



# Gutachterliche Einschätzungen und Anregungen zur Gestaltung einer ganzheitlichen Energiewende

Kurzstudie im Auftrag vom Innovationsforum Energiewende e.V.

Berlin, den 25.5.2018

## Danksagung

Ich sage Danke bei vielen Fachkolleginnen und Fachkollegen, sowie auch den Studenten, bei denen ich Vorlesungen halten und Seminare bestreiten darf, für viele Diskussionen, Anregungen und Streitgespräche in Angelegenheiten der Energiewende und der Dekarbonisierung. Dank auch an das BMWi, die BNetzA, 50

Hertz, den FNN, die dena, die Hochschule Zittau- Görlitz, die Technische Universität Cottbus-Senftenberg, die TU Berlin, die Stadtwerke Braunschweig sowie viele andere für Fachdiskussionen, Anregungen und Informationen.

## Erklärung

Anforderungsgemäß wurde diese Kurzstudie zum Zweck einer Darstellung und eines besseren Verständnisses der Dimension vom Energie- und insbesondere vom Elektrizitätssystem im Allgemeinen und der ganzheitlichen Transformation aller Elemente dieses Systems im Lichte von Energiewende und Dekarbonisierung im speziellen angefertigt. Die Gewaltigkeit der Dimension insbesondere hinsichtlich der Bewahrung und Garantie der tatsächlichen Funktionalität des Systems, also einer jederzeit wirksamen Energieversorgungssicherheit, wurde für Eckpunkte mit qualitativ-quantitativen Grobabschätzungen aufgehellert und mit gutachterlichen Anmerkungen untersetzt.

Besonderen Raum nehmen Ausführungen zur operativen und tatsächlichen Systemstabilität, zur gesicherten Einsetzbarkeit von Momentan-Wirkleistung („Leistungskredit“), zur Ausnutzung aller EE- Energiemengen mittels Speicherung, zur - auf lange Zeit – unersetzbaren Rolle von (EE-) Gas als einziger Mehrmonats-Speicher in großen Mengen, zur entscheidenden Rolle von trainierten Fachpersonal, zur Erhaltung des (n-1) Kriteriums, zur sofortigen (Wieder-) Aktivierung des hohen Systemsicherungsbeitrages von Pumpspeicherwerken ein.

Eine wissenschaftliche und quantitative Detailuntersuchung einschließlich zugehöriger komplexer Berechnungen, Beweisführungen, Rand- und Fehlerbetrachtungen muss weiterführenden und umfassenden akademischen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Anregungen für solche Untersuchungen werden – jeweils beispielhaft oder bei offensichtlichen Handlungsschwerpunkten – gegeben.

Es werden insoweit auch prozessuale Vorschläge und Anregungen zur Gestaltung des Dialog- und Weiterentwicklungsprozesses bei der Systemtransformation einschließlich vorsorglicher Anpassungs- und Korrekturmechanismen gegeben.

Veröffentlichungen, auch auszugsweise, dürfen nur in Abstimmung mit dem Autor erfolgen.

Autor: Diplom-Ingenieur Wolfgang Neldner

NeldnerConsult, System- und Elektrizitätsnetzberatung

## **Gliederung der Kurzstudie**

### 1. Grundsätzliches

#### 1.1. Anlass dieser Kurzstudie

#### 1.2. Ausführungen zur Gliederung, Kernstück gutachterlichen Einschätzungen, Anregungen und Fragen

1.3. Nutzungsmöglichkeiten der Kurzstudie/ der gutachterlichen Einschätzungen im zukünftigen Diskussionsprozess

2. Kurzstudie / Gutachterliche Einschätzungen

2.1. Auswahl wesentlicher Grundanforderungen (Ziele) an die zukünftige Energieversorgung, u.a.

- a) Energieversorgungssicherheit (SoS- Security of Supply)
- b) Beitrag zum Klimaschutz („Dekarbonisierung“)
- c) Umsetzung der Energiewende
- d) EU-Binnenmarkt und sichere europäische Verbundnetze
- e).....

2.2. Grundsatzausführungen zur Zieldefinition und zur Ausbalancierung bei der Umsetzung der Anforderungen während der Transformationszeit

2.3. Grundsatzausführungen zum Energieversorgungssystem EVS (Schwerpunkt Elektrizitätsversorgungssystem)

- a) Datenbasis und vereinfachte Überlegungsversionen zur Abschätzung der gewaltigen Dimensionen beim EVS, insbesondere mit der Dekarbonisierung
- b) Grundsätzliche Anmerkungen und vereinfachte Überlegungsversionen beim Elektrizitäts-Energieversorgungssystem E-EVS, insbesondere mit der Dekarbonisierung

2.4. Dimensionierung der **Elektrizitäts- Nachfrage** als Systemelement des E-EVS

- a) Status 2016
- b) Mengenentwicklung (qualitativ-quantitative Abschätzung)
- c) Anforderung an die Verfügbarkeit

d)Thesen und Fragen zur Nachfrage an elektrischer Energie

e) Verständnis der dynamischen Vorgänge bei der perspektivischen Energienachfrage

2.5. Dimensionierung der entsprechenden **Elektrizitäts- Bereitstellung** („Erzeugung“) als Systemelement des E-EVS

- a) Status 2016
- b) Mengenbetrachtung und Verfügbarkeitsabschätzungen, bei Dekarbonisierung
- c) Verständnis der dynamischen Vorgänge

d) Thesen und Fragen (ein Auszug):

2.6. Dimensionierung der **Übertragungs- und Verteilungsnetze für Elektrizität** als ein wesentliches Systemelement des E-EVS

- a) Status 2016
- b) Abschätzung der Anforderungen zu den Mengen, bzw. zur Entwicklung der Netz-Kapazitäten
- c) besondere und nachhaltige Notwendigkeit und Anwendung des (n-1) Prinzips

- d) besondere Berücksichtigung der real erreichbaren Netzausbaugeschwindigkeiten
  - e) Fragen (Auszug)
- 2.7. Status und Abschätzungen zu (aktuellen) **Speicherkapazitäten** als ein weiteres wesentliches Systemelement des E-EVS
- a) Status 2016, hier speziell PSW
  - b) Abschätzung zur Mehrmonats- Speicherfähigkeit von Elektrizität
  - c) Thesen und Fragen zu Nutzungsmöglichkeiten (Sofortmaßnahme)
- 2.8. Status und Abschätzungen zu aktuellen **Export-/ Importkapazitäten als ein Systemelement des E-EVS, Aspekte der TSO-Zusammenarbeit auf Ebene des europäischen Verbundsystems**
- 2.9. Status und Abschätzung zur **Funktionalität des Systems(E-EVS), SoS- Kriterien und Systemstabilität des E-EVS**
- a) Überblick zu physikalischen Anforderungen an die Erhaltung der Stabilität
  - b) Abschätzung zur Zunahme der Defizite bei Erhaltung der Stabilität, Schwerpunkt: Spannungshaltung, Kompensation der „wegfallenden“ Momentan Reserve (rotierende Massen), Systemdienstleistungsanteil aller Akteure
  - c) Besondere Defizite beim „Schwarzstart“ ( Wiederauffahren des Systems nach Totalausfall)
  - d) Notwendigkeit und Dimensionierung von gesicherter und verfügbarer Leistung (Garantie für einen hohen Leistungskredit- s.a. Pkt. 2.5)
  - e) Besondere Chancen durch Pumpspeicherwerke(PSW) als bipolare Systemstabilisatoren und durch Laststeuerungen
  - f) Besondere Gefahren durch Naturkatastrophen und Terror
  - g) Besonderheit der Mittel-und Niederspannung, Umsetzung neuer EU- Regeln, Notwendigkeit von Niederspannungs- Systemführungen als Werkzeug für einen sicheren Betrieb und Teil der Systemstabilität
  - h) Probabilistik- kein Werkzeug zur Systemstabilität
  - i) Thesen und Fragen zur Erhaltung der Gesamtstabilität
- 2.10. Wesentliche Chancen(Auszug) durch **energieartenübergreifende Systembetrachtung**
- a) Chance der Energieumwandlungen (Power to Power)
  - b) Thesen und Fragen zur beschleunigten Einführung einer energieartenübergreifenden Systembetrachtung
- 2.11 Beschleunigungspotentiale zur Laststeuerung durch Anreizeffekte
- 2.12 Einige Aktivitäten zur Erhaltung einer ausbalancierten Erreichung der Grundanforderungen / Ziele gemäß Pkt. 2.3
- a) Beschleunigungsfaktoren ( sofortige Aktivierung der vorhandenen und kompetenten Akteure bei Elektrizität und Gas auf der Übertragungs- und Verteilungsebene und zwingende Einbeziehung aller systemrelevanten Akteure)
  - b) Übergangsprozesse

### 3. Ausblick aus gutachterlicher Sicht und zur Begleitung des anstehenden Dialogprozesses

#### 1. Grundsätzliches

##### 1.1 Anlass dieser Kurzstudie

Mit der Bildung der neuen Regierung wurden wesentliche Eckpunkte zur Energiepolitik im Koalitionsvertrag (Quelle Nr.1) verabredet:

- „Fortführen der Energiewende: sauber, sicher, bezahlbar“,
- „neues, integriertes Energiesystem schaffen aus Erneuerbaren, Energieeffizienz, einem Ausbau der Stromnetze, einer schrittweisen Reduzierung aus fossilen Energieträgern und ...Digitalisierung“,
- Festhalten am Ausstieg aus der Kernenergie,
- Massive Verstärkung der Energieeffizienz,
- Aktionsprogramm für Strukturwandel und Reduzierung der Kohleverstromung,
- Gesetz zur Einhaltung der Klimaziele, „Treibhausgasneutralität in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts“, CO<sub>2</sub>- Bepreisungssystem
- „Sektor Kopplung von Strom- Mobilität- Wärme“,
- Erhaltung einer starken und leistungsfähigen Industrie (Kern des deutschen Wirtschaftsstandortes),
- Versorgungssicherheit, verlässliche Bezahlbarkeit und Umweltverträglichkeit bei der Energiewende,
- Deutliche Erhöhung der EE weit über 65 % (Anteil in 2030),
- Netzausbau und „Anerkennung der zunehmenden Verantwortung der Stromverteilungsnetzbetreiber“,
- Prüfung der Nachnutzung von Kraftwerksstandorten,
- Ausbau von „Reallaboren“ wie P2G und P2L,
- Einsetzung einer Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (Basis Klimaschutzplan 2050, Vorbild: Ethikkommission 2011, u.a.)
- „Monitoring der ... Versorgungssicherheit“, Stresstests,
- Speicher ...voranbringen,
- „KWK entwickeln“,
- .....

Bei der Umsetzung dieser Koalitionsvereinbarung in konkrete Gesetze, Verordnungen und Beschlüsse bestehen gemäß den einschlägigen Teilhabe- und Anhörungsrechten in den jeweiligen (Gesetzgebungs-) Prozessen für alle jeweils Betroffenen Möglichkeiten der Erläuterung, der Anpassung und Einflussnahme.

Bei der stark zugenommenen Komplexität der Klima- und Energiepolitik kann dies nur im Zusammenspiel von Praktikern, Juristen, Akademikern u.a. gelingen.

Das Innovationsforum Energiewende e.V. ist so an Experten, u.a. auch NeldnerConsult herangetreten, um diesen Prozess ganzheitlich und ausgewogen begleiten zu können. Ein besonderes Ziel ist es, durch geeignete **Fragestellungen** darauf zu achten, dass einerseits **alle** wesentlichen Aspekte in den Fokus der jeweiligen Arbeitsgruppen, bzw. der lt. Koalitionsvereinbarung vorgesehenen neuen Kommissionen gelangen, andererseits Einfluss genommen wird, dass keine separierten oder isolierten Einzelbetrachtungen erfolgen. Die beauftragte Kurzstudie soll dazu einen Beitrag leisten.

Die Kurzstudie beruft sich hinsichtlich der Systematik und einiger Kernaussagen auf ein Kurzgutachten von Neldnerconsult ("Der Systemstabilisator" – ein wesentlicher Garant für eine wirksame und tatsächliche Energiewende und die gleichzeitige Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland, Quelle Nr.2).

Darüber hinaus werden auch gutachterliche Ergebnisse aus anderen Studien von Neldnerconsult, insbesondere zur Systemstabilität und zur Nutzungsnotwendigkeit von Pumpspeicherwerken als einzige leistungsstarke und bipolare Systemstabilisatoren oder auch aus seiner Vorlesungs- und Lehrtätigkeit benutzt.

Schwerpunkt der benutzten Daten sind allerdings veröffentlichte Unterlagen des BMWi und der BNetzA.

## 1.2 Ausführungen zur Gliederung, Kernstück gutachterlichen Einschätzungen, Anregungen und Fragen

Vor dem Start von Untersuchungspaketen ist es erforderlich, dass der Gegenstand definiert und abgegrenzt wird.

Hierzu bietet sich die Kernaussage des **Energiekonzeptes der Bundesregierung** (Sept 2010, s. a. Quellenverzeichnis, Q3 und Anhang Nr. 1) an, wonach es um die Betrachtung **des Gesamtsystems**, bestehend aus den Systemelementen der Erzeugung, über die Netze, Speicherung, Verbundleitungen bis zur Nachfrage geht.

### Auszug aus dem Energiekonzept der Bundesregierung vom September 2010:

Energiekonzept von 2010:  
....es geht um die Transformation der **Gesamtheit des Systems**, von der Erzeugung über das Netz, die Speicher und Verbundleitungen bis zum Verbrauch....



Vor der Betrachtung des Energieversorgungssystems und seiner Elemente wird im Pkt. 2.1 das große Spektrum der (rechtlichen) Anforderungen an die Energieversorgung im Zeitalter von Klimaschutz(Dekarbonisierung), Energiewende und Nachhaltigkeit umrissen. In einem unmittelbar folgenden Punkt 2.2 wird auf Aspekte möglicher Zielparameter und entsprechender Zielfunktionen eingegangen, um ein ausbalanciertes Anforderungs- und Umsetzungskonzept in die anstehenden (Gesetzgebungs-) Prozesse einbringen zu können.

Nach Ausführungen zum **Energieversorgungssystem als Gesamtheit** der wesentlichen Energiearten (Pkt. 2.3) wird weiterführend das Elektrizitätsversorgungssystem betrachtet. Gemäß dem Systemansatz des Energiekonzeptes der Bundesregierung werden dann die einzelnen System-Elemente schwerpunktweise untersucht.

Schwerpunkte sind, auch in Anlehnung an die Vorgehensweise der Ethikkommission:

- A) die reine Mengenbetrachtung („energetische Nutzbarkeit“/ Kapazitätsfaktor),
- B) die gesonderte Untersuchung der Verfügbarkeit („Leistungskredit“) und
- C) eine Abschätzung zur Dynamik, insbesondere bei Änderungen der Wirkleistung P und der Spannung U auf der Nachfrage-, zunehmend aber auch auf der Angebotsseite.

**Schwerpunkt** der gutachterlichen Einschätzungen ist die Gegenüberstellung von Nachfrage an Elektrizität und (gesicherter) Bereitstellung gemäß diesen drei Kriterien Menge, Verfügbarkeit und Dynamik, also die tatsächliche Versorgungssicherheit/ Security of Supply (SoS). Siehe dazu die Punkte 2.4 und 2.5.

Nach einer nachfolgenden Betrachtung des Systemelementes der **Elektrizitätsnetze**(Pkt.2.6) folgen Abschätzungen zum (**elektrischen**) **Speichervermögen**(Pkt. 2.7) und zu den (technisch begrenzten) Export- und Importkapazitäten(Pkt. 2.8).

In Anlehnung an das von Neldnerconsult 2012 für die IGBCE erarbeitete Gutachten(Q2) „Systemstabilisator- Garant für eine erfolgreiche Energiewende.....“ wird das Thema der System-Stabilität(Pkt. 2.9) gesondert herausgestellt.

Dies erklärt sich zunächst mit dem übergeordneten Grundsatz der generell erforderlichen **Funktionalitätserhaltung** des Elektrizitätsversorgungssystems zu jedem Zeitpunkt, aber auch der aktuell brisanten Situation mit deutlich gewachsenen Anforderungen an kritische Infrastrukturen (Naturkatastrophen, Terrorgefahr usw.).

In einem weiteren Hauptpunkt 2.10 wird herausgearbeitet, dass nicht nur der Name – „Energie-Wende“ – sondern auch das Gebot von Schnelligkeit, Effizienz und Bezahlbarkeit, sowie ein tatsächliches und wirksames Vorankommen beim Klimaschutz und weiteren Anforderungen die sofortige Konzentration auf einen **energieartenübergreifenden** und auch einen sektorübergreifenden Ansatz zwingend erfordert.

Ein Hauptaspekt ist dabei die **vollständige Nutzbarkeit** der im Sommer deutlich länger und stärker nutzbaren Photovoltaik zur Abdeckung der im Winter drastisch höheren Energienachfrage, z.B. für Wärme, mittels wirksamer und machbarer **Energiespeicherung**, vorzugsweise mittels (EE-) Gas.

Unter Berücksichtigung der Ausführungen, Fragestellungen und Anregungen von Pkt. 2.3- Pkt. 2.11 werden unter Pkt. 2.12 die Anregungen von Pkt. 2.2 zur ausbalancierten Vorgehensweise nochmals aufgegriffen.

### **1.3 Nutzungsmöglichkeiten der Kurzstudie/ der gutachterlichen Einschätzungen im zukünftigen Diskussionsprozess**

Die Einschätzungen sind zum Gebrauch der Bevollmächtigten des Innovationsforum Energiewende e.V. beim Beteiligungsprozess vorgesehen.

Eine öffentliche Verbreitung bedarf der gesonderten Abstimmung.

Es ist davon auszugehen, dass die Arbeit der Kommission, bzw. auch weiterer Kommissionen in einem mehrstufigen iterativen Verfahren erfolgt. Insofern sind die Einschätzungen auch für Spiegelgremien der Anzuhörenden bzw. für flankierende Werkstatt- und Fachgespräche vorgesehen, bei denen NeldnerConsult ggfs. moderiert oder Impulsreferate hält.

In jedem Fall wird nach den Vorschlägen der Kommission regierungsseitig eine Kenntnisnahme oder vorzugsweise eine Beschlussfassung erfolgen. Dabei ist offen, inwieweit die Arbeit anderer Kommissionen, z. B. zur Verkehrswende, bereits mit den Ergebnissen dieser Kommission verknüpft sein wird.

Es bedarf also auch für die Phase der Beschlussfassungen und vor allem der beabsichtigten - viele Jahre andauernden – Umsetzungsphase weiterer Flankierungen beim Gesetzgebungs- und Realisierungsprozess seitens der Politik, der Wirtschaft, der Länder und eben auch der Gewerkschaften und fachlich versierter Vereine wie das Innovationsforum Energiewende e.V.

Die gutachterlichen Einschätzungen können dabei sowohl als prozessuales Werkzeug als auch als eine Art von „Messlatte“ oder Härtegrad zur Vollständigkeit, zur Plausibilität und zur Bewertung des Realisierungsstandes hinsichtlich Qualität und Quantität benutzt werden.

Seitens des Gutachters wird angeraten, dabei weiterführend auch akademische Kapazitäten zu nutzen, bzw. nutzen zu lassen oder im Anforderungsfall auch konkrete wissenschaftliche Gutachten mit umfassenden System- und Anlagenberechnungen einzuholen.

## 2. Kurzstudie/ Gutachterliche Einschätzungen

### 2.1. Auswahl wesentlicher Grundanforderungen (Ziele) an die zukünftige Energieversorgung

Grundsätzlich gilt vorrangig das EU-Recht, konkret Artikel 194 EU-Vertrag (s.a. Anhang Nr. 2):

TITEL XXI

ENERGIE

Artikel 194

(1) Die Energiepolitik der Union verfolgt im Geiste der Solidarität zwischen den Mitgliedstaaten im Rahmen der Verwirklichung oder des Funktionierens des Binnenmarkts und unter Berücksichtigung der Notwendigkeit der Erhaltung und Verbesserung der Umwelt folgende Ziele:

- a) Sicherstellung des Funktionierens des **Energiemarkts**;
- b) Gewährleistung der **Energieversorgungssicherheit** in der Union;
- c) Förderung der Energieeffizienz und von Energieeinsparungen sowie **Entwicklung neuer und erneuerbarer Energiequellen** und
- d) Förderung der **Interkonnektion** der Energienetze.

Unter Berücksichtigung weiterer Abkommen (Paris zum Klimaschutz), Gesetze und politischen Zielsetzungen auf der Bundesebene ergeben sich folgende wesentliche Grundanforderungen und Ziele an die Energieversorgung von morgen:

- a) **Energieversorgungssicherheit (SoS), u.a. als Garant für den Industriestandort Deutschland;**
- b) **Wesentlicher und vertragskonformer Beitrag zum Klimaschutz („Dekarbonisierung“);**



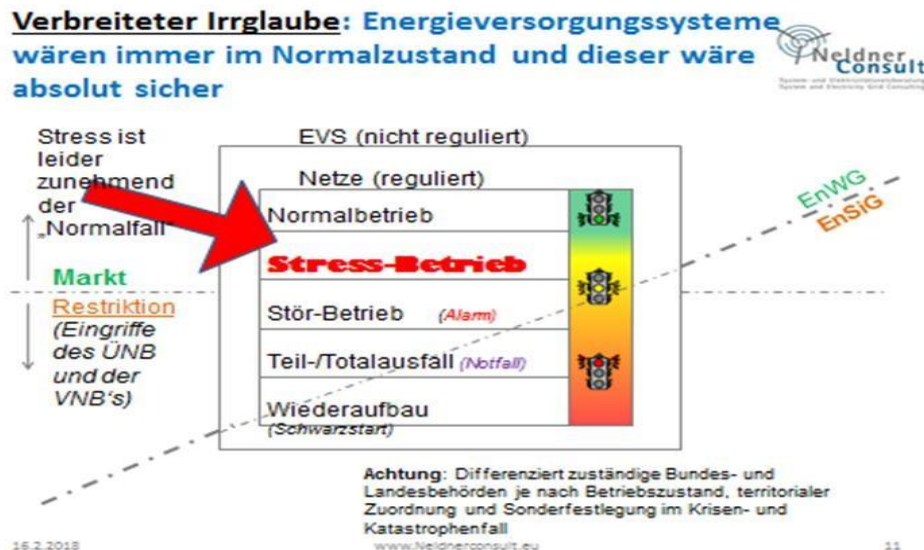
- c) Umsetzung der Energiewende im ursächlichen Verständnis des Einsatzes von Erneuerbaren Energien (EEG seit 2000 und Energiekonzept seit 2010) und des 2011 gesetzlichen Zusatzkriteriums des Ausstieges aus der Kernenergie bis 2022;
- d) Gewährleistung des EU-Binnenmarktes und sicherer europäischer Verbundnetze;
- e) Bezahlbarkeit und Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit;
- f) Gewährleistung von Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz (Weiternutzung von Netzen und infrastrukturell erschlossenen Standorten, weiterer Einsatz von trainierten Fachkräften und Fach- Betriebs- Kapazitäten;
- g) Nachhaltigkeit bei der vollständigen und dauerhaften Nutzung von EE-Kapazitäten.

Beispielhafte Anmerkungen zu den Grundanforderungen:

**zu a)**

Aus dem Monitoring Bericht 2017 der BNetzA und des Bundeskartellamtes (Q4) folgt, dass der Stressbetrieb im deutschen Elektrizitätsversorgungssystem seit Jahres stark zugenommen hat; so waren 2016 an 329 Tagen Eingriffe erforderlich. Die Kosten wurden vom Präsidenten der BNetzA Ende Mai 2018 mit mehr als einer Milliarde Euro beziffert.

Als Veranschaulichung sei auf folgende Übersicht der Betriebsphasen von Elektrizitätssystemen verwiesen (s.a. Anhang Nr.3)



**Abb.01:** Betriebsphasen des E-EVS (auch Anhang Nr.3)

**Zu b)**

Mit dem Klimaschutzabkommen von Paris wurden grundlegende Anforderungen zum **Klimaschutz** von fast allen Staaten der Welt festgezurr. Zwischenzeitlich liegt eine Reihe weiterer Beschlüsse und Vereinbarungen zum Beispiel von G7 oder G20, aber auch der aktuellen Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung (Q1) vor.

Sehr konkret wird in diesem Zusammenhang der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung vom November 2016 (s.a. Quelle Nr. 5).

Im politischen Sprachgebrauch hat sich der Begriff der **Dekarbonisierung** durchgesetzt. Damit ist zunächst der Verzicht aller fossilen Energiearten gemeint, bei deren Einsatz (bisher gebundenes) Kohlendioxid freigesetzt wird, **also vorrangig Kohle, Öl und (Erd-)Gas**.

In der (politischen) Öffentlichkeit wird die Umsetzung dieser Grundanforderung in der Regel auf einen frühestmöglichen Ausstieg aus der Nutzung des Energieträgers Braunkohle zur Energiegewinnung („Kohleausstieg“) verkürzt.

