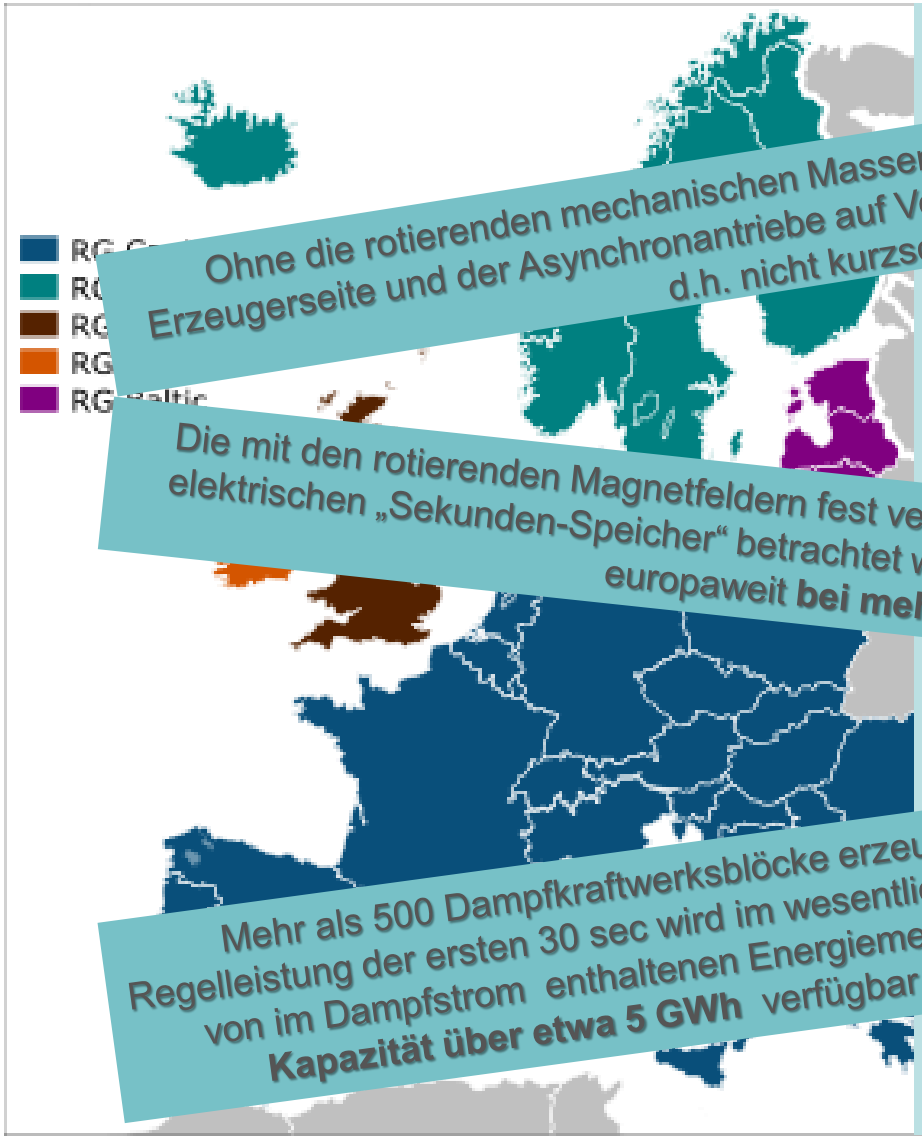
- 667 Gigawatt installierte Leistung
- Hoch optimierte Regeln für die Verkehrsführung
- 50 Hz Synchron-Netz, die führende Regelgröße ist die Netzfrequenz +/-0,02 Hz
- Regelung des Leistungsflusses, des Spannungsverlaufs entlang der Überland-Linien.
- Auch ältere Kraftwerke sind eingebunden.
- Weltweit höchste Verfügbarkeit

Dynamik und Stabilität

- Primärregelung: Innerhalb 30 sec 3 Gigawatt.
- Sekundärregelung: Innerhalb von 5 min muss die Laständerungsgeschwindigkeit von Regelkraftwerken mindestens 2 % der Nennleistung pro min betragen.
- Minutenreserve: Reservekraftwerke müssen innerhalb 15 min am Netz sein.

 © 2015 DEKRA

Das kontinental-europäische Verbundnetz



Das Verbundnetz UCTE

- Deckt 24 k…
- …r süd-ost- und …abgeschlossen.
- 500 Kraftwerksblöcke versorgen 450 Millionen Menschen

Technik und Verfügbarkeit

- 667 Gigawatt installierte Leistung
- Hoch optimierte Regeln für die Verkehrsführung
- 50 Hz Synchron-Netz, die führende Regelgröße ist …
- …sverlaufs
- Auch ältere Kraftwerke sind eingeb…
- Weltweit höchste Verfügbarkeit

Dyn…

- …n muss die …geschwindigkeit von Regelkraftwerken mindestens 2 % der Nennleistung pro min betragen.
- Minutenreserve: Reservekraftwerke müssen innerhalb 15 min am Netz sein.

