



Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
International Solar Energy Society, German Section

Selbstregelung von Verbrauchern

Tomi Engel

ETG Fachtagung – 17.11.2021



Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
International Solar Energy Society, German Section

Selbstregelung von Verbrauchern ... eine kleine Zeitreise

Tomi Engel

ETG Fachtagung – 17.11.2021

1936



1936 – Selbstregelung

Verfahren zum Belastungsausgleich von elektrischen Netzen durch selbsttätige Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmespeicher mittels spannungsabhängiger Schaltvorrichtungen

(Otto Grebe, 1936)



DEUTSCHES REICH



AUSGEGEBEN AM
3. APRIL 1936

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

№ 628 338

KLASSE 21c GRUPPE 67⁶⁰

G 86695 VIII b 21 c

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 19. März 1936

Dipl.-Ing. Otto Grebe in Berlin-Neukölln

Verfahren zum Belastungsausgleich von elektrischen Netzen durch selbsttätige
Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmespeicher mittels spannungsabhängiger
Schaltvorrichtungen

Patentiert im Deutschen Reiche vom 25. Oktober 1933 ab

Während die zusätzliche Belastung der Netze durch elektrische Herde in eine Zeit fällt, in der das Netz zum Teil nicht stark belastet ist, kann bei den langen Anheizzeiten von elektrischen Wärmespeichern, z. B. von Heißwasserspeichern, deren Belastung sehr leicht zur Zeit der Belastungsspitze auftreten. Zahlreiche Elektrizitätswerke lassen deshalb ein Heizen der Speicher nur während der Nachtzeit zu und führen die Zu- und Abschaltung der Speicher durch Schaltuhren durch. Nachteilig ist hierbei erstens der teure Zeitschalter, der meist aus einer Synchronuhr mit Schalteinrichtung besteht, und zweitens die Einstellung der Ein- und Ausschalzeiten von Hand, die nur sehr schwer, im Laufe vieler Wochen, bei allen Abnehmern verändert werden kann, wenn es die geänderten Belastungsverhältnisse des Kraftwerkes erfordern. Man kann daher wegen dieser Schwierigkeiten der Zeiteinstellung nur die Zeiten zum Betrieb der Speicher verwenden, in denen während des ganzen Jahres die Netzbelastung gering ist, also nur die Nachtzeit oder 1 bis 2 Stunden am Mittag. Wegen der langen Sperrzeiten müssen die Speicher mit großem Speichervermögen ausgelegt werden. Da aber die meisten Netze trotz weitgehender Verkuppelung untereinander auch während des Tages öfter geringe Netzbelastungen aufzuweisen haben und da man bei Ausnutzung dieser Zeiten geringer Netzbelastung zur Speicherbeheizung zu Speichern mit geringem Speichervermögen, d. h. zu billigeren

Speichern, kommen kann, hat man bereits den Versuch gemacht, die Zu- und Abschaltung der Speicher entsprechend der Netzbelastung durch stromabhängige Schaltvorrichtungen in Abhängigkeit vom Belastungsstrom der übrigen an das Netz angeschlossenen Verbraucher an das Netz anzuschließen. Die Verwirklichung dieses Vorzuges ist aber für eine größere Anzahl von Verbrauchern — und diese muß bei einer merklichen Wirkung des Belastungsausgleiches durch Wärmespeicher vorausgesetzt werden — praktisch nur schwer durchführbar, da ja durch jede Schaltvorrichtung des einzelnen Abnehmers der gesamte Strom der übrigen Abnehmer geführt werden müßte. Die Erfindung betrifft nun ein Verfahren zum Belastungsausgleich von elektrischen Netzen durch selbsttätige Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmespeicher, das den Vorzug großer Einfachheit und leichter Anwendbarkeit aufweist und bei dem spannungsabhängige Schaltvorrichtungen angewendet werden. Gemäß der Erfindung werden diese Schaltvorrichtungen durch die betriebsmäßig infolge Belastungsabnahme auftretenden Spannungserhöhungen im Netz im Sinne einer Zuschal- tung der Wärmespeicher und durch die betriebsmäßig infolge Belastungszunahme auftretenden Spannungsabsenkungen im Netz im Sinne einer Abschaltung der Wärmespeicher gesteuert. Da der $\cos \varphi$ der Niederspannungsbelastungen nur zwischen 1 und einem kleineren induktiven Wert schwankt und die Leitungswiderstände der Niederspannungsnetze

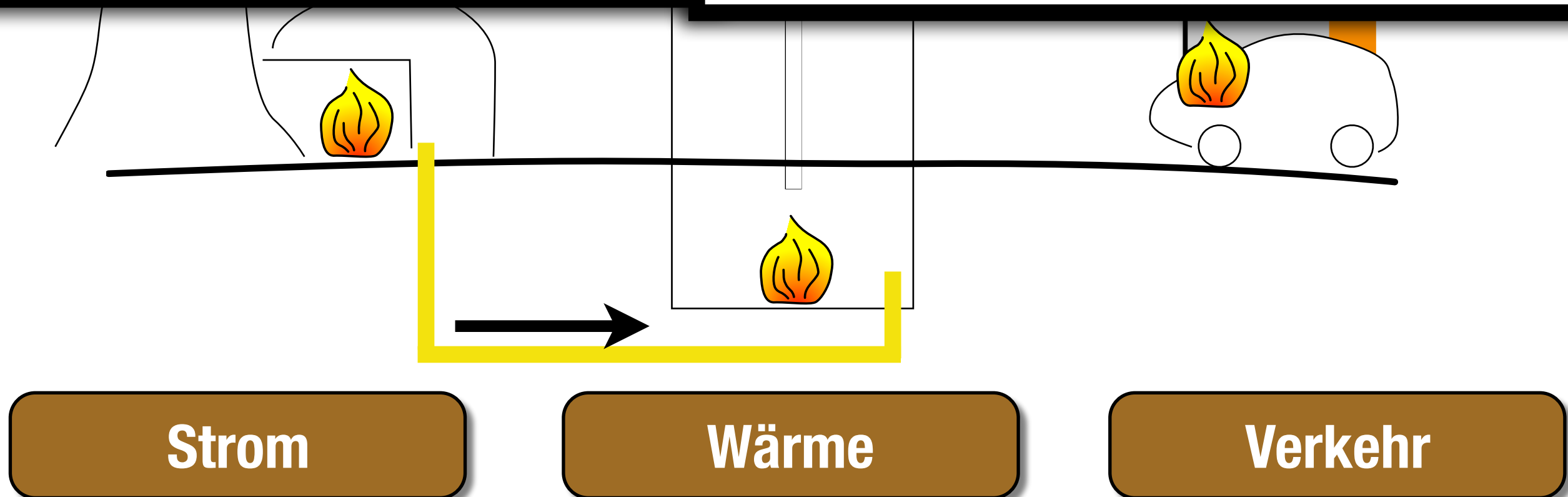
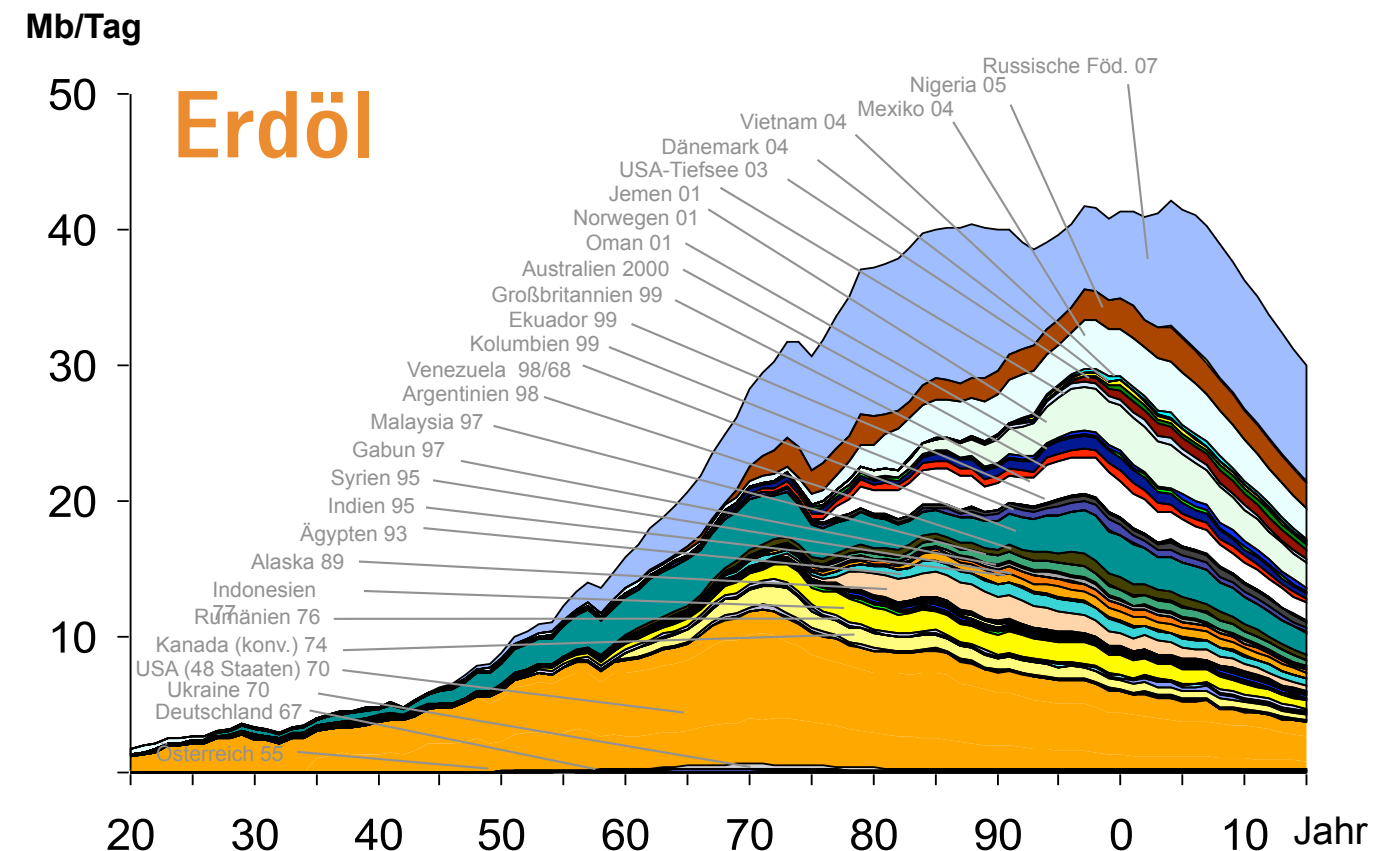
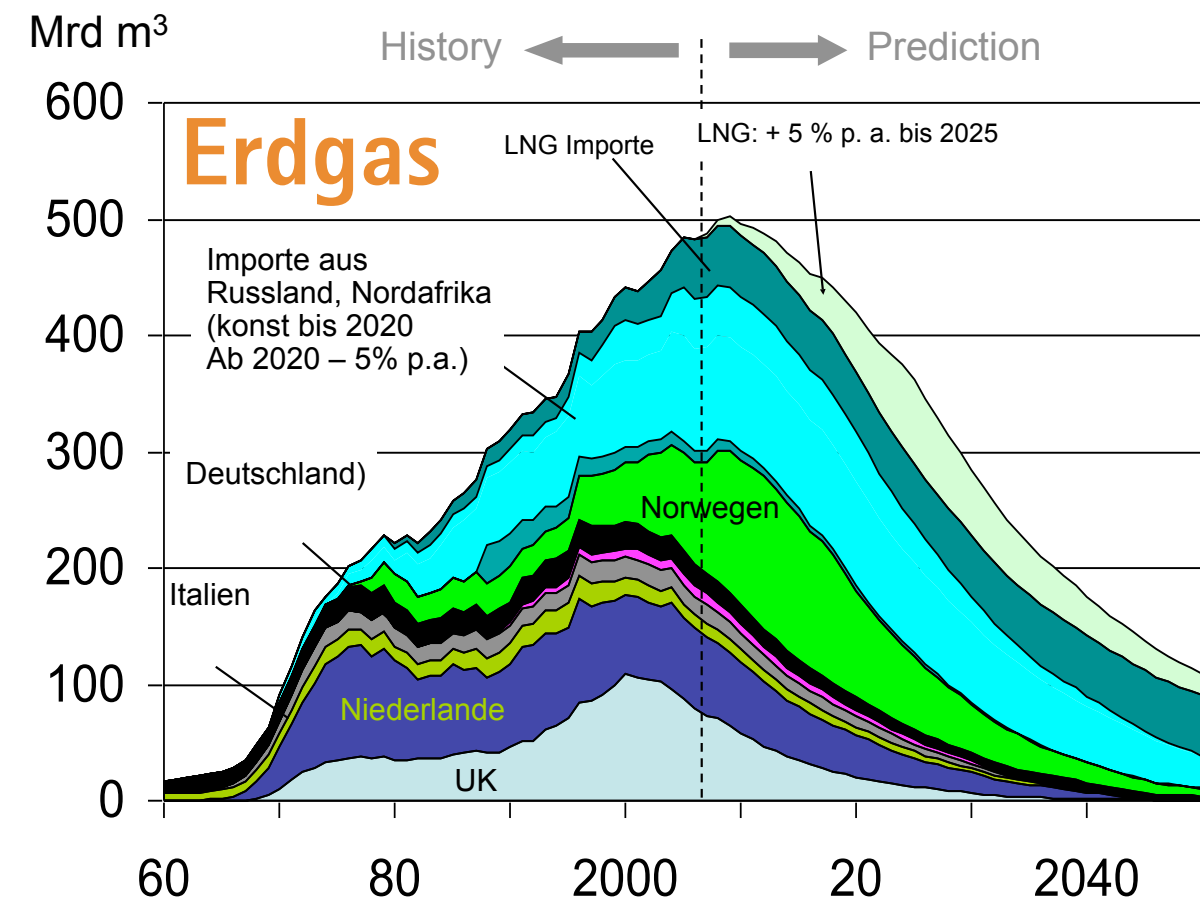
628 338