Aus gutachterlicher Sicht ergeben sich erste Anmerkungen: Im Klimaschutzbericht 2050 wird korrekterweise dargestellt, dass ein Einsatz von (synthetischen) Gas – anstelle Erdgas - dann erfolgen kann, wenn es aus, bzw. mit Hilfe von regenerativen Energien gewonnen wird. In Analogie gilt dies auch für die Nutzung von freiem, bzw. für die Wiederverwendung von prozessual entstehendem Kohlendioxid, z.B. bei P2chem, P2G oder P2L.

#### zu c)

Das Energiekonzept der Bundesregierung vom September 2010 umschreibt mit einem ganzheitlichen Ansatz die Notwendigkeit der **Transformation des gesamten Systems**, da die erneuerbaren Energien bezüglich ihres Angebotes naturabhängig sind. In der letzten Bundesregierung erfolgte darüber hinaus eine enge Orientierung auf die EE-Quellen PV und Wind. Zu dieser (zu) engen Fokussierung werden in dieser Kurzstudie an vielen Stellen Anmerkungen erfolgen. Im Jahr 2011 wurde dann – nach den Ereignissen in Japan – dieses Energiekonzept deutlich geändert hinsichtlich des kompletten Ausstieges aus der Nutzung von Kernenergie in Deutschland bis 2022.

#### zu d)

Seit Beginn der Liberalisierung (in Deutschland seit 1998) legt die EU – neben der übergeordneten Energieversorgungssicherheit (Security of Supply) - größten Wert auf die Aspekte des freien Netzzuganges und eines diskriminierungsfreien und ungehinderten Handels. Auf Grund der Vorrangregeln des deutschen EEG und des stark verzögerten Netzausbaues sind regelmäßig Konfliktsituationen zu konstatieren, die möglicherweise eine Vorgabe von Preiszonen – Gebieten seitens der EU wahrscheinlich erscheinen lassen. Dazu siehe Ausführungen unter Pkt. 2.8. Besonders wird aus Sicht des Autors auf die technisch begründete und ökonomisch sinnvolle **Bewahrung und Erweiterung der europäischen Verbundnetze** bei Strom und Gas hingewiesen werden.

#### zu e)

Bezahlbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit wegen Energie- und Netzbelastungen sind für die Industrie, das Gewerbe, zunehmend aber auch Freiberufler und die öffentliche Hand entscheidende Faktoren der Wirtschaftlichkeit.

Eine gerechte Kostenverteilung ergibt sich u.a. aus dem Grundgesetz GG. In der historischen Entwicklung, insbesondere den umfassenden Kostenauswirkungen des EEG ergaben sich erhebliche Differenzen für die Nutzergruppen, aber auch für verschiedene (Regelzonen-) Regionen von Deutschland. Im Zuge der Diskussionen zum Netzentgeltmodernisierungsgesetz wurde die Thematik erstmals aufgearbeitet und ist nun zu finalisieren, Dabei sind die **Chancen von Anpassungen im Steuer-, Abgaben und Umlagerecht zu nutzen**. Ebenso erscheint es zielführend, asymmetrische Entwicklungen/ Belastungen bei EEG-bedingten Umlagen und dem Bund-Länder- Ausgleich auf den Prüfstand zu stellen. Die im Mai 2018 von der EU verfügte Unzulässigkeit einer kompletten Netzentgeltbefreiung für einzelne Netznutzer bestärkt alle Ansätze für eine solidarische Erhaltung und Bezahlung sicherer Netze.

Gemäß breiten Forderungen der EU, aber auch resultierend aus dem Koalitionsvertrag (Q1), würde ein CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystem mit sehr großer Sicherheit eine positiv steuernde Wirkung entfalten.

zu f)

Die Anforderungen des Umweltschutzes stehen in der Regel nur als **direkte** Anforderungen an das Energieversorgungssystem im Raum. Weniger beachtet wird, dass die aktuell bestehenden Anforderungen an den Verkehrssektor zur Lärm- und Feinstaubreduzierung vor allem mit einer forcierten Elektrifizierung des ÖPNV zu gewährleisten wären (elektrische Bremsen, ohne Abrieb, und drastische Geräuschreduktion). Die Transformation des Gesamtsystems muss zunehmend solchen Aspekten Rechnung tragen; insbesondere beim energieartenübergreifenden Systemansatz mit einem forcierten Querverbund und integrierten Netzbetrieb erschließen sich unmittelbar und offenkundig die Vorteile.

## 2.2 Grundsatzausführungen zur Zieldefinition und zur Ausbalancierung bei der Umsetzung der Anforderungen während der Transformationszeit

Neben der Auflistung und Festlegung der wesentlichen **Grundanforderungen** (siehe oben) für die Transformation des Energieversorgungssystems ist es - wie für jedes große Projekt - erforderlich, den Zielerreichungsgrad und einen zeitlichen Horizont für die einzelnen Grundanforderungen zu definieren. In einigen Punkten ist das bereits erfolgt (Kernenergieausstieg im Jahr 2022), bei anderen Punkten steht dies noch aus.

Gutachterlich ist deutlich zu unterstreichen, dass in jedem Fall ein Monitoring für die einzelnen Grundanforderungen und deren Zielerreichungsgrade eingerichtet werden sollte. Dazu sollten vorzugsweise konkrete **Zielerreichungsparameter**, bzw. messbare Härtegrade, abgestimmt werden. Dies können z.B. bei der Energieversorgungssicherheit die Engpasssituationen und die redispatch-Umfänge, beim Klimaschutz die tatsächlichen und vollständig erfassten Kohlendioxid-Reduzierungen, beim EE-Zubau die Leistungen und tatsächliche Kapazitätsgrade (erreichte „Energieausbeute“) und tatsächliche Leistungskredite (Bereitstellung gesicherter Leistung auf Abruf) sein.

So wurde beispielsweise auch im Abschlussbericht der Ethikkommission (Quelle Nr.6) die Größenordnung der deutschen Höchstlast bei der Elektrizitätsversorgung mit 80 GW und die zusätzlich vorzuhaltende Reserve mit 20 GW als konkrete Zielgröße vorgegeben.

Dies kann auch eine regelmäßige Festlegung und Überprüfung von **NoGo- und Go-Entscheidungen** sein. Darunter wären Richtungsentscheide zu verstehen, bei denen auf fachlich basierter Grundlage mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ein weiteres Voranschreiten abgewendet wird („Sackgassenvermeidung“) oder ein sofortiges Voranschreiten zu unmittelbaren Nutzeffekten führt („Ernte von niedrig hängenden Früchten“).

Aus gutachterlicher Sicht gehört beispielweise zu ersten Kategorie die **Korrektur** des weit verbreiteten und absolut unzureichenden Verständnisses der Energiewende als reine Elektrizitäts-, bzw. Erzeugungsangelegenheit und zur zweiten Kategorie die der System Stabilität sehr abträgliche (noch gültige) Entscheidung zur Netzentgeltspflichtigkeit von Pumpspeicherkraftwerken und damit falscher Signalsetzung zur perspektivischen und dringend notwendigen Speicherentwicklung.

Zu diesen Themen wird unter den Punkten 2.7, 2.9 und 2.10 weiter ausgeführt.

Besonders bedeutungsvoll ist allerdings die Notwendigkeit einer regelmäßigen **Balance- Kontrolle**.

Die bisherigen Erfahrungen der Energiewende, z.B. bei der Synchronität zwischen offshore- WKA und zugehöriger Netzanbindungen, beweisen in sehr belastbarer Art und Weise, dass bei fehlender Balancekontrolle sehr schnell hohe Kosten, erhebliche Zeitverzögerungen, hohe Haftungsbeträge u.a. auflaufen können. Ein anderes Beispiel ist die Biomassenutzung. Wie noch gezeigt werden wird, ist der systemstabilisierende Beitrag, aber auch die „Energieausbeute“ bei dieser dekarbonisierten Energieart drastisch höher als bei PV und Wind; Korrekturen mindestens zur zwingend vorzugebenden und ohne Probleme möglichen Regelfähigkeit sowie zur ebenfalls möglichen, aber ungenutzten Schwarzstart- und Inselfähigkeit von Bioanlagen erscheinen prüfenswert.

Bezogen auf das komplette Energieversorgungssystem sind als Hauptkorrektiv immer die Anforderungen der EU (siehe unter Pkt. 2.1) strikt zu beachten. Dabei sticht aus verständlichem Grund die **Energieversorgungssicherheit (SoS- Security of Supply)** als übergreifendes Kriterium heraus.

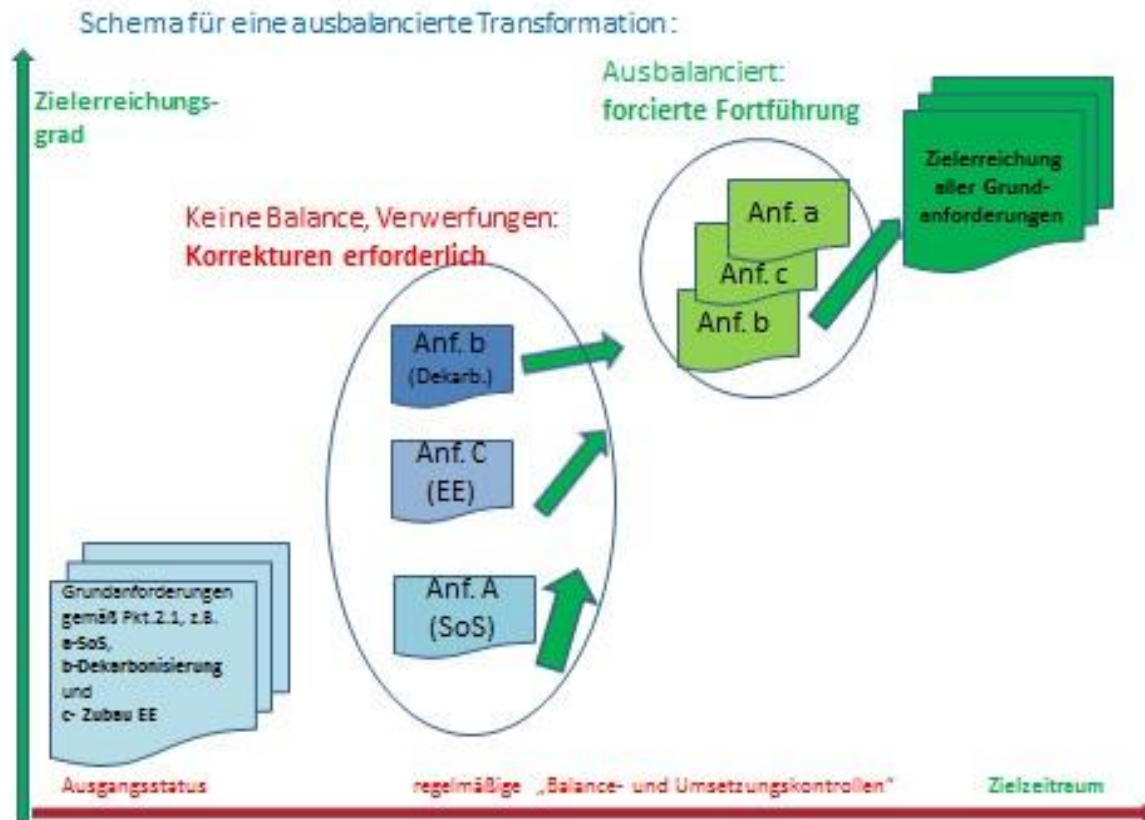
In der folgenden schematischen Übersicht ist dargestellt, dass in allen Phasen der gewaltigen vor Deutschland stehenden Transformation der Energieversorgung vom fossilen Zeitalter in das Zeitalter der Defossilierung und des Einsatzes von dekarbonisierten Energieträgern diese Balance voller Sorgfalt und Akribie beobachtet werden muss.

Bei unakzeptablen Verwerfungen sind unverzüglich Korrekturen erforderlich. Dieser **kontinuierliche Prüf- und Korrekturprozess** ist von Anfang an in die Routinen, ggfs., in die späteren gesetzlichen Vorgaben und Ermächtigungen aufzunehmen. **Dazu sollten konkrete Anregungen für Arbeitsaufträge durch die Kommission erfolgen.**

Im nachfolgenden Beispiel der Schemaübersicht ist – rein fiktiv - dargestellt, dass z.B. der Zielerreichungsgrad beim EE- Zubau zu gering gegenüber einer intensiven Dekarbonisierung ist.

Gegenüber beiden sehr asymmetrischen Entwicklungen hat sich die SoS- Gewährleistung dagegen unzureichend fortentwickelt.

Solche Verzerrungen wären dann zu korrigieren, um sicher, mit gerechtfertigten Aufwand und planungskonform **eine allumfassende Zielerreichung** aller Grundanforderungen im Zielzeitraum, bzw. in der Zielerreichungsperiode abschließen zu können.



**Abb.02:** Kontroll- und Korrekturschema im Transformationsprozess (auch Anhang Nr.4)

### 2.3 Grundsatzausführungen zum Energieversorgungssystem (Schwerpunkt Elektrizitätsversorgungssystem)

#### a) Datenbasis und vereinfachte Überlegungsversionen zur Abschätzung der gewaltigen Dimensionen, insbesondere mit der Dekarbonisierung

Ausgehend von den o.g. Grundanforderungen ist zunächst das gesamte Energieversorgungssystem zu betrachten, um die wesentlichen Änderungen zu identifizieren.

Als Datenbasis wurde auf die BMWi- Energiedaten- Gesamtausgabe, Stand Oktober 2015 (Quelle Nr.7) zurückgegriffen.

Das Energieflussbild 2014 von Deutschland (siehe Anhang Nr. 5) ist gut geeignet, um wesentliche und eckpunktartige Erkenntnisse herausarbeiten zu können.

So betrug der Primärenergieverbrauch Deutschlands ca. 13 100 PJ (ca. 3600 TWh). Zum Vergleich, bzw. Einordnung: die gesamte Nettoerzeugungsmenge der elektrischen Energie als eine Teilmenge betrug lediglich 600 TWh.

Das Aufkommen dieser Gesamtmenge wurde zu 70 % aus Importen (9100 PJ, entspricht 2500 TWh) und zu 30 % aus inländischen Energieaufkommen (3000 PJ, entspricht 800 TWh) gedeckt. Siehe dazu auch Anhang Nr.5.

Bei einer Gliederung dieser Importabhängigkeit des deutschen Primärenergieverbrauches von 70 % nach Energieträgern ergibt sich:

Kernenergie- mit 100 %,

Steinkohle- mit 86 %

Mineralöle- mit 97 %

Gase- mit 87 %.

Nur Braunkohle ist – als heimischer Rohstoff – mit -2,7 % Anteil, also Export - vertreten.

Aus Sicht der Grundanforderung zur Dekarbonisierung sind alle vorgenannten Energieträger, speziell Kohle, Öl und Gas, zu eliminieren und durch **dekarbonisierte Energieträger** zu ersetzen. Die einzige Ausnahme, natürlich neben den Erneuerbaren Energien, ist die Kernenergie. Diese ist – wie ausgeführt – ohnehin bis 2022 zu eliminieren.

Der o.g. Primärenergieverbrauch deckt – nach Abzug von Umwandlungsverlusten und statistischen Größen den **deutschen Endenergieverbrauch** in einer Größenordnung von 8600 PJ, entspricht ca. 2400 TWh, ab.

Auf der Nachfrageseite (meist als „Verbrauch“ bezeichnet) weist die BMWi Statistik vier Verbrauchssektoren auf:

Industrie- mit 2500 PJ, entspricht ca.700 TWh, also ca., 29 %;

Verkehr- mit 2700 PJ, entspricht ca. 750 TWh, also ca. 31 %;

Gewerbe, Handel Dienstleistungen- mit 1300 PJ, entspricht ca. 360 TWh, also ca. 15 % und

Haushalte- mit 2200 PJ, entspricht 610 TWh, also 25 %.

In einer verkürzten und vereinfachten Darstellung kann dargestellt werden, dass **75 % des deutschen Endenergieverbrauches für Industrie, Verkehr und Gewerbe** benötigt werden und ca. 25 % für die Haushalte.

Mindestens für den erstgenannten Anteil gelten ohne Zweifel besondere Anforderungen hinsichtlich der Bereitstellung der Menge, aber vor allem hinsichtlich einer garantierten Verfügbarkeit und Qualität.

Insoweit gilt es - unter Beachtung der Grundanforderungen zur Energiewende (s. unter Pkt.2.1, Buchstabe c) und zur Dekarbonisierung (s. unter Pkt. 2.1, Buchstabe b) - die Bereitstellung der o.g. Primärenergie zu betrachten.

Ausweislich der BMWi - Daten tragen zu den 13100 PJ die erneuerbaren Energien 1500 PJ, entspricht 415 TWh, bei. **Das sind 11 %**. Auch dazu siehe Anhang Nr. 5 .

Alle anderen Energieträger unterlägen gemäß Buchstaben b+c der vollständigen Eliminierung.

Für das nachfolgende Verständnis der gigantischen Größenordnungen ist es unerheblich, ob diese Eliminierung bis 2050 oder etwas später festgelegt oder – z. B durch einen massiven und beschleunigten Klimawechsel – möglicherweise auch früher, regelrecht erzwungen wird.

Da – wie oben ausgeführt – eine erhebliche Importabhängigkeit besteht, ist zunächst abzuschätzen, ob in der Zukunft Energieträger importiert werden können, die bereits als „dekarbonisierte

Energieträger“ deklariert werden könnten, z. B. synthetisches Gas oder synthetischer Treibstoff, jeweils auf EE-Basis gewonnen.

In einer **ersten Überlegungsversion** wird daher angenommen, dass 30 % aus „dekarbonisierten“ Importen abgesichert werden können (ÜV mit Import).

Auf Potentiale der Energieeffizienz (Elektrifizierung des Gesamtverkehrs, Innovationen bei Industrie, Gewerbe, Haushalten usw.), Eigenerzeugungen und dezentrale Speicherungen der Endverbraucher wird bewusst an dieser Stelle nicht eingegangen.

Ziel der gutachterlichen Einschätzungen ist an dieser Stelle die Darstellung des gigantischen **Transformationsvolumens**, um dann mit anregenden Fragestellungen und Gedankenskizzen zur Praktikabilität, zur Optimierung und vor allem Machbarkeit beitragen zu können.

Der Einfachheit geschuldet, werden auch die Abzugsgrößen des Primärenergieverbrauches an dieser Stelle nicht betrachte. Es verbleibt entsprechend ein Endenergieverbrauch von 8600 PJ.

Dieser ist zu vermindern um den bereits vorhandenen „Sockel“- Beitrag der erneuerbaren Energie (aktueller Stand: 1100 PJ).

**Es verbleiben 7500 PJ, die dekarbonisiert abzusichern wären.**

Bei einem Importanteil (reine „dekarbonisierte“ Energieträger) von 30 % verbleiben **4 200 PJ, entspricht ca. 1200 TWh.**

Diese Menge wäre – nach **aktueller** Schwerpunktsetzung bei den EE-Arten – durch PV, Wind offshore und Wind on-shore zu decken.

*Anmerkung: Es ist zu begrüßen, dass – trotz Fehlen von umfassenden gesetzlich-regulatorischen Regelungen – erste Städte, bzw. deren Stadtwerke, in besonderer Weise auf die Sektorenkopplung mit Wärme und auch auf Geothermie setzen. So starteten im April 2018 die Stadtwerke München erste innerstädtische Geothermiebohrungen, um bis 2040 eine weitestgehende Wärmeversorgung über die regenerative Energieart Geothermie absichern zu können. Nürnberg, Halle oder auch Dessau errichten gewaltige Wasserspeicher zur temporären Energiespeicherung und Nutzung von EE-Energie bei deren temporärer Überproduktion. Dies gilt auch für die stabile P2G- Anlage der SW Mainz.*

**Übersicht zur Überlegungsversion (ÜV mit Import), Leistung P in GW, Energie W in TWh:**

	P, aktuell	P, Zukunft	Nutzbarkeit, bzw. Kapazitätsfaktor (jeweils Jahr !)	Nutzbare Energie W im Jahresdurchschnitt	Leistungskredit, (gesicherte Verfügbarkeit)	Gesicherte Leistung P/ gesicherte Energie W
Wind off	4	20	0,5 bzw. 4000 h	80	15 %	P 3 W 12
Wind on	50	500	0,2 bzw. 1800 h	900	4%	P 20 W 36
PV	43	430	0,1 bzw. 950 h	410	0,0 %	P 0,0 W 0,0
Summe	97	950	(1400)	1390		P: 23 (3%)

						W: 48 (3%)
--	--	--	--	--	--	------------

**Abb.03:** EVS- Überlegungsversion mit Import für das EVS, ÜV mit Import

Bei dieser denktheoretischen Überlegungsversion ist die **energetische** Abdeckung der Nachfrage von 1200 TWh – siehe oben, mit 1390 TWh – darstellbar. Allerdings wäre allein für diese reine energetische Mengenbetrachtung bei der Energiebereitstellung z.B. eine Verzehnfachung der installierten Leistung bei Wind (on- shore) und PV und eine Verfünfachung bei off-shore notwendig.

Dem aktuellen Referentenentwurf des BMWi (Quelle Nr. 8) zu Änderungen bei EEG, KWKG und EnWG vom 23.4.18 sind hinsichtlich der tatsächlichen EE-Ausbauentwicklungen folgende Fakten (siehe Ausführungen zum EEG-Erfahrungsbericht per 31.12.2017 in der Begründung des Referentenentwurfes) zu entnehmen (Daten stehen noch unter BMWi-Vorbehalt):

(in GW)	Plan- Zuwachs (nach EEG)	Ist- Zuwachs in 2017	Gesamt- Leistung P, installiert, 31.12.17	(eigene) Abschätzung für eine Prognoseleistung für 2058 bei fortgesetzten Plan- Zuwachs
Wind off	1,0 (ab 2026)	1,3	5,4	45,0
Wind on	2,5	5,0	50,0	150,0
PV	2,5	1,7	42,5	142,5
Bio	0,1	0,2	7,6	11,6
<b>Summe</b>		<b>8,2</b>	<b>105,5</b>	<b>349,5</b>

**Abb. 04:** EE- Ausbau und erreichter Stand per 31.12.2017 (Daten noch unter Vorbehalt).

Dabei ist zunächst zu beachten, dass es sich hier um Daten vom Elektrizitätssystem – als Teil des Energiesystems - handelt. Da es sich aber um die Energieträger handelt, die auch für die Energieversorgung insgesamt als dekarbonisiert zur Verfügung stünden, ist eine Abschätzung zur Prognose der Leistungsentwicklung hier vertretbar. Es ist offensichtlich, dass der in 40 Jahren – bei angenommenen fortgesetzten EEG- Planzuwachs - erreichbare Leistungsumfang, hier optimistisch prognostiziert mit ca. 350 GW, nicht ansatzweise der Anforderung von fast 1000 GW, siehe Abbildung 03, entspricht.

Energetisch kann aus dem Referentenentwurf abgeleitet werden, dass die seitens des Gutachters genutzten Kapazitätsfaktoren den tatsächlichen energetischen „Ausbeutungspotentialen“ der EEnergien entsprechen.

Dazu folgende erläuternde und für das Leistungs-Energie-Verständnis bei EE-Anlagen sehr wichtige Übersicht unter Nutzung von Angaben - die noch unter Vorbehalt stehen – aus dem o.g.

Referentenentwurf vom 23.4.2018 (Q8):

	Leistung P per 31.12.18  (in GW)	(damit) in 2017 bereitgestellte Energie W (in TWh)	Erreichte Vollaststunden, bilanziell (in h)	<b>Auslastungsgrad,</b> bezogen auf Jahresstunden, energetische Ausbeute in %
Wind off	5,4	18	3400	40
Wind on	50,0	89	1780	20
PV	42,5	40	940	10
Bio	7,6	51	6760	80



Summe	105,5	198		
-------	-------	-----	--	--

**Abb. 05:** Status der EE-Leistungen, der EE- Energien und der energetischen Nutzbarkeit von EE-

Anlagen („Kapazitätsfaktor“) per 31.12.2017 (Daten noch unter Vorbehalt)

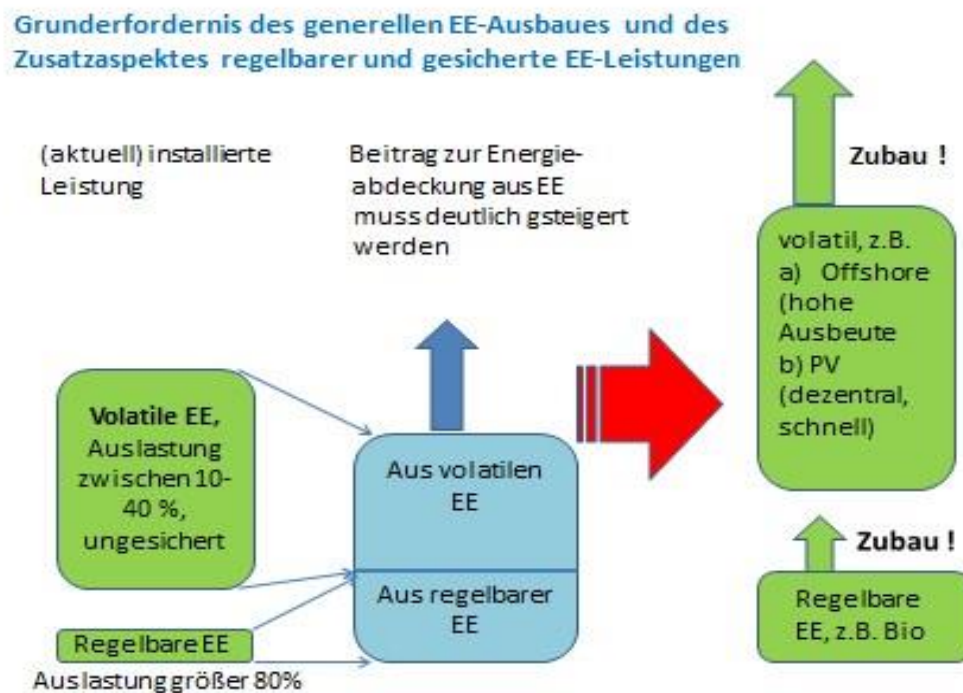
Es wird bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass regenerative Energiearten wie Biomasse/ Biogas und auch Geothermie eine energetische Auslastung aufweisen, die den heutigen fossilen Energieträgern vergleichbar ist. Eine häufig anzutreffende generelle Gleichsetzung von EE-Energien mit volatil oder unzuverlässig ist daher nicht vertretbar.