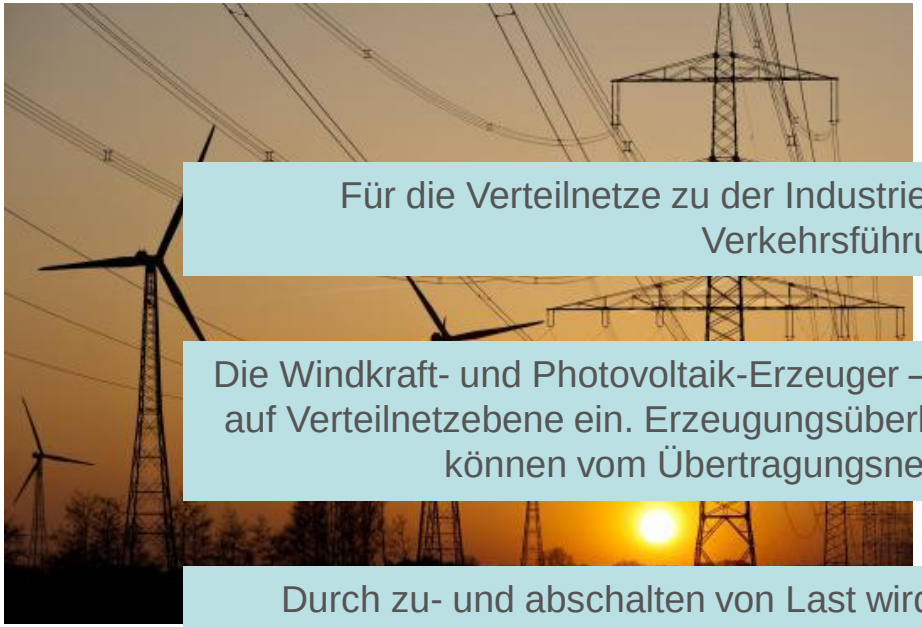
Ohne die rotierenden mechanischen Massen der Turbinen-Generator-Gruppe auf Erzeugerseite und der Asynchronantriebe auf Verbraucherseite wäre das Netz metastabil d.h. nicht kurzschlussfest.

Die mit den rotierenden Magnetfeldern fest verbundenen Schwungmassen können als elektrischen „Sekunden-Speicher“ betrachtet werden. Diese „**Speicherkapazität**“ liegt europaweit **bei mehreren GWh**.

Mehr als 500 Dampfkraftwerksblöcke erzeugen etwa 78% der Netzleistung. Die Regelleistung der ersten 30 sec wird im wesentlichen durch die kurzfristige Ausspeicherung von im Dampfstrom enthaltenen Energiemengen getragen. Europaweit dürfte **eine Kapazität über etwa 5 GWh** verfügbar sein - jedoch begrenzt auf 1-2 min.

 © 2015 DEKRA

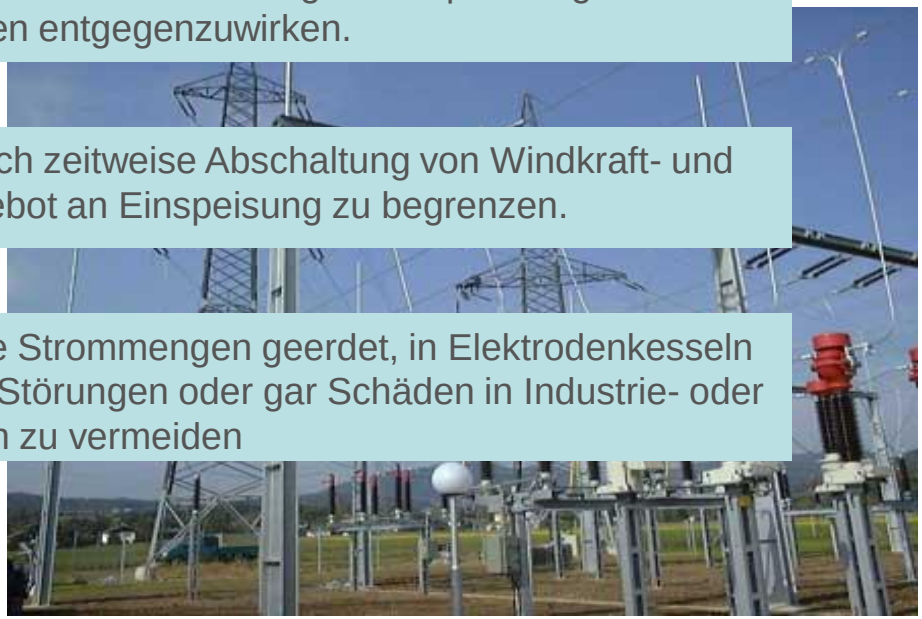
Die Verteil-, Industrie- und Ortsnetzebene



Für die Verteilnetze zu der Industrie und den Kommunen existieren keine Verkehrsführungsregelungen

Die Windkraft- und Photovoltaik-Erzeuger – auch viele kommunale Kraftwerke – speisen auf Verteilnetzebene ein. Erzeugungsüberhänge auf Verteilnetz- oder regionaler Ebene können vom Übertragungsnetz schwer kompensiert werden.

Durch zu- und abschalten von Last wird versucht Störungen im Spannungs- und Frequenzverhalten entgegenzuwirken.