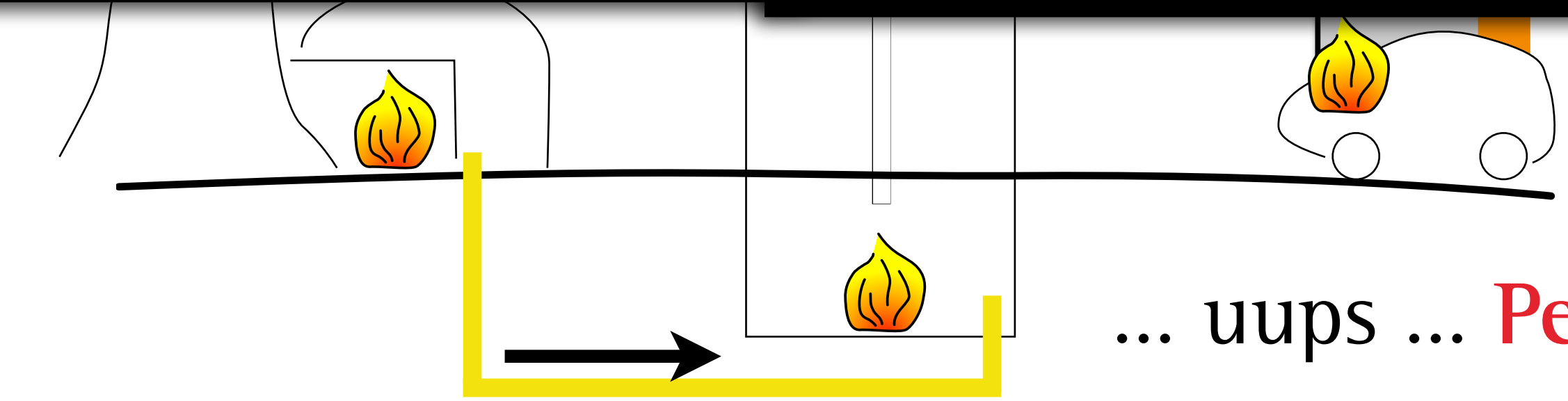
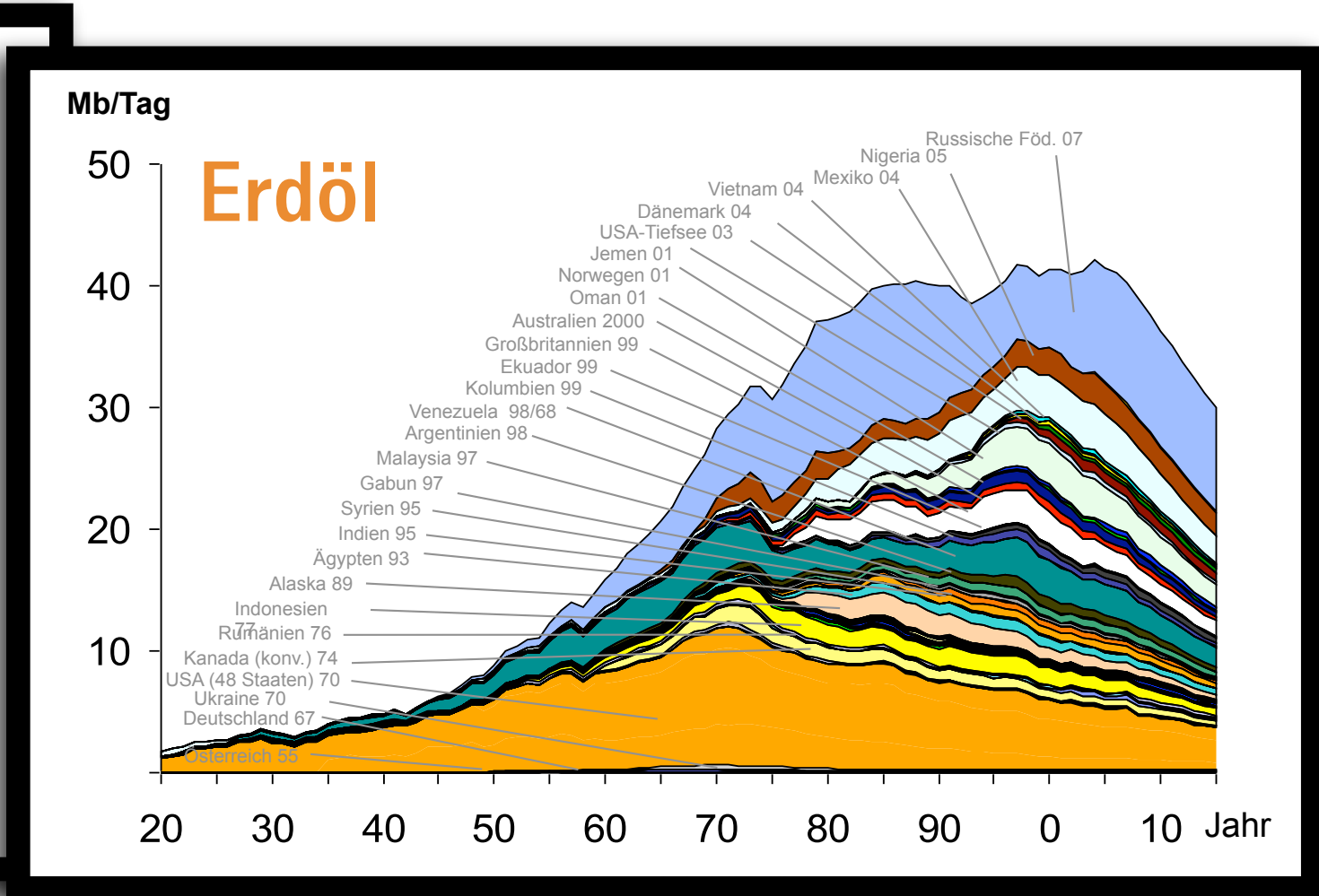
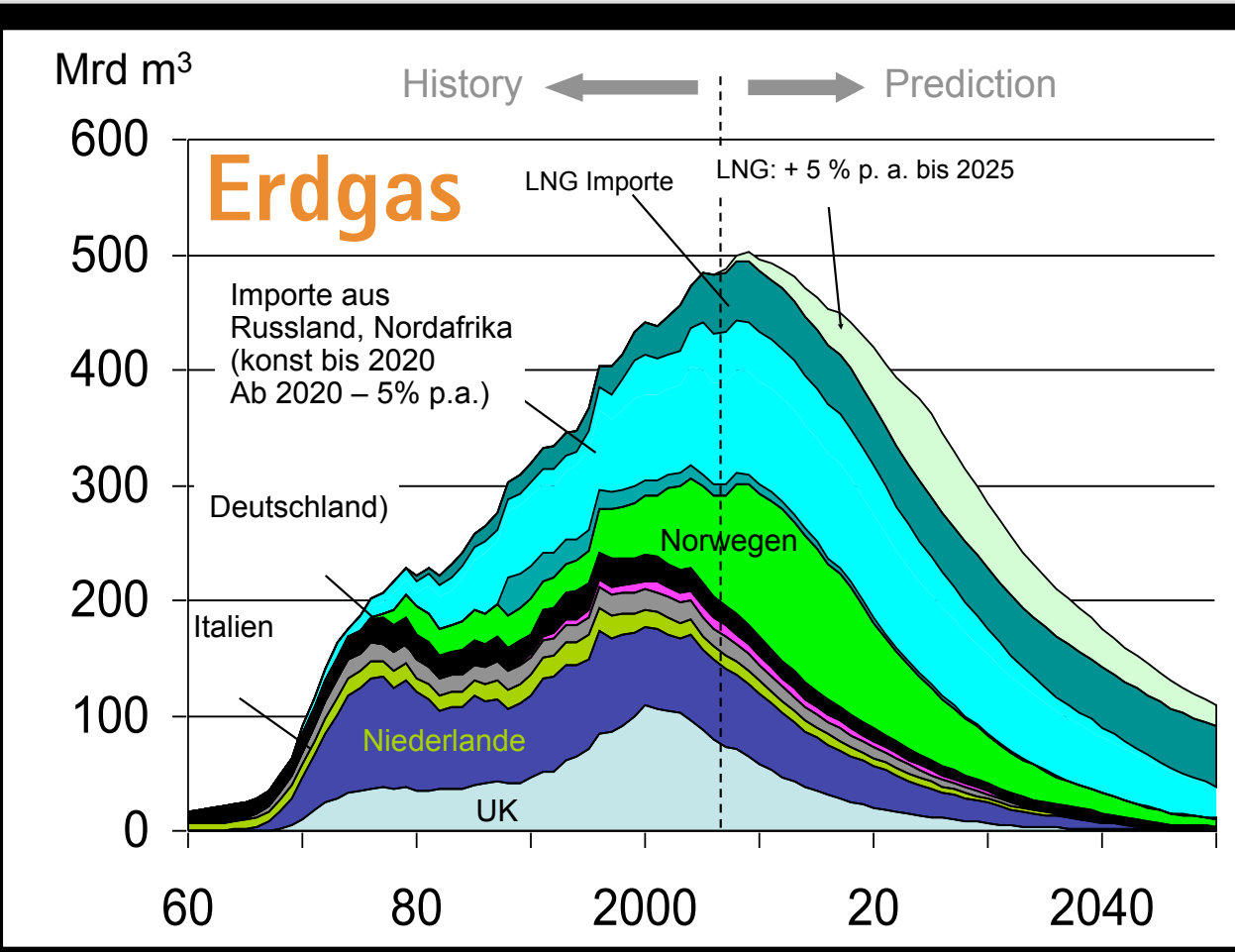
vorwiegend Ohmsche sind, bringt ein Steigen der Netzbelastung ein geringes Absenken und ein Nachlassen der Netzbelastung ein geringes Steigen der Netzspannung mit sich. Mit Rücksicht auf die große Spannungsempfindlichkeit der Lampen und der Radioapparate sollen die Spannungsschwankungen nicht größer als $\pm 5\%$ sein. Bei Netzen mit zeitweise längeren Spannungsabsenkungen, z. B. bei ländlichen Netzen zur Druschzeit, wird die zum Einschalten der Speicher nötige Spannungshöhe mit Sicherheit zur Nachtzeit erreicht, so daß die spannungsabhängige Zu- und Abschaltung hier immer noch wie ein Nachtstromschalter wirkt, ohne dessen Anschaffungskosten zu erreichen.

PATENTANSPRUCH:
Verfahren zum Belastungsausgleich von elektrischen Netzen durch selbsttätige Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmespeicher mittels spannungsabhängiger Schaltvorrichtungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltvorrichtungen durch die betriebsmäßig infolge Belastungsabnahme auftretenden Spannungserhöhungen im Netz im Sinne einer Zuschaltung der Wärmespeicher und durch die betriebsmäßig infolge Belastungszunahme auftretenden Spannungsabsenkungen im Netz im Sinne einer Abschaltung der Wärmespeicher gesteuert werden.

2004







... uups ... **PeakOil?**

Strom

Wärme

Verkehr

2005

2005 – E-Fahrzeuge als Regelenergiekraftwerk



Das Elektrofahrzeug als Regelenergiekraftwerk des Solarzeitalters

Tomi Engel

Leider ist auch heute noch einer der gängigsten Einwände gegen die Umlenkung zu einer hundertprozentigen solaren Energieversorgung der Anspruch "aber nachts scheint halt keine Sonne". Vom Inhalt her das gleiche Argument, nur wissenschaftlicher verpackt, ist die Behauptung, dass durch die Wetterabhängigkeit der solaren Technologien, vor dem Hintergrund der Versorgungssicherheit, so viele Regelenergiekraftwerke bereitgehalten werden müssten, dass diese im Prinzip auch gleich die gesamte Energieversorgung übernehmen könnten.

Das beide Aussprüche sachlich nicht haltbar sind haben nicht nur theoretische Studien widerlegt sondern auch die praktischen Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt. Das Zusammenspiel der verschiedenen solaren Technologien (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Erdwärme) kann die naturbedingten Schwankungen sehr gut ausgleichen. Fernab des Stromnetzes gibt es noch viel länger eine praxiserprobte Strategie, die das "Wetterproblem"-Argument entkräftet: Solarenergie plus Batterie. Gepaart mit geschicktem Energiemanagement sind Energiespeicher schon heute oft die billigste Lösung.

Aber auch für die zukünftige Energieversorgung eines Landes, das bereits über ein bestehendes Stromnetz verfügt, könnte die Batterie eine zentrale Rolle spielen – nur sollte man sie dann vermutlich gleich zwischen vier Räder packen und "Elektrofahrzeug" nennen.

Das Elektrofahrzeug

Der "PKW" mit Elektromotor und Batterie ist über 40 Jahre älter als das "Benzinauto". Schon 1839 soll es in England ein Elektrofahrzeug gegeben haben. Schlechte und schwere Batterien gepaart mit einem, zur damaligen Zeit faktisch nicht vorhandenen Stromnetz, haben es der auf flüssigen Brennstoffen basierenden Konkurrenz leicht gemacht das Elektrofahrzeug in die Nische des öffentlichen Nahverkehrs (Trolleybus, Straßenbahn, etc.) zu verdrängen. Da man bis zur Erfindung des Laptopcomputers wohl keinen Bedarf an guten Batterien hatte, sind die Elektroautos auch bis heute nicht über den Status von Versuchsobjekten oder Kleinstserien hinausgekommen. Das Argument, man müßte 1000 kg Batterien herumfahren gilt technisch schon lange nicht mehr.

Die Vorbehalte gegen das Elektrofahrzeug aus Kreisen der Solarbefürworter sind auf den ersten Blick nachvollziehbar. In Zeiten, da man versucht den Stromverbrauch zu reduzieren, will man keine zusätzlichen Verbraucher schaffen und analog zum Nachtspeicherofen werden auch heute Elektrofahrzeuge vorwiegend von Konzernen und Ländern (z.B. Frankreich) gefördert, in denen reichlich Überkapazität aus fossilen- und vor allem den nicht regelbaren, atomaren Kraftwerken zu vermarkten ist. Doch sollten diese momentanen Umstände nicht den Blick auf das Potential der Idee "Elektrofahrzeug" trüben.

Mobilität mit dem Faktor 3

Aus Sicht der Effizienz sind Elektrofahrzeuge nicht zu übertreffen. Rechnet man "ab Steckdose" so haben aktuelle Leichtelektromobile einen Verbrauch von knapp 10 kWh auf 100 km (ca. 1 Liter Benzin). Nimmt man normale, schwere Serienfahrzeuge als Basis, so liegt der typische Verbrauch eines 4-Personen-PKWs bei etwa 20 kWh ("2 Liter"). Diese vorwiegend in Frankreich von Renault, Peugeot oder Citroën angebotenen Fahrzeuge haben in der Ausführung mit Verbrennungsmotor jedoch meist einen Verbrauch von 5 Liter Diesel bzw. 8 Liter Benzin.

Rein aus Sicht des Energieverbrauches kann somit, je nach Fahrzeugtyp, ein Effizienzvorteil vom Faktor 2 bis 4 angesetzt werden. Dies gilt kurioserweise auch im Vergleich zu den auf breiter Ebene propagierten Wasserstofffahrzeugen, welche beim Einsatz einer Brennstoffzelle auch primär Elektrofahrzeuge sind. Durch die Umwandlung von Strom zu Wasserstoff und wieder zurück zu Strom vernichten aber die Bereitstellungskette derzeit etwa 60 bis 75% der elektrischen Energie! Das Wasserstofffahrzeug ist somit fast verschwenderischer beim Einsatz der Energie als ein normales Fahrzeug mit Verbrennungsmotor! Dies gilt zumindest dann, wenn der Wasserstoff aus solarem Strom und nicht aus "atomarem Kühlwasser" oder durch "CO₂-Wäsche" aus Erdgas hergestellt wird, da die letzteren beiden Ansätze die Verluste der Elektrolyse "geschickt" umgehen.

1

"Nimmt man nur 4 Millionen PKWs, etwa 10% der heute in Deutschland zugelassenen Personenfahrzeuge, so würde dies bereits einer potentiellen Regelenergiekapazität von 100 GWh bedeuten."



2005 – E-Fahrzeuge als Regelenergiekraftwerk

Das Elektrofahrzeug als Regelenergiekraftwerk des Solarzeitalters

Tomi Engel

Leider ist auch heute noch einer der gängigsten Einwände gegen die Umlenkung zu einer hundertprozentigen solaren Energieversorgung der Anspruch "aber nachts scheint halt keine Sonne". Vom Inhalt her das gleiche Argument, nur wissenschaftlicher verpackt, ist die Behauptung, dass durch die Wetterabhängigkeit der solaren Technologien, vor dem Hintergrund der Versorgungssicherheit, so viele Regelenergiekraftwerke bereitgehalten werden müssten, dass diese im Prinzip auch gleich die gesamte Energieversorgung übernehmen könnten.