Gutachterlich wird daher angeraten, die Ausbau- und (investiven) Fördermöglichkeiten von Geothermie und Bio erneut zu prüfen, bzw. prüfen zu lassen. Neben der deutlich höheren Kapazitätsausbeute ist hinsichtlich der SoS- Belange besonders auch der Fakt der durchgängigen Regelbarkeit und der – später noch auszuführenden – (dezentralen) Schwarzstart- bzw. Inselfähigkeit positiv hervorzuheben, der in weiteren Untersuchungen und ggfs. bei Kurskorrekturen zu beachten wäre.

**Zwischenfazit:**

Am EE- Ausbauerfordernis, bezogen auf die Absicherung der nachgefragten dekarbonisierten Energie, führt kein Weg vorbei. Die derzeitigen Zuwachsraten nach EEG reichen offensichtlich nicht für die energetische Absicherung eines dekarbonisierten Systems, hier abgeschätzt für 2058.

Dazu folgende Übersicht (siehe auch Anhang Nr.6):



Deutlich anders stellt sich das Bild bei der **gesicherten Leistung** dar. Hier wurde auf den Begriff des „Leistungskredites“ zurückgegriffen, der von dena, DEWI, den ÜNB u.a. in einer Studie vom 24.2.2005 (Q9) als Maßstab für die gesicherte und abrufskonforme Bereitstellung einer Angebots- Leistung,

gespiegelt an der jeweils installierten Leistung dieser Angebotsart, eingeführt worden war. Später wird vom Gutachter angeregt werden, dass sowohl die Aspekte der energetischen Ausbeute, auch als „Kapazitätsfaktor“ bekannt, als auch des „Leistungskredites“, aktuell – ggfs. durch Aufträge der Kommission, bzw. der zuständigen Stellen - hinsichtlich ihrer aktuellen und perspektivischen Belastbarkeit zu beleuchten sind.

Neben den späteren Ausführungen zur Dynamik der technischen Parameter, stellt sich das **Thema der gesicherten Leistung** als ein offensichtlich schwerwiegendes Problem bei der Systemtransformation dar. Seitens des Gutachters wurde bereits bei seinen früheren Gutachten auf die Thematik hingewiesen.

**Bei der EVS-Überlegungsversion ÜV ohne Import**(für das gesamte EVS) wird unterstellt, dass es nicht gelingt, „dekarbonisierte“ Importe bereitzustellen. In der Konsequenz, so die Annahme, verzichtet Deutschland – unter strikter Beachtung der Anforderungen nach Buchstabe b und c - auch auf den Import von Kernenergie oder „Atomstrom“ oder sonstige Energie- „Beimischungen“.

Die abzusichernde Menge für den Endenergieverbrauch würde dann, nach erneutem Abzug des heutigen „Sockel“-Beitrages (aktuell) von erneuerbaren Energien, **7500 PJ, entspricht 2 000 TWh**, betragen.

**Übersicht zur EVS-Überlegungsversion ÜV ohne Import, Leistung P in GW, Energie W in TWh:**

	P, aktuell	P, Zukunft	Nutzbarkeit, bzw. Kapazitätsfaktor (jeweils Jahr !)	Nutzbare Energie W im Jahresdurchschnitt	Leistungskredit, (gesicherte Verfügbarkeit)	Gesicherte Leistung P/ gesicherte Energie W
Wind, off	4	<b>40</b>	0,5 bzw. 4000 h	160	15 %	P 6 W 24
Wind, on	50	<b>750</b>	0,2 bzw. 1800 h	1 350	4 %	P 30 W 54
PV	43	<b>645</b>	0,1 bzw. 950 h	610	0,0 %	P 0,0 W 0,0
Summe		<b>1435</b>		<b>2120</b>		<b>P: 36</b> <b>W: 78</b>

**Abb.06:** EVS- Überlegungsversion ohne Import für das EVS, ÜV ohne Import

Auch bei dieser denktheoretischen Überlegungsversion ist die energetische Abdeckung der Nachfrage von 2.000 TWh – siehe oben, mit 2.120 TWh – darstellbar. Allerdings wäre dafür, allein für die reine energetische und bilanzielle Energieabsicherung, eine drastische Steigerung der heute installierten Leistungen bei PV und Wind onshore, z.B. um den Faktor 15 und bei offshore um den Faktor 10 erforderlich.

Das Fazit zur gesicherten Leistung gilt analog.

Diese sehr vereinfachten Überlegungsversionen machen deutlich, welche gewaltige Dimension eine Transformation des energetischen Gesamtsystems beim Übergang in eine **Phase der Defossilierung** zu bewältigen hat.

Ohne den Ausführungen zum Systemelement „Netze“ (unter Pkt.2.6) vorzugreifen, ist bereits hier auf die zukünftig enge Verflechtung von allgemeiner Energieversorgung und der Elektrizität, speziell den **Elektrizitätsnetzen** hinzuweisen.

Bei den dekarbonisierten Energieträgern der Zukunft handelt es sich um elektrizitätsbasierte Dargebote. Gemäß den dargestellten aktuellen EE-Zuwachsraten (gemäß EEG) und den Anteilen der einzelnen EE- Arten werden - außer off- shore, Importe und leistungsstarke onshore-Anlagen – mehrheitlich die Zukunftseinspeisungen auf absehbare Zeit zunächst in die auszubauenden Elektrizitätsverteilungsnetze (dort Hochspannung, Mittel- und Niederspannung) erfolgen. Für off-shore, dekarbonisierte Elektrizitätsimporte und leistungsstarke on-shore Anlagen werden entsprechend zusätzliche Kapazitäten bei den Übertragungsnetzen und auch den grenzüberschreitenden Leitungen benötigt.

Damit ist – neben der Forcierung des Ausbaues der Übertragungsnetze und der Steigerung des internationalen Verbundgrades (dazu später mehr) – eine überproportionale Entwicklung (Optimierung und Ausbau) der Verteilungsnetze erforderlich. Mit Weitsicht und Sorgfalt sind dabei die möglichen Direktumwandlungen (P2H, P2G und vor allem P2Chem und P2L) in der jeweiligen Region zu beobachten. Aus gutachterlicher Sicht ist die bewährte Betriebsweise des (n-1) Prinzips nicht nur strikt zu bewahren, sondern auch über differenzierte Erweiterungen nachzudenken. Alternativ sind in Ballungsräumen auch Micro- und Nano- Grids, ggfs. unter Nutzung von Gleichstrom, prüfenswerte Varianten.

Hintergrund solcher Netzerweiterungen ist die vollständige **Nutzungsnotwendigkeit aller EE**Energien (siehe Zwischenfazit).

Zur mitunter anzutreffenden Annahme des „Ersatzes des (n-1) Prinzips) durch die Digitalisierung“ ist klar auszuführen, dass das Verzichten auf dieses seit Jahrzehnten bewährte Prinzip zu einer 1 oder 0, „alles oder nichts“ Entscheidung führt, die auch nicht mehr beeinflussbar wäre, da der jeweilige System- oder Leitungsschutz im Anregungsfall definitiv reagieren würde. Bei der europäischen Verbundsicherheit wird aktuell daher aus gutem Grund erwogen, die Aspekte der landesinternen (n-1) Rechnungen in die übergreifenden Sicherheits- und Stabilitätsrechnungen einfließen zu lassen. Auch vor dem Hintergrund, dass Deutschland - siehe oben – zukünftig auf gesicherte Importe dekarbonisierter Energie angewiesen sein wird, handelt es sich aus Gutachtersicht hier um ein klares „NoGo“.

Unstreitig ist dagegen, dass die Digitalisierung, insbesondere eine Echtzeitsensorik und zukünftig, und zunehmend regionalbasiert, eine Echtzeitsteuerung unverzichtbar beim Zusammenspiel von volatilen Einspeisungen auf der Angebotsseite und flexiblen Aktivitäten auf der Nachfrageseite der „Multiakteure“ sein wird und sein muss. Dazu wird auch unter Pkt. 2.4 und 2.5 weiter ausgeführt.

Neben den dargestellten großen Dimensionen der leistungsseitigen und energetischen Absicherungen geht es um **sehr lange Übergangszeiträume**. Insoweit sei an dieser Stelle nochmals auf die Balancenotwendigkeit der einzelnen Entwicklungen (s.a. Pkt. 2.2) hingewiesen.

Ausgehend von den Besonderheiten der aktuell favorisierten regenerativen Energien PV und Wind kann folgendes Zwischenfazit konstatiert werden.

*Fragestellungen:*

*Ist die aktuell unveränderte Konzentration auf die regenerativen Energieträger PV und Wind (s.a. Referentenentwurf vom 23.4.18 zur Änderung des EEG, KWKG und des EnWG) nachhaltig vor dem Hintergrund der anstehenden ganzheitlichen Systemtransformation?*

*Welche Untersuchungen werden beauftragt, um den sehr limitierten „Energieausbeuten“ der aktuell favorisierten regenerativen Energieträger PV und Wind durch Ausbauverstärkungen zu entsprechen?*

Welche Untersuchungen zur Änderung, d.h. zur Steigerung der Zubauraten bei EE sind beabsichtigt?

Welche Rolle spielen dabei regenerative Energie, die eine energetische Ausbeute über 80 % aufweisen und auch – rein technisch/ technologisch und ressourcenseitig - regelbar sind?

Welche Anreize sind bis jetzt vorgesehen?

#### Zwischenfazit:

Ausgehend von der naturbedingt geringen energetischen Ausbeute und dem geringen Leistungskredit sind alle regenerativen Anlagen **auch vollständig** zu nutzen

Fragen:

Welche Untersuchungen wurden beauftragt, um das temporäre - naturbedingte – Überangebot an PV (**Sommer- Sonnen Energie**) und Wind (anhaltende Windperioden) für Energieumwandlungen, speziell Power to Heat, **Power to Gas**, zu nutzen?

Welche Untersuchungen sind beabsichtigt, um die Dekarbonisierung beim (Luft-) Verkehr durch synthetische Kraftstoffe auf Basis P2L oder P2chem auf den Weg zu bringen?

Welche Anreize sind dafür konzipiert?

Welche Aufträge sind konzipiert, um von hersteller- und betreiber- unabhängigen Instituten aktuelle Aussagen zum Kapazitätsfaktor (energetische Ausbeute) und zum Leistungskredit (jederzeit abrufbare und **gesicherte Momentan-Wirkleistung von allen (dekarbonisierten) Energiearten** zu haben, für heute, und prognostiziert für morgen (2040) und übermorgen, nach Defossilierung ?

Es ist in diesem Zusammenhang (beide erste Spiegelstriche) klar festzustellen, dass es kontraproduktiv ist, wenn aktuell grundlegende und nachhaltige Einschränkungen bei der Netzauslegung (erweiterte Spitzenkappung) erwogen werden. Offensichtlich gilt es, bei der bevorstehenden Transformation, das bewährte und nun an Bedeutung zunehmende **(n-1)- Prinzip zu bewahren und ggfs. auch für andere Spannungsebenen anzuwenden**; der geringe und rein naturbedingte Kapazitätsfaktor der EE- Energien PV und Wind erfordert – in Übereinstimmung mit der physikalisch- mathematischen Logik – dass **jedes EE- Energieintegral, gerade bei Wirkleistungsspitzen vollständig genutzt, zukünftig auch in speicherbare Medien gewandelt, wird,**

Fragen:

Inwieweit wurde, bzw. wird eine koordinierte Auslastungs-, Erweiterungs- und Neubauplanung von Übertragungsnetzen und Verteilungsnetzen bundesweit vorangetrieben, bzw. gesetzlich und regulatorisch verankert (Beispiel ARGE Ost im neuen Bundesgebiet, dort auf freiwilliger Basis)?

Welche Abstimmungen mit ACER – auf EU-Ebene – und mit den Energieaufsichtsbehörden – auf Bund-Länder- Ebene – sind vorgesehen, um das (n-1) Prinzip vorzugsweise im §49 EnWG (anforderungsgerechter Betrieb) **bindend** festzuschreiben?

Welche Aktivitäten sind vorgesehen, um bei der Umsetzung der neuen EU-Netz-Regeln zum Systembetrieb, zu neuen Einspeisungen usw. Belange des EE- bedingten Netzausbaues und der Festschreibung des n-1) Prinzips gesetzlich zu verankern?

*Welche Untersuchungen wurden in Auftrag gegeben/ sollen in Auftrag gegeben werden, um bei einem weiter zu verstärkenden EE- Ausbau dann auch jedes „temporäre Energie- Integral aus EE“ auch vollständig nutzen zu können?*

*Welche Untersuchungen wurden durchgeführt, sollen beauftragt werden, um für EE-Anlagen mit gesicherter Einspeisung und hoher energetischer Ausbeute wie Geothermie und Biomasse/ Biogas/EE-Gas Investitionsanreize, mindestens für Pilotanlagen, setzen zu können?*

*Welche Absichten bestehen, um unverzüglich eine koordinierte **Netzausbauplanung der Elektrizitäts- und Ferngasnetze** als unabdingbares Werkzeug für die Sektorenkopplungen und vor allem Gewährleistung der saisonale Speichernotwendigkeiten „Sommer- Sonnen-Energie in den Winter“ zu verankern und durchzuführen?*

#### **Zwischenfazit:**

Auf Grund des deutlich besseren Leistungskredites und der deutlich größeren energetischen Ausbeute von **offshore-Anlagen** ist deren Weiterentwicklung und deren Ausbau, einschließlich der zugehörigen Höchstspannungsleitungen, als ein wichtiger Basisstrang für den Transformationsprozess voranzutreiben.

*Fragen:*

*Wie ist der konkrete Forschungsstand beim „Ovanet“, dem zukünftigen gleichstrom- und kabelbasierten Overlay- Netz, aus Sicht der zuständigen Stellen bei der BNetzA? Mit welchen Realisierungszeiträumen und Risiken („Stolpersteinen“) muss beim weiteren Planungs- und Genehmigungsprozess gerechnet werden?*

*Werden alle Anforderungen der europäischen Netze und der Energieversorgungssicherheit des ENTSO-E Systems eingehalten (Abstimmung im Energierat der EU), gibt es bei erheblichen Ausbauverzögerungen oder technologisch-technischen Schwierigkeiten einen Plan B?*

*Wie ist der Stand der europäischen „Supergrid- Initiative“? Wurden Untersuchungen für weitere Synergien in der offshore- Zusammenarbeit der Mitgliedsländer beauftragt?*

#### **Zwischenfazit:**

Da ohne Zweifel der PV Ausbau, einschl. Anschluss an Nieder- bzw. Mittelspannung, weiter gesteigert werden kann, sollte dies als weiterer Basisstrang fest implementiert werden. Aus Gutachtersicht sind die Potentiale dieses dekarbonisierten, hoch akzeptierten und relativ preiswerten Energieträgers mit der weit verbreiteten „Dach-Installation“ bei weitem nicht genutzt. Untersuchungen der TU und viele weltweite Veröffentlichungen belegen die Möglichkeiten der weitergehenden und integrierten Nutzung von Fassaden, von Strassen, Fahrzeugen sowie den Dachkonstruktionen selbst. Dazu sind, in Synchronität zum komplexen PV- Ausbau von morgen, die Netzkapazitäten mit zu entwickeln.

Selbstverständlich sind dabei die großen Potentiale einer absehbar deutlich **effizienteren Sektorkopplung**, einschließlich der damit verbundenen und nachhaltigen (Weiter-) Nutzung von Gas- und Wärmenetzen zu beachten und, denklogisch folgend, gesetzlich- regulatorisch voranzubringen.

*Fragen:*

*Welche Untersuchungen wurden beauftragt, um den komplexen und integrierten PV-Ausbau voranzubringen, auch hinsichtlich Anpassungen von gesetzlichen Regelungen für Gebäude u.a.?*

*Gibt es Untersuchungen zur Anpassung des gesetzlich-regulatorischen Rahmens für die Netzbetreiber hinsichtlich Absicherung eines zukünftig komplexen und integrierte umfassenden PVAusbaues (von der PV-Balkon-Anlage, über PV- Fassaden bis zu anderen Innovationslösungen)?*

**Zwischenfazit:**

Die eingeleiteten richtigen Aktivitäten zu einer umfassenden **Energieeffizienz** sind bei allen Sektoren des Endenergieverbrauches deutlich zu intensivieren. Nicht nachgefragte Energie muss nicht bereitgestellt werden.

Energierestriktionen würden aber – bei nicht einhaltbarer Energieeffizienz und dann nicht bereitstellbarer Energie – erhebliche Auswirkungen auf die deutsche Wirtschaftskraft haben

*Anmerkung:*

*Hier sind die Vorgaben des Koalitionsvertrages (Q1) ggfs. zu hinterfragen. Dem Gutachter liegen hier keine Detailinformationen vor. Ausweislich Q1 geht es um „Efficiency First“ mit einem Ziel der Senkung des Energieverbrauches bis 2050 um 50 %.*

**Zwischenfazit:**

Beim EE-Ausbau, den Aktivitäten der Energieeffizienz, sämtlichen Netzbauten und technologisch-innovativen Änderungen bei der Endenergienachfrage ist den Anforderungen von **Sensorik und Steuerung in Echtzeit (Digitalisierung)** Rechnung zu tragen

*Fragen:*

*Sie dazu Pkt. 2.4 und 2.5*

Für den Industrie-, Verkehrs- und Gewerbestandort Deutschland (Anteil am Endenergieverbrauch bei ca. 75 %) ist von entscheidender Bedeutung, wie die stark zunehmende **Lücke der Bereitstellung gesicherter Leistung** und damit gesicherter End-Energie bei einem vollständigen Verzicht auf Kernenergie und vollständige Dekarbonisierung garantiert wird;

Neben der Grundlagenforschung, sind aus Sicht des Gutachters - wie bereits ausgeführt - auch regenerative Energie ggfs. wieder stärker zu fördern, die eine deutlich bessere energetische Ausbeute und einen wirksam höheren Leistungskredit haben (Geothermie, Biomasse),

Kurzfristig erscheint es sehr sinnvoll zu sein, die Chancen der Sektorkopplungen deutlich stärker und unmittelbar einer Nutzung zuzuführen:

- im Kurzfristbereich (Stunden) **Pumpspeicherwerke PSW**,
- im Mittelfristbereich (Tage) Wärme/ Warmwasser- Speicher,
- im **Mehrmonatsbereich**: P2x, speziell **P2G** zur Nutzung von Gasnetzen und Gasspeichern  
*(ergänzende) Fragen:*

*Es erscheint zwingend geboten, die Netzentgeltspflichtigkeit von Speichern (wie PSW), die der unmittelbaren Systemsicherheit dienen, aufzuheben- gibt es hierzu konkrete Überlegungen?*

*Welche Untersuchungen wurden beauftragt, um die Zuständigkeit für die koordinierte und systemdienliche Fahrweise von Speichern (Elektrizität und Gas) an die jeweiligen Übertragungs-, Ferngas- und Verteilungsnetzbetreiber zu übertragen, einschließlich Prüfung des Rechtes auf Erwerb, Errichtung, Außerbetriebnahme, jeweils in Abstimmung mit zuständiger (Regulierungs- und Energieaufsichts-) Behörde?*

**b) Grundsätzliche Anmerkungen und vereinfachte Überlegungsversionen beim Elektrizitäts-Energieversorgungssystem E-EVS, insbesondere mit der Dekarbonisierung**

Schwerpunkt der weiteren Betrachtungen dieser Kurzstudie ist nun zunächst das Elektrizitätsenergieversorgungssystem E-EVS.

Mit 600 TWh stellt es einen wesentlichen Teil des Endenergieverbrauches.

Das entscheidende Merkmal der Elektrizität als „Leitenergie“ und des E-EVS als eine Art „Master“ des gesamten Energieversorgungssystems ergibt sich allerdings aus folgendem Zusammenhang:

Jede andere Energieart und ausnahmslos alle Energie nachfragenden Verbrauchssektoren benötigen die Elektrizität:

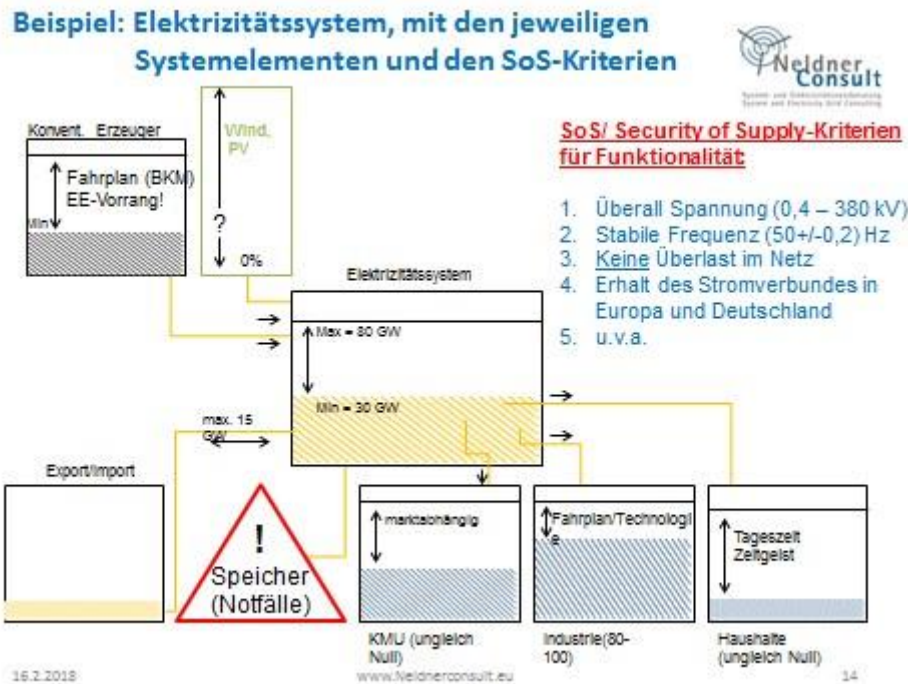
- a) als solche, also als Energieträger für (Umwandlungs-) Prozesse (im Sinne „Blutkreislauf“)
- und
- b) für die jeweilige „Um- die- Uhr- Funktionalität“ ihrer jeweiligen Haupt- und Hilfsprozesse, im Sinne „Nervensystem“ ..

Analog einem IT-System spielt die Elektrizität und das E-EVS hier also auch die Rolle des „Betriebssystems“ ..

Mit der fortschreitenden Digitalisierung (Industrie 4.0, Handwerk 4.0 usw.), der Elektrifizierung fast aller Automatisierungsstufen in Industrie und Gewerbe, der kompletten Abhängigkeit der Telekommunikationssysteme von Elektrizität, der Abhängigkeit von Sicherheits-, Bank-, Gesundheits-, Verkehrs- und Verwaltungssystemen von einer gesicherten Elektrizitätsbereitstellung geht es weniger um die Strom- Menge als vielmehr um die **garantierte und jederzeit verfügbare Leistungsbereitschaft** des E-EVS.

Gemäß den Grundanforderungen b+c ergeben sich bei allen System- Elementen erhebliche Veränderungserfordernisse. Das E-EVS unterliegt der Liberalisierung (1998), dem unbundling und der Regulierung (2005) und einer Vielzahl weiterer Regelungen.

Das E- EVS ist – wie auch das Gas- EVS- über das Systemelement Netze, speziell Übertragungsnetze, mit dem europäischen Verbundsystem verbunden, siehe auch Grundanforderung d+e.



**Abb.07:** E-EVS mit Systemelementen und SoS-Kriterien (s.a. Anhang Nr.7)

Zu den SoS- Kriterien und der Systemstabilität wird unter Pkt. 2.9 ausgeführt werden. Hier wird zunächst zum Mengenverständnis von Leistung und Energie ausgeführt.