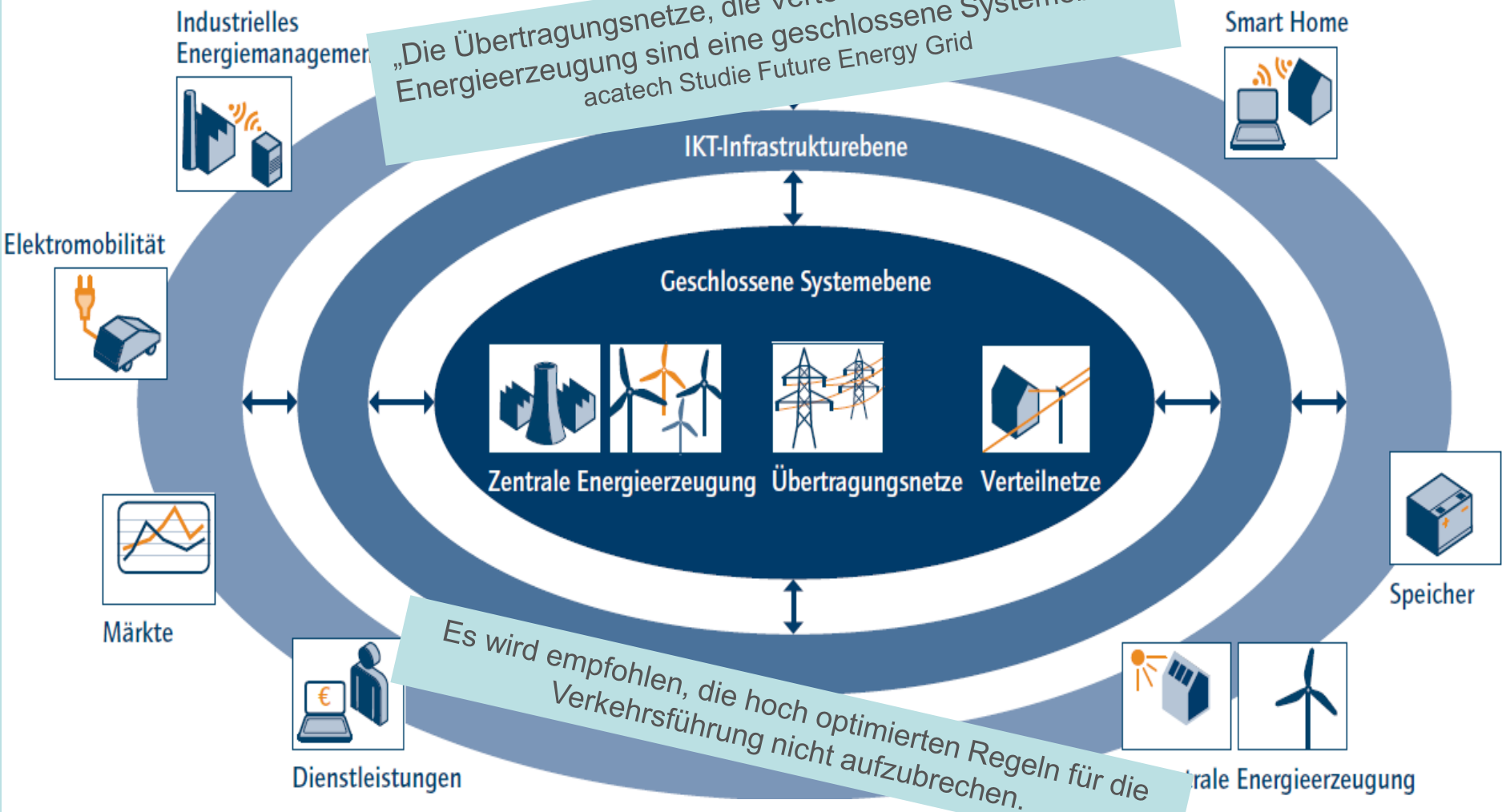
Auf der Erzeugerseite versucht man durch zeitweise Abschaltung von Windkraft- und Voltaik-Anlagen das Überangebot an Einspeisung zu begrenzen.

Es kommt immer häufiger vor, dass große Strommengen geerdet, in Elektrodenkesseln vernichtet oder not-exportiert werden, um Störungen oder gar Schäden in Industrie- oder Ortsnetzen zu vermeiden

 © 2015 DEKRA

Zentrale Energieerzeugung, Übertragungs- und Verteilnetze als geschlossene Systemebene