Das beide Aussprüche sachlich nicht haltbar sind haben nicht nur theoretische Studien widerlegt sondern auch die praktischen Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt. Das Zusammenspiel der verschiedenen solaren Technologien (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, Erdwärme) kann die naturbedingten Schwankungen sehr gut ausgleichen. Fernab des Stromnetzes gibt es noch viel länger eine praxiserprobte Strategie, die das "Wetterproblem"-Argument entkräftet: Solarenergie plus Batterie. Gepaart mit geschicktem Energiemanagement sind Energiespeicher schon heute oft die billigste Lösung.

Aber auch für die zukünftige Energieversorgung eines Landes, das bereits über ein bestehendes Stromnetz verfügt, könnte die Batterie eine zentrale Rolle spielen – nur sollte man sie dann vermutlich gleich zwischen vier Räder packen und "Elektrofahrzeug" nennen.

Das Elektrofahrzeug

Der "PKW" mit Elektromotor und Batterie ist über 40 Jahre älter als das "Benzinauto". Schon 1839 soll es in England ein Elektrofahrzeug gegeben haben. Schlechte und schwere Batterien gepaart mit einem, zur damaligen Zeit faktisch nicht vorhandenen Stromnetz, haben es der auf flüssigen Brennstoffen basierenden Konkurrenz leicht gemacht das Elektrofahrzeug in die Nische des öffentlichen Nahverkehrs (Trolleybus, Straßenbahn, etc.) zu verdrängen. Da man bis zur Erfindung des Laptopcomputers wohl keinen Bedarf an guten Batterien hatte, sind die Elektroautos auch bis heute nicht über den Status von Versuchsobjekten oder Kleinstserien hinausgekommen. Das Argument, man müßte 1000 kg Batterien herumfahren gilt technisch schon lange nicht mehr.

Die Vorbehalte gegen das Elektrofahrzeug aus Kreisen der Solarbefürworter sind auf den ersten Blick nachvollziehbar. In Zeiten, da man versucht den Stromverbrauch zu reduzieren, will man keine zusätzlichen Verbraucher schaffen und analog zum Nachtspeicherofen werden auch heute Elektrofahrzeuge vorwiegend von Konzernen und Ländern (z.B. Frankreich) gefördert, in denen reichlich Überkapazität aus fossilen- und vor allem den nicht regelbaren, atomaren Kraftwerken zu vermarkten ist. Doch sollten diese momentanen Umstände nicht den Blick auf das Potential der Idee "Elektrofahrzeug" trüben.

Mobilität mit dem Faktor 3

Aus Sicht der Effizienz sind Elektrofahrzeuge nicht zu übertreffen. Rechnet man "ab Steckdose" so haben aktuelle Leichtelektromobile einen Verbrauch von knapp 10 kWh auf 100 km (ca. 1 Liter Benzin). Nimmt man normale, schwere Serienfahrzeuge als Basis, so liegt der typische Verbrauch eines 4-Personen-PKWs bei etwa 20 kWh ("2 Liter"). Diese vorwiegend in Frankreich von Renault, Peugeot oder Citroën angebotenen Fahrzeuge haben in der Ausführung mit Verbrennungsmotor jedoch meist einen Verbrauch von 5 Liter Diesel bzw. 8 Liter Benzin.

Rein aus Sicht des Energieverbrauches kann somit, je nach Fahrzeugtyp, ein Effizienzvorteil vom Faktor 2 bis 4 angesetzt werden. Dies gilt kurioserweise auch im Vergleich zu den auf breiter Ebene propagierten Wasserstofffahrzeugen, welche beim Einsatz einer Brennstoffzelle auch primär Elektrofahrzeuge sind. Durch die Umwandlung von Strom zu Wasserstoff und wieder zurück zu Strom vernichten aber die Bereitstellungskette derzeit etwa 60 bis 75% der elektrischen Energie! Das Wasserstofffahrzeug ist somit fast verschwenderischer beim Einsatz der Energie als ein normales Fahrzeug mit Verbrennungsmotor! Dies gilt zumindest dann, wenn der Wasserstoff aus solarem Strom und nicht aus "atomarem Kühlwasser" oder durch "CO₂-Wäsche" aus Erdgas hergestellt wird, da die letzteren beiden Ansätze die Verluste der Elektrolyse "geschickt" umgehen.

1

"Nimmt man nur 4 Millionen PKWs, etwa 10% der heute in Deutschland zugelassenen Personenfahrzeuge, so würde dies bereits einer potentiellen Regelenergiekapazität von 100 GWh bedeuten."

Die Größenordnung von Massenproduktion

Quelle: <https://www.dgs.de/fileadmin/files/FASM/Engel-V2G-Regelenergiekraftwerk.pdf>

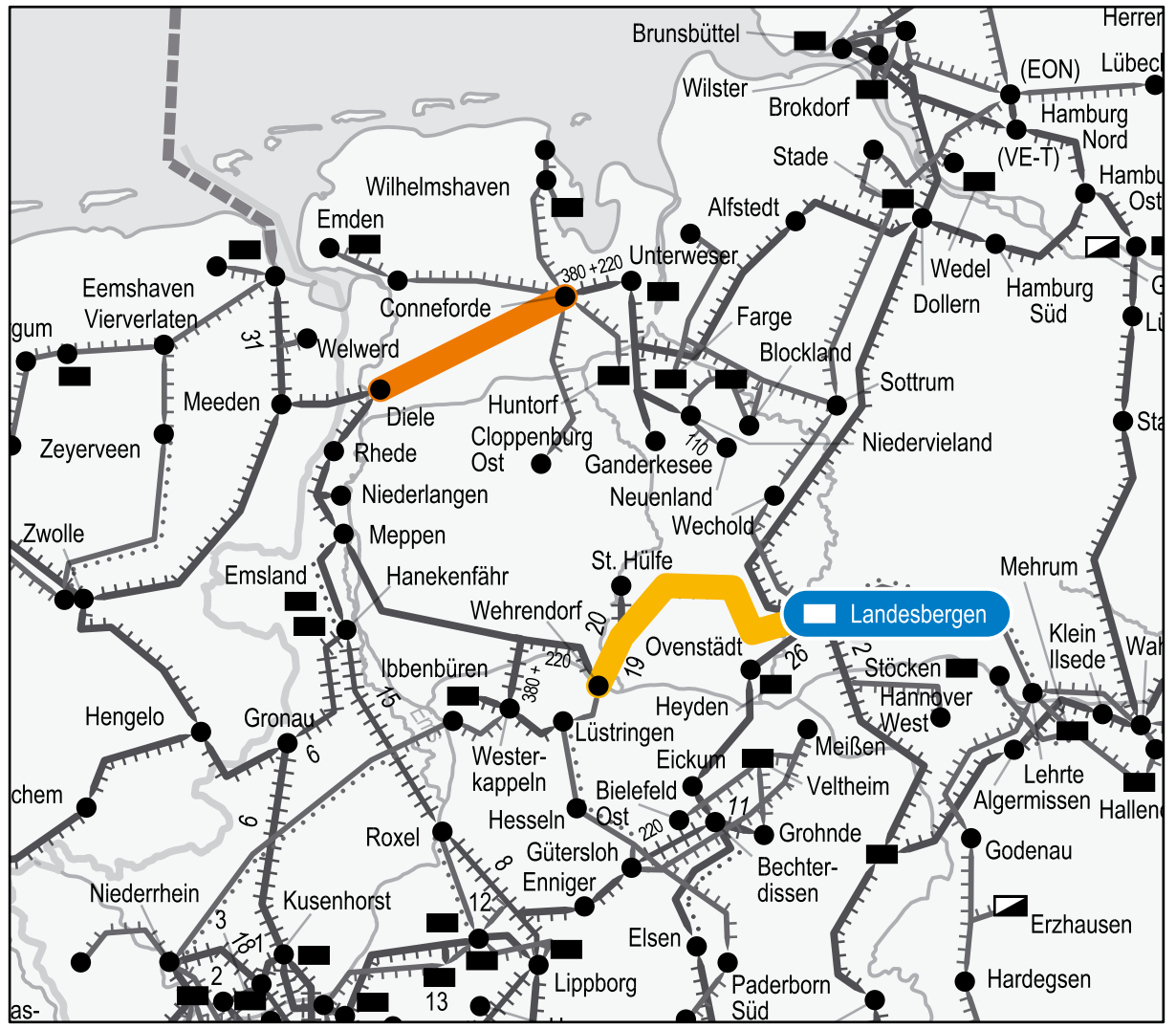
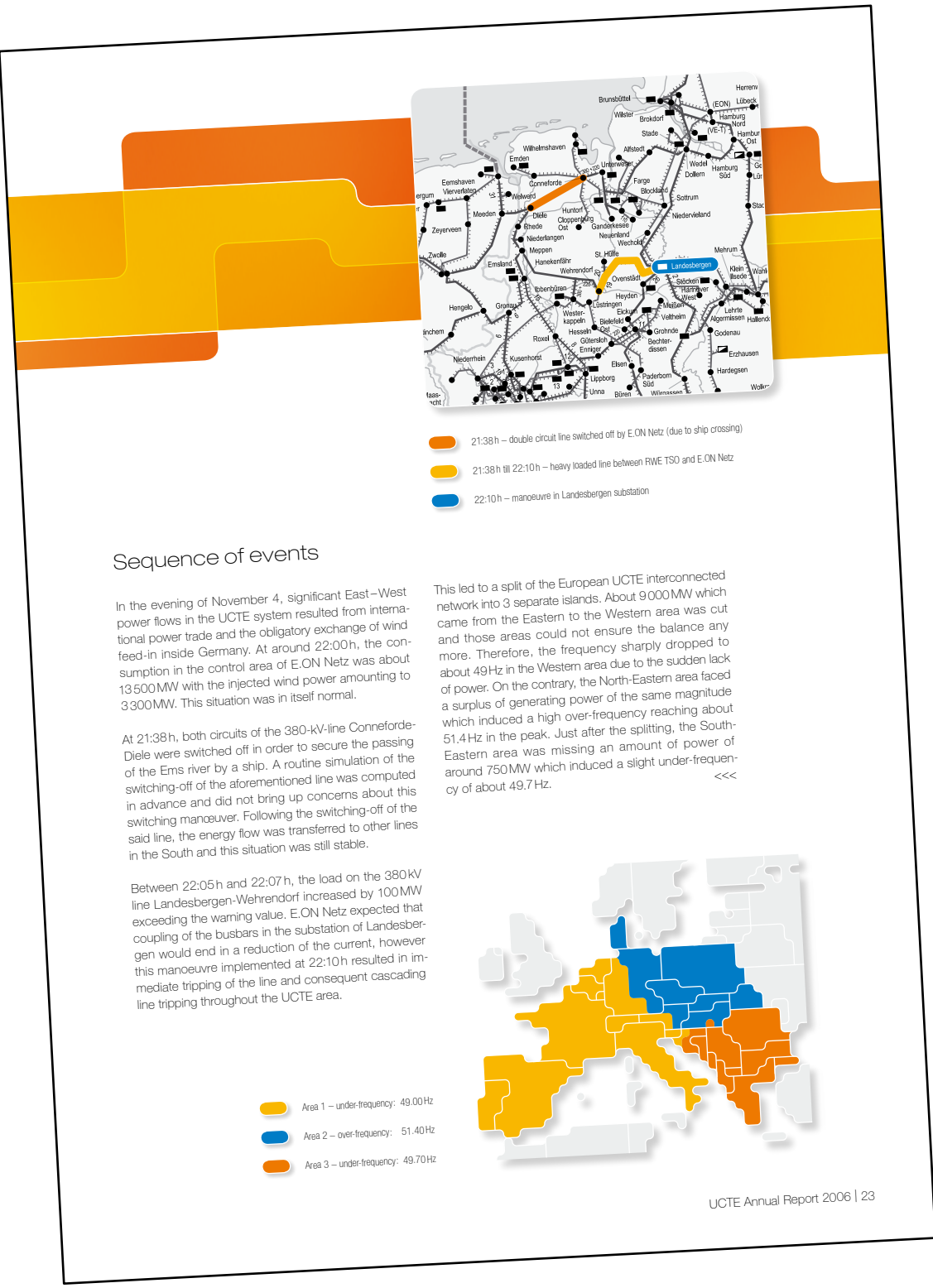




2006



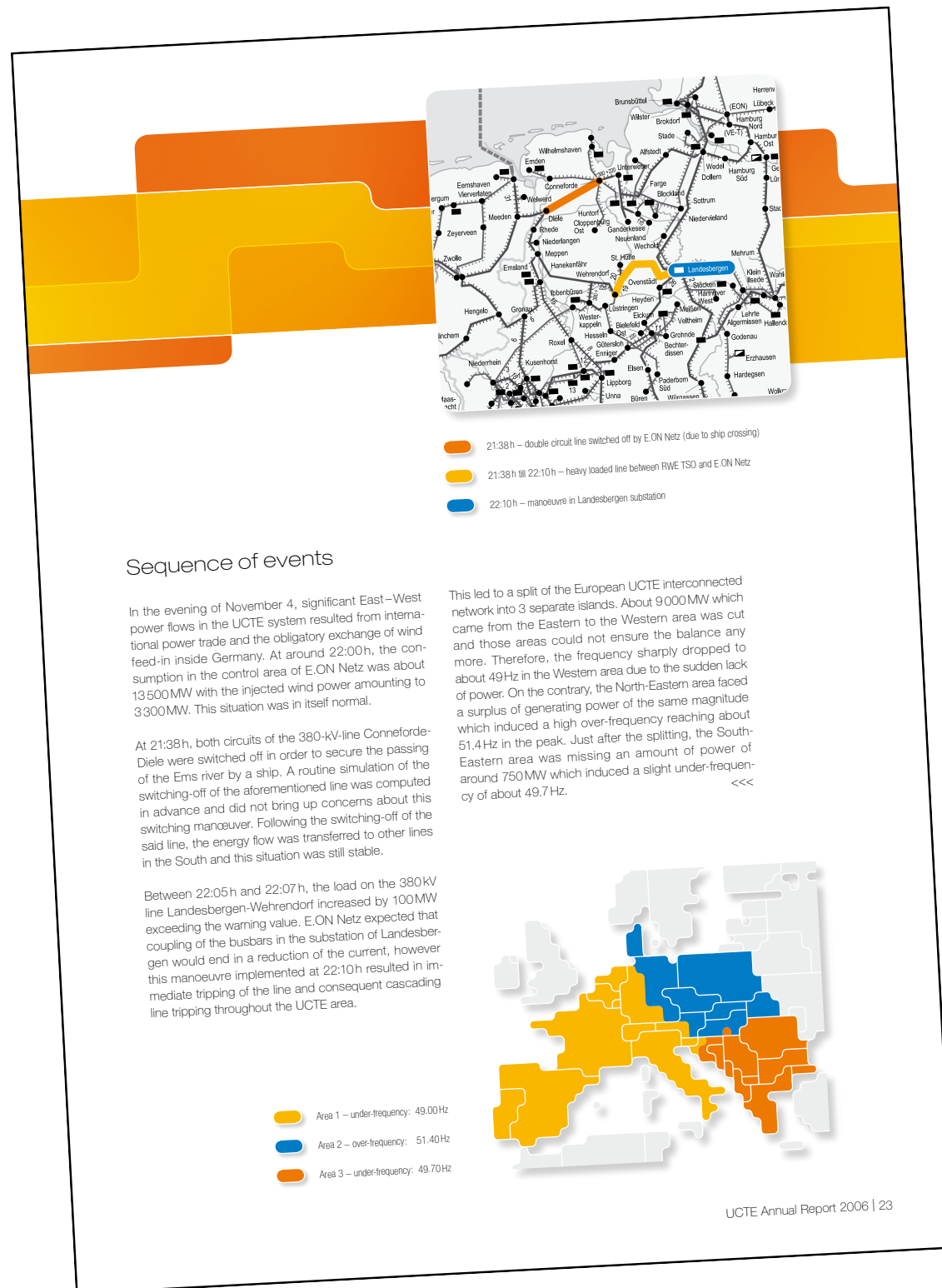
2006.11.04 – UCTE system split



... uups ... **kein FRT** bei Windkraft erlaubt?