Es ist seit vielen Jahren zu konstatieren, dass sich eine grobe Spannweite der in Deutschland nachgefragten Wirkleistung  $P$  (gemessen in MW, bzw. GW) von 30 bis 50 GW ergibt. Alle Verbrauchsgruppen, vorrangig die Industrie, verlangen dabei ein hohes Maß an einer jederzeit gesicherten Bereitstellung. Dem physikalischen Gesetzen folgend werden dabei die jeweils konkret nachgefragten Leistungen vom jeweiligen Darbieter „bereitgestellt“. Erst mit der Nutzung dieser bereitgestellten Leistung wird Energie( $W$ ) verbraucht. Die Berechnung von  $W$  erfolgt als Produkt der jeweiligen Leistungsgröße  $P$  mit der Zeit der jeweiligen Leistungs-Inanspruchnahme.

Dem weit verbreiteten Irrglauben einer „durchschnittlichen“ Leistung muss seitens des Gutachters entschieden entgegengetreten werden. Die elektrische Wirkleistung muss immer exakt in dem Zeitpunkt und exakt der Höhe bereitgestellt werden, in dem sie mit dieser Höhe nachgefragt wird.

Dieses zeitkonkrete Gleichgewicht von Nachfrage und Bereitstellung von Momentan- Wirkleistungen wird über elektrische Fahrpläne abgesichert. Zeitliche Verschiebungen gegenüber dem Fahrplan, sowohl bei der Nachfrage als auch beim Dargebot, führen zu Beeinträchtigungen der Systemstabilität (s Pkt. 2.9)

Zur Abschätzung der Dimension ist allerdings zunächst die aktuelle Situation zu bewerten.

Gemäß gemeinsamen Monitoring Bericht 2017 von BNetzA und Bundeskartellamt (Q4) ergeben sich für 2016 folgende Systembilanz- Daten für das E-EVS:



	Netto- Leistung P in GW	Netto- Energie W, in TWh	Vollaststunden, in h	Auslastungsgrad, bezogen auf Jahresstunden, energetische Ausbeute in %
1.1 Netto- Erzeugung	212,0	600,3	-	
1.2 davon EE- Anlagen	104,5	180,3	Ca. 1750	Ca. 20 (1)
1.3 davon aus nicht EE-Anlagen	107,5	420,0	Ca. 4000	Ca. 46 (2)
3. Verrechnungen (Netzverluste, Export/ Import)	-	112,3	-	-
4. Verbleibende Entnahme- Menge	-	<b>488,0</b>	-	-

- (1) Da es sich um naturabhängige Energieträger handelt, ist dies der **Maximalbetrag**, bezogen auf den aktuellen Mix der EE-Anlagen (differenzierte Details: siehe oben), EE-Anlagen haben Vorrang bei der Einspeisung gemäß EEG
- (2) Erzeugung aus nicht EE-Anlagen darf nur nachrangig eingespeist werden, es handelt sich daher um einen **stark reduzierten Auslastungsgrad**; ohne Einschränkungen läge der Auslastungsgrad deutlich über 90 %

**Abb.:08:** Nettoerzeugung Strom, Entnahmemenge Strom und Anteile EE- und nicht EE-Anlagen

Weiter kann dem Bericht das Verhältnis von Entnahmen für Haushalte einerseits und Industrie und Gewerbe andererseits entnommen werden.

Die Grundaussage früherer Studien des Gutachters sowie dieser gutachterlichen Einschätzungen wird damit auch für das Berichtsjahr 2016 eindrucksvoll bestätigt: Industrie und Gewerbe bedürfen mit einem **Anteil von 75 % an der Elektrizitätsentnahme** von **ca.490 TWh** auch weiterhin einer gesicherten Stromversorgung, um den wirtschaftlichen Erfolg von Deutschland nachhaltig zu sichern.

	Gesamt In TWh	Davon für Industrie, Gewerbe und sonstige Nachfrager, in TWh	Davon für Haushalte, in TWh
<b>Entnahmemenge aus dem E-EVS</b>	488,0	<b>368,0 (75 %)</b>	120,0 (25 %)
Davon aus dem ÜNB-Netz	40,0 ( 8 %)	40,0	0,0
Davon aus dem VNB-Netz	448,0 (92 %)	328,0	120,0

**Abb.09:** Aufteilung der Entnahmemenge Strom auf Verbrauchsgruppen und ÜN-, bzw. VN-Netz

Gutachterlicherseits ist, bezogen auf das Entnahmeverhältnis ÜNB zu VNB von 8 zu 92 nicht der Schluss zulässig, dass die Bedeutung der ÜNB abnehmen würde und zukünftig ein autarkes Netz mit einem Energiemanagement von kleinen Regionen oder gar Quartieren ausreichen würde. Diese aus wirtschaftlicher, vor allem aus Systemsicherheitssicht unrichtige Ansicht wird offensichtlich auch genährt durch die Außerbetriebnahme von Großkraftwerken, die zunehmende Einspeisung der

EE-Anlagen in die Spannungsebenen der VNB sowie ein nicht zutreffendes Verständnis von Dezentralität.

Ohne dem Punkt Systemstabilität (siehe unter 2.9) vorzugreifen, sei rein physikalisch und ökonomisch basiert, klargestellt, dass ein Elektrizitätssystem mit ausgeprägtem Verbundcharakter deutlich **stabiler, robuster und ökonomischer** zu betreiben ist. Im Übrigen kann der durch den EU-Vertrag (s. Anhang Nr.2) vorgegebene Elektrizitätsbinnenmarkt nur mit einem ausreichend dimensionierten Verbundnetz gelingen (siehe auch Pkt. 2.8).

Allerdings bestehen mit dem gewaltigen Ausbau der EE-Anlagen und der damit verbundenen zusätzlichen Netzkapazitäten im ÜNB und VNB- Netz umfassende Möglichkeiten und auch Notwendigkeiten von Kooperation, von Koordinierungen, von Synergien und vor allem Symbioseerfordernissen zwischen ÜNB und VNB, sowie der Vielzahl der neuen (Multi-) Akteure. In der östlichen Regelzone stellt die ARGE Ost ein Konstrukt dar, das in dieser Richtung wirksam wird.

Wie eingangs von Pkt.2.3 ausgeführt, gliedert sich auch das E-EVS in die wesentlichen System-Elemente wie Nachfrage (Pkt. 2.4), Angebot („Erzeugung“) im Pkt. 2.5, Netze im Pkt.2.6, Speicher im Pkt. 2.7, Export/ Import im Pkt. 2.8 und die übergreifende Funktionalität im Punkt.2.9.

Ein vereinfachtes Schema dieser Elemente und der wichtigsten Regelanforderungen gemäß EnWG, ENTSO-E Regelkatalog und einschlägiger VDE-Vorschriften ist im Anhang Nr.7 beigefügt.

Im Punkt 2.10 wird angerissen, warum und wie dieses „reine“ Elektrizitätssystem schrittweise durch ein **energieartenübergreifendes Gesamtsystem** zu ergänzen, zu transformieren, in Teilen zu ersetzen ist.

*Fragen(Auszug):*

*Wurde dem **Systemansatz** des Energiekonzeptes der Bundesregierung von 2010 (Q3) bei den Planungen der Energiewende und der Umsetzung der Dekarbonisierung vollumfänglich Rechnung getragen?*

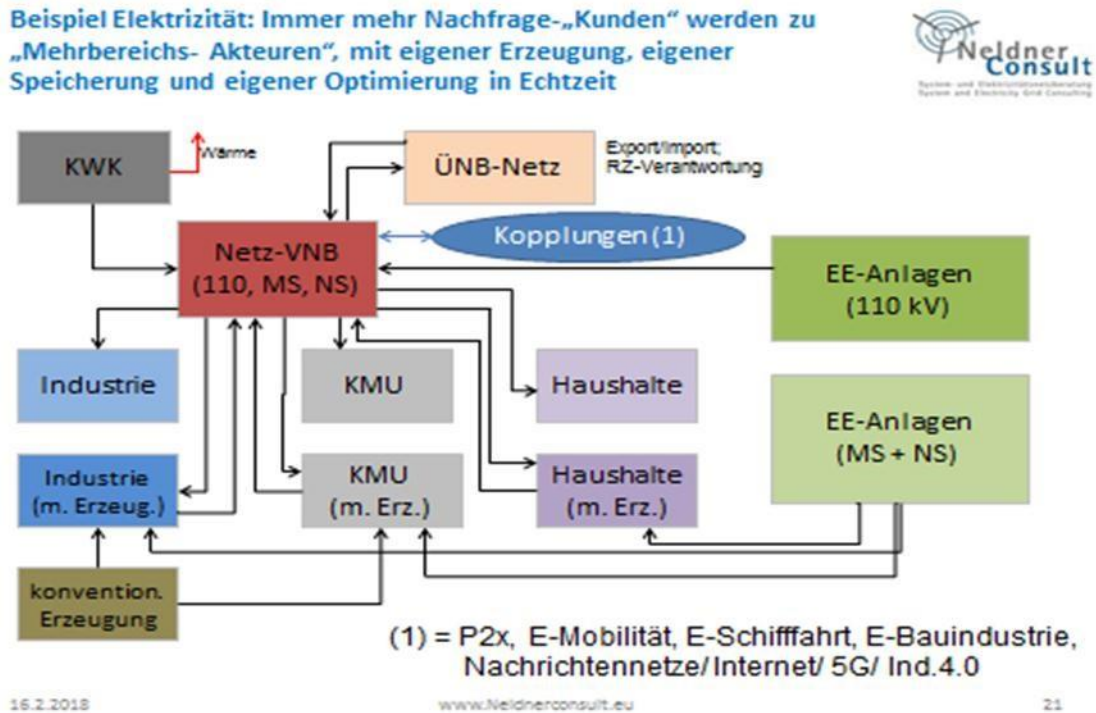
*Welche Untersuchungen hinsichtlich der Transformation des Elektrizitätssystems hin zu einem energieartenübergreifenden System, insbesondere unter Berücksichtigung von Grün-Gas (synthetisches Gas aus/ mit EE) und Wärme, sowie Bio, wurden beauftragt, bzw. sind vorgesehen?*

## 2.4 Dimensionierung der Elektrizitätsnachfrage als Systemelement des E-EVS a)

### Status 2016

Die Fakten sind unter Pkt. 2.3, Abb. 08, dargestellt.

Ein vereinfachtes Schema ist nachfolgend und im Anhang Nr.8 aufgezeigt.



Das Schema verdeutlicht die seit Jahren fortschreitende Transformation des Gesamtsystem auch beim Systemelement der Nachfrage, was häufig unterschätzt wird:

- Zunehmende Einspeisung von regenerativen Energien in die VNB- Netze, bzw. direkt bei Industrie, Gewerbe und Haushalte
- Aufbau von Eigenerzeugungen, Speichern und Steuerungsanlagen bei allen Gruppen, die Elektrizität nachfragen
- Zunehmende Bedeutung der Themen Wärme/ Kälte für Prozesse und Gebäude
- Startaktivitäten von Stadtwerken und VNB bei der Sektorenkopplung, bei P2x, bei der Digitalisierung usw.

Es bedarf weitergehender Studien, um weitere Aspekte wie z.B. den Einsatz von virtuellen Kraftwerken/ Speichern, Quartiers- und Industriekraftwerken oder von Haushaltstagesesspeichern (Power wall) und ähnlichen Einrichtungen in Größenordnungen einschätzen zu können. Dies gilt umso mehr, als dass derzeit nicht ersichtlich ist, wie die Dekarbonisierung, bzw. das absehbar einzusetzende Werkzeug – die umfassende und generelle CO<sub>2</sub>- Bepreisung - auch auf diese

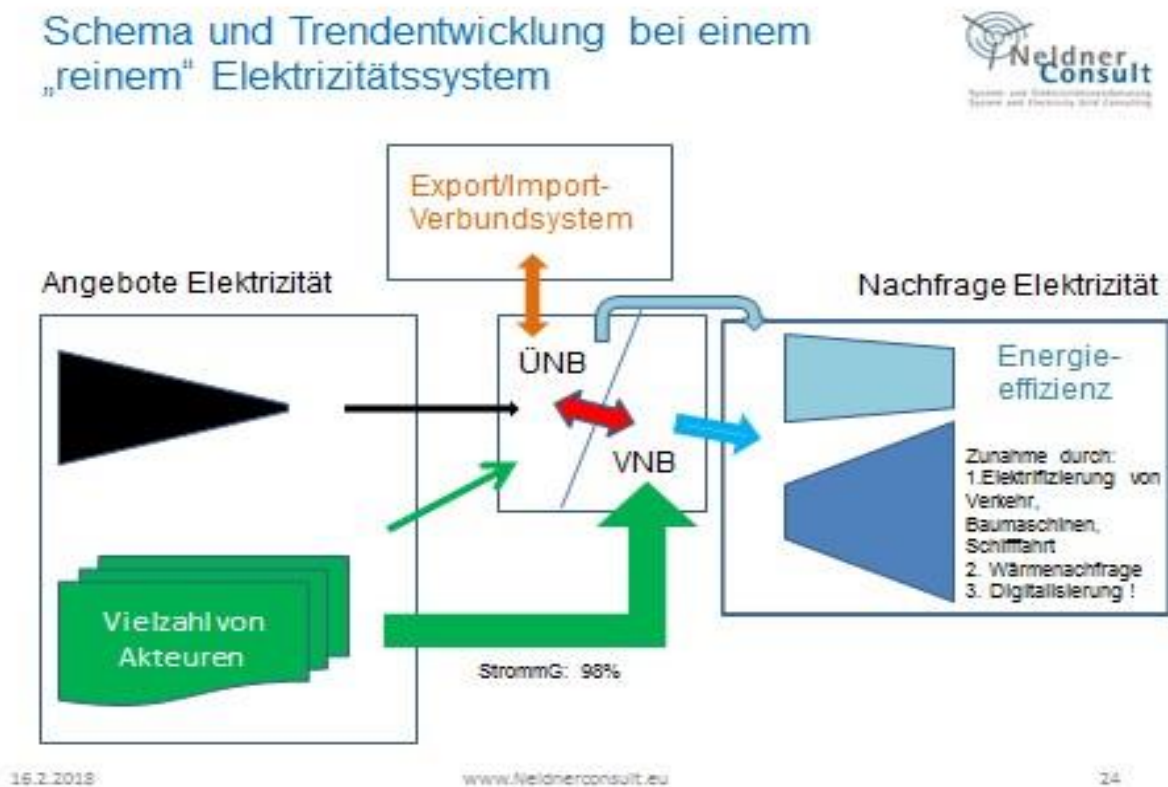
Anwendungen „ausgerollt“ werden soll. Eine Konterkarierung, ein Unterlaufen oder ein Bypass der Dekarbonisierung von Großanlagen und Importen muss vermieden werden.

Zur visualisierten Darstellung der - unabhängig von der Energiewende – ablaufenden Veränderungen beim Systemelement Nachfrage sei auch auf Anhang Nr. 10 verwiesen.

### b) Mengenentwicklung (qualitativ- quantitative Abschätzung)

Bezogen auf den energetischen Aspekt und die damit verbundenen Änderungen kann auf folgendes Schema (s. Abb.10) eines „reinen“ Elektrizitätsversorgungssystems zurückgegriffen werden (Quelle Q10) und Anhang Nr.9.

Bewußt wird an dieser Stelle vom Gutachter darauf verzichtet, Energieumwandlungen oder Sektorkopplungen einzubeziehen. Dies erfolgt später, insbesondere unter Pkt. 2.10.



**Abb.10:** Schema der Transformation bei einem „reinem“ Elektrizitätssystem

Einige wenige Erläuterungen zu diesem qualitativen Schema:

- Die heutige Nachfrage von 490 TWh (siehe oben) wird ohne Zweifel durch die Energieeffizienz sinken (s.a. Koalitionsvereinbarung, dort unter Pkt. Energie, und hier im Text unter Pkt. 2.1)
- Im Zuge der Dekarbonisierung, der Verkehrswende aber auch vieler Aspekte des Umweltschutzes (s.a. Übersicht der Grundanforderungen) wird die Nachfrage an

- Elektrizität steigen, ein besonderer Schwerpunkt wird die Digitalisierung und das dafür gesichert vorzuhaltende IKT-System sein,
- Auf der Angebotsseite wird der Prozess der Dekarbonisierung, des Atomausstieges fortschreiten
  - Bei den regenerativen Energie, die mehrheitlich volatil und mit einem geringen Kapazitätsfaktor wirken, wird die Anzahl der Akteure weiter sehr massiv zunehmen,
  - Für die Verteilungsnetze ergeben sich überproportionale Entwicklungs- und Koordinierungserfordernisse
  - Die übergreifende Bedeutung der Übertragungsnetze bleibt erhalten, im Zuge des Ausbaues der europäischen Verbundnetze, der Entwicklung des EU- Binnenmarktes, vor allem aber der weiteren Garantie der Energieversorgungssicherheit für alle angeschlossenen Mitgliedsländer ist eine kontinuierliche und fortschreitende Stärkung erforderlich
  - Die Symbiose von ÜNB/VNB, bzw. TSO/DSO mit anderen aktiven (Multi-) Systemakteuren ist auf EU- und deutscher Ebene zu verstärken

Eine besondere Betrachtung ist der Nachfrage zur Wärme, zur Elektrifizierung des Verkehrs (Energiewende) und zur Digitalisierung zu widmen.

Vordem Hintergrund der Ausführungen zur Dekarbonisierung und der Umsetzung der Digitalisierung ist hier ggfs. mit einer dramatisch steigenden Nachfrage an Elektrizität zu rechnen.

Üblicherweise liegt z.B. die Nachfrage nach Raum- und Prozeßwärme beim Dreifachen der Elektrizitätsnachfrage. Würde also – was aus Gutachtersicht weder gesehen noch vertreten wird – eine vollständige Kompensation mit Elektrizität erfolgen, wäre eine sehr erhebliche Steigerung der Stromnachfrage zu konstatieren. Dies wäre gegen die Energieeffizienzergebnisse aufzurechnen (Vorgabe lt. Koalitionsvertrag 50 % bis 2050).

Bei der Digitalisierung, insbesondere hier die stark steigende Nachfrage nach Elektrizität für Serverzentren, Klimatisierung u.a.wird es dagegen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Nachfragezuwachs kommen.

In den weiteren Betrachtungen dieser gutachterlichen Einschätzungen wird daher zunächst mit einer unveränderten Nachfrage von **ca. 500 TWh** gerechnet.

### **c) Anforderungen an Verfügbarkeit**

Den Ausführungen unter Pkt. 2.3 zu gesicherten Bereitstellung der jeweiligen Wirkleistung ist hier nichts hinzuzufügen. Auch bei den geschilderten Änderungen der Verbrauchstrukturen und der nachgefragten Energiemengen, bzw. Wirkleistungswerte sind hinsichtlich der Versorgungszuverlässigkeit keine Änderungen erkennbar.

Im Gegenteil muss konstatiert werden:

- Die Industrie, mit 24 % an der Bruttowertschöpfung (siehe Koalitionsvereinbarung unter VI, Pkt.1) beteiligt, beanstandet schon heute die erheblichen Einschränkungen, die sich durch eine wenig strenge Störungsanalyse (keine Erfassung von Ausfällen im Sekundenbereich) ergeben, sowie die mittelfristig absehbaren Einschränkungen (siehe später unter Pkt. 2.9),

- Die Digitalisierung von morgen (Industrie 4.0 u.a.) erfasst immer mehr lebenswichtige Bereiche wie Sicherheit (Überwachungen), Gesundheitswesen (Intensivmedizin), Wetterdienst (Vorhersagen von Katastrophen), Automatisierung (Steuerungen), IKT für Nachrichtendienste und Polizei, usw.- jeweils in Echtzeit
- Der Wettbewerbsdruck bei Industrie und Gewerbe wird im Zuge der Globalisierung und des freien Handels weiter zunehmen, ein entscheidender Faktor - mit zunehmender Bedeutung – ist die gesicherte Wirkleistungsbereitstellung und eine ausreichende Energieversorgung, ohne Mengen- und Zeit- Restriktionen

Es erscheint unabdingbar, dass für Übergangszeiträume auf geeignete „Systemstabilisatoren“ oder systemstabilisierende Maßnahmen zurückgegriffen werden muss.

Dabei muss schon an dieser Stelle betont werden, dass es unter keinen praktischen Umständen ausreicht, die Reserve- Thematik auf eine reine Mengenbetrachtung und einen Bereitstellungszeitraum von Wochen zu reduzieren. Es sind deutlich mehr Kriterien zu beachten wie im Pkt. 2.9, Buchstabe a+e, aufgezeigt werden wird. Neben der Mengenabsicherung sind dies vor allem die (auf Abruf) sofortige Wirkleistungsbereitstellung, die nachhaltige Verfügbarkeit trainierter Fachkräfte, die nachhaltige Robustheit und Widerstandskraft der jeweiligen Standorte, Aspekte der Technologie- und Ersatzteilverfügbarkeit, die Schwarzstartfähigkeit u.v.a.

Im Pkt 2.10 wird weiterführend aufgezeigt, wie dies bei einer energieartenübergreifenden Systementwicklung passieren kann.

Wie schon dargestellt, ist vor allem und gerade auch beim „reinen“ Elektrizitätssystem eine Reduzierung der zwei hervorstechenden Anforderungen:

- Gesicherte und zeitkonkrete Wirkleistungsbereitstellung (P) zum Anforderungs-Zeitpunkt, -  
Ausreichende Versorgung mit elektrischer Energie ( $W= P \times t$ ), ohne Mengen- und Zeitrestriktion

auf das Systemelement der „Erzeugung“ nicht ausreichend.

Es wird von entscheidender Bedeutung sein, wie gemäß dem zunehmenden Anteil von volatilen regenerativen Energie, die auch nur eine geringe energetische Ausbeute von 10-40 % und einen sehr kleinen Leistungskredit von 0- 15 % aufweisen, auch die Verbrauchsruppen selbst Zuständigkeiten übernehmen.

So wie erfolgreich seinerzeit im Jahr 2000 mit dem EEG die Entwicklung und Implementierung von regenerativen Anlagen „angereizt“ wurde, erscheint es nun geboten, auch nachfrageseitig geeignet vorzugehen. Neben den technisch-technologischen Möglichkeiten sind dabei auch die - bisher noch nicht in Größenordnung eingesetzten - Anreizwirkungen von „dynamischen Tarifen“ zu beachten.

Im Lichte der oben beschriebenen „Konterkarierung“ oder auch nicht auszuschließender chaotischer „Eigendynamiken“ bei Millionen von Energie nachfragenden, ggfs. aber auch Energie einspeisenden, Akteuren erscheinen Koordinierungen mindestens auf der Regionalebenen zwingend erforderlich zu sein. Aus Gutachtersicht bietet sich hier die Nutzung des Netzwerkes und des Systemwissens der VNB an. Sowohl im Koalitionsvertrag (dort unter VI, Pkt.3) als auch auf EU-Ebene (Umsetzung „Winterpaket“) wird dies sehr klar anerkannt und unterstrichen. Dazu später mehr im Pkt. 2.6

#### d) Thesen und Fragen zur Nachfrage an elektrischer Energie

Es wird für dieses Gutachten von einer **Nachfrage von ca. 500 TWh** ausgegangen.

Gutachterlicherseits wurde – siehe oben – darauf verwiesen, dass sich innerhalb der Elektrizitätsnachfrage erhebliche Veränderungen ergeben werden. Viele aktuelle Argumente sprechen dafür, dass es eher zu einer deutlichen Steigerung der Nachfrage kommen wird.

Besonders beachtet werden muss, dass die Anzahl der Akteure, die aktiv in den Systembetrieb des EEVS eingreifen, massiv steigen wird. Diese Akteure werden sich vom „klassisch“ Nachfragenden zunehmend zum „Multi-Akteur“ wandeln, der selbst über Energieerzeugungen, Energiespeicherungen und aktive Steuerungs- und Optimierungswerkzeuge verfügt und diese auch benutzt.

Koordinierungen und ggfs. stabilitätsbewahrende Eingriffe werden allein aus diesem Gesichtspunkt heraus zwingend erforderlich.

Die Nutzung bestehender Strukturen und bewährter Akteure wie Stadtwerke und großer Verteilungsnetzbetreiber erscheint sehr effizient und sofort nutzbar. Dem letzten Monitoringsbericht 2017 (Q4) kann entnommen werden, dass 81 Verteilungsnetzbetreiber mehr als 100.000 Kunden haben und bereits über ein erhebliches „Koordinierungs- Know-how“ verfügen.