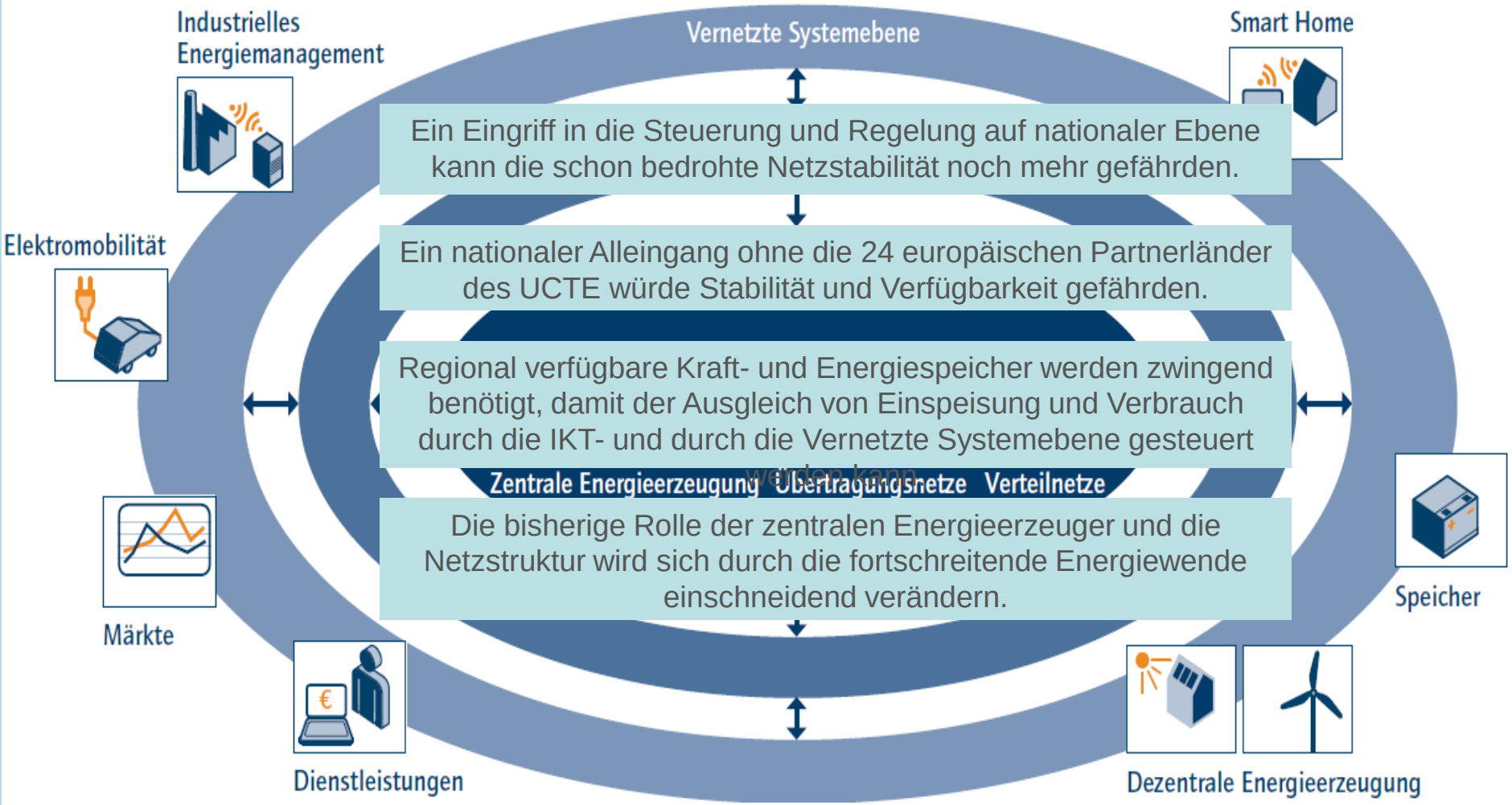
„Die Übertragungsnetze, die Verteilnetze und die Zentrale Energieerzeugung sind eine geschlossene Systemebene“
acatech Studie Future Energy Grid



Es wird empfohlen, die hoch optimierten Regeln für die Verkehrsführung nicht aufzubrechen.

 © 2015 DEKRA

Zentrale Energieerzeugung, Übertragungs- und Verteilnetze als geschlossene Systemebene



Ein Eingriff in die Steuerung und Regelung auf nationaler Ebene kann die schon bedrohte Netzstabilität noch mehr gefährden.

Ein nationaler Alleingang ohne die 24 europäischen Partnerländer des UCTE würde Stabilität und Verfügbarkeit gefährden.

Regional verfügbare Kraft- und Energiespeicher werden zwingend benötigt, damit der Ausgleich von Einspeisung und Verbrauch durch die IKT- und durch die Vernetzte Systemebene gesteuert werden kann.

Die bisherige Rolle der zentralen Energieerzeuger und die Netzstruktur wird sich durch die fortschreitende Energiewende einschneidend verändern.

 © 2015 DEKRA

Veränderte Rahmenbedingungen für Kraftwerke und Netze

- Das Energie-Einspeisungsgesetz hat den Erneuerbaren einen Vorrang bei der Einspeisung verschafft.
- Die enormen Subventionen und die EEG-Umlage für die Erneuerbaren führte zu einer Überproduktion von elektrischem Strom.
- Die Regulierung von Strom- und Gasmengen sowie der Handel mit CO2-Zertifikation durch die Strombörse Leipzig hat zu einem drastischen Preisverfall für erzeugten elektrischen Strom geführt.
- Die Abschaltung der nationalen AKWs wurde 2011 auf politischer Ebene beschlossen, obwohl keine schlüssige Ersatzlösung vorlag.
- Die mit fossilen Brennstoffen befeuerten Großkraftwerke und die energieintensiven Industriezweige werden zunehmend diskreditiert.
- Die Versorgungssicherheit und die Netzstabilität sind zunehmend gefährdet.
- Die wirtschaftliche Lage der zentralen Energie-Versorger hat sich dramatisch verschlechtert.
- Wegen der Rücklageverpflichtungen für den Rückbau der AKWs und dem Ertragsrückgang haben die Energieversorger keinen Spielraum mehr für Investitionen.