Quelle: ENTSO-e Report 2006_5.pdf

2006.11.04 – UCTE system split

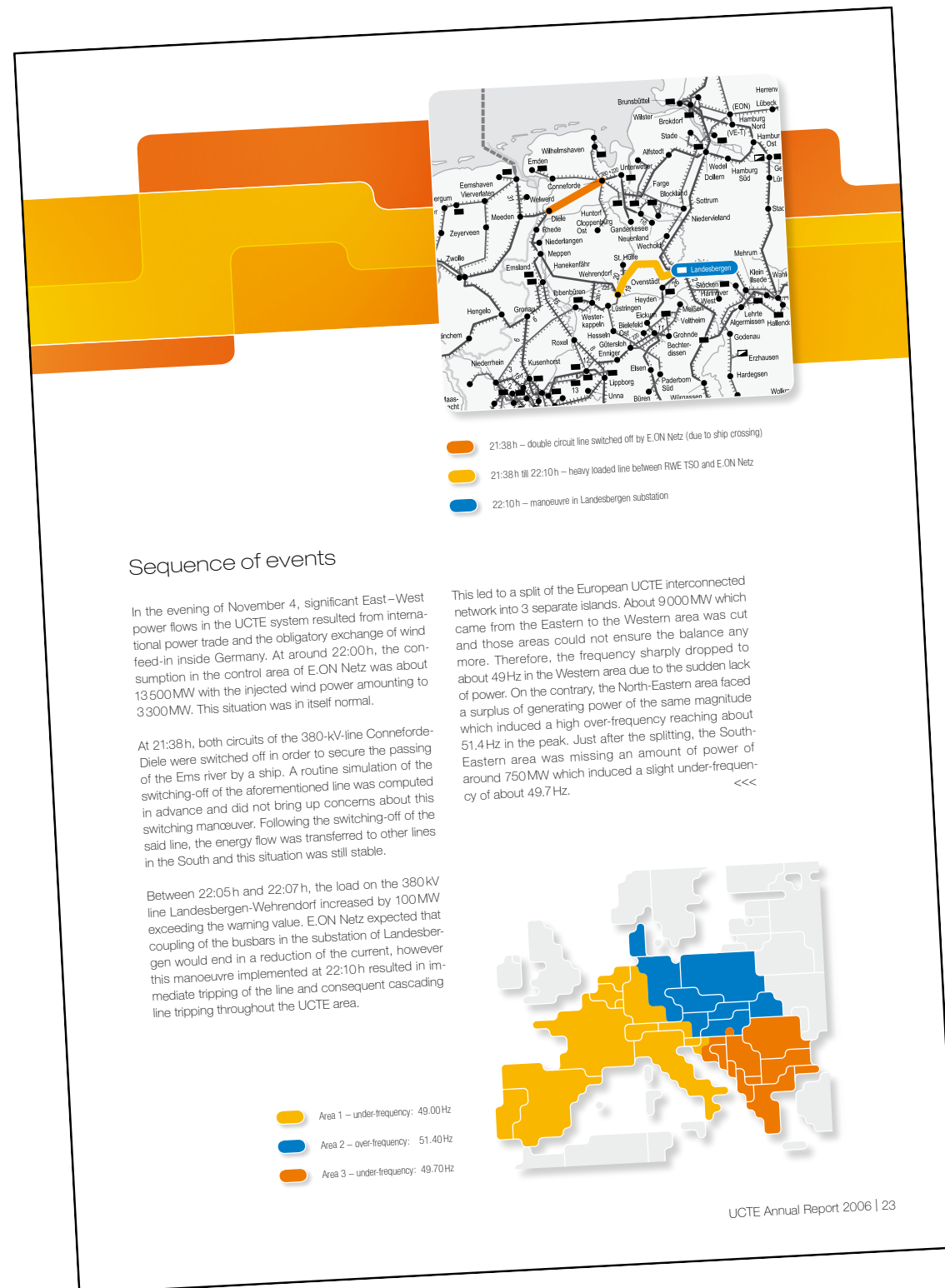


Recommendation #5

...

- Requirements to be fulfilled by generation units connected to the distribution grid should be the same in terms of **behaviour during frequency and voltage variations** as for the units connected to the transmission network. These requirements should be applied also to units already connected to transmission and distribution grids.

2006.11.04 – UCTE system split



Recommendation #5

...

- Requirements to be fulfilled by **generation units** connected to the distribution grid should be the same in terms of **behaviour during frequency and voltage variations** as for the units connected to the transmission network. These requirements should be applied also to units already connected to transmission and distribution grids.

August 2010

Electr Eng (2011) 93:217–226
DOI 10.1007/s00202-011-0210-x

ORIGINAL PAPER

A novel control method for dispersed converters providing dynamic frequency response

Til Kristian Vrana · Christian Hille

Received: 30 August 2010 / Accepted: 10 May 2011 / Published online: 24 May 2011
© The Author(s) 2011. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract Active power converters are flexible and highly dynamic. Many power converters, as battery charging devices, use only a small part of their technical capabilities. This paper develops a new control method that combines the primary converter function with grid frequency control. Doing this, the frequency stability can be influenced positively, using the power converters control potential, without penetrating its primary functions under normal power system conditions. In case of severe frequency deviations, priority is given to this grid support functionality, which can significantly improve the security of supply. If the converter's control algorithm does not take frequency stability aspects into consideration, the impact of thousands of these devices on the grid frequency stability will be negative. Electric and hybrid cars with battery storage and plug-in capabilities are used as an example for power conversion units. The impact of many cars, with the referred control method, on the UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) grid frequency can be observed by simulations. Even a small percentage of electric cars can significantly influence the grid frequency after a power plant disconnection fault. No communication between network operator and converter is necessary for the basic grid supporting functions. Dispersed frequency support as suggested by the developed control method could be adopted as a requirement to future grid codes.

T. K. Vrana (✉)
Norwegian University of Science and Technology,
Trondheim 7491, Norway
e-mail: vrana@ntnu.no

T. K. Vrana · C. Hille
RWTH-Aachen University, 52056 Aachen, Germany

C. Hille
e-mail: hille@ifht.rwth-aachen.de

Keywords Battery chargers · Control algorithm · Frequency control · Frequency stability · Road vehicle power systems

1 Introduction

Frequency stability in AC grids is important for the entire system, since electrical motors and generators can be damaged, if operated at an inappropriate frequency. As a reliable power quality is a main advantage of high-wage industrial countries, frequency deviations pose the risk of severe economic impacts.

Under normal operating conditions, the frequency is held within a narrow margin by the primary control, the rotating inertia of generators and motors and by the fact that the power consumption of motors depends on the frequency.

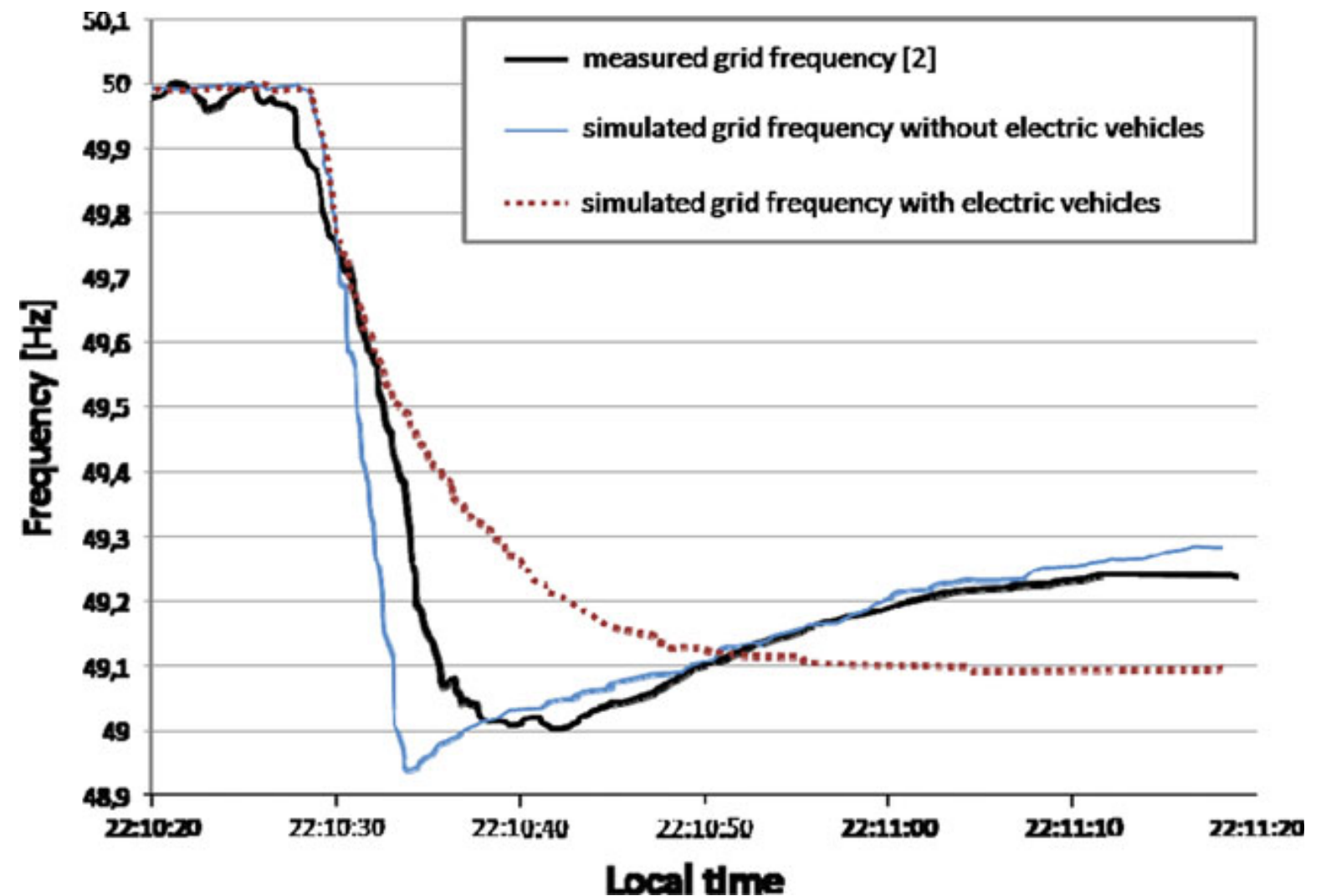
The primary control on the one hand is mainly provided by large thermal power generation units and can directly be influenced via the controllers of those power stations. The rotating inertia and the frequency dependency on the other hand are based on the physical properties of all electrical generators and motors connected to the grid. These important stability mechanisms cannot be influenced directly.

The number of loads and generation units, connected via power converters, is steadily increasing. Therefore, the number of classical electrical motors and generators will decrease, since they are partly replaced by modern converter-based systems. The transition from synchronous generators used in thermal power stations, to induction generators, often used in wind turbines, causes similar problems. This development will bring up new challenges regarding frequency stability.

The serious incidents affecting the UCTE-grid in 2003 [1] and 2006 [2] have shown that critical system conditions

Springer

... simulated grid frequency with
1,3 Mio. EVs and 11 kW each



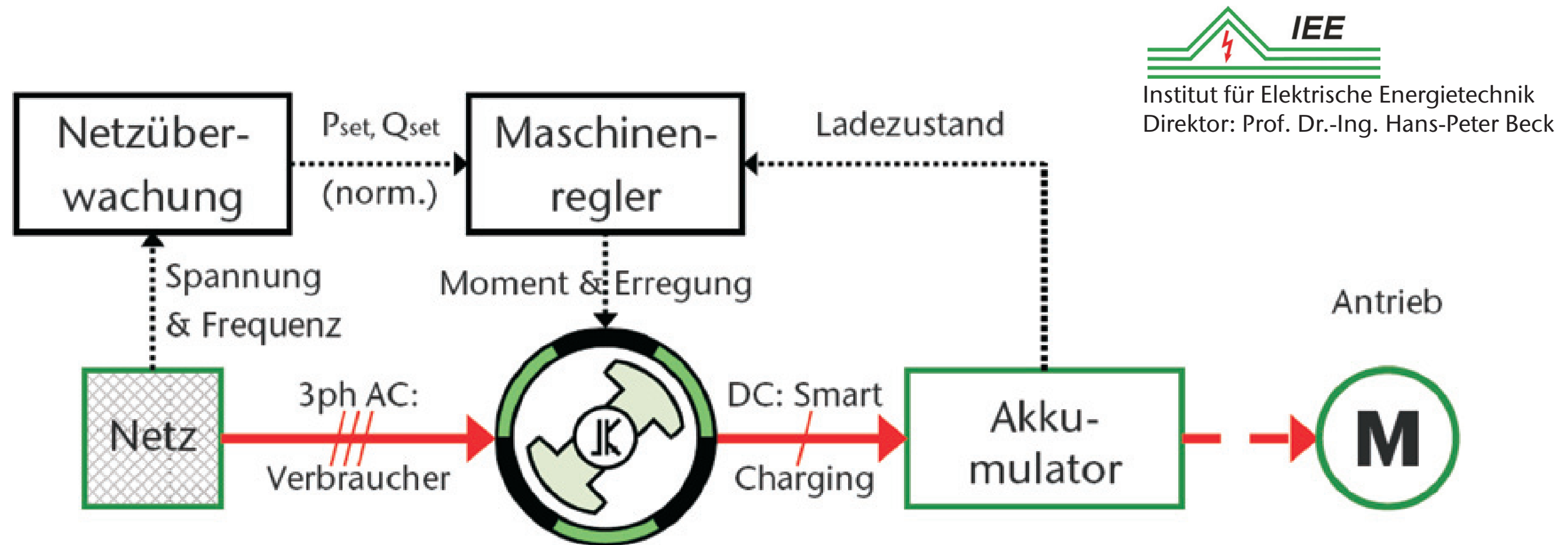
Quelle: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00202-011-0210-x.pdf>

2007





2007 – VISMA ... Proof of Concept



IEE
Institut für Elektrische Energietechnik
Direktor: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Selbstregelung ... mit E-Auto Ladegeräten

2010





2010 – EnergyMap und EE-Verteilung

DGS

SONNENENERGIE

EnergyMap

RAL Solar

DGS Thüringen

DGS Franken

DGS Berlin-Brandenburg

DGS Oberbayern

EnergyMap.info

FAQ

Kontakt

Impressum

Energiekarte

Energiregionen

Die "Gesetzesbrecher"

Daten Download

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

20 % EEG-Strom

Stromverbrauch:

608.050.600 MWh/Jahr

Einwohner:

82.169.000 Bürger

Fläche:

357.104 km2

Anmerkungen:

1) Die regionalen Verbrauchsdaten sind Schätzungen auf der Basis des durchschnittlichen Stromverbrauches in der Bundesrepublik
2) Die Erzeugnisse sind für...