*Fragen:*

*Welche Untersuchungen erfolgten/ sind vorgesehen, um den Status von erfolgten, bzw. erfolgenden Transformationen bei den Verbrauchgruppen, die Elektrizität nachfragen, bezogen auf die bereitzustellende Wirkleistung und den Energieverbrauch einschätzen zu können?*

*Mit welchen (messbaren) Parametern und in welchen Zyklen soll der Prozess der Dekarbonisierung bei allen – auch den vermeintlich kleinteiligen – Verbrauchgruppen einem Monitoring unterzogen werden ?*

*Welche unabhängigen und aktuellen Studienergebnisse liegen vor, bzw. sollen beauftragt werden, um einerseits eine Größenordnung für die nachfrageseitigen (industriell-gewerbliche) regionalen Mindestleistungen und andererseits eine Größenordnung zur regionalen Laststeuerung/ Lastverschiebung zu finden?*

*Welche Aktivitäten, die noch von der letzten Regierung angeregt wurden, zur Änderung der Steuer- und Gebührenordnungen sind geeignet, um Anreize zu setzen?*

*Wie ist der aktuelle Stand zur Implementierung von dynamischen Tarifen, insbesondere unter Berücksichtigung der aktuellen Diskussionen auf EU- und Ratsebene ?*

*Welche rechtlich-regulatorischen Aktivitäten sind vorgesehen, um die Initiativen von Stadtwerken, Verteilungsnetzbetreibern und Energiegenossenschaften zur Bürgerbeteiligung bzw. zur systemdienlichen Transformation von der Nachfrageseite zu unterstützen?*

*Wie ist die Koordinierung der nachfrageseitigen Entwicklungen vorgesehen, um keine Konterkarierung der „zentralen“ Dekarbonisierung zuzulassen und auch keine ungewollte Schwächung der übergreifenden Systemstabilität? Im Koalitionsvertrag ist von „zunehmender Verantwortung der Verteilungsnetzbetreiber“ die Rede- wie soll die Umsetzung hinsichtlich Monitoring der Nachfrageseite und Mitwirkung (neben ÜNB) zur Systemstabilität erfolgen?*

*Es erscheint zwingend geboten, die Anforderungen des EnWG für eine Betriebserlaubnis deutlich auszuweiten. Welche Aktivitäten sind vorgesehen, um die Fachbetriebs- und Fachpersonaleigenschaften auch bei den perspektivisch hinzukommenden (Multi-) Akteuren vorhalten zu lassen?*

*Sind Aktivitäten eingeleitet, um im Zuge der Implementierung der neuen EU- Netz- Regeln, neben der dort vorgesehenen Zertifizierung neuer Anlagen auch das Fachpersonal zu trainieren und letztendlich zu prüfen, bzw. zu zertifizieren?*

#### **e) Verständnis der dynamischen Vorgänge bei der perspektivischen Energienachfrage**

Generell wird hier auf Pkt. 2.9 verwiesen.

Grundsätzlich kann ausgeführt werden, dass es im E-EVS immer:

- a) neben der Übereinstimmung nachgefragter Energiemengen mit jeweils erzeugten Energiemengen und
- b) der Absicherung der zeitkonkreten Bereitstellung (Verfügbarkeit ) auch
- c) um alle Aspekte der Systemstabilität als Grundlage der Funktionalität des Gesamtsystems geht.

Ein wesentlicher stabilitätsbestimmender Faktor ist dabei die Analyse und ggfs. Beeinflussung von wichtigen Systemparametern hinsichtlich ihrer Veränderungsgeschwindigkeit und der Richtung, bzw. Beschleunigung dieser Veränderungen. Die Parameter ergeben sich aus den physikalischen Zusammenhängen des Systems. In Deutschland sind wesentliche Parameter wegen ihrer hohen Bedeutung direkt im §13 EnWG festgehalten:

*„Eine Gefährdung der Sicherheit oder Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems in der jeweiligen Regelzone liegt vor, wenn ..... oder zu besorgen ist, dass die Haltung von **Frequenz, Spannung oder Stabilität** durch die Betreiber... nicht im erforderlichen Maße gewährleistet werden kann( §13 EnWG).“*

Die Frequenz  $f$  steht dabei immer in einem unmittelbaren Verhältnis zur Wirkleistung  $P$ , die Spannung  $U$  zur Blindleistung  $Q$  und die Stabilität zu einer Vielzahl physikalischer Parameter.

Aus Wirkleistung  $P$  und Blindleistung  $Q$  ergibt sich die Scheinleistung  $S$ .

Energie nachfragende Akteure werden – insbesondere bei dynamischen Tarifen oder sonstigen Anreizsystemen - Optimierungen ihrer Nachfrage vornehmen und dabei die o.g. Veränderungen, in jeweils positiver oder negativer Richtung, generieren. Positiv kann angemerkt werden, dass mindestens im Bereich der Industrie und des Gewerbes mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit eine Echtzeit- Implementierung bei Sensorik und Steuerung erfolgt, bzw. erfolgen wird. Dies erklärt sich zwingend über die Wirkungen dieser Maßnahmen auf die jeweilige Produktion und Wertschaffung der jeweiligen Unternehmen.

Zu regeln ist daher die - oben bereits ausgeführte – Koordinierung und ggfs. Überwachungs- und **Eingriffsfunktion** der regionalen VNB, bzw. der überregionalen ÜNB.



## 2.5. Dimensionierung der entsprechenden Elektrizitäts- Bereitstellung („Erzeugung“) als

### Systemelement des E-EVS

#### a) Status 2016

Die Nettoerzeugung 2016 von ca. 600 TWh gliedert sich ausweislich des Monitoringberichtes 2017 der BNetzA/ Bundeskartellamt (Q4) in die erneuerbaren („dekarbonisierten“) und nicht erneuerbaren („zu dekarbonisierenden“) Energieträger. Hier mit EE und n.EE gekennzeichnet.

In Analogie zu den gutachterlichen Ausführungen zum energetischen Gesamtsystem werden auch beim E-EVS zunächst die Aspekte der energetischen Ausbeute (Kapazitätsfaktor), des Leistungskredites, der aktuellen Veränderungen (Zuwachs/ Rückbau) analysiert und dann Überlegungsvarianten zur perspektivischen Absicherung der unter 2.4 getroffenen Annahme einer langfristigen Mindestnachfrage bei Elektrizität von 500 TWh angestellt.

Zunächst die erweiterte Übersicht der Elektrizitätsbereitstellung per 31.12.2016:

Energieträger	Install. Wirkleistung P in GW	Nettostromerzeugung W In TWh	Volllaststunden h	Auslastungsgrad, bezogen auf Jahresstunden (8760)	Leistungskredit (Anteil in % von sicher verfügbarer Leistung), abgeschätzt	gesicherte Leistung, zu jedem Abrufzeitpunkt, bezogen auf aktuell install P	Änderung P zum Vorjahr/ letzte 5 Jahre in % bzw+/-
<b>1.EE</b>	<b>104,4</b>	<b>180</b>	-	-	-	-	-
1.1 davon Wind off	4,2	12	3000	34	15	0,6	+25/+
1.2 davon Wind on	45,5	67	1500	17	4	2	+10/+
1.3 davon PV	40,7	35	850	10	0,0	0,0	+4/+
1.4 davon Bio	7,2	42	5700	65	85	6,1	+3/+
<b>2. n.EE</b>	<b>107,6</b>	<b>420</b>	-	-	-	8,7	-
2.1 davon Erdgas	29,6	67	2260	26	85	25,1	+4/+
2.2 davon Kernenergie	10,8	78	7250	83	95	10,2	0/-
2.3 davon Braunkohle	22,0	140	6600	75	90	19,8	-1/-
2.4 davon Steinkohle	27,4	103	3800	43	90	24,6	-5/+

<b>3.Summe</b>	<b>212,0</b>	<b>600</b>	-	-	-	79,7	-
----------------	--------------	------------	---	---	---	------	---

**Abb.11** : E-EVS 2016, installierte Leistungen, Energieanteile, Auslastung und Leistungskredit  
Die gigantische Aufgabe einer vollständigen Dekarbonisierung und Transformation des E-EVS ist sofort ersichtlich: Einem Leistungsanteil der installierten EE an der deutschen Gesamt-Netto-Wirkleistung von ca. 50 % steht derzeit erst ein Anteil von 30 % bei der Energiebereitstellung gegenüber, zur reinen Abdeckung der energetischen Lücke von 420 TWh, die durch die vorgesehene Dekarbonisierung entstände, ist je nach Zeitplan der Transformation eine deutliche Steigerung der installierten Leistung von dekarbonisierten Energieträgern erforderlich

- Die energetische „Ausbeutung“ (Kapazitätsgrad) der dekarbonisierten Energieträger ist mit 10-40 % im Durchschnitt sehr klein, basiert aber auf den Naturgegebenheiten von Wind und Sonne, bezogen auf die geographische Lage von Deutschland;
- als Ausnahme ist mit einem sehr nennenswerten Anteil von 23 % an der EE\_ Energiemenge und von 7 % an der gesamten deutschen Nettostromerzeugung **Biomasse** zu nennen,
- Gravierende Unterschiede sind unverändert bei der gesicherten zeitkonkreten Wirkleistungsbereitstellung zu verzeichnen;
- vor dem Hintergrund, dass die Spanne der Nachfrage nach Wirkleistung in Deutschland zwischen 30 und 80 GW liegt, wird heute jede nachgefragte Leistungsgröße zu jedem Zeitpunkt bedient; bei einer vollständig dekarbonisierten Stromerzeugung in einer Phase der Defossilierung würden heute dagegen nur ca. 9 GW, also etwa 30 % der deutschen Mindestlast abgesichert
- Wie oben, ausgehend vom Erfahrungsbericht des EEG per 31.12.17 bereits dargestellt, ist zu konstatieren, dass die derzeitige Ausbaugeschwindigkeit der EE-Anlagen weder den Anforderungen zur energetischen Absicherung noch zur Gewährleistung der gesicherten Leistungsbereitstellung gerecht wird

Es ist nicht Aufgabe dieser Kurzstudie den zeitlichen Zielhorizont einer vollständigen Systemtransformation darzustellen.

Allerdings wird auch für das E-EVS eine grob abgeschätzte mengenmäßige Überlegungsversion angestellt.

### c) Mengenbetrachtung und Verfügbarkeitsabschätzungen, bei Dekarbonisierung

Dabei wird eine vollständige Dekarbonisierung unterstellt, sowie zunächst ein leitungsgebundener Import von 20 % dekarbonisierter Elektrizität, bezogen auf die nachgefragte, und zunächst unverändert angenommene, **Menge von 500 TWh** (siehe oben).

Es verbleiben bei dieser Annahme  $500-100 = 400 \text{ TWh}$ , die durch erneuerbare, also vollständig dekarbonisierte Energieträger abzusichern wären.

Als Ausgangszahlen der aktuellen Installationswerte und der Nutzbarkeit (Kapazitätsfaktor) werden die im Referentenentwurf vom April 2018 per 31.12.2017 genannten Werte genutzt:

	P, aktuell GW	P, Zukunft GW	Kapazitätsfaktor (jeweils Jahr!), Volllaststunden	Nutzbare Energie im Jahresdurchschnitt, TWh	Leistungskredit, (gesicherte Verfügbarkeit)	Gesicherte Leistung/ TWh
Wind, off	5,4	15	0,34 bzw. 3400 h	51	15 %	2,2
Wind, on	50,0	100	0,2 bzw. 1800 h	180	4 %	4,0
PV	43,0	80	0,1 bzw. 950 h	76	0,0 %	0,0
Bio	7,6	12	0,6 6760 h	81	85 %	10,2
Sonstige		2	6000	12	90%	1,8
Summe		209		400		18,2

**Abb.12:** E-EVS- Überlegungsversion, ÜV mit Import

Es ist ersichtlich, dass bei einer hier gewählten Verdopplung, bzw. bei offshore Verdreifachung eine mengenmäßige Absicherung der verbleibenden energetischen Nachfrage - hier mit 400 TWh Angebot für 400 TWh Nachfrage gelingen kann.

Allerdings ist die Frage der gesicherten zeitkonkreten Wirkleistungsbereitstellung nur für die deutsche Mindestlast (30 GW) und nur mit der Annahme darstellbar, dass es sich bei dem Import um eine gesicherte Leistung von mindestens 15 GW handelt (die mit den derzeitigen grenzüberschreitenden Kapazitäten auch leitungsgebunden transportierbar wäre).

Insoweit wird ergänzend eine wiederum nur denklogische Überlegungsversion – ohne Import – hinzugefügt. Es sind entsprechend jetzt **500 TWh** abzusichern.

Bei den Annahmen wird unterstellt, dass aus Gründen der Preisgünstigkeit, der Akzeptanz für Großprojekte, der kompletten Ermittlung der Kohlendioxid- Belastungen bei Herstellungen und Transport sowie der Anforderungen an mehr gesicherte EE-Leistungen, der Umfang bei PV und vor allem Bio deutlich ansteigt:

	P, aktuell In GW	P Zukunft in GW	Kapazitätsfaktor, Volllaststunden	Nutzbare Energie In TWh	Leistungskredit	Gesicherte Leistung In GW
Wind, off	5,4	15	3400	51	15 %	2,2

Wind, on	50,0	100	1800	180	4 %	4,0
PV	43,0	160	950	152	0 %	0,0
Bio	7,6	15	6760	101	85 %	12,7
Sonstige		2,2		16	90 %	2,0
<b>Summe</b>		<b>292</b>		<b>500</b>		<b>20,9</b>

**Abb.13:** E-EVS- Überlegungsversion, ohne Import

Durch diese Überlegungsversionen, die nur sehr grobe Überschlagsbetrachtungen abbilden, wird deutlich, dass es erhebliche Widersprüche und Konflikte zu betrachten und zu bewältigen gilt.

So ist der Beitrag der PV zwar bei der gesicherten Leistung gleich Null, dagegen erscheint aber eine rasante Installationssteigerung ohne Zweifel deutlich einfacher und mit großer Akzeptanz und vertretbaren Kosten und Zeitaufwänden durchsetzbar.

*Anmerkung: Dies wird durch viele Aktivitäten von Stadtwerken und Energiegenossenschaften bekräftigt. In Land Berlin entstand im Ergebnis der Arbeit einer Enquetekommission „Neue Energie“ ein Abschlussdokument, dass nun sowohl im Energiewendegesetz als auch im Berliner Energie- und Klimaschutzkonzept verankert wurde und einen massiven PV- Ausbau vorsieht.*

Die offshore- Technik brilliert mit ihren seit Jahren zunehmenden und aus Gutachtersicht noch steigerbaren Volllaststunden, sowie der Weiterentwicklung europäischer See- Verbundnetze (SuperGrid), erfordert aber erhebliche, netzentgelttreibende Aufwendungen für Bau und Haftungsabsicherungen.

Bei der Biomasse sind grundlegende Überlegungen erforderlich, um den großen Stellenwert für energetische Absicherung und Beitrag zu gesicherten Leistung stärker zu beachten, ohne die bekannten Widersprüche zur landwirtschaftlichen Bodennutzung außer Acht zulassen. Ein besonderer Punkt sind, ausschließlich bei der Biomasse, die exzellenten Werte zur Klimaneutralität und der einzigartig hier mögliche Beitrag zur Schwarzstart- und ggfs. auch Inselbetriebsfähigkeit.

Ein Problem wird bei beiden Überlegungsversionen sofort ersichtlich:

**Mit dem Überschreiten der installierten EE- Leistung von 100 GW bei den erneuerbaren, ist systematisch eine Nichtnutzbarkeit von klimaneutraler und dekarbonisierter Energie verbunden.**

Bei einer Spreizung der Elektrizitätsnachfrage von 30-80 GW einerseits und maximalen Einspeisewerten der EE von 73 % bei Wind (2016: 49 GW) und 64 % bei PV (26,2 GW) schneiden sich mit jeder Installationszunahme ab 2019 die Kurven immer mehr.

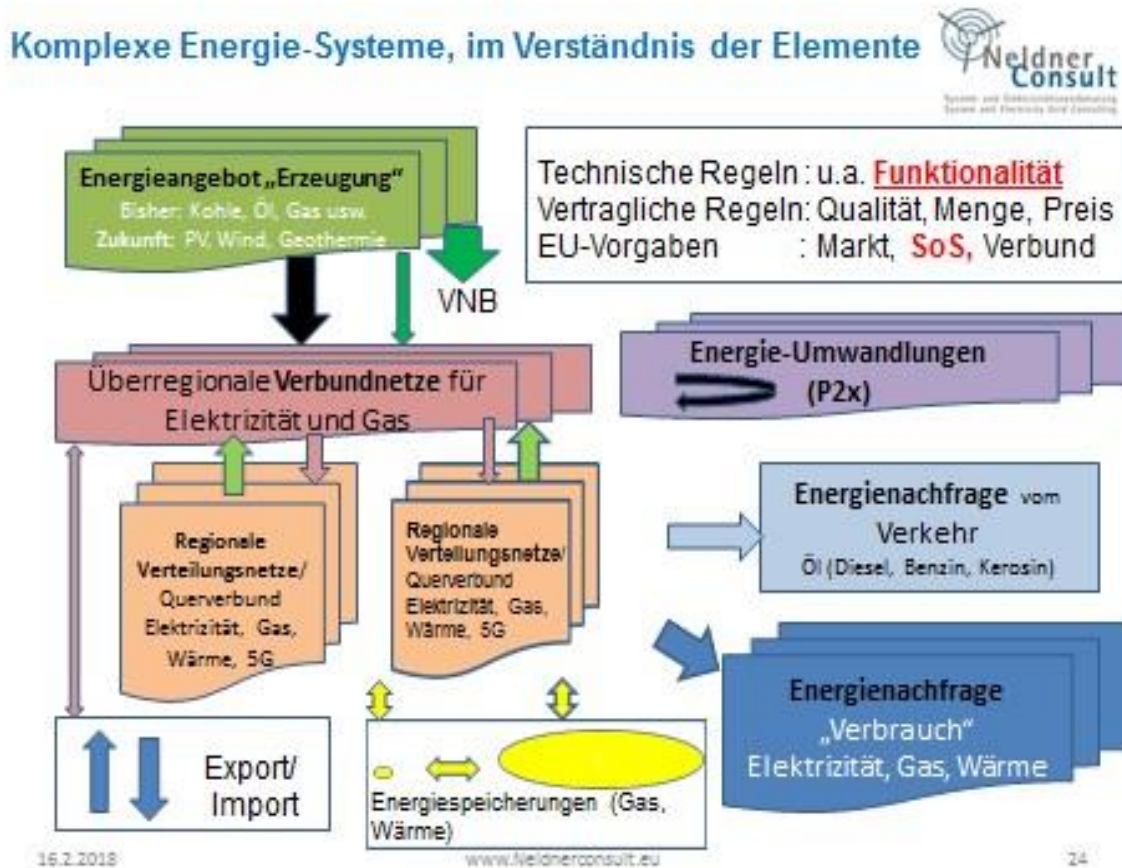
Neben einer systemrelevanten Abstimmung der Anlagen, als „EEG- Erzeugungsmanagement ErzMan“ bekannt, werden diese Überproduktionen aber zukünftig systematisch auftreten.

Neben Effekten für den Elektrizitätsmarkt (Negative Preise) fehlen diese Energiemengen bei der schnellen Dekarbonisierung und Umsetzung der Energiewende, der Verkehrswende usw.

Es bedarf einer energieartenübergreifenden Transformation des E-Systems unter Berücksichtigung der Sektorenkopplungen.

Im Pkt. 2.10 wird dazu weiter ausgeführt:

Als eine mögliche Visualisierung sei bereits jetzt auf Abb.14 und Anhang Nr.11 verwiesen (Q10).



**Abb.14:** Energieartenübergreifendes EVS

Danach wird es sowohl auf der Ebene der Verteilungsnetze als auch der Übertragungsnetze den Querverbund, bzw. die Nutzung von Energieumwandlungen geben. Der Sektor Verkehr wird eine stetig zunehmende Bedeutung gewinnen hinsichtlich des Ersatzes von Öl (Diesel, Kerosin und Benzin) durch dekarbonisierte Elektrizität oder auch synthetisches Gas („Grünes Gas“), bzw. synthetischen Kraftstoff („Natur-Kerosin“). Eine besondere Bedeutung – dazu später mehr – wird die Möglichkeit der Energiespeicherung, insbesondere der saisonalen, mehrmonatigen Energiespeicherung spielen. Dies ist vorzugsweise **nur mit Gas** möglich; die elektrische Speicherung wird auf sehr lange Sicht keine Rolle spielen; für eine tageweise Speicherung wird auch Wärme, also Warmwasser, zum Einsatz kommen.

### c) Verständnis der dynamischen Vorgänge

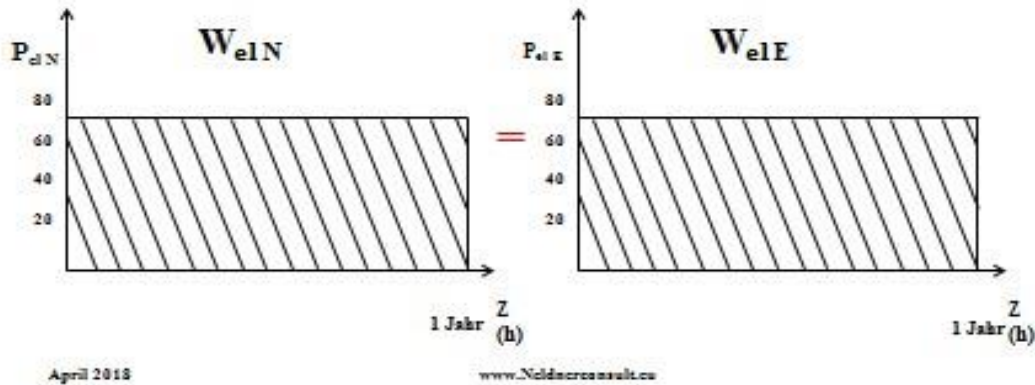
Konventionelle Energiebereitstellungen gewährleisten die Vorhaltung der zeitkonkret nachgefragten Wirkleistung  $P$  exakt zu dem Zeitpunkt, zu dem die Nachfrage in der entsprechenden Höhe erfolgt.

## Befriedigung der Nachfrage durch konventionelle, nicht dekarbonisierte, Erzeugung



$W_{elN} = W_{elE}$

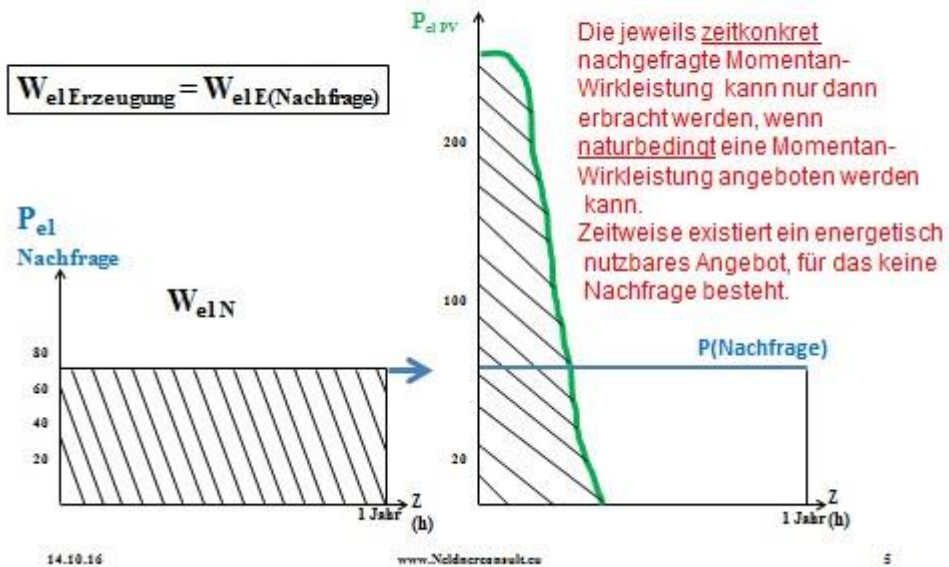
Die nachgefragte Momentan- Wirkleistung wird exakt zum gleichen Zeitpunkt durch die konventionelle Erzeugung als Momentan- Wirkleistung bereitgestellt, jeweils für beliebige Zeitdauern, hier für ein Jahr dargestellt.