 © 2015 DEKRA

Anforderungen an die zentralen und regionalen Kraftzentren

- Das Teillast-Verhalten muss deutlich verbessert werden
- Die Leistungsänderungs-Geschwindigkeit der Regelkraftwerke von heute 2% der Nennleistung pro Minute muss zumindest in negativer Richtung deutlich höher werden
- Fossil befeuerte Kraftwerke sollen im wesentlichen nur noch die Erzeugungstäler der Erneuerbaren ausgleichen.
- Auch in den Zeitintervallen ausreichender Strom-erzeugung durch die Erneuerbaren muss das Ab- und Anfahren vermieden werden.
- 8000 Betriebsstunden jährlich müssen für solche Speicher-Kraftwerke möglich sein.
- Mit der Qualifikation des Kraftwerks-Personals soll auch die Wartung und der Betrieb mit den integrierten thermischen Speicher abgedeckt werden.
- Die Mindestleistungsgrenze eines Blockes muss deshalb deutlich niedriger werden.

 © 2015 DEKRA

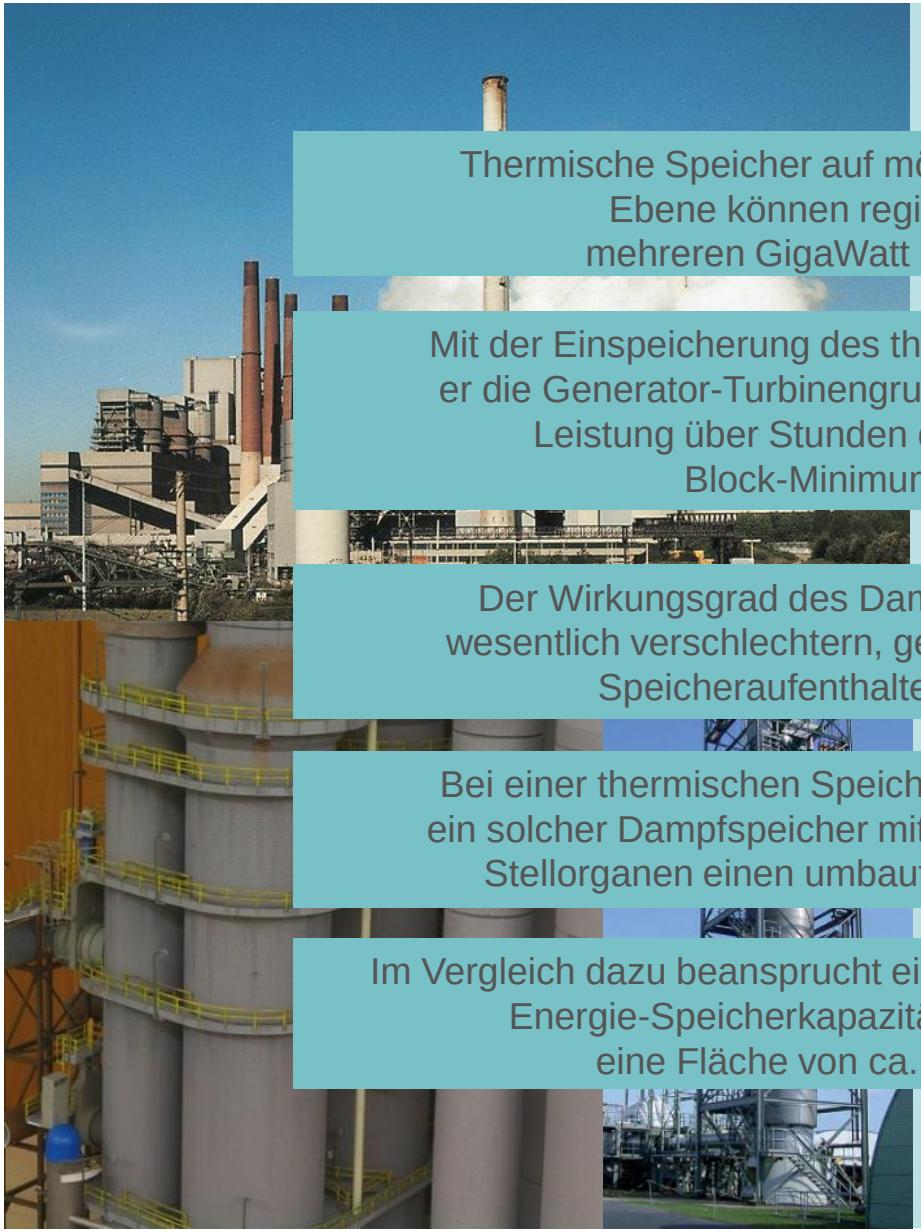
Anforderungen an die zentralen und regionalen Kraftzentren