Erneuerbare Stromproduktion

123.544.809 MWh/Jahr

Solarstrom

26.800.712 MWh/Jahr

Windkraft

54.802.003 MWh/Jahr

Wasserkraft

6.595.814 MWh/Jahr

Biomasse

33.008.566 MWh/Jahr

TOP 10 dieser Region

Stand - 07.10.2012:

20 % EE Bundesrepublik Deutschland

Die Region "Bundesrepublik Deutschland" hat folgende Spitzenreiter:

67 % EE Brandenburg

45 % EE Schleswig-Holstein

45 % EE Mecklenburg-Vorpommern

45 % EE Sachsen-Anhalt

38 % EE Niedersachsen

21 % EE Bayern

19 % EE Thüringen

17 % EE Rheinland-Pfalz

13 % EE Saarland

13 % EE Sachsen

www.energymap.info

Selbstregelung von Verbrauchern

Tomi Engel – Fachausschuss "Solare Mobilität"

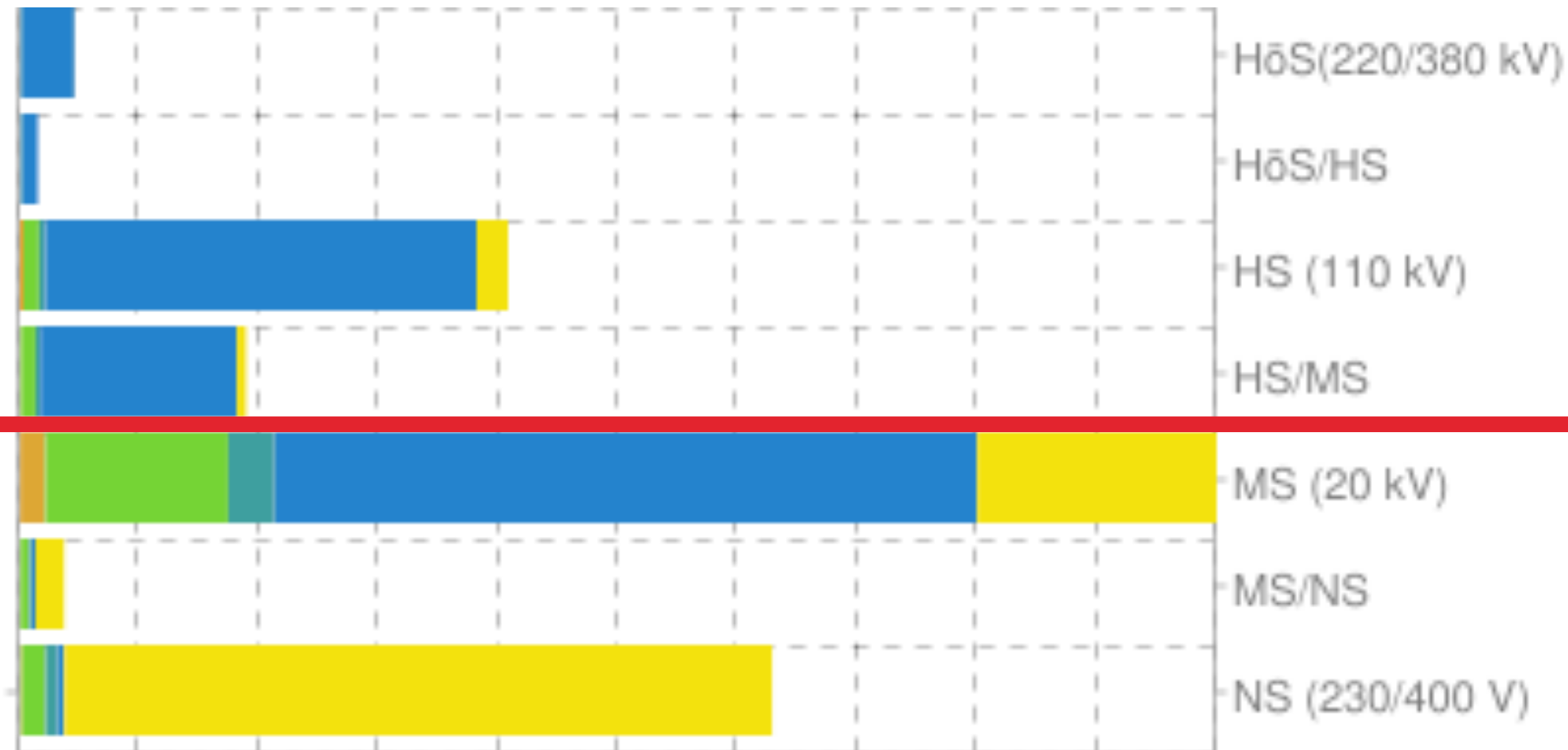


2010 – EnergyMap und EE-Verteilung



4 %

96 %





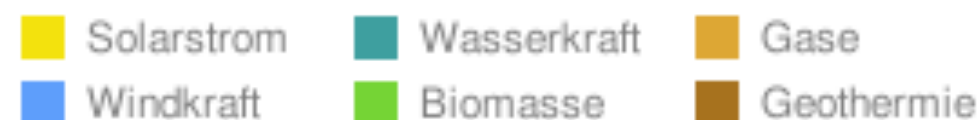
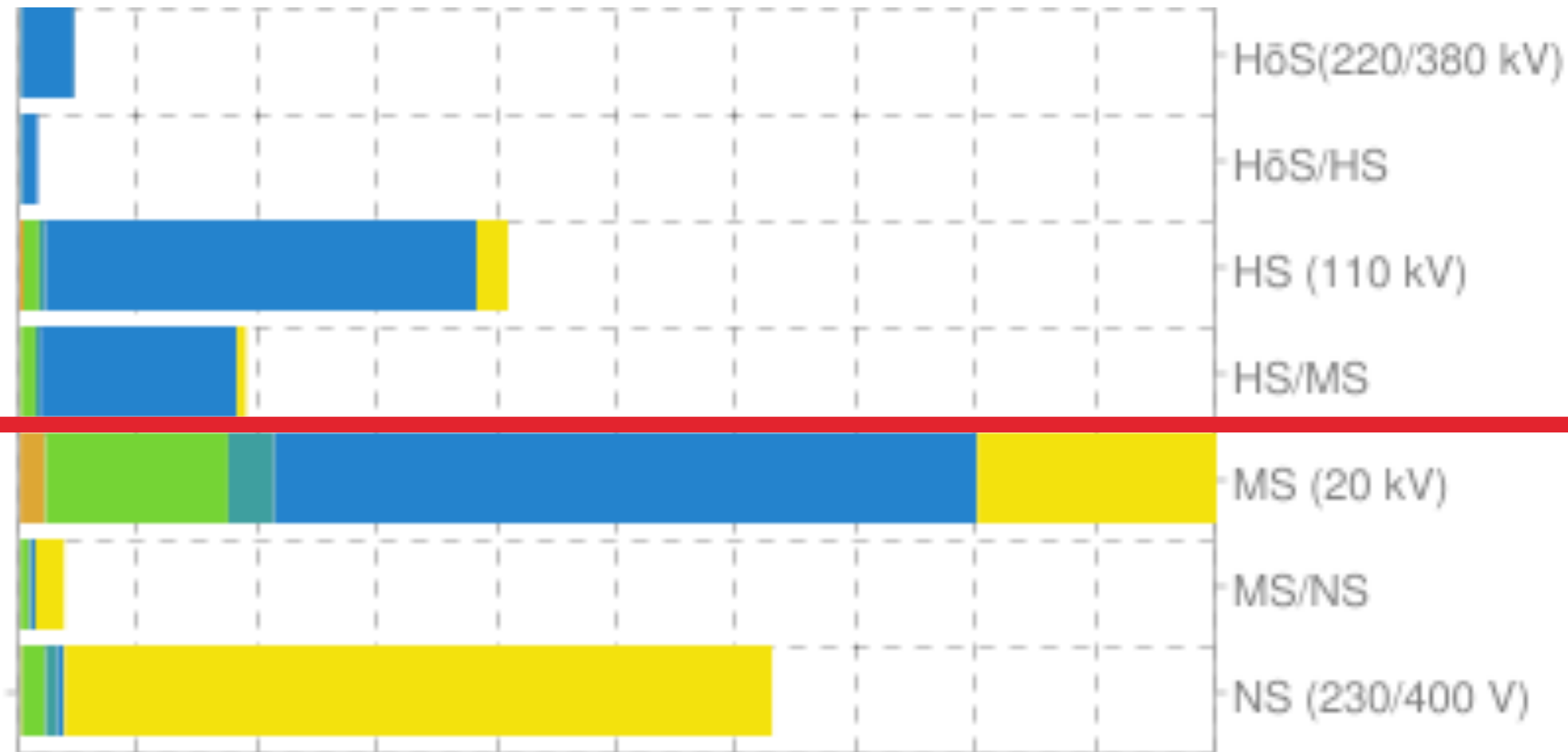
2010 – EnergyMap und EE-Verteilung