**Abb.15:** Nachfrage mit konventioneller Angebotsabsicherung

Im Gegensatz dazu stellt sich das Bild bei vollständig dekarbonisierten Energieträger anders dar:

## Befriedigung der Nachfrage durch dekarbonisierte Erzeugung - in wenigen Jahrzehnten -

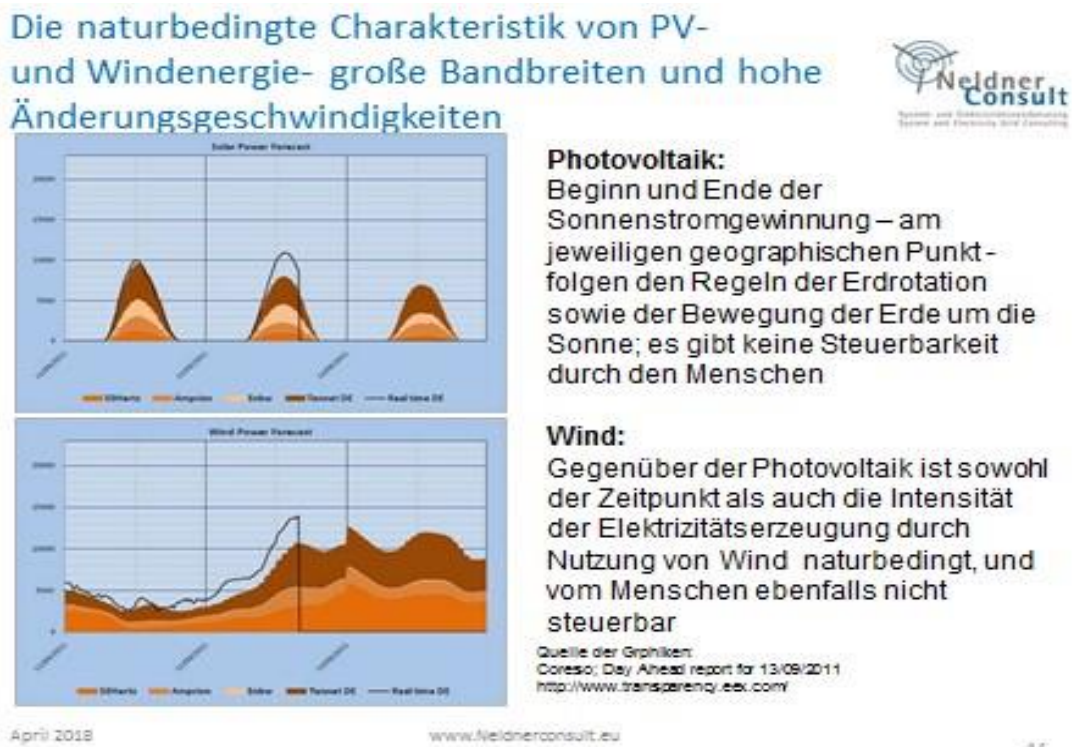


**Abb. Nr.16:** Nachfrageabsicherung mit dekarbonisierter Erzeugung

Die Ursache erklärt sich aus dem naturbedingten Aspekt der jeweiligen zeitkonkreten

Wirkleistungsgröße und der sich direkt daraus ergebenden temporären Energiebereitstellung.

Hier eine Darstellung, die auf die reale Dokumentation der PV- und Winderzeugung von Deutschland zurückgreift, mit kurzer Kommentierung vom Gutachter (Q10).



**Abb. 17:** Naturbedingte Einspeisecharakteristiken von PV und Wind

An dieser Stelle wird vom Gutachter bewusst und explizit nicht auf die Frage der Verfügbarkeit verwiesen, sondern auf die Tatsache der **großen Änderungsgeschwindigkeiten** (mathematisch: erste Ableitung) sowie der zugehörigen Beschleunigungen und Änderungsrichtungen (zweite Ableitung).

Bei den oben ausgeführten perspektivisch sehr hohen installierten Leistungen von PV, Wind offshore und Wind onshore werden bei Sonnenaufgang/ Sonnenuntergang/ Bewölkungswechsel/ kommende und gehende Windfronten sehr schnell Werte im Gigawatt- Bereich erreicht.

Weitere Details können dem Gutachten „Die Rolle der Verteilnetzbetreiber .....“ sorgungssystem und ihr überproportional zunehmender Beitrag für Systemdienstleistungen bei der Umsetzung der Energiewende, NeldnerConsult, (Quelle Nr.11)“ entnommen werden.

Es ist allerdings von Bedeutung, nochmals darauf hinzuweisen, dass dekarbonisierte Energieträger existieren, die grundsätzlich steuerbar sind, wie z.B. Biomasse oder Geothermie. Allerdings wäre dies gesetzlich- regulatorisch zu hinterlegen und ggfs. stärker anzureizen.

Dies gilt umso mehr für die Prozesse bei der Sektorenkopplung, wie z.B. Power to Gas.

Sofort nutzbar wären – bei sofortiger Änderung der noch gültigen Regelungen zur Netzentgeltspflichtigkeit – die **Pumpspeicherwerke**. Sie sind genau wie P2G Anlagen im Sekundenbereich steuerbar, allerdings als einzige leistungsstarke und sofort verfügbare Anlagen auch in beiden Richtungen, also Bereitstellung negativer und positiver Wirkleistung.

Details können auch hier einem Gutachten von Neldnerconsult entnommen werden: „Pumpspeicherwerke als bipolare Systemstabilisatoren“ (Quelle Nr. 12)“.

**d) Thesen und Fragen (ein Auszug):**

Wie bereits ausgeführt, ist eine erfolgreiche Dekarbonisierung und eine erfolgreiche Energiewende nicht allein eine Frage der Bereitstellung von Energie und Leistung (I.S. „Erzeugungswende“). Wie von vielen anderen Gutachtern aufgezeigt, können aber beim Systemelement „Erzeugung“ schnell Korrekturbedürftigkeiten übersehen werden. Es kommt hier besonders darauf an:

- a) die Frage der Mengenabsicherung von nachgefragter und abzusichernder elektrischer Energie, von
- b) der Frage der zeitkonkret nachgefragten und exakt zu diesem Zeitpunkt abzusichernden elektrischen Momentan-Wirkleistung und diese von
- c) der Dynamik, also der Änderungsgeschwindigkeit und Änderungsrichtung der jeweiligen elektrischen Momentan- Wirkleistung abzugrenzen, separiert zu betrachten und im Gesamtzusammenhang zu beantworten.

Aus physikalischer – aber auch rechtlicher - Gesamtsicht sei nochmals unterstrichen, dass für die Gesamtstabilität des E-EVS eine Vielzahl von Parametern betrachtet werden muss. Dazu mehr unter Pkt. 2.9.

Im Folgenden sind daher auszugsweise Fragen aufgeführt, die sich aus den gutachterlichen Ausführungen ergeben und einer Beantwortung durch die zuständigen Stellen bedürfen (gewisse Wiederholungen zum EVS ergeben sich aus der Systematik):

- Welche Untersuchungen liegen zur mengenmäßigen Absicherung einer Elektrizitätsversorgung mit vollständig dekarbonisierten Energieträgern, insbesondere zur massiven Steigerung der Ausbauzahlen vor? Welche Zeitabschnitte erscheinen real für die vollständige Defossilierung beim E-EVS? Welche Verhandlungen/ Forderungen/ Vorschläge wurden auf europäischer Ebene, insbesondere beim Energierat, bzw. der Kommission, geführt, um den Binnenmarkt von Elektrizität auf dekarbonisierte Energieträger umzustellen? Mit welchen realen Importen von dekarbonisierter Energie, bzw. mit welchen Anteilen in welchem Zeitabschnitt kann real gerechnet werden?
- Welche (Korrektur-) Überlegungen und Untersuchungen bestehen, um die naturabhängigen, nicht steuerbaren dekarbonisierten Energieträger wie PV und Wind (on und off) perspektivisch stärker durch Bio bzw. Geothermie zu ergänzen ?
- Welche (Korrektur-) Überlegungen bestehen, um den systematisch wachsenden Anteil von Energiemengen von PV und Wind (on) zu nutzen (anstelle finanziell zu entschädigen), die nicht nachgefragt werden. Diese Frage bezieht sich insbesondere auf die unmittelbar bevorstehende Zeit, in der die installierten Leistungen von PV und Wind (on) weit über der deutschen Minimallast (30 GW) wie auch der deutschen Maximallast (80 GW) liegen?
- Welche Untersuchungen wurden unabhängig beauftragt, um die absehbare Lücke zwischen einer gesicherten, dekarbonisierten Momentan-Wirkleistung von ca. 9 GW und einer für Deutschland erforderlichen gesicherten Momentan-Wirkleistung wirksam, ggfs.- mit temporären Übergangslösungen schließen zu können ? Wurde bei diesen Überlegungen/ Untersuchungen berücksichtigt, dass eine reine energetische Absicherung, z.B. durch Aktivierung von außer Betrieb genommenen Erzeugungsanlagen im Verlauf von Wochen, keinesfalls und zu keinem Zeitpunkt zur Absicherung von nachgefragter, gesicherter



Momentan- Wirkleistung beiträgt. Gibt es, ähnlich dem Gutachten zum „Systemstabilisator“ einen Katalog von Kriterien, die erfüllt sein müssen, um eine **Anlage zu klassifizieren als „Bereitsteller von gesicherter Momentan-Wirkleistung“**, also eine Art Systemstabilisator?

- Wie soll der ohne Zweifel bestehende Vorteil von Pumpspeicherwerken zur Dämpfung der negativen und systemgefährdenden Dynamiken unverzüglich genutzt werden?
- Was ist vorgesehen, um eine Sofortmaßnahme „Systemstabilisierung“ durch Wegfall der Netzentgeltspflichtigkeit von PSW/ Speicheranlagen zu aktivieren?
- Wurden aktuelle Untersuchungen zum Regeleffekt, zum Dämpfungseffekt und vor allem zur Schwarzstartfähigkeit von Biomasse- Anlagen durchgeführt, einschließlich des Sondereffektes der Lagerfähigkeit von Biomasse und damit der Möglichkeit einer Analogentwicklung zu **§ 50 EnWG- Brennstoffbevorratung?**
- Bestehen konkrete Überlegungen, z.B. zur Weiterentwicklung des **Energiesicherungsgesetzes**, um im Falle weiterer Stilllegungen von Anlagen im Zuge der Dekarbonisierung und gleichzeitig fortbestehenden Defiziten bei der Absicherung von ausreichender dekarbonisierter Energie oder/ und Bereitstellung gesicherter, dekarbonisierter Momentan- Wirkleistung handlungsfähig und „systemstabil“ zu sein ?
- Welche Überlegungen und regulatorischen Anreizprogramme bestehen, um für den Übergangszeitraum ausreichendes Fachpersonal mit ausreichenden Trainingsmöglichkeiten seitens der zuständigen Akteure vorzuhalten, bzw. vorhalten zu lassen?
- Wie werden die bestehenden Standorte der „Altanlagen“ mittels Standortnachnutzungskonzepte, z.B. für P2G, P2L oder Biogas/ Biomasse- anlagen, einschließlich z.B. ihres Fachpersonales und ihrer Netzanbindungen, weitergenutzt?

## 2.6 Dimensionierung der Übertragungs- und Verteilungsnetze für Elektrizität

### a) Status 2016

Per 31.12.16 gab es lt. Monitoringbericht 2017 (Q4) insgesamt 833 Netzbetreiber, davon 4 ÜNB und 829 VNB.

Die Gesamtnetzlänge betrug 1.844.172 km, davon 36.597 km bei den ÜNB, gleich 2 %.

Den größten Netzanteil beansprucht mit mehr als 1 Mio km Länge das Niederspannungsnetz.

Zählpunkte gab es insgesamt 50.715.005, davon 537 bei den ÜNB.

Die Details des Netzbetriebes, des Netzausbaues und des - den derzeitigen Erfassungsregeln entsprechenden – Störgeschehens sind im Detail im Monitoring Bericht 2017 dargestellt und durch einschlägige Studien und Fachkonferenzen bekannt.

Die Zuordnung der Netzbetreiber und Akteure zu den Spannungsebenen und zur Bewahrung der SoS-Security of Supply kann Anhang Nr. 14 entnommen werden.

### b) Abschätzung der Anforderungen zu den Mengen, bzw. zur Entwicklung der Netzkapazitäten

Insgesamt kann – abgeleitet aus den vorstehenden Punkten - konstatiert werden, dass der **Netzausbau** auf allen Spannungsebenen erforderlich ist.

Dies ergibt sich direkt aus dem Zubau der installierten Leistung bei den regenerativen Energien.

Laut verschiedenen Veröffentlichungen, u.a. der Begründung des Strommarkgesetzes wird der perspektivische Hauptanteil der EE-Anschlüsse mit weit über 90 % bei den VNB stattfinden.

Da Netze ausnahmslos nach der jeweiligen Leistung dimensioniert und gebaut werden müssen, führt der sehr starke Zuwachs der installierten Leistung direkt zu einem sehr starken Netzausbauerfordernis. Gleichzeitig konnte mit den bisherigen Ausführungen gezeigt werden, dass die energetische Ausbeute, der Kapazitätsfaktor bei PV und Wind lediglich von 10- 40 % reicht.

Gleichzeitig konnte ausführlich dargestellt werden, dass eine Ausbaukappung bei der Netzentwicklung – wie aktuell noch vorgegeben – die dringende Ausnutzungsnotwendigkeit **aller regenerativ** bereitgestellten dekarbonisierten Energie konterkariert.

Auch hier liegt die Lösung in der Sektorkopplung, insbesondere durch die Nutzung der Gasnetze.

Nur dadurch kann dem räumlichen **Haupteffekt von Netzen** – Entzerrung von Einspeisung und Entnahme über Hunderte von Kilometern – der zeitliche Effekt hinzugefügt werden: Entzerrung des Zeitpunktes von Einspeisung und Entnahme. Weitere Ausführungen unter Pkt.2.10

Ausgehend von den Darstellungen zur Dimensionierung der „Erzeugung“ (Leistungsbereitstellung) sind - wie bereits ansatzweise erläutert - zwei sich ergänzende Entwicklungsstränge deutlich sichtbar:

- a) Ausbau des Höchstspannungsnetzes zum Transport der Offshore- Energie und gleichzeitig zur Gewährleistung der gesicherten offshore Wirkleistung, aber auch zum – soweit erfolgreich ausgehandelt – zum Transport dekarbonisierter Importenergie, bzw. Gewährleistung von gesicherter und dekarbonisierter Import- Wirkleistung und

- b) Ausbau aller Spannungsebenen der Verteilungsnetze zum Transport sowohl der naturabhängigen PV- und Wind-onshore- Energien als auch zum Transport und zur Gewährleistung der gesicherten und regelbaren regenerativen Energien wie Bio und Geothermie, sowie auch Wasserkraft

Selbstverständlich sind jeweilige regionale Besonderheiten zu beachten. Wie unter Pkt. 2.9 noch erläutert wird, ergeben sich direkt aus dem massiven Zuwachs der installierten Leistungen und der Dynamiken bei Erzeugung und auch Nachfrage deutlich zunehmende Erfordernisse an Systemdienstleistungen und damit an einer Symbiose der dafür zuständigen ÜNB und VNB.

Damit, ergänzend auch vor dem Hintergrund der Sektorkopplungen und der perspektivisch erforderlichen Energie- Schnittstellen wie P2x, erscheint es dringend geboten:

- den Ausbau der Netze voranzutreiben,
- die Möglichkeiten einer koordinierten Planung von ÜNB und VNB rechtlich-regulatorisch zu unterstützen (*Anmerkung: Mit der ARGE Ost ist im neuen Bundesgebiet ein sehr positives Beispiel entstanden, wie ÜNB und große VNB sehr eng zusammenarbeiten*)
- die Möglichkeiten einer - wiederholt vorgeschlagenen - koordinierten Planung von Gas- und Stromnetzbetreibern rechtlich- regulatorisch aufzugreifen, um keine Fehlentwicklungen (i.S. „zu viel oder zu wenig“) und spätere erhöhte Korrekturbedarfe zuzulassen
- in Analogie zum EEG auch für die „Verkehrswende“ einen regulatorischen und technologieoffenen **Anschub über die Verteilungsnetze**, insbesondere bei Strom und Gas, zu etablieren (ansonsten droht ein Regelungschaos, hilfsweise ein Stillstand bei der Durchsetzung von alternativen Antrieben und den jeweiligen Energie-Schnittstellen, unabhängig ob als Ladesäule, Induktion, Gasanschluss usw.)
- hilfsweise regulatorisch- rechtliche Voraussetzungen- ggfs. als übergangsweiser Anschub
- zur **VNB- seitigen Koordinierung** von P2x, von Laststeuerungen, echtzeitbasierter Sensorik und ggfs. echtzeitbasierter Steuerung zu schaffen
- regulatorisch –rechtliche Voraussetzungen – ggfs.- als übergangsweiser Anschub, gemeinsam mit den jeweiligen Telekommunikationsunternehmen – zur **koordinierten Infrastrukturverlegung (5G, bzw. mindestens Internet größer 200 Mbit)**

### c) besondere und nachhaltige Notwendigkeit und Anwendung des (n-1) Prinzips

Unabhängig, ob und in welcher Größenordnung ein Import von dekarbonisierter Energie gelingt, ist ein sehr hoher Zubau an zusätzlicher regenerativer Energie erforderlich.

Da bei den großemäßig wichtigen Energieträgern PV und Wind die energetische Ausbeute - wie bereits erläutert – zwischen 10 und 40 % schwankt, muss einerseits die installierte Leistung deutlich erhöht werden (damit die energetische Absicherung gelingt), aber andererseits jedes „Teilintegral“, also jedes Teilprodukt von nutzbarer Leistung und der jeweiligen Bereitstellungszeit, auch tatsächlich genutzt werden. Dies betrifft insbesondere die naturbedingten Zeiträume, bei denen eine extrem hohe Einspeise-Wirkleistung erreicht wird, die in der Regel und ständig zunehmend **über den Maximalwerten der nachgefragten Leistungen liegen wird.**

Ausbaukappungen, Leistungsreduzierungen oder das heute wegen fehlenden Leitungsbaus noch angewendete EEG-Erzeugungsmanagement verschlechtern die Energieausbeute.

Die häufig anzutreffende Aussage, dass mit der Digitalisierung das (n-1)- Prinzip überflüssig würde, entbehrt dementsprechend jeder Grundlage. In einer vollständig dekarbonisierten Energieversorgung **muss jedes „Stück“ regenerative Energie aufgefangan, aufgesammelt, transportiert, ggfs.**

**gespeichert und der jeweiligen Nutzung zugeführt werden.** Es ist physikalisch unumstößlich, dass Netze weder im energetischen Durchschnitt dimensioniert, noch betrieben werden können. Bei Erfordernis kann dies vor jedem Gremium, basierend auf den einschlägigen DIN-VDE- Vorschriften und der Basisvorschrift § 49 EnWG- Anforderungen an Energieanlagen - vorgetragen werden.

Aus Gutachtersicht, basierend auf 30 Jahre Erfahrung im praktischen Netzbetrieb, davon fast 10 als Technischer Geschäftsführer eines großen ÜNB, muss darüber hinaus konstatiert werden, dass es unverantwortlich ist, ein hoch angespanntes Verbundnetz mitten im Herz von Europa, konkreter, das Europäische elektrische Kontinentalnetz (heute ENTSO-E) ohne ausreichende Stabilitätsreserve zu fahren. Die Gefahr von Frequenz-oder Spannungslawinen, zuletzt am 4.11.2006 im großen Umfang passiert, würde heute – 12 Jahre später – zu massiven Auswirkungen führen. Dabei sind zusätzlich die Gefahren von Terrorangriffen auf diese, aus gutem Grund als kritische Infrastrukturen definierten, Anlagen der unmittelbaren Daseinsvorsorge komplex und umfassend zu bedenken.

Ein weiterer Punkt sind die Naturkatastrophen, insbesondere die Auswirkungen auf Netze durch Sturm und Orkan. Die nur in Deutschland (bisher) angewendete Bau-und Betriebsphilosophie von Doppelleitungen, gepaart mit dem (n-1) Prinzip, hat sich deutlich robuster gezeigt, als nur Einfachleitungen, ohne Übertragungsreserven.

Die angespannte oder besser Dauerstresssituation des deutschen Netzes ergibt sich nicht zuletzt auch aus dem Monitoring Bericht 2017(Q4), z.B. hinsichtlich der Eingriffstage der ÜNB/ VNB zur Gewährleistung der Systemstabilität (in 2016 erfolgten an 329 Tage solche „Not“- Eingriffe).

Als letzter Punkt muss mit aller Deutlichkeit auf den grenzüberschreitenden Aspekt hingewiesen werden. Auf Grund des bereits erfolgten und zukünftig zu realisierenden Ausbaues der regenerativen Energien, wird es – ohne ausreichenden innerdeutschen Netzausbau - zu einer weiteren Inanspruchnahme der benachbarten Teile des europäischen Verbundnetzes kommen. Ganz unabhängig, ob und wie Europa ordnungspolitisch – ggfs. mit Preiszonen – reagiert, wäre es die Pflicht der benachbarten Transmission System Operator (TSO = ÜNB), ggfs. restriktiv einzugreifen, um „ihre“ Netze zu entlasten. Bei Sicherheitsabschaltungen, die im Übrigen auch durch Schutzeinrichtungen automatisch erfolgen könnten, würde es gemäß den physikalischen Regeln zur Verlagerung des Stromflusses dann zu Überlastungen im deutschen Netz kommen. Die **Übertragungsreserve eines Netzes mit (n-1)** wäre dann, temporär, sofort nutzbar.

Eine reine Digitalisierung könnte dagegen den Überlast- Zustand, bzw. den dann folgenden Netzausfall, sehr gut erfassen und dokumentieren, aber nicht verhindern.

Richtig aus Gutachtersicht ist dagegen die **Notwendigkeit der Digitalisierung** im Sinne einer umfassenden Sensorik, Steuerung und Koordinierung von Nachfrage, Bereitstellung und Überwachung der Netze, jeweils im **Echtzeitmodus**.

*Anmerkung:*

*Es erscheint folgender Vergleich absolut vertretbar: Beim Betrieb der Autobahnen, aber auch großer Schnellstrecken, hat es sich sehr bewährt, eine Seiten-, bzw. Not-Spur einzurichten. Rein mathematisch wäre es – in Hinblick allein auf die Auslastung - deutlich effizienter, auf diese zu verzichten. Das Gebot des Schutzes von Menschenleben und Sachwerten sowie einer unverzüglichen Hilfe steht solchen Bestrebungen nachvollziehbar entgegen.*

**d)Besondere Berücksichtigung der real erreichbaren Netzausbaugeschwindigkeiten**

Ohne auf die Details, z.B. des laufenden Ovanet-Projektes, der EnLaG- und NABEG- Projekte, einzugehen, ergeben sich aus vielfältigen Gründen, die allen Experten und auch dem BMWI oder der BNetzA bekannt sind, erhebliche Verzögerungen beim Bau neuer Leitungen.

Für eine wirksame und umfassende Dekarbonisierung werden wirksame und tatsächlich nutzbare Übertragungskapazitäten gebraucht.

Aus Gutachtersicht erscheint es geboten, mit dieser Situation real und ausgewogen umzugehen, ggfs. durch gleichzeitige Nutzung von parallelen Ausbaustrategien.

Neben dem Ausbau, der ggfs. sehr lange Zeiträume in Anspruch nehmen kann, sind – basierend auf der Logik des E-EVS, das aus vielen Systemelementen besteht – auch Aspekte zu entwickeln und zu fördern, die zur Kompensation beitragen, bzw. für einen Übergangszeitraum geeignet sind.

Dabei sind vor allem solche Maßnahmen herauszuarbeiten, die gemäß der perspektivischen dekarbonisierten Energie- und Leistungsbereitstellung in jedem Fall, also nachhaltig, benötigt werden.

Dazu gehören die (Wieder-) Nutzbarmachung der Pumpspeicher, eine regelbare Biomassenutzung und Biomasse- Speicherung, alle (technologieoffenen) Pfade der Sektorenkopplungen, insbesondere der Nutzung von Wärme/ Wärmenetzen, (grünem) Gas/ Gasnetzen und (dekarbonisierter) Mobilität.

#### **e)Fragen(Auszug) :**

*Was ist vorgesehen, um die sehr guten Erfahrungen der Zusammenarbeit von ÜNB und VNB, z.B. bei der ARGE Ost, auf andere Netzgebiete auszudehnen?*

*Warum erfolgt noch keine koordinierte Planung der Übertragungs- und Ferngasnetzbetreiber auf der Ebene der BNetzA?*

*Welche Abstimmungen wurden eingeleitet, um die aktuelle Belastung der Nachbarnetze von Deutschland zu minimieren?*

*Welche Abstimmungen auf Ebene der EU und des Energierates wurden eingeleitet, um beim perspektivischen Ausbau von Wind offshore und Wind onshore die Belastungen der Nachbarnetze um anforderungsgerechten Bereich zu belassen?*

*Welche Untersuchungen wurden veranlasst oder sollen auf EU-Ebene veranlasst werden, um bei zunehmender dekarbonisierter Elektrizitätsversorgung, den **Ansprüchen für hohe Energieversorgungssicherheit und einem funktionierenden Elektrizitätsbinnenmarkt** zu entsprechen?*

*Was wird unternommen, um das (n-1) Prinzip im E-EVS gesetzlich zu verankern?*

*Welche Abstimmungen, bzw. gemeinsame Untersuchungen mit den anderen Kommissionen, u.a. zur Verkehrswende, sind vorgesehen, um zu mindestens auf regionaler Ebene die Maßnahmen der Energie- und Verkehrswende, jeweils auf dekarbonisierter Grundlage, zu koordinieren, zu fördern und zu beschleunigen (koordinierte Netzplanungen, Energieschnittstellen für P2x usw.)?*

## **2.7 Status und Abschätzungen zu (aktuellen) Speicherkapazitäten beim Elektrizitätssystem**

### **a)Status 2016, hier speziell PSW**

In Deutschland sind **leistungsstarke Elektrizitätsspeicher** mit einer Arbeitsverfügbarkeit im zweistelligen Stundenbereich nur mit der Kapazität von Pumpspeicherwerken zu verzeichnen.

Die PSW- Gesamt-Kapazität liegt bei ca. 7 GW mit einer Speichergröße von ca. 37 000 MWh. Die größte Anlage von Deutschland ist das PSW Goldisthal mit 1,06 GW und 8,5 GWh. Diese Kapazität reicht entsprechend für einen Vollastbetrieb von 8 Stunden, bzw. bei halber Last von 16 Stunden. Die Anlage ist ohne jede externe Unterstützung schwarzstartfähig. Sie verfügt über zwei (von vier) Pumpturbinen mit variabler (asynchroner) Drehzahl.