Weitere Anforderungen bei Neuplanung

- Elektrische Leistung soll aus dem Übertragungs- und Verteilnetz in Hochtemperatur-Wärme (Power to Heat) oder in (Kohlen-)-Wasserstoffe (Power to Liquid, Power to Gas, Power to Hydrogen) gewandelt werden können.
- In Schwachlastzeiten soll bei Kohlekraftwerken eine verminderte Verbrennung möglich sein. Das Kohlenmonoxid muss zwischenspeicherbar sein und soll im „Power to Hydrocarbon“ Verfahren wieder- verwendet werden.
- CO2 darf nicht mehr in die Atmosphäre gelangen sondern als wertvoller Rohstoff in die Power to Hydrogen-Carbon-Verfahren einfließen.
- Tragfähige Finanzierungsmodelle für die Investition in die Speicherstrukturen und für die Nutzung von Exergie-Speicherkapazität.
- Gesetzliche Grundlagen für den Betrieb von Energie- und Kraftspeicher.

 © 2015 DEKRA

Dampfkraftwerke mit thermischen Exergiespeichern



Der Dampfkraft-Prozess hat eine „natürliche“ Speicherkapazität

natürliche“
er pro Stunde

Feuerung, in den
rs und im
epumpengruppe

- Für die Primär-Leistungsregelung kann jedoch nur
ne wenige

Thermische Speicher auf möglichst hoher Dampf-Enthalpie-Ebene können regionale Lastwechsel von mehreren GigaWatt pro Stunde ausgleichen.

Mit der Einspeicherung des thermischen Energiestromes, bevor er die Generator-Turbinengruppe erreicht, kann die elektrische Leistung über Stunden deutlich unter das bisherige Block-Minimum gesenkt werden.

Der Wirkungsgrad des Dampfkraft-Blockes wird sich nicht wesentlich verschlechtern, gemittelt über das Zeitintervall des Speicheraufenthaltes von einigen Stunden.

Bei einer thermischen Speicherkapazität von 10 GWh benötigt ein solcher Dampfspeicher mit seinen HD-Wärmetauschern und Stellorganen einen umbauten Raum von ca. 50x50x50m.

Im Vergleich dazu beansprucht ein Pumpspeicherwerk mit dieser Energie-Speicherkapazität in den Mittelgebirgen eine Fläche von ca. 100 Hektar Land.

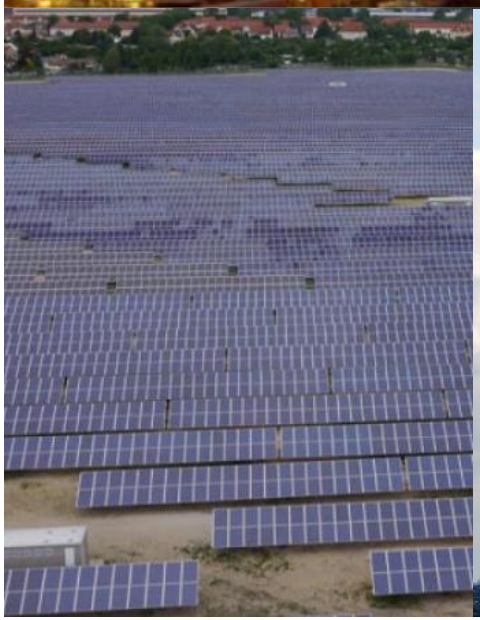
 © 2015 DEKRA

Zentrale und regionale Kraftwerke werden zu Kraft-Speicher- und Energiewandlungszentren

- Die Liegenschaften vieler Kraftwerks-Standorte bieten genügend Raum zur Nachrüstung mit thermischen Speicherstrukturen und verfahrenstechnischen Anlagen zur Energiewandlung.
- Im Verbund mit Power to Gas und Power to Liquid-Verfahren können enorme Energiemengen von 10xGWh zwischengespeichert werden.
- Diese Kraftwerks-Standorte haben in der Regel 2 x 1-GW Anschlüsse in das Übertragungs-netz, über welche elektrischer Strom in beide Richtungen fließen kann.
- Häufig sind dort auch Übergänge in die Verteilnetze vorhanden.
- Große Strommengen können aus dem Über-tragungs- oder Verteilnetz mit Hochtemperatur-Elektrodenkesseln im Dampfmedium oder in Festkörpern eingespeichert werden.
  (Power to Heat – Verfahren)

 © 2015 DEKRA

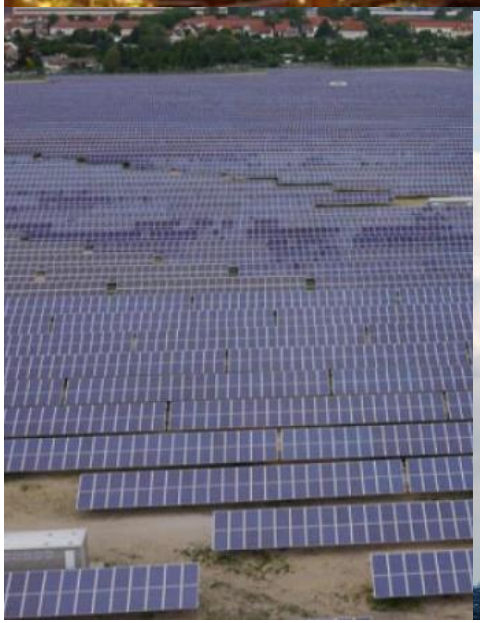
Kraft-Speicher- und Energiewandlungszentren mit Kohlehydrierungsverfahren statt Kohlekraftwerke