... uups ... PV = Nieder- und Mittelspannung



4 %

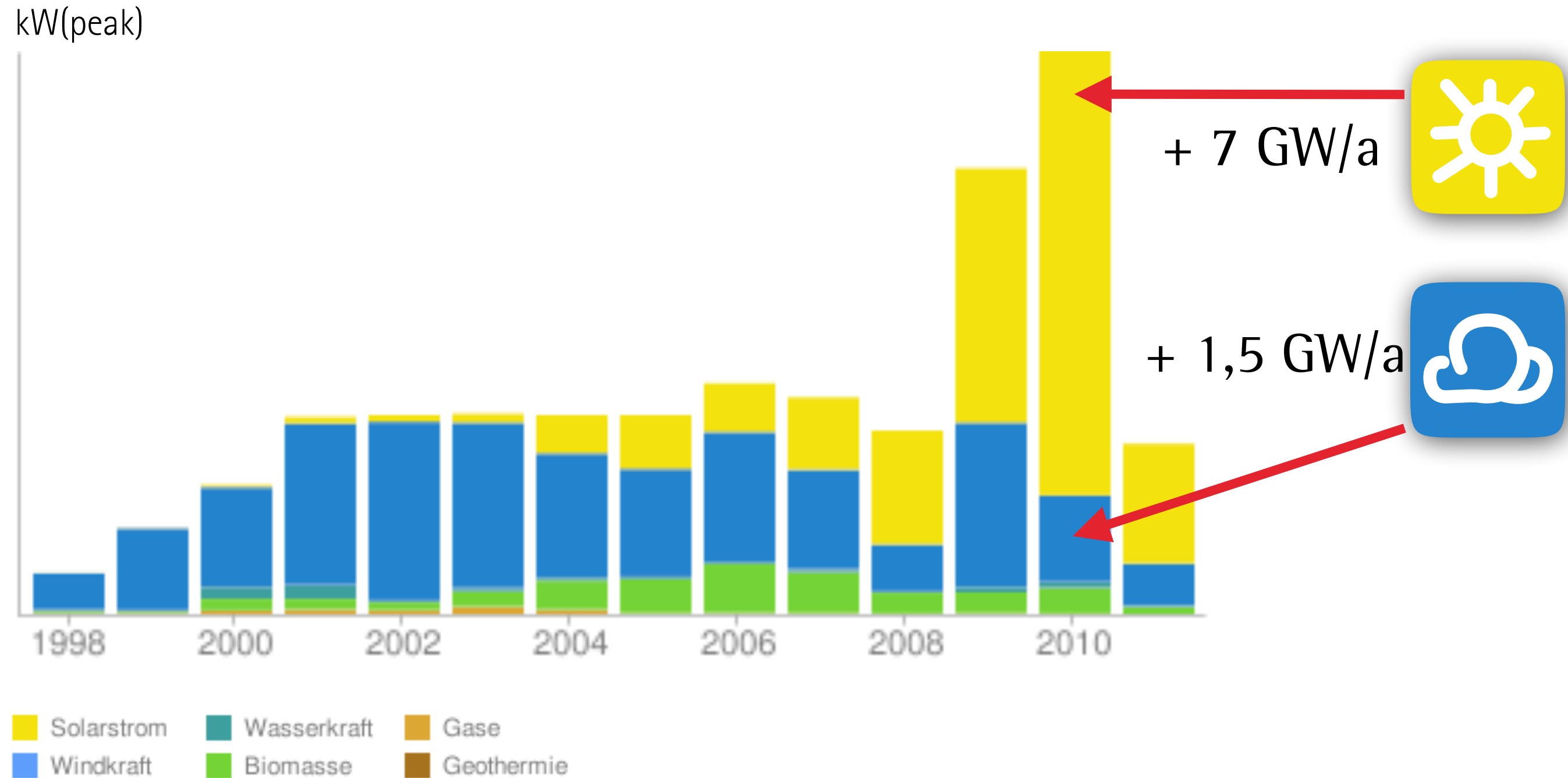
96 %



Quelle: www.energymap.info - Stand Okt. 2011



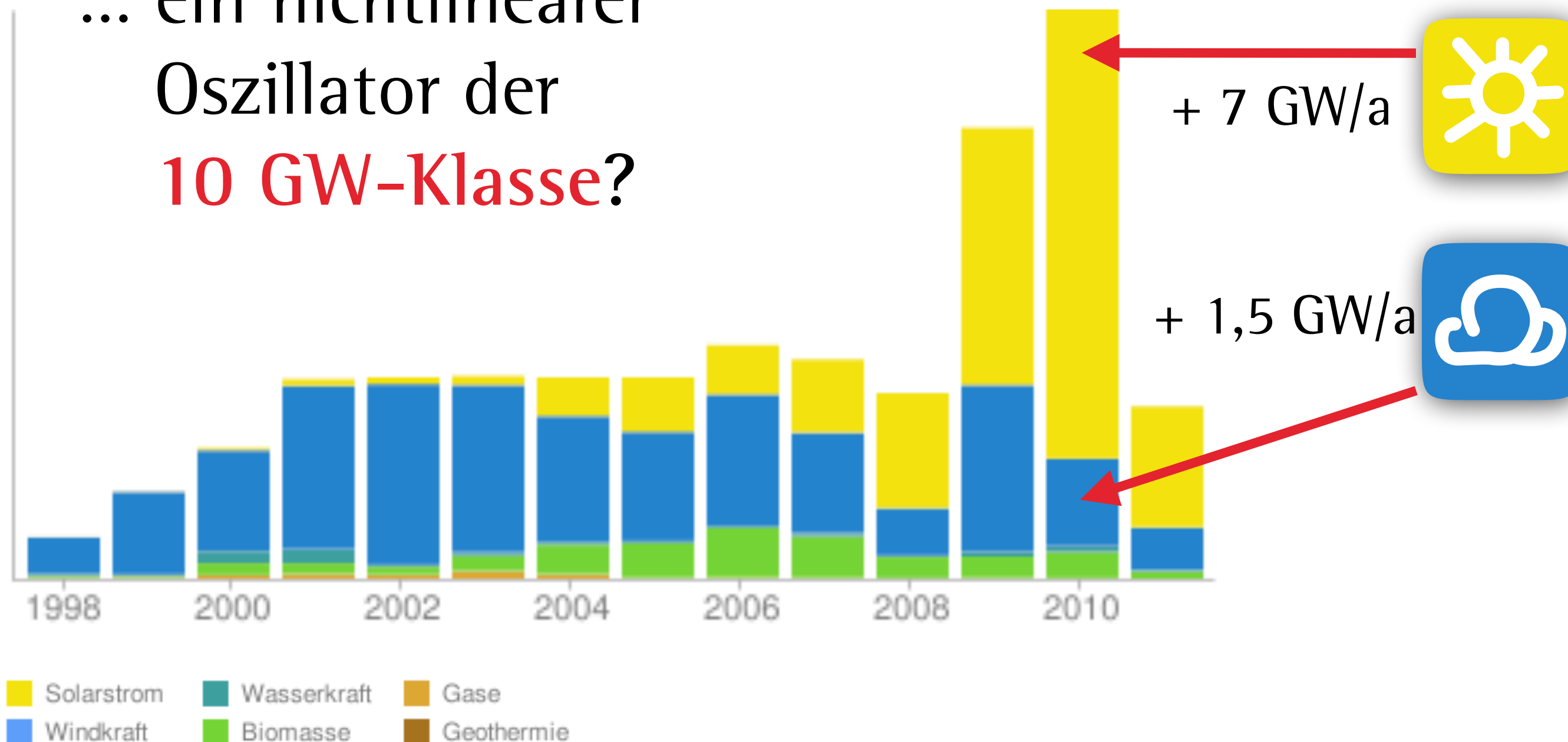
2010 – EnergyMap und EE-Zubau





2010.04 – Das 50,2 Hz Problem

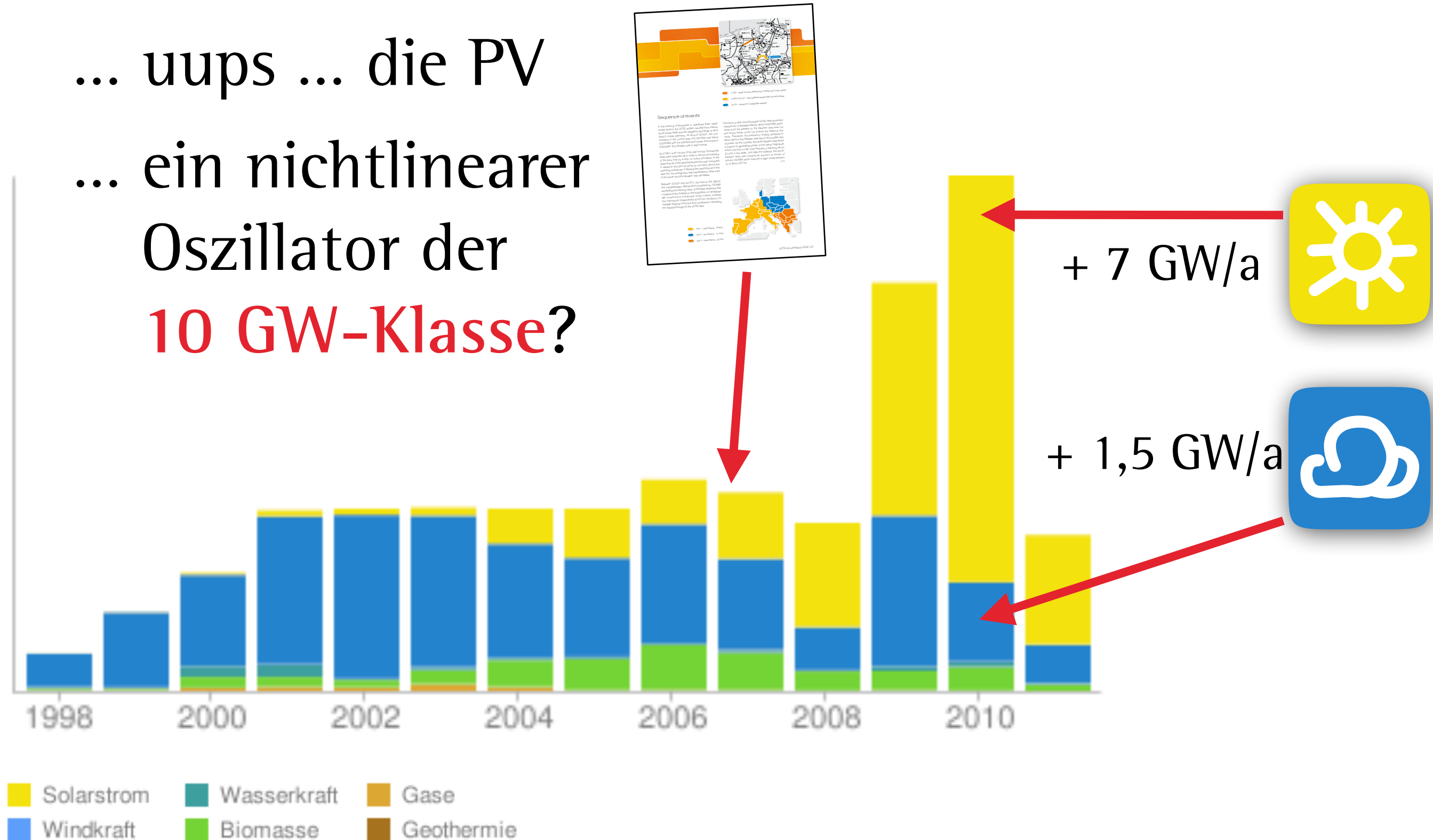
... uups ... die PV
... ein nichtlinearer
Oszillator der
10 GW-Klasse?





2010.04 – Das 50,2 Hz Problem

... uups ... die PV
... ein nichtlinearer
Oszillator der
10 GW-Klasse?



2011



2011.03.11 – Fukushima Daiichi

Krisenfestigkeit bedeutet



... Notstrom? ... anyone?



Krisenfestigkeit bedeutet

dass unser Stromnetz

... auch **ohne Leitstelle stabil** bleiben muss.

... möglichst problemlos in **kleine Teilsysteme** zerfallen können muss.

... Notstrom? ... anyone?



Krisenfestigkeit bedeutet

Cyberwar

dass unser Stromnetz

... auch **ohne Leitstelle stabil** bleiben muss.

... möglichst problemlos in **kleine Teilsysteme** zerfallen können muss.

Energiekrise

... Notstrom? ... anyone?



2011.03 – Die I.D.E.E. der EE Branche

Förder-Konzeption „I.D.E.E.“ **Innovationsförderung in Deutschland für Erneuerbare Elektromobilität** Berlin März. 2011

Ziel

Einführung einer Förderung für Elektroautos auf Basis von deren technischen Fähigkeit das Stromnetz zu stabilisieren und deren Potenzial zur Lastverlagerung des Stromverbrauches beizutragen.

Sachstand

Elektroautos werden in der Markthochlaufphase aufgrund der hohen Kosten nur sehr schwer ohne zusätzliche finanzielle Anreize ihren Weg in einen Massenmarkt finden.

Eine pauschale Förderung (beispielsweise 5000 Euro je Fahrzeug) der Elektromobilität würde vorrangig billigen ausländischen Produkten zu höheren Absatzzahlen verhelfen. Für hochwertige Qualitätsprodukte aus Deutschland hätte dieser Ansatz zudem keinen Vorteil, weil jedes Fahrzeug gleich gefördert wird (werden muss).

E-Mobile bieten technisch ein hohes Potenzial für die Stabilisierung des Stromnetzes. Sie können in der Theorie sowohl ihre Ladeleistung als auch den Ladezeitpunkt mit sehr großen Freiheitsgraden dem Stromnetz anpassen. Hierzu bedarf es jedoch folgender Voraussetzungen:

Technik:

Die Leistungselektronik (Ladeelektronik) eines Elektroautos muss technisch in der Lage sein, den Zustand des Stromnetzes zu erkennen (Messung und/oder Kommunikation) und den Ladevorgang unterhalb vorgegebener Leistungswerte zu steuern (beispielsweise kein Ladevorgang unterhalb vorgegebener Leistungswerte).

Nutzerverhalten:

Das Fahrzeug muss möglichst oft mit dem Stromnetz verbunden sein, um die Ladeleistung zu steuern. Das Fahrzeug darf nicht laden, wenn der Akku voll ist, es vor allem Anreize für Besitzer geben, das Fahrzeug mit dem Stromnetz zu verbinden.

Deutschland wird nur schwer seinen Rückstand einholen. Jedoch ist Deutschland bereits heute führend in der Elektromobilität, allem auch durch die Erneuerbaren Energien.

Die Elektromobilität könnte von dieser hoch entwickelten Technologie ihren Wissensvorsprung weiter ausbauen. Intelligente und optimierte Leistungselektronik und optimierte Stromnetze noch mehr Bedeutung als in der Vergangenheit. „Made in Germany“ könnte ein Qualitätsmerkmal sein.

Derzeit fehlen jegliche wirtschaftlichen Anreize für die Elektromobilität. Der positive Effekt auf das Stromnetz haben.

Die Förderung von E-Mobilen sollte daher geknüpft werden und in Abhängigkeit vom Stromnetz verbunden war. Dies sollte über den Gesetzgeber auf die Allgemeinheit umgelegt werden.

”Einführung einer Förderung für Elektroautos auf der Basis von deren **technischen Fähigkeit das Stromnetz zu stabilisieren ...**”



Die I.D.E.E. – das Förderkonzept für Erneuerbare Elektromobilität

2013



2013



Wann werden Elektroautos endlich
so **intelligent** wie Glühbirnen?



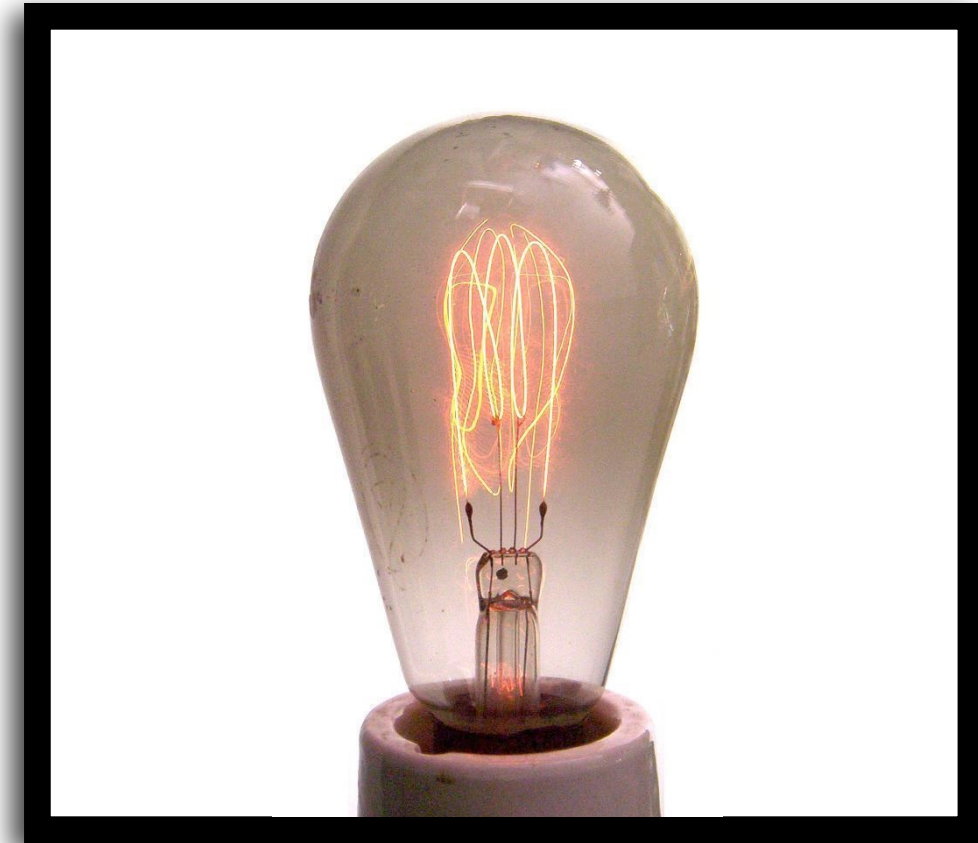
2013 – Smart smart smart smart smartness



Wann werden Elektroautos endlich
so **intelligent** wie Glühbirnen?



2013 – Smart smart smart smart smartness



$P_{\text{charge}} = \text{const} \dots$ keine smarte Idee

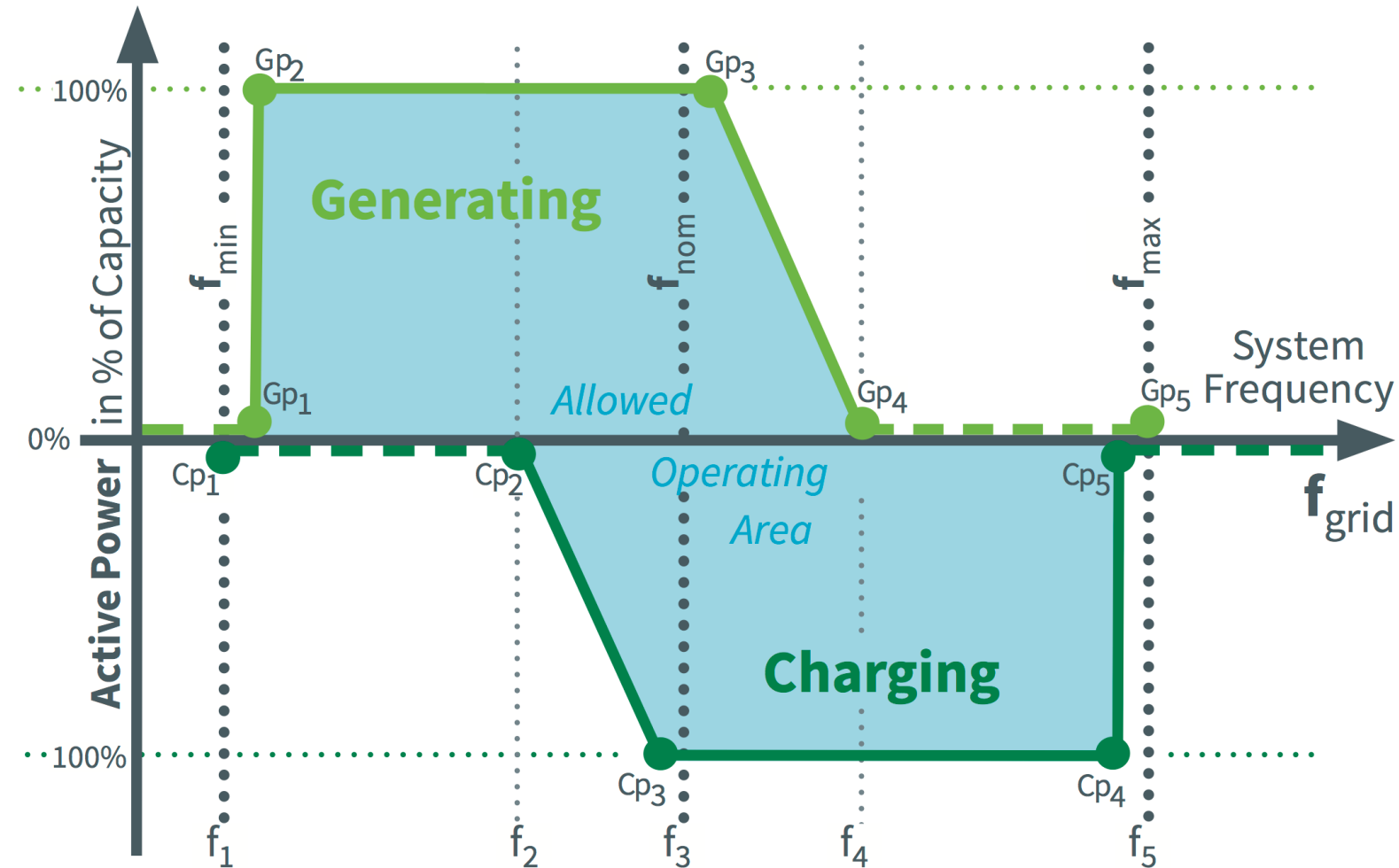
(negativer differentieller Widerstand führt zu einer Abnahme der effektiven Kurzschlussleistung)

2015





2015 – Dezentrale selbstregelnde Netzintegration



Abschlusskonferenz zum Projekt für ...