Die weltweit größte Anlage befindet sich in der Volksrepublik China in Fengning mit 3,6 GW. Eine der weltweit größten PSW steht in den USA „Bath County Pumped Storage Station“ mit 3 GW.

In Europa liegt in Frankreich die Anlage Grand-Maison mit 1,8 GW sehr weit vorn. Weitere sehr große Anlagen arbeiten in Japan, Taiwan, Italien, Australien und Russland.

In der elektrischen Nachbarschaft von Deutschland verfügen weiterhin vor allem Österreich, die Schweiz und Luxemburg über PSW.

*Anmerkungen:*

*Immer wieder – auch in Fachkreisen - wird auf das große Potenzial von vorhandenen Pumpspeicherwerken in Norwegen verwiesen. Norwegen verfügt über mehr als 1000 Wasserkraftwerke. Viele dieser Anlagen könnten theoretisch umgebaut werden.*

*Ebenso werden die großen Wirkungen von Batterien beschrieben. Allerdings liegen die Arbeitsverfügbarkeiten derzeitiger Leistungsbatterien und deren Speichergröße weit unterhalb von PSW. Aktuell wird in der Presse berichtet, dass in Großbritannien das größte Batterienetz der Welt geplant ist, mit 45 Anlagen zu je 50 MW, also 2,25 GW. Nutzbare Kapazität (Arbeitsverfügbarkeit) im kleinen Stundenbereich. Im Vergleich beträgt die Kapazität des größten PSW von Großbritannien, in Dinorwig, allein 1,7 GW.*

**b) Abschätzung zur Mehrmonats- Speicherfähigkeit von Elektrizität**

Die hohe Bedeutung von PSW erklärt sich aus der im **Sekundenbereich** verfügbaren MomentanWirkleistung und der von keiner sonstigen Anlage erreichten Funktionssicherheit und tatsächlich vorhandenen Startbereitschaft und gesicherten Leistungserbringung.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal ist die Erbringung von positiver (Leistungsbereitstellung) und negativer (Leistungsentnahme) Momentan Wirkleistung.

Anlagen wie Goldisthal sind darüber hinaus in besonderem Maß regelfähig und geeignet, die naturbedingt hohen und weiter wachsenden Gradienten (Änderungsgeschwindigkeiten und Änderungsbeschleunigungen von PV und Wind) auszugleichen.

*Anmerkung:*

*Es ist wichtig darauf zu verweisen, dass auch bei einem befristeten Weiterbetrieb von konventionellen Anlagen deren Regelgeschwindigkeit – auch nach Nachrüstungen – technologiebedingt nicht annähernd den Parametern der PSW entspricht.*

Weitere Details sind dem gesonderten Gutachten von Neldnerconsult „PSW als bipolare Systemstabilisatoren“ zu entnehmen.

Der aus Gutachtersicht klar zu benennende Nachteil von PSW liegt in der begrenzten Arbeitsfähigkeit, die sich aus der begrenzten Fassungsfähigkeit des jeweiligen Oberbeckens und der dort

gespeicherten potentiellen Energie des Wassers ergibt. Zu den Aspekten der Systemstabilität wird unter Pkt. 2.9 ausgeführt werden. Dafür erscheinen PSW - wie ausgeführt wegen ihrer unerreichbaren Schnelligkeit, Wendigkeit und Startsicherheit - aus Gutachtersicht unverzichtbar. Insoweit kann schon hier konstatiert werden, dass die (Wieder-) Herstellung der uneingeschränkten Nutzungsfähigkeit der vorhandenen PSW - z.B. durch sofortige Außerkraftsetzung der Netzentgeltspflichtigkeit – eine Muss- Maßnahme werden sollte.

Für die langfristige Arbeitsverfügbarkeit des zukünftig dekarbonisierten und transformierten E-EVS, insbesondere die Zwischenspeicherung der Sommer- Sonnen- Energie über Monate bis zum Winter, bedarf es anderer Energiespeicher.

In vielen Studien und Fachtagungen wurde dazu sehr umfänglich ausgeführt. Übereinstimmend kann klargestellt werden, dass derzeit nur eine Energieart in sehr großer Menge und ohne Vorleistungen die Anforderungen einer mehrmonatigen Energiespeicherung erfüllt- **dies ist Gas.**

Es ist zu betonen, dass es zunächst die **Eigenschaften von Gas** sind, die als Grundlage für diese Feststellung dienen. Selbstverständlich ist – wie schon im Klimaschutzbericht 2050 der Bundesregierung ausgeführt – im Zuge der Dekarbonisierung davon auszugehen, dass heutiges (Erd-)Gas durch Grün- Gas, bzw. synthetisch und regenerativ hergestelltes Gas ersetzt wird. Die Gas- Eigenschaften bleiben unverändert.

Insoweit sind auch die Infrastrukturen, speziell die vorhandenen Gasnetze und die vorhandenen Gasspeicher weiter zu erhalten und zu nutzen.

Es kann bereits hier festgestellt werden, dass aus Gutachtersicht eine NoGo- Maßnahme darin bestehen muss, dass kein Verbot und kein Rückbau von Gas- Infrastrukturen oder Gasspeichern angeordnet oder entschieden wird.

Positiv gewendet, ist als Muss- Maßnahme darauf zu dringen, dass rechtlich- regulatorisch alle Maßnahmen ausgeschöpft werden, die einen Weiterbetrieb dieser Anlagen ermöglichen.

Als Nachteil muss aus Gutachtersicht dargestellt werden, dass Ein und Ausspeicherungen von Energie bei Gas nicht sehr schnell erfolgen können. Im Gegensatz dazu arbeiten allerdings P2G und P2H- Anlagen im regelbaren Sekundenbereich.

Das Einsatzspektrum und der Mix des Einsatzes von unterschiedlichen Anlagen ist daher weiter zu untersuchen.

Darüber hinaus sind die Forschungen zur Energiespeicherung zunehmend auf Anlagen zu konzentrieren, die eine sehr leistungsstarke Speicherung (hoher GW-Bereich) mit einer entsprechend hohen Speicherbarkeit über Monate hinweg zulassen.

*Anmerkung:*

*Gemäß dem Monitoring Bericht 2017 der Bundesnetzagentur(Q4) beträgt allein das Arbeitsgasvolumen der bei der BNetzA gemeldeten 24 Betreiber von Unterspeicheranlagen 25 Mrd. Kubikmeter.*

*Das Netz der Ferngasbetreiber und der Verteilungsnetzbetreiber, das - als Alleinstellungsmerkmal gegenüber ÜNB und VNB bei Strom – ebenfalls Gas als nutzbaren Energieträger speichert, ist dabei noch nicht eingerechnet.*

*Bei einer der möglichen Umrechnungen – hier mit dem oberen Heizwert(Brennwert) von 9,77 kWh pro Kubikmeter – ergäbe sich eine Energiemenge von mehr als 200 TWh. Zum Vergleich: die Mindestnachfrage nach Elektrizität liegt bei 500 TWh pro Jahr.*

### **c)Thesen und Fragen zu Nutzungsmöglichkeiten (NoGo und Sofortmaßnahme)**

Im Zuge der Transformation des E-EVS wird immer offensichtlicher, dass PSW besondere Alleinstellungsmerkmale als systemstabilisierende Einrichtungen, vor allem hinsichtlich der sehr großen Zuverlässigkeit, der rasanten Schnelligkeit, der Dämpfungswirkung von dynamischen Vorgängen und der Richtungsumkehr haben. Es ist zu prüfen, ob neben dem unverzüglich durchzusetzenden Entfall der Netzentgeltspflichtigkeit solche Anlagen nicht einen besonderen Status als Systemstabilisator erhalten sollten. Dies wäre zu untersuchen.

Ebenfalls ist die Frage der koordinierenden Zuständigkeit zur Überwachung und zum Einsatz solcher Anlagen baldmöglichst zu beantworten. Ohne solchen Bearbeitungen vorzugreifen, drängt sich aus pragmatischer Sicht der Eindruck auf, dass mit den ÜNB für die PSW auf Höchstspannungsebene und mit den VNB für alle anderen PSW solche Koordinatoren bereits vorhanden sind. Solche Regelung wäre auch ein wichtiges Signal zur Notwendigkeit, zur Planungssicherheit und zur Zuständigkeit anderer, insbesondere auch von Gas- Speicheranlagen.

Zusätzliche Fragen:

*Welche Untersuchungen wurden veranlasst, um hinsichtlich einer vollständigen Dekarbonisierung und eines vorrangigen Einsatzes der dekarbonisierten Energieträger PV und Wind, deren Energiedargebot mit „Mehrmonats- Speichern“ sicher aufzufangen und nutzbar zu speichern?*

*Welche Untersuchungen sollen erfolgen, um den Mix von schnell regelbaren und schnell speicherbaren Anlagen in systemdienlicher Weise mit den Anlagen zu koordinieren, die deutlich langsamer arbeiten, dafür über eine sehr hohe Kapazität und eine mehrmonatige Arbeitsverfügbarkeit verfügen?*

Für die Systemsicherheit im Allgemeinen, die zunehmend geforderte Flinkheit, Richtungsumkehr und Flexibilität, sowie den absolut unabhängigen Schwarzstart im speziellen existieren auf absehbare Zeit **nur Pumpspeicherwerke**. Auf Grund der aktuellen betriebswirtschaftlichen Werte und des derzeit marktbasiernten Einsatzes sehen sich allerdings die aktuellen Eigentümer und Betreiber gezwungen, diese Anlagen außer Betrieb zu nehmen, ungenutzt zu lassen, neue Projekte nicht zu verfolgen und Rückbaupläne aufzustellen.

*Welche Sofortmaßnahme, z.B. sofortiger Entfall der einer Dekarbonisierung entgegenstehenden Netzentgeltspflichtigkeit, sind beabsichtigt?*

*Welche Untersuchungen, ggfs. für ein eigenständiges „Speichergesetz“, sind geplant, um Forschungen und Pilotprojekte für neue Elektrizitäts- oder übergreifende „Sektorenspeicher“ beschleunigt zu fördern?*

*Welche Untersuchungen zur Anerkennung und zum praktischen Einsatz von PSW als Systemstabilisatoren, ggfs. auch im Rahmen eines „Systemsicherungsgesetzes“ mit Koordinierungszuständigkeiten der jeweils regional zuständigen Netzbetreiber sind vorgesehen?*

Wie schon im Klimaschutzbericht 2050 der Bundesregierung (Q5) aufgezeigt, ist Gas, bzw. zugehörige Netze und Infrastrukturen dann weiter zu betreiben, wenn es aus regenerativen Quellen, bzw. mit regenerativer Energie gewonnen wurde, sogenanntes EE-Gas oder „Grünes“ Gas oder auch synthetisches Gas.

*Welche Sofortmaßnahmen sind geplant, um betriebswirtschaftliche Fehlentscheidungen – in vermeintlicher Umsetzung der Dekarbonisierung – zur Außerbetriebnahme und irreversiblen Rückbau von Gasnetzen und von Gasspeichern zu vermeiden?*

*Welche Anreize können gesetzt werden, um den Weiterbetrieb von Gasinfrastrukturen mit „Grün“ Gas zu beschleunigen und ggfs. – z.B. für die Verkehrswende – auszubauen?*



## 2.8 Status und Abschätzungen zu aktuellen Export-/ Importkapazitäten, Aspekte der TSOZusammenarbeit auf Ebene des europäischen Verbundnetzes

Wie oben ausgeführt, ergeben sich aus der Dekarbonisierung auch Anforderungen für den zukünftigen Export und Import von perspektivisch dekarbonisierten Energieträgern beim EVS, bzw. dekarbonisierter Elektrizität beim E-EVS.

Beim elektrischen Verbundnetz sind die bestehenden Restriktionen der sehr begrenzten grenzüberschreitenden Transportkapazitäten zu beachten.

Im europäischen Regelwerk, siehe dazu auch Pkt. 2.1, ist eine Vielzahl von konkreten Maßnahmen und Projekten hinterlegt, die in Deutschland grundsätzlich mittels des EnWG, spezifisch mittels EnLAG und NABEG umgesetzt wurden und werden.

Wie beim innerdeutschen Netzausbau sind auch die grenzüberschreitenden Realisierungsgeschwindigkeiten neuer Kapazitäten sehr gering. Der Kooperation und Koordinierung der jeweils zuständigen Transmission System Operator in den Mitgliedsländern kommt daher eine sehr große Bedeutung zu. Zuständig ist – nach der Zusammenführung der Verbände UCTE und ETSO - seit vielen Jahren ENTSO-E bei Elektrizität (und ENTSO- G bei Gas). Die Zusammenarbeit ist mit einem Vertragswerk aller Partner verankert und wird von der EU-Kommission und vor allem der Europäischen Regulierungsbehörde ACER überwacht.

Für die operative Zusammenarbeit existiert das Operational Handbook mit einer Vielzahl von Regeln u. a. zur Frequenzhaltung, zur Systemsicherheit, zur Stress- und Notfallbeherrschung und zum Training des Operativpersonales. Verstärkt wird seit 2016 das Instrumentarium der EU-Netzregeln verwendet. Richtigerweise und in weiter Voraussicht berücksichtigen diese Regeln zunehmend auch die Transformationsprozesse im E-EVS.

Mit der Dekarbonisierung, der Digitalisierung und der Dezentralisierung und zunehmenden Systembeeinflussungen durch **Kleinst- und Multi-Akteure** kommen neue Herausforderungen auf das Verbundnetz, insbesondere bei Elektrizität zu.

Nachvollziehbarerweise orientiert die EU-Kommission mit dem neuen Winterpaket nun auch auf eine stärkere Betonung der Distribution System Operator DSO (= Verteilungsnetzbetreiber) und deren Kooperation und Koordinierung untereinander, vor allem aber mit den jeweiligen regelzonenverantwortlichen TSO.

Diese Thematik ist höchst komplex, aber im Zuge der kompletten Transformation der Systeme von Deutschland und Europa hinsichtlich des robusten Funktionierens von existenzieller Bedeutung.

Herr Dipl.-Ing. Wolfgang Neldner verfügt über besondere Erfahrungen, da er – ausgehend von seinem Studium der „Kybernetik großer elektrischer Systeme“ - und seiner langen operativen Tätigkeit auf folgende Aspekte verweisen kann:

- Kenntnis der großen Übertragungssysteme in Ost und West,
- wesentliche Mitwirkung in leitenden Funktionen bei der Elektrischen Wiedervereinigung von Deutschland, sowie West-und Osteuropa,
- Zuständigkeiten bei osteuropäischen Verbänden wie CENTREL bis zu deren Tätigkeitsende,
- Vertreter der deutschen TSO bei UCTE und später ENTSO-E
- Mitwirkung bei der Zusammenführung von ETSO und UCTE zur ENTSO-E
- Mitwirkung beim Aufbau der Marktgebiete zur Etablierung des Elektrizitätsbinnenmarktes
- aktiver und unmittelbarer Zeitzeuge – als Technischer Geschäftsführer – der schweren Systemstörung bei ENTSO-E mit Teilzusammenbruch am 4.11.2006
- langjähriger Dozent bei GridLab, einem Trainingszentrum für Operativpersonal von TSO und DSO.

Insofern kann hinsichtlich der o.g. neuen Herausforderungen der Dekarbonisierung und anderer Entwicklungen nur nochmals unterstrichen werden:

a) leistungsstarke Verbundnetze sind – wie im EU-Vertrag verankert – sowohl für den Binnenmarkt, den Elektrizitätstransport als auch für die europaweite Energieversorgungssicherheit unverzichtbar. Die besondere Bedeutung großer Verbundnetze liegt vor allem in der hohen Robustheit und (physikalisch begründeten) Widerstandskraft gegen Störeinflüsse.

b) auf Grund der gigantischen Größenordnung der zukünftigen dekarbonisierten Systeme bei gleichzeitig nur begrenzten gesicherten Momentan-Wirkleistungen sind - neben dem starken Ausbau der TSO- Philosophie auf EU-Ebene - neue Wege, u.a. bei der Kooperation und Koordination zu anderen Netzen wie Gas und Wärme oder auf regionaler Ebene erforderlich, mindestens prüfenswert.

c) Konventionelle Großkraftwerke tragen – bis zu ihrer Dekarbonisierung – mittels ihrer „rotierenden Massen“ in erheblichem Maß zu einer ausreichenden Momentan Reserve und damit einer „systemtragenden und systemsichernden Trägheit“ bei. Noch vorhandene PSW können mit ihren dynamischen Eigenschaften hervorragend zur Systemdämpfung beitragen und kompensierend bei der Beherrschung von Netzengpässen, Stresssituationen und Störfällen sowie beim Schwarzstart eingesetzt werden. Bis zum Einsatz ausreichender dekarbonisierter Systemstabilisatoren ist ggfs. ein grenzüberschreitender und temporärer Einsatz zu prüfen.

Weitere Details unter Punkt 2.9

## **2.9 Status und Abschätzung zur Funktionalität des Systems, SoS- Kriterien und Systemstabilität**

### **a) Überblick zu physikalischen Anforderungen an die Erhaltung der Stabilität**

Elektrizitätssysteme bedürfen neben einer weitsichtigen und nachhaltigen Planung einer Vielzahl von operativen Stabilisierungsmaßnahmen.

Wie jedes System unterliegt auch ein elektrisches System Stressbeanspruchungen, Störeinflüssen und ggfs. massiven Beeinträchtigungen an einem oder mehreren Systemelementen, die zum Teil- oder Totalausfall des Systems führen können. Zu den Betriebszuständen, bzw. Betriebsphasen siehe Abb.Nr.1, bzw. Anhang Nr.3.

Robuste und widerstandsfähige Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei jeglichen Beeinträchtigungen sehr schnell und stabil in den anforderungsgerechten und sollwertkonformen „Normal-Zustand“ zurückkehren.

Dazu bedarf es Einrichtungen, die in Echtzeit am Systembetrieb unmittelbar teilnehmen (z.B. Momentan-Reserven der rotierenden Generatoren, Regelungseinrichtungen von Transformatoren, Generatoren u.a.) oder auch im Sekundenbereich zuschaltbarer Einrichtungen (wie PSW, Batterien u.a.).

Allerdings beschränkt sich die Systemstabilität nicht allein auf die Balance der nachgefragten Wirkleistung und der exakt zu diesem Zeitpunkt bereitzustellenden Wirkleistung (Gleichgewicht der Momentan-Wirkleistungen, bzw. Frequenzstabilität). Es sind - wie mehrfach erläutert - weitere Parameter und Stabilitätsprämissen einzuhalten:

## Weitere SoS- Kriterien für die Erhaltung der Systemstabilität und damit der Funktionalität des Gesamtsystems in allen Betriebsphasen



- Statische und dynamische Stabilität
- Stabilität von Frequenz und elektrischer Wirkleistung
- Stabilität von Spannung und elektrischer Blindleistung
- Polradwinkelstabilität
- Kurzschlussleistung
- Regelzonen- Inselbetriebsfähigkeit
- (n-1) Prinzip
- .....
- .....

16.2.2018

www.neldnerconsult.eu

15

**Abb. 18:** Parameter für die Systemstabilität eines E-EVS

Da selbst in Fachkreisen oft in Vergessenheit geraten, sei an dieser Stelle auf die RegelzonenInselbetriebsfähigkeit hingewiesen, die als gesetzliche Vorschrift in der Strom – Netzzugangs- VO enthalten ist. Danach ist bei einer Inselung der Regelzone (kein Synchron-Betrieb mehr mit dem übergreifenden Verbundnetz) durch den jeweiligen regelzonenverantwortlichen ÜNB so viel Wirkleistung (Kernleistung) innerhalb der Regelzone vorzuhalten, dass ein stabiler Inselbetrieb und eine baldmögliche Synchronisierung zum Verbundnetz ermöglicht wird.

Es ist offensichtlich, dass bei einem dekarbonisierten System hier Anpassungen sowohl der Vorschrift („dekarbonisierte Kernleistung“) als auch der tatsächlichen Umsetzung, Umsetzbarkeit und Vorhaltung erforderlich werden. Dies betrifft sowohl den Aspekt der Vorhaltung von gesicherter MomentanWirkleistung innerhalb der Regelzonen als auch den Aspekt der anforderungsgerechten Höhe.

### **b) Abschätzung zur Zunahme der Defizite bei Erhaltung der Stabilität,**

Schwerpunkt:

Spannungshaltung, Kompensation der „wegfallenden“ Momentan Reserve (rotierende Massen), Systemdienstleistungsanteil aller Akteure

Wie bereits ausgeführt, werden mit der Umsetzung der Energiewende (Entfall der Kernkraftwerke) und der Dekarbonisierung (Entfall aller konventionellen Kraftwerke auf Kohle-, Öl- und Erdgasbasis) alle bisherigen sogenannten Großkraftwerke entfallen.


Dieser Prozess kann sich – wie die Anmeldungen zur Außerbetriebnahme zeigen – auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen deutlich beschleunigen.

Anlagen, die nicht aktiv am Systembetrieb teilnehmen, können absolut keine Systemdienstleistungen wie Momentan Reserve, Regelungen oder Dämpfungen erbringen. Gespiegelt an den Anforderungen unter Pkt.2.9, Buchstabe a ist es erforderlich, ausreichenden dekarbonisierten Ersatz zu schaffen.

Neben zentralen Maßnahmen oder „grenzüberschreitenden Unterstützungen“ erscheint es geboten, alle zukünftigen System- und auch (Multi-) Akteure an diesen Aufgaben zu beteiligen. Wie wiederholt ausgeführt, geht es dabei nicht nur um die Aspekte beim Systemelement „Erzeugung“ (s.a. Pkt. 2.5), sondern um alle Elemente des Systems. Aus Gutachtersicht ist eine koordinierte Zusammenschaltung vieler kleiner Erzeugungen, kleiner Speicherungen und kleiner steuerbarer Lasten (virtuelle Systemuntereinheiten) keine unlösbare Aufgabe. Im Zusammenspiel mit einer echtzeitbasierten Überwachung und Steuerung kann dies sowohl der Marktentwicklung als auch stabiler Systeme dienen.

Wie bereits oben ausgeführt, sind dekarbonisierte Energieträger wie Bio und Geothermie wieder stärker auszubauen und zwingend mit systemsichernden (Regelungs-) Einrichtungen auszustatten. Für die Zwischenzeiten sind ggfs. „Systemstabilisatoren“ auszuschreiben. Dabei ist eine Reihe von Anforderungen zu beachten. Eine Auswahl (Q2) ist nachfolgend dargestellt.

**Der Systemstabilisator-  
die anlagenkonkreten Kriterien als Anforderungen an  
systemsichernde Einrichtungen(regenerativ und  
konventionell) von heute und morgen !!!**



- Gesicherte **Aufruf- und Startbereitschaft** des Systemstabilisators
- Anforderungsgerechte und unverzögerte Leistungs- und Spannungsbereitstellung, einschließlich der geforderten Änderungsgeschwindigkeiten, **Echtzeitdaten an ÜNB/VNB**
- Inselbetriebsfähigkeit, autarker oder (abgesichert) unterstützter Wiederanfahrbetrieb
- **Abgesicherte** (Brennstoff-) Bevorratung am Erzeugungsstandort !!
- Erprobtes Konzept für Mindest-, Alternativ und Notbetrieb, einschließlich einsatzbereites Bereitschaftspersonal und Treibstoffbereitstellung
- Erprobtes Konzept für **übergreifendes** Training der zuständigen Führungskräfte und der Diensthabenden im Operativsystem
- **Leistungsspannbreite: 20- 35 % der höchsten Systemlast** als Normierungsgrundlage, weitere wissenschaftlich-praktische Untersuchung erforderlich, starke Abhängigkeit von Besonderheiten der Regelzone, der verfügbaren(!) Kuppelkapazität und dem Status der konventionellen u. regenerativen Kraftwerke, sowie vor allem der **(noch vorhandenen) Pumpspeicherwerke**

16.2.2018 www.neldnerconsult.eu 35

**Abb.:19:** Kriterien für einen „Systemstabilisator“

### c) Besondere Defizite beim „Schwarzstart“ (Wiederanfahren des Systems nach Totalausfall)

Im Punkt 2.7 wurden die besonderen Eigenschaften von PSW hinsichtlich einer komplett autarken Schwarzstartfähigkeit dieser Anlagen dargestellt. Es wurde aber auch auf die Tatsache der großen aktuellen betriebswirtschaftlichen Probleme dieser Anlagen verwiesen. Bei Gasturbinen, die ebenfalls schwarzstartfähig sein können, steht wegen des Einsatzes von Erdgas die Dekarbonisierung bevor.

**Es ist dringend erforderlich, dass im Zuge der Systemtransformation alle Modelle und Notfallpläne überarbeitet werden hinsichtlich ausreichender und tatsächlich vorhandener schwarzstartfähiger und dekarbonisierter Anlagen.**

Dabei sind auch neue Wege zu gehen oder frühere Modelle des (regionalen) Schwarzstartes, z.B. in Metropolregionen, zu reaktivieren. Gerade durch die Möglichkeiten der Sektorenkopplung, insbesondere zu Gas und zu Gasspeichern und Gasnetzen, gepaart mit „Grüngas-Technologien“, oder zur Entwicklung zusammenschalteter (virtueller ) Batterien ergeben sich möglicherweise erfolgversprechende Lösungsansätze.