- Auf internationaler Ebene werden die Staaten mit großen Kohlevorkommen auf diesen fossilen Brennstoff nicht verzichten wollen und können.
- Wegen der Klimagefährdung müssen Kohlekraftwerke durch Kohle-Hydrieranlagen abgelöst werden. Die Abhitze für die Dampf- und Stromerzeugung genutzt.
- Die Kohle spielt eine wichtige Rolle zur Bindung der Wasserstoffmengen aus erneuerbarer Quelle.
- Kohlenmonoxid und Wasserstoff ist als Zwischenprodukt speicherbar und kann in den Power to Hydrogen-Carbon Prozess einfließen – oder bei schnellem Lastanstieg direkt verbrannt

 © 2015 DEKRA

Power-to-Liquid-Verfahren zur synthetischen Kraftstoffgewinnung



- Perspektivisch werden an den heutigen Kraftwerks-Standorten thermische Speicherwerke in der Dimension von Großkraftwerken und von Chemie-Anlagen entstehen.
- Diese Kraft-Wandlungs-&Speicherzentren der Zukunft haben die Fähigkeit, große Mengen an überschüssiger elektrische Energie in Methan, Octan oder Cetan zu wandeln.
- Kohlendioxid gelangt nur noch bei hoher Last in die Atmosphäre. Der größte Teil wird zwischen-gespeichert und fließt als wertvoller Rohstoff in das Power-to-Liquid-Verfahren ein.
- Für die Automobil- und Nutzfahrzeughersteller spielen synthetisch erzeugte Kraftstoffe künftig eine wichtige Rolle. Etwa 45% der in diesem Treibstoff enthaltenen Energie – das ist der molare Wasserstoffanteil – kommt aus erneuerbarer Quelle.

 © 2015 DEKRA

Industrielle Anwendungen der Vergangenheit
Beispiele für die Machbarkeit (I)

Speicherdampflokomotiven haben keine Feuerung.
Sie werden täglich mit Dampf geladen.
Die Dampf-Speicherkapazität beträgt ca. 2,5 MWh,
die Spitzenleistung fast 1 Megawatt.

(Eine moderne Windkraftanlage hat eine
Spitzenleistung von 2-3 Megawatt.)

Bis 1989 wurde das Stromnetz Westberlin als Insel betrieben. Das Kraftwerk Charlottenburg war mit einem Dampfspeicher mit einer Kapazität von ca. 50 MWh ausgestattet. Dies hat wesentlich zu einer stabilen Stromversorgung im Inselnetz beigetragen.

 © 2015 DEKRA

Industrielle Anwendungen der Vergangenheit
Beispiele für die Machbarkeit (II)

Die Republik Südafrika hat das Fischer-Tropsch-Verfahren seit den 60er Jahren optimiert.
Die südafrikanische Sasol deckt mit dem "Coal to Liquid" -Verfahren über 30% des nationalen Treibstoffbedarfes ab.

Die bei der CO-Erzeugung entstehende Abwärme wird zur Stromerzeugung genutzt.

Ein industriell eingesetzter Prozessdampfspeicher von AREVA

 © 2015 DEKRA

Beispiel einer hoch-verfügbaren, militärischen Anwendung

Die zwei Druckwasserreaktoren eines modernen U.S. Flugzeugträgers der Nimitz-Klasse haben eine Nennleistung von ca. 200 MW.

Zur Start-Beschleunigung eines voll beladenen Kampf-Jets wird eine Spitzenleistung von ca. 150 MW über 4 Sekunden benötigt. Diese Leistung erbringt ein Dampfkatapult. Aus dem Sekundärkreislauf des Druckwasser-Dampferzeuger wird Dampf ausgekoppelt, in einen Zwischenspeicher geladen und dem Dampfkatapult zugeführt.

 © 2015 DEKRA

Betriebs-Sicherheit von Hochdruck-Dampfanlagen mit starker thermischer Wechselbeanspruchung

- Die druckführenden Bauteile thermischer Speicher werden stark durch wechselnden Druck und Temperatur belastet.

Eine Energy 4.0 - Anwendung verfolgt simultan die Führungsdaten, die Ladezyklen und die Belastung der Anlagenkomponenten.

r- wechseln bis
hrleistet sein.

- Um Versagens-Risiken frühzeitig erkennen zu können, muss die Spannungs- und Temperaturverteilung in der Speicherbauteilwand

Die Rest-Lebensdauer der Speicherkomponenten bei hohen Temperaturen- und Drücken können auch bei starker Wechselbeanspruchung sicher vorhergesagt werden.

eine
zerstörungsfreie Bauteilprüfung oder eine Revision mit Sichtprüfung und Probenentnahme notwendig.