Dezentrale selbstregelnde Netzintegration von Elektromobilen und anderen netzverbundenen Akteuren



PiVo



eMobilität
in Niedersachsen.

schauenster
elektromobilität

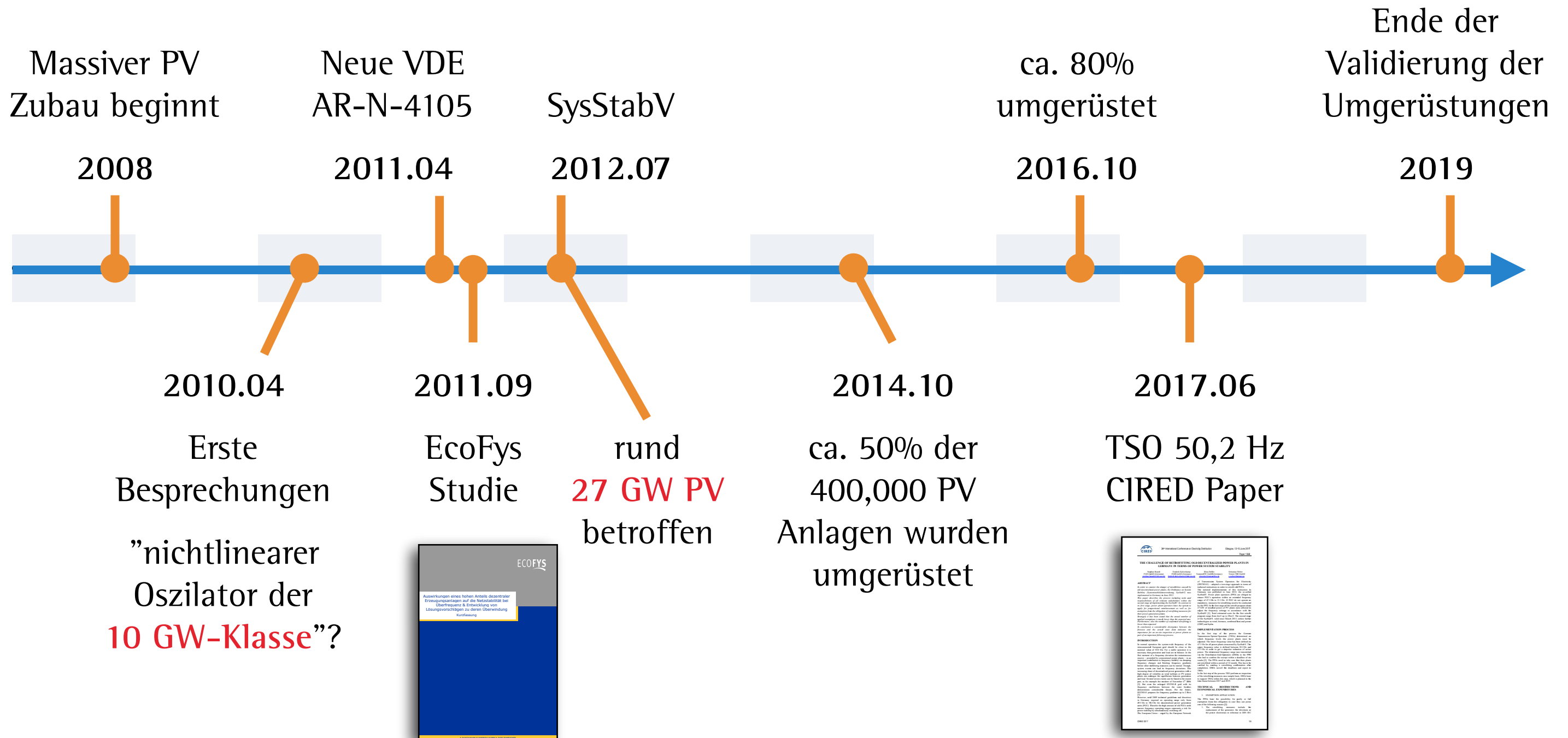
Eine Initiative der Bundesregierung

2017



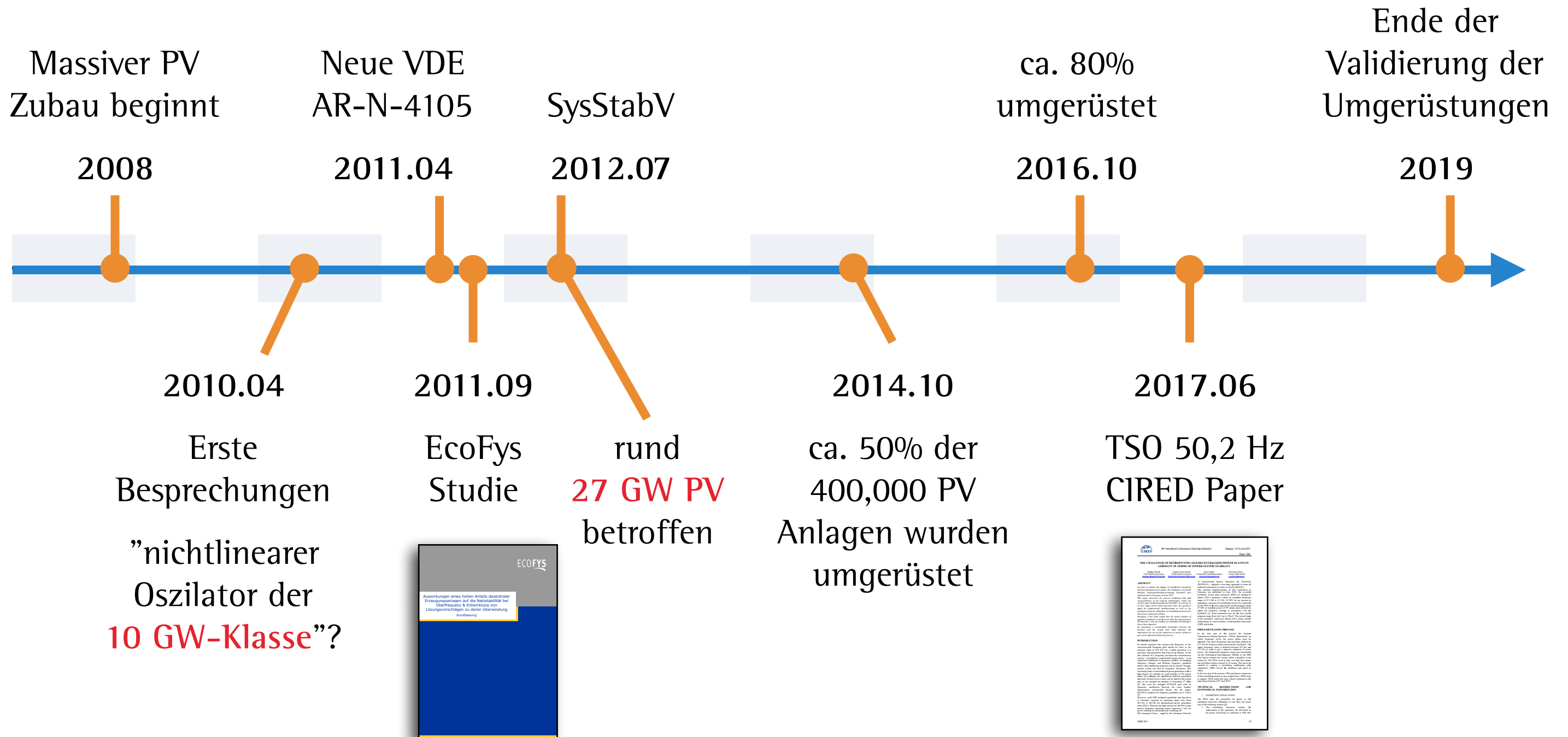


2017 – 50,2 Hz Nachrüstung





2017 – 50,2 Hz Nachrüstung



Der **Massenmarkt** hat einen langen "Bremsweg"

2021

2021 – Notstrom?



10 Jahre nach Fukushima ... uups ... Notstrom?



2021 – Vehicle-2-Load goes Massenware



BYD EA-1 Dolphin (2021)



Ioniq 5 (2021)



VW ID.5 - MEB (2022)

Notstrom to Go!

Notstrom?



2021 – Vehicle-2-Load goes Massenware



BYD EA-1 Dolphin (2021)



Ioniq 5 (2021)



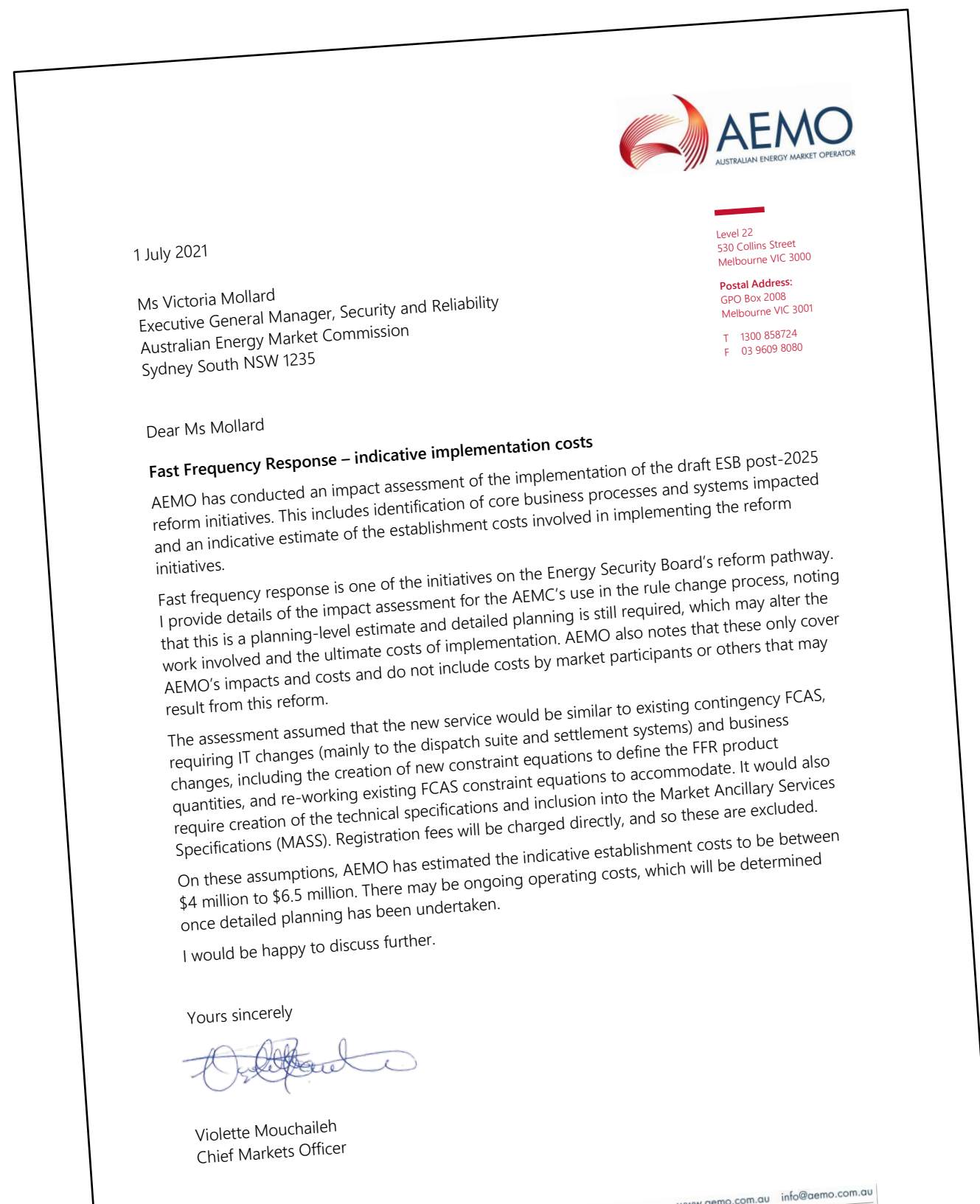
VW ID.5 - MEB (2022)

Notstrom to Go!

Kommunikation zwischen Wallbox und E-Auto

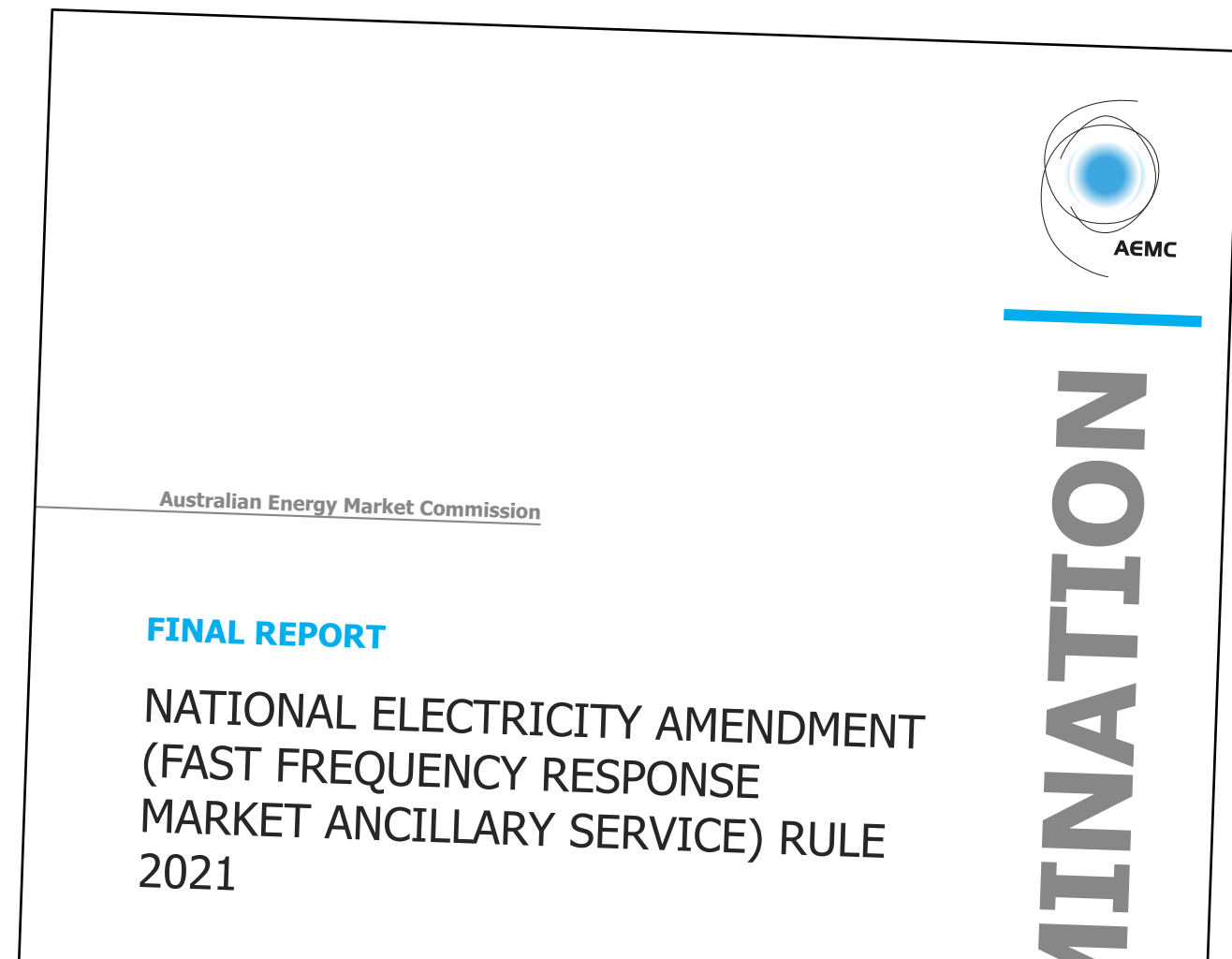
ISO 15118-20 (ab ca. 2023) bringt ... grid following, grid forming