Auch auf der EU- Ebene muss aus Sicht des Gutachters diesem sehr wichtigen Thema der Wiederherstellung der Systemfunktionalität größere Bedeutung beigemessen werden. Der seit einiger Zeit eingeschlagene Weg der Kommission und auch von ACER zu bindenden EU- Netzwerkregeln sollte von den zuständigen Stellen als erfolgversprechendes Werkzeug ausgebaut und auf alle (neuen und Mehrbereichs-)Netznutzer ausgeweitet werden.

#### d) Notwendigkeit und Dimensionierung von gesicherter und verfügbarer Leistung

Zur Bedeutung dieses Aspektes wurde hinreichend ausgeführt, s.a. Pkt. 2.5.

Die Untersuchungen zur aktuellen Bewertung des Leistungskredites der unterschiedlichen Anlagen sollten baldmöglichst und bei unabhängigen Experten beauftragt werden. Sie stellen eine wesentliche Grundlage zur Dimensionierung zukünftig stärker erforderlicher Systemstabilisatoren oder ggfs. zwischenzeitlich erforderlicher Übergangslösungen dar.

#### e) Besondere Chancen durch PSW als bipolare Systemstabilisatoren und durch Laststeuerungen

Zur Bedeutung und den aus Gutachtersicht erforderlichen Untersuchungen und Sofortmaßnahmen insbesondere hinsichtlich der Gewährleistung der Systemstabilität wurde ausreichend im Rahmen dieser Kurzstudie erläutert.

#### f) Besondere Gefahren durch Naturkatastrophen und Terror

Die bisherigen Aussagen orientierten sich an einem stabilen System, das aus Gründen der Energiewende und der Dekarbonisierung einer grundlegenden Transformation zu unterziehen ist.

Auf Grund der aktuellen Entwicklung sind allerdings zwei Aspekte besonders hervorzuheben:

- **Naturkatastrophen:** Es ist nicht auszuschließen, eher mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass es auch weiterhin, ggfs. sogar verstärkt und häufiger, zu schweren Naturkatastrophen kommen kann. Die Wirkungen treffen, ähnlich wie beim Terroranschlag, in der Regel nicht nur ein Systemelement oder nur eine Anlage eines Elementes, sondern mehrere Anlagen mehrerer Systemelemente an verschiedenen Stellen, ggfs. (mehrfach) nacheinander.
- **Terroranschlagsgefahren:** Zusätzlich zur Naturkatastrophe muss hier davon ausgegangen werden, dass mit wenig Aufwand an vielen Stellen ein hoher und nachhaltiger Schaden, möglichst ein Totalausfall, mit Vorsatz und Berechnung erreicht werden soll.

Wie schon unter Buchstabe a-c erläutert, erscheint es aus Gutachtersicht geboten, den kompletten „Werkzeugkasten“ der Antistress-, der Antihavarie- und Notfallmaßnahmen komplett überprüfen zu lassen.

Beispielhaft erfolgen einige Anmerkungen:

Das **Energiesicherungsgesetz EnSiG** ist bis auf wenige Änderungen in der Version von 1975 gültig. Es regelt Defizite bei der Energiebereitstellung.

Aspekte aller anderen Systemelemente, Aspekte der Systemstabilität, Aspekte der Vorhaltung von Fachpersonal und Notfallkapazitäten und insbesondere von gesicherter Momentan-Wirkleistung oder ausreichender Blindleistung werden nicht behandelt. Das Gesetz kennt die Logik und die massiven Auswirkungen der Dekarbonisierung nicht, d.h. es regelt den Einsatz von Anlagen, die es perspektivisch nicht mehr geben wird.

Das EnSiG tritt erst nach Kabinettsbefassung bei einem Spannungszustand in Kraft. Erforderliche **Grunddaten zur System Beherrschung** liegen dann erst zu spät oder gar nicht vor.

Als Sofortmaßnahme kann in der Kommission erwogen werden, eine Neufassung oder – wie bereits erläutert – ein Ersatz im Sinne eines **Systemsicherungsgesetzes** anzuregen.

Bis heute gibt es im EnWG einen Paragraphen, der die **Brennstoffbevorratung** regelt (§50 EnWG). Kraftwerke, die naturbedingt keine Brennstoffbevorratung aufweisen können – wie Wind und PV – können diesen Anforderungen nicht entsprechen.

Es erscheint erforderlich, diese Aspekte untersuchen zu lassen.

Aus Gutachtersicht kann nur wiederholt werden, dass Bioanlagen grundsätzlich zur Brennstoffbevorratung in der Lage wären, wenn dies rechtlich so geregelt würde. Bei einer aktuellen Bio- Kapazität von 7 GW und einer theoretisch angenommen „Brennstoffbevorratung“ von 7 Tagen könnte eine erhebliche, zu mindestens partielle, Systemstabilisierung erreicht werden. Wenn man dies in intelligenter Weise mit den 7 GW PSW-Leistung koppelt – virtuelle Zusammenschaltung und Fernsteuerung der Anlagen vorausgesetzt – ergeben sich weitere Vorteile im Sinne Schwarzstart durch PSW und temporäre Übernahme durch Bio.

Seit 2006 unterliegen nur die Netzbetreiber der **Verpflichtung für eine Betriebserlaubnis** und umfangreichen Maßnahmen zur Sicherung der kritischen Infrastrukturen, bzw. der IKT-Einrichtungen. Es ist zu prüfen, ob die sehr stark zunehmende Anzahl der System- und Multi-Akteure in geeigneter Weise, insbesondere zu Teilnahme bei Stabilitätsmaßnahmen und sicheren Systembetrieb, einbezogen werden kann.

Als Koordinatoren, insbesondere auch für übergreifende Trainings oder „Vorab-Audits“, stünden auf Verbund, bzw. Höchstspannungsebene die ÜNB und ansonsten die jeweils zuständigen VNB ggfs. zur Verfügung, selbstverständlich jeweils in engster Abstimmung mit der BNetzA oder/ und den jeweiligen Energieaufsichtsbehörden der Länder.

In der Fachzeitschrift Energiewirtschaft 5-2018 wurde alarmierend und aufrüttelnd dargestellt und nachgewiesen, dass die heutigen Windanlagen sperrangelweit geöffnet sind für Hackerangriffe. Dabei wird vorgeführt, dass nicht nur die Steuerung problemlos durch Hacker gelänge, sondern – deutlich systemgefährdender - die Suggestierung anderer, ggfs. gegenteiliger Betriebs- und Einspeisezustände auf den Warten und damit bei den Netzbetreibern und Systemführern, als in der Wirklichkeit. Bei einer Hackeransteuerung von 60 GW wären das ca. 3 Hertz Abweichung bei einer Sollvorgabe von +/- 0,2 Hertz, ganz zu schweigen vom dann eintretenden „Lawineneffekt“.

#### **g) Besonderheit der Mittel-und Niederspannung, Umsetzung neuer EU- Regeln, Notwendigkeit von Niederspannungs- Systemführungen als Werkzeug für einen sicheren Betrieb und Teil der Systemstabilität**

Da sich zunehmend die Anlagen der Einspeisungen (PV), virtueller Speicher (Power wall) oder von Multiakteuren, aber auch der Ausspeisungen (z.B. E-Mobilität, Nano-Netze) oder der NS-DSM auf der Niederspannungsebene befinden, sind zwingend und dringend komplett neue Ansätze erforderlich.

Gerade auch zur Mitwirkung der NS-Ebene an der Systemstabilität, mindestens einer echtzeitbasierten Kommunikation mit den bestehenden Netzfürhungen bei Hoch- und ggfs. Höchstspannung erscheinen Regelungen notwendig.

Es bedarf aus Gutachtersicht des neuen Verständnisses von Niederspannungs- Systemführungen, einschließlich des dafür aus- und weiterzubildenden Fachpersonales, sowie übergreifender Trainings und (Daten-)Kommunikationen mit den jeweiligen Niederspannungs- Akteuren und (Regional-) Behörden.

Zur Visualisierung kann folgende Übersicht dargestellt werden:

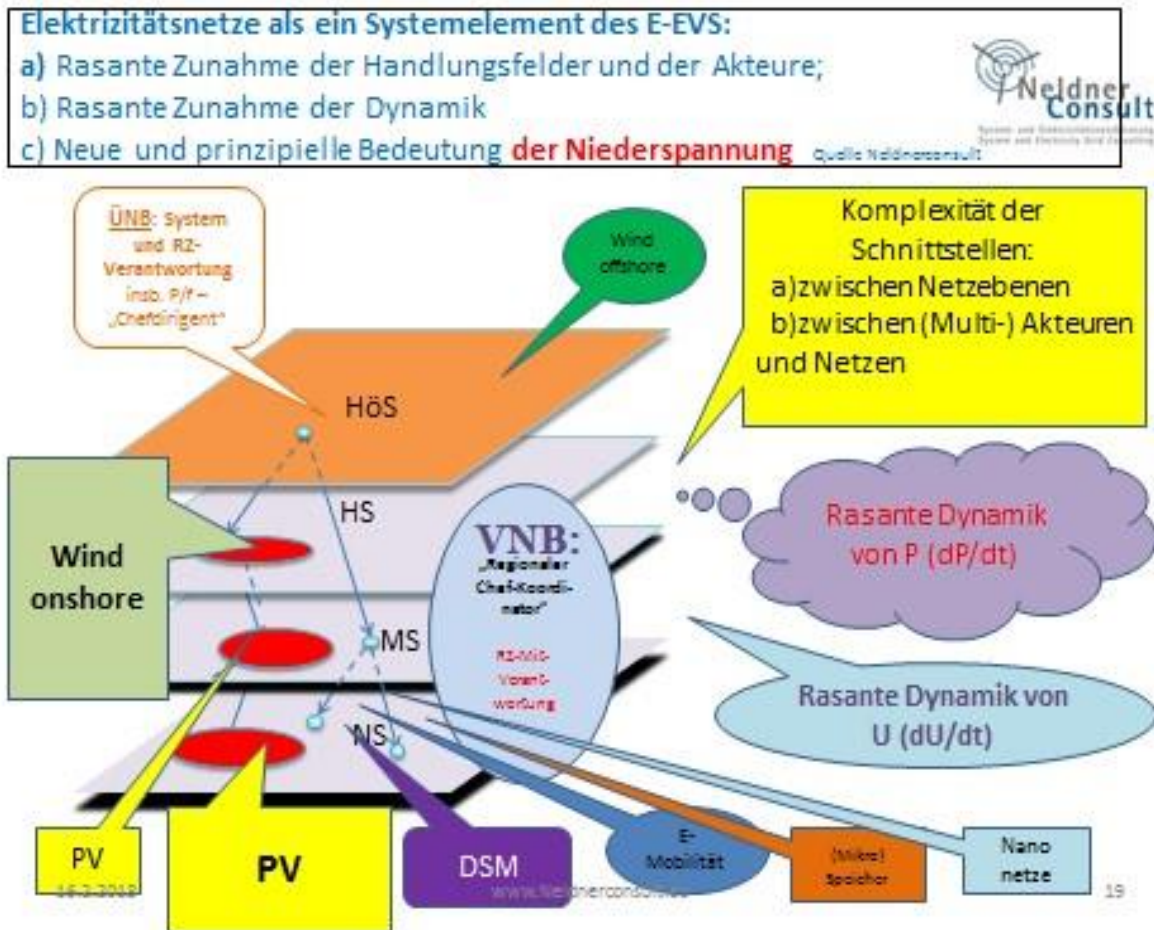


Abb. 20: Rolle der Niederspannung.:

#### h) Probabilistik- kein Werkzeug zur Systemstabilität

Die verantwortlichen Netzbetreiber, insb. ÜNB und VNB sind unverändert nach §1 EnWG, basierend auf Art 194 EU-Vertrag zu einem sicheren Betrieb, bzw. einer „möglichst hohen Energieversorgungssicherheit“ verpflichtet.

An keiner Stelle der EU-Regeln, EU-Codes oder des ENTSO-E Handbook (einschl. zugehörigen Vertrag aller TSO) wird dies aufgeweicht.

Es ist aus Gutachtersicht insofern wichtig, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass alle Ausführungen zur sogenannten Probabilistik des EnWG, u.a. im § 51, ausschließlich einer Analyse und Bewertung dienen. An keiner Stelle findet sich ein Hinweis, dass der operative Netzbetrieb und die System- und Netzführung auch nur ansatzweise einer „Probabilistik“ folgen darf.

Konkret heißt es in der gesetzlichen Vorschrift:

*(4) 1 Das Monitoring nach Absatz 3 umfasst die Messung und die Bewertung der Versorgungssicherheit. ....*

**3** Bei der Messung der Versorgungssicherheit nach Satz 1 sollen wahrscheinkeitsbasierte Analysen vorgenommen werden.

Aus Gutachtersicht schließen sich die Begriffe „Messung“ und „Wahrscheinlichkeit“ aus.

Es ist vertretbar, dass zur Einschätzung der Versorgungszuverlässigkeit oder zur Versorgungswahrscheinlichkeit probabilistische Analysen oder probabilistische Bewertungen durchgeführt werden. Messungen haben dagegen Beweischarakter.

Einige Ausführungen aus Gutachtersicht:

a) Unverändert gilt z.B. die gesetzliche Regelung der Strom- Netzzugangs-VO zur Bereitstellung von Regelenergie innerhalb der Regelzone (RZ), insbesondere nach Inselungen der RZ oder von ganzen Teilgebieten des synchronen ENTSO-E Regelgebietes. Die Vorschrift lautet:

*(2) Abweichend von Absatz 1 sind die Betreiber von Übertragungsnetzen zum Zweck der Erfüllung ihrer Verpflichtungen nach § 12 Abs. 1 und 3 sowie § 13 Abs. 1 des Energiewirtschaftsgesetzes berechtigt, einen technisch notwendigen Anteil an Regelenergie aus Kraftwerken in ihrer Regelzone auszuschreiben, soweit dies zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit in ihrer jeweiligen Regelzone, insbesondere zur Aufrechterhaltung der Versorgung im Inselbetrieb nach Störungen, erforderlich ist.*

Vorsorglich ist auch §12 EnWG nachfolgend zitiert:

*§ 12 Aufgaben der Betreiber von Elektrizitätsversorgungsnetzen, Verordnungsermächtigung  
(1) 1 Betreiber von Übertragungsnetzen haben die Energieübertragung durch das Netz unter Berücksichtigung des Austauschs mit anderen Verbundnetzen zu regeln und mit der Bereitstellung und dem Betrieb ihrer Übertragungsnetze im nationalen und internationalen Verbund zu einem sicheren und zuverlässigen Elektrizitätsversorgungssystem in ihrer Regelzone und damit zu einer sicheren Energieversorgung beizutragen.*

Damit kann konstatiert werden, dass dem Ordnungsgeber zur ersten Strom-NZG- VO im Jahr 2006 bewusst war, dass eine Regel- oder Sicherheitsleistung außerhalb der Regelzone absolut nichts nutzen kann zur „Aufrechterhaltung der Versorgung“ innerhalb der RZ.

Umso erstaunlicher ist es, dass Im Monitoring Bericht 2016 zum § 51 EnWG – unter Bezugnahme auf eine Consentec- Studie und deren neue „probabilistische“ Methoden – ausgeführt wird, dass sich die Effekte des grenzüberschreitenden Stromaustausches positiv auswirken würden. Wenn – wie z.B. bei einer Inselung – kein Stromfluss stattfinden kann, nutzt eine Wahrscheinlichkeitsaussage, was ein Stromfluss nutzen könnte, wenn es ihn gäbe, für die Aufrechterhaltung der Versorgung nichts.



Es ist im Übrigen auch hinlänglich bekannt, dass die grenzüberschreitende Kapazität laut Regel von Barcelona bei lediglich 10 % der installierten Leistung liegt. Deutschland verfügt zwar über ca. 15 %, dies reicht aber als gesichert vorzuhaltende Momentan-Wirkleistung nicht, es ist auch fraglich, ob und von wem diese Import- Leistung kommen soll. Dazu ist gemäß Pkt.2.5 zu beachten, dass diese Import-Leistung dann „dekarbonisiert“ sein müsste.

b) Auch hinsichtlich der Aussagen des Berichtes zur Wirkung von Kapazitätsreserve und Sicherheitsbereitschaft sowie weitere, auch aktueller Stellungnahmen zur grundsätzlichen „Nutzlosigkeit“ jeglicher Reserven sind grundsätzliche Anmerkungen aus Gutachtersicht und vor allem aus meiner langjährigen praktischen Erfahrung, nicht zuletzt auch als Zeitzeuge der Ereignisse in der Nacht des 4.11.2006, erforderlich. So wird im Bericht wortwörtlich ausgeführt, dass diese Anlagen (Kapazität und Sicherheitsbereitschaft) als „Ultima Ratio zur Gewährleistung der Systemstabilität“ dienen. Dies ist physikalisch und praktisch- operativ nicht haltbar.

Systemstabilität ist bei großen Drehstromnetzen eine Vielzahl von physikalischen Anforderungen, die eines gemeinsam haben: Wenn das System in Stress gerät oder Störungen auftreten, müssen sofort Gegenmaßnahmen getroffen werden. Parameter sind - wie bereits erläutert - die Frequenz/ Wirkleistungsstabilität, die Spannung/ Blindleistungsstabilität, die Synchronstabilität u.v.a.

Entscheidend sind die jeweiligen Änderungsgeschwindigkeiten und deren Richtungen und Beschleunigungen. Aus der Physik, aber auch den Dokumenten tatsächlich passierter großer Störungen ergibt sich eine Zeitdauer von Anlass bis Eintritt der Störung im Sekundenbereich und von Ursache bis Eintritt im Bereich von weniger als zwei Stunden.

**Entscheidend ist, ob und welche Gegenmaßnahmen getroffen werden (können).** Es erschließt sich nicht, wie Anlagen der Sicherheitsbereitschaft nach 10 Tagen (!) irgendetwas bei der Systemstabilität, insbesondere den tückischen „Spannungslawinen“ oder Pendelungen helfen sollten.

Solche Art von Reserve dient ausschließlich der - ohne Zweifel - energetischen Absicherung, also im Sinne der Minderung einer angespannten Energieversorgung.

Für die Milderung der leistungs- und stabilitätsbasierten Stresssituationen werden Werkzeuge mit dynamischen und tatsächlichen stabilitätssichernden Wirkungen vom Operativ-Personal benötigt, heute, morgen- und auch übermorgen.

Aus Gutachtersicht gibt es derzeit nur die Pumpspeicherwerke PSW, die – wie erläutert - sogar in beiden Richtungen im Sekundenbereich wirksam würden.

*Anmerkung: Als Beispiel sei der 4.11.2006 erwähnt: Die Ursache lag bei einer Nichteinhaltung des Fahrplanes durch eine zu frühe Abschaltung einer Leitung im Norden um 21.30 Uhr. Um 22.10 Uhr reichten – bei dem dann schon hoch gestressten Netz – lediglich 50 MW als Anlass, dass es zum Auseinanderbrechen des europäischen Verbundnetzes in drei getrennte Inseln kam. Durch sofortige Gegenmaßnahmen, insb. PSW, konnte in einer Insel die Versorgung gehalten werden.*

c) Sonderaspekt IKT: Die Abhängigkeit komplexer Systeme von der IKT und von digitalen Signal- und Steuerungsanlagen hat massiv zugenommen. Die Inbetriebnahme der ICE- Strecke München –Berlin oder der Einbau neue IT beim Berliner S-Bahn- Netz zeigt, dass moderne Anlagen durch einen einzigen „kleinen“ Systemfehler gestresst und gestört werden können, bis zu deren Ausfall. Es bedarf auch aus diesem Grund gesicherter und vor allem schnell (Sekunden, mindestens Minuten, max. Stunden) aktivierbarer Leistung.

Ein Einzelfall, der zum GAU, also zum Teil-oder Totalausfall führen könnte, muss in einem Industriestaat wie Deutschland durch Gegenmaßnahmen ausgeschlossen werden. An dieser Erkenntnis darf aus Gutachtersicht bei einem verantwortungsvollen Herangehen an das sensible Thema der Systemstabilität nicht gerüttelt werden.

Probabilistische und auch Durchschnittsbetrachtungen schließen aber das Auftreten des Einzelfalles ein. Wenn dieser Weg gegangen werden soll, muss auch in aller Deutlichkeit aufgerechnet und aufgezeigt werden, was dieser dann eintretende Einzelfall bedeuten würde. Beim Kernenergieausstieg hat sich Deutschland klar entschieden, dass der Einzelfall nicht auftreten soll(daher die Stilllegung). Beim Bau von großen Eisenbahn- und Straßentunneln werden auch keine Wahrscheinlichkeiten zugelassen, sondern durchgängig Ersatz-und Gegenmaßnahmen (Parallelentunnel, Not Räume usw.) in erforderlicher Größe vorgehalten.

d)Das operative Betriebspersonal muss in der schwierigen und langen Transformationsphase zur vollständigen Dekarbonisierung mit sicheren und tatsächlich einsetzbaren Werkzeugen ausgestattet und gestärkt werden!

h) Thesen und Fragen zur Erhaltung der Gesamtstabilität

Auf eine Wiederholung der in den Texten dieses Punktes enthaltenen klaren Anregungen und Fragen wird verzichtet.

## **2.10. Wesentliche Chancen (Auszug) durch energieartenübergreifende Systembetrachtung**

### **a) Chance der Energieumwandlungen (Power to Power)**

Die bisherigen Aussagen berechtigen und verpflichten zur Aussage, dass der Weg zur Dekarbonisierung und Energiewende schnell, bezahlbar und erfolgreich nur über die intelligente und technologieoffene **Systembetrachtung aller Energieträger** und aller Systemelemente führt.

Eine reine Elektrizitätswelt ist bei den aufgezeigten Größenordnungen der Dekarbonisierung, den derzeit nutzbaren Energieträgern, sehr langwierig, extrem teuer, international nicht vermittelbar und vor allem nicht sicher genug hinsichtlich der für einen Industriestaat zwingend erforderlichen sehr hohen Energieversorgungssicherheit.

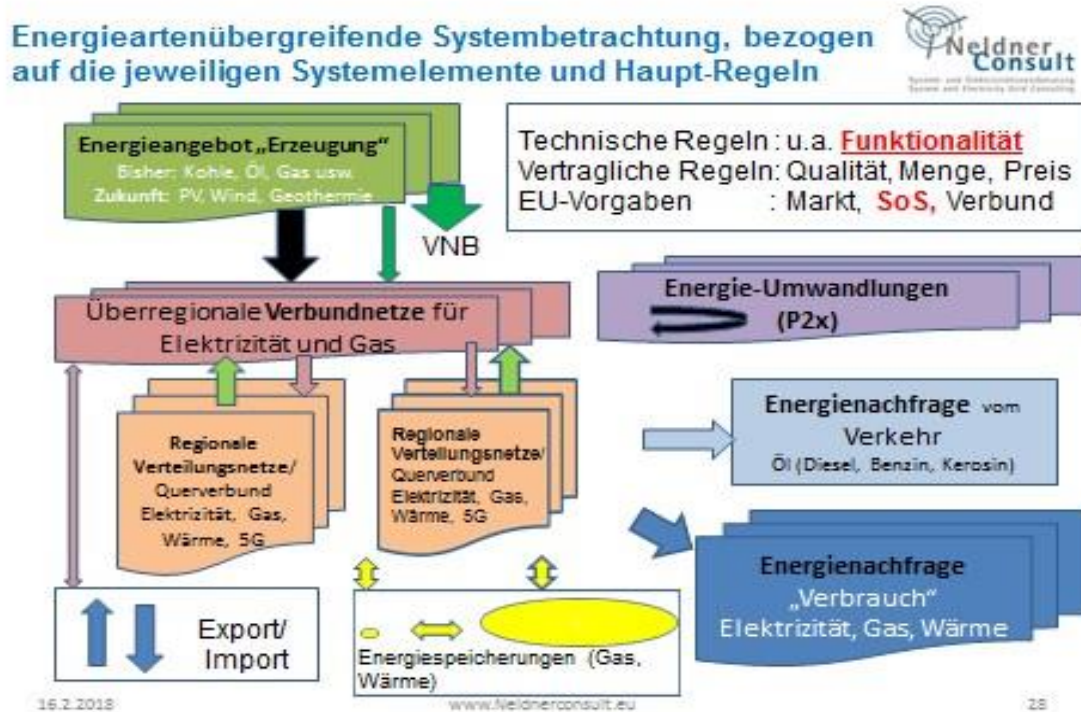
Bei der Gesamtbewertung wiegt der letzte Punkt sehr schwer, zumal sich im Winter die Aspekte der ungenügenden gesicherten Momentan- Wirkleistung mit der ggfs. für Wochen nicht zur Verfügung stehenden Energie addieren. Auf die Defizite beim Schwarzstart, bei der Dynamik