Simultan „on-board“-erfasste Belastungsdaten, Methoden der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, Big-Data- und statistische Verfahren zur Risikobestimmung sind die technologische Grundlage dafür.

Zur Datenübertragung werden vorzugsweise die IKT-Plattformen der Energy-Grids genutzt. Die Führungs- und Prozessdaten der Speicher werden auch auf der vernetzten Systemebene bereitgestellt.

 © 2015 DEKRA

Eine genossenschaftlich organisierte Gesellschaft zur Abdeckung der Energiewende-Investitionen

Zur Finanzierung wird die Gründung einer Investment/Fonts-oder Beteiligungs-Gesellschaft, einer genossenschaftlich organisierten „Energie-Versorgungs-Lebensversicherung“ nach EU-Recht vorgeschlagen.

Die Anteilseigner dieser Genossenschaft oder Versicherung auf Gegenseitigkeit können die klassischen Energieerzeuger, Industriefirmen, Dienstleister, kommunale Betriebe und private Personen sein.

Je nach Vertrag erwerben die Anteilseigner jährliche Bezugsrechte für KWh elektrischen Strom, Liter synthetischen Treibstoffs oder Kubikmeter Gas, nachweisbar erzeugt mit erneuerbarer Energie.

 © 2015 DEKRA

Finanzierungsvorschlag für eine Stiftung zur zusätzlichen Abdeckung der (A)KW-Jahrhundert-Lasten

Finanzierung der (A)KW-Altlasten und der Investitionen der Energiewende nach dem Vorbild der RAG-Stiftung

Die AKWs und die fossil Reserve-Kraftwerke werden zusammen mit ihren Altlasten in die Stiftung eingebracht und bilden den „schwarzen“ Unternehmensteil.

Die Anlagen, welche Energie aus erneuerbarer Quelle erzeugen, speichern, wandeln oder bereitstellen können, kommen in den „weißen“ Unternehmensteil. Dazu gehören auch moderne Kraftwerke mit nachgerüsteten Energiespeichern.

 © 2015 DEKRA

Bildung einer Allianz „Thermische Energiespeicherung“ (I)

Vorschlag auf wissenschaftlicher Ebene

- DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Stuttgart
- Hochschule Görlitz-Zittau, Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik
- Ruhr Master School of Applied Engineering
- MPA der Universität Stuttgart
- Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) der Universität Stuttgart
- OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg
- acatech Berlin, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Hochschule Luzern, 3rd Swiss Symposium Thermal Energy Storage (2016)
- Technische Universität Chemnitz
- Technische Universität Wien, Institut für Energietechnik und Thermodynamik

 © 2015 DEKRA

Bildung einer Allianz „Thermische Energiespeicherung“ (II)

Vorschlag für die Ebene Wirtschaft und Industrie

- Energieversorger EnBW, RWE, EON, Vattenfall, kommunale und regionale Energieversorger
- ABB AG Schweiz, ABB Entwicklungszentrum Ladenburg
- Alstom AG, Schweiz
- Areva GmbH, Erlangen
- DEKRA SE Stuttgart, Service Unit Material Testing
- Fichtner GmbH & Co. KG Stuttgart
- Böhler Welding Group München

Vorschlag Verbandsebene

- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)
- VGB
- Verband der kommunalen Unternehmen

 © 2015 DEKRA

Zusammenfassung zur Neuausrichtung der Energiewende

- Kraftwerks-Standorte können mit thermischen GWh-Speichern nachgerüstet werden. Im Verbund mit Power to Gas und Power to Liquid-Verfahren wird es möglich, enorme Strommengen von 10xGWh zwischen zu speichern.
- Mit fossilen Energieträgern werden nur noch Zeiten abgedeckt, wenn der Wind nicht weht und die Sonne nicht scheint.
- Die „Reversiblen Speicher-Kraftwerke der Zukunft“ relativieren die zwingende Notwendigkeit der Nord-Süd-Stromtrasse.
- Die sehr hohen Wertverluste und der Ertragsrückgang der Energieversorger kann gemindert werden.
- Eine moderne Investment-Fonts & Beteiligungsgesellschaft stellt sicher, dass in den späteren Invest- und Betriebsphasen keine Subventionen mehr notwendig sind. Regulierung auf der Ebene reales Wirtschaftsgut „Verfügbare KWh“.
- Langfristig wird das EEG überflüssig.
- Synthetische Kraftstoffe werden perspektivisch mit erneuerbaren Energien CO2-neutral erzeugt. Die Autoindustrie kann die hohe Speicherdichte von Kraftstoffen mit ca. 12 KWh pro kg weiter nutzen.
- Die Klimaziele können – auch mit Einbeziehung von Luftfahrt, Schiffart, und des Transportwesens mit wirtschaftlichen Mitteln erreicht werden.

 © 2015 DEKRA

Neuausrichtung der Energiewende für eine gesicherte Energieversorgung auf EU- und nationaler Ebene

Smart Energy 2015 am 12. und 13. November 2015 in Dortmund

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und für Ihr Interesse.

e-mail: martin.doster@dekra.com