2021 – AEMC Fast Frequency Response

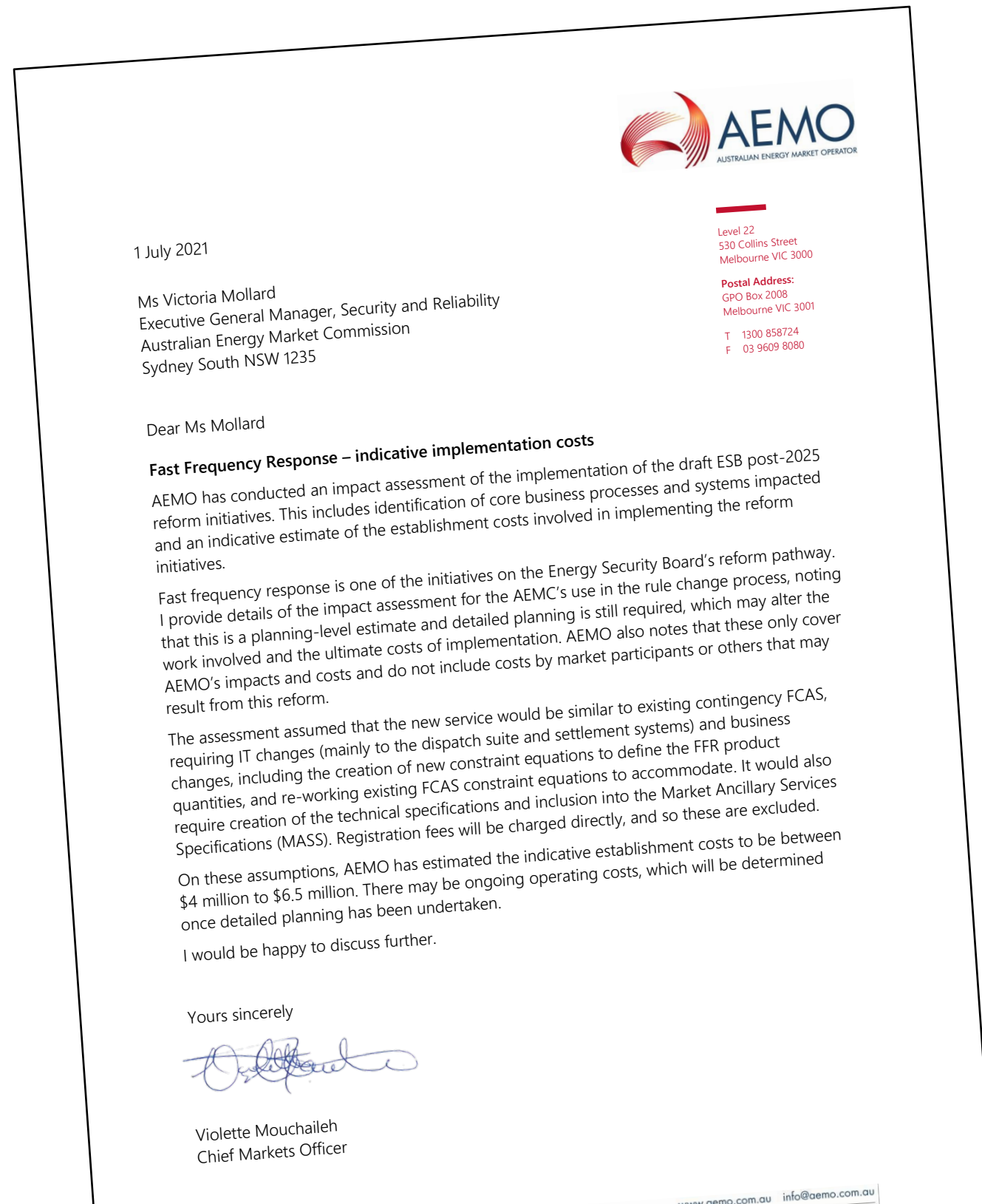


... uups ...

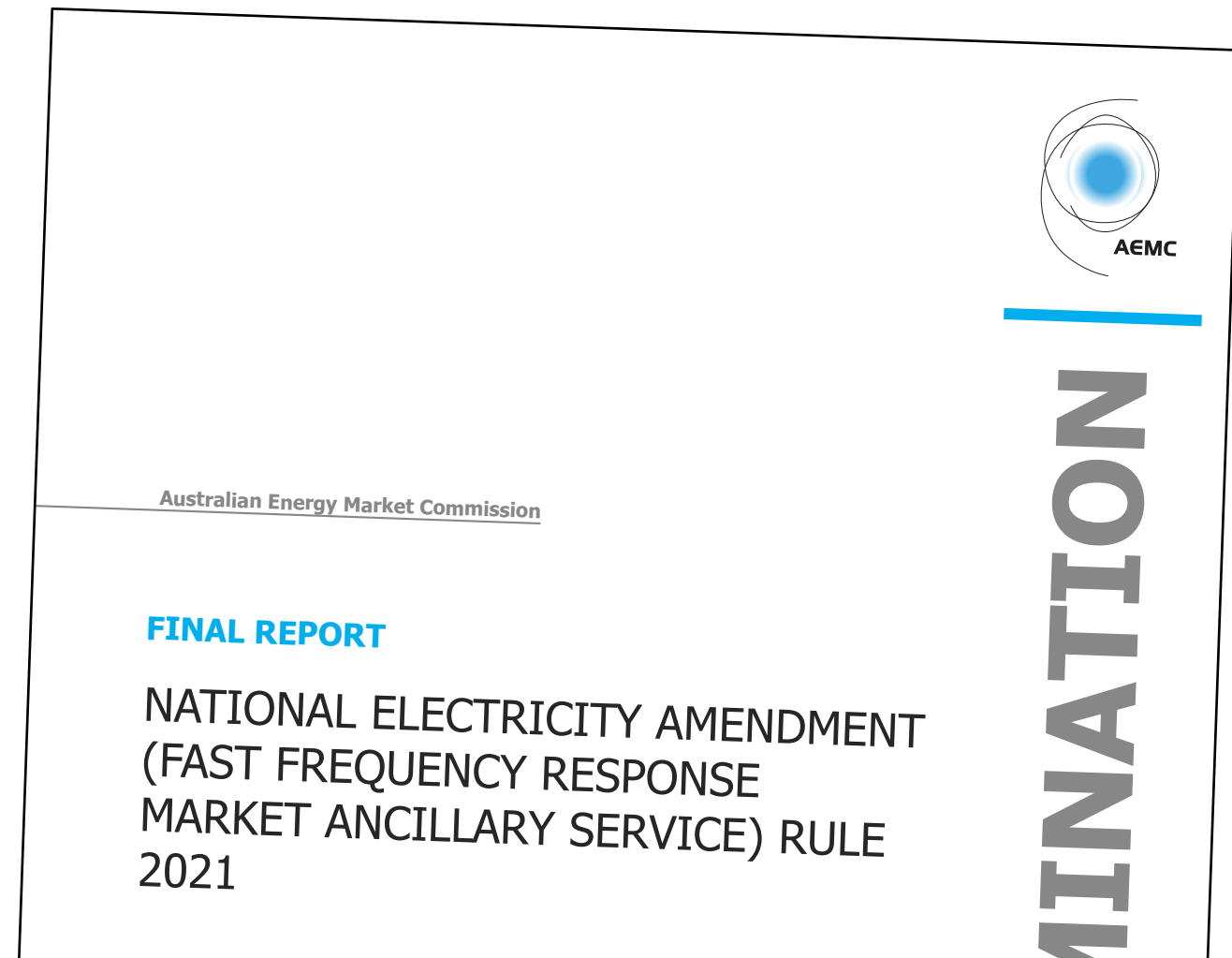
Leistungselektronik hat
keine Massentragheit



2021 – AEMC Fast Frequency Response



Fast Frequency Response ... Droop ohne Inertia





$P(f)$

Droop Control

(proportional)
Frequency
Response

(Syn.) Inertia

(derivative)
Frequency
Response

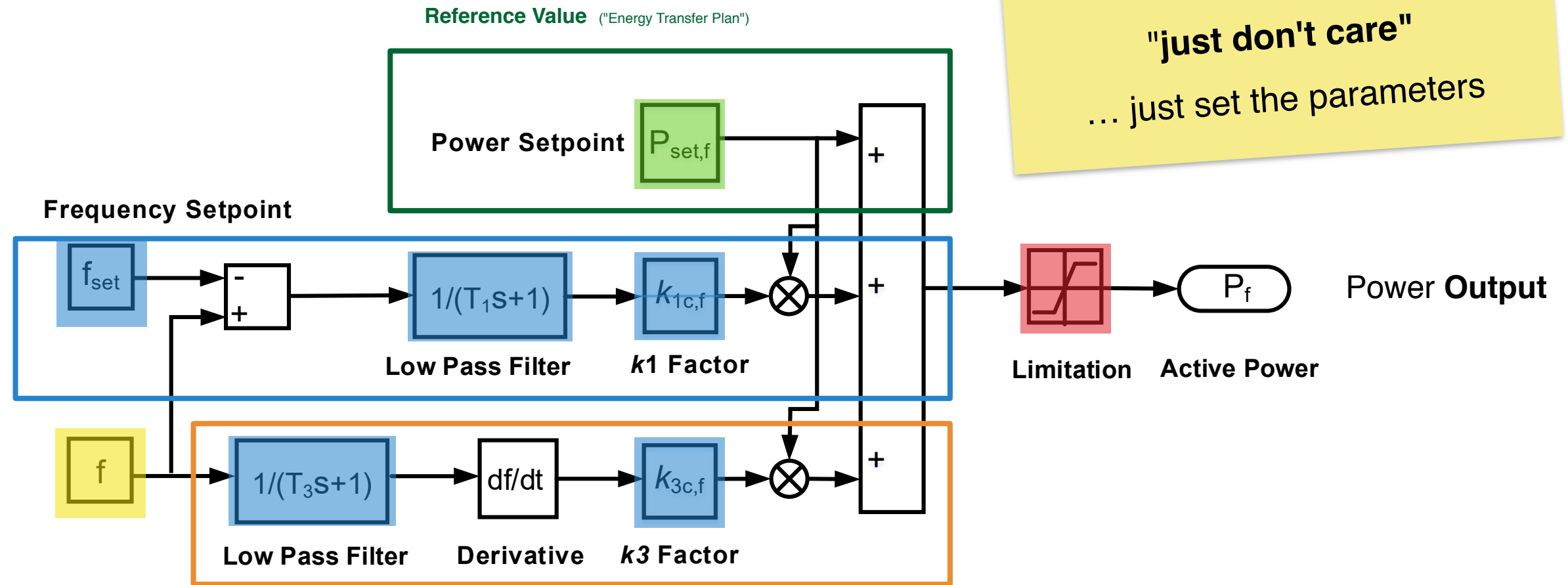


Figure 6 – Function diagram of a combined frequency control function for continuously controllable dispatchable load

Dynamic:



Measured



(Self-)Assigned

Static:



(Hardware or System)
Limits



Configurable

2021 – IEC TS 62898-3-3



"Microgrids - Part 3-3: Technical requirements – Self-regulation of dispatchable loads"

CD ... published 2021-11-12

DTS ... planned for 2022-Q2

Scope is limited to **Microgrids**

which are

... forming a local electric power system
at distribution voltage levels ...

IEC **8B/105/CD**
COMMITTEE DRAFT (CD)

PROJECT NUMBER:
IEC TS 62898-3-3 ED1

DATE OF CIRCULATION:
2021-11-12

CLOSING DATE FOR COMMENTS:
2022-02-04

SUPERSEDES DOCUMENTS:
8B/77/CD, 8B/88A/CC

IEC SC 8B : DECENTRALIZED ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS

SECRETARIAT:
China

SECRETARY:
Mr Wenpeng LUAN

OF INTEREST TO THE FOLLOWING COMMITTEES:
TC 8, SC 8C, SC 22E, SC 22F, TC 57, TC 69, TC 120

FUNCTIONS CONCERNED:
☐ EMC ☐ ENVIRONMENT ☐ QUALITY ASSURANCE ☐ SAFETY

This document is still under study and subject to change. It should not be used for reference purposes.
Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

TITLE:
Microgrids - Part 3-3: Technical requirements – Self-regulation of dispatchable loads

NOTE FROM TC/SC OFFICERS:
This document (4CD) has been prepared by JWG1 SC8B (Microgrids). It is intended to be the last CD before the DTS, which is planned to be circulated in Q2 2022. Major changes in regard to the last CD refer to the:
- clearer introduction of the damping characteristic,
- de-synchronisation strategies to cope with rebound effects, and
- additions and modification of terminology.

2021 – IEC TS 62898-3-3



IEC **8B/105/CD**
COMMITTEE DRAFT (CD)

PROJECT NUMBER:
IEC TS 62898-3-3 ED1

DATE OF CIRCULATION:
2021-11-12

CLOSING DATE FOR COMMENTS:
2022-02-04

SUPERSEDES DOCUMENTS:
8B/77/CD, 8B/88A/CC

IEC SC 8B : DECENTRALIZED ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS

SECRETARIAT:
China

SECRETARY:
Mr Wenpeng LUAN

OF INTEREST TO THE FOLLOWING COMMITTEES:
TC 8, SC 8C, SC 22E, SC 22F, TC 57, TC 69, TC 120

FUNCTIONS CONCERNED:
☐ EMC ☐ ENVIRONMENT ☐ QUALITY ASSURANCE ☐ SAFETY

This document is still under study and subject to change. It should not be used for reference purposes.
Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

TITLE:
Microgrids - Part 3-3: Technical requirements – Self-regulation of dispatchable loads

NOTE FROM TC/SC OFFICERS:
This document (4CD) has been prepared by JWG1 SC8B (Microgrids). It is intended to be the last CD before the DTS, which is planned to be circulated in Q2 2022. Major changes in regard to the last CD refer to the:

- clearer introduction of the damping characteristic,
- de-synchronisation strategies to cope with rebound effects, and
- additions and modification of terminology.

”Microgrids - Part 3-3: Technical requirements – Self-regulation of dispatchable loads”

CD ... published 2021-11-12

DTS ... planned for 2022-Q2

Das Prinzip der Selbstregelung
wird 2022 auch als
VDE-Anwendungsregel
publiziert.



Lessons learned?

- 2005** ... die **Anzahl** leistungselektronischer Verbraucher wird gigantisch
- 2006** ... falsche Regeln können **Großstörungen** verschärfen
- 2008** ... **Selbstregelung** von Umrichtern ist technisch kein Problem
- 2011** ... Die (späte) Korrektur von Fehlern in den **Designvorgaben** birgt bei Massenprodukten hohe Risiken
- 2021** ... E-Fahrzeuge sind ein Massenprodukt ...
ohne Klarheit zu deren Verhalten bei ... P(f) ... P(U) ... FRT ... usw.
- 2022** ... Selbstregelung wird bei IEC und VDE technisch beschrieben

2026

2026

... unups

1936



1936

Reichen 90 Jahre für den Erkenntnisgewinn?



Merke!

“Selbstregelung ist ...
der Gegenentwurf zur
selbstverschuldeten Instabilität”



Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
International Solar Energy Society, German Section

www.dgs.de

Tomi Engel

tomi@objectfarm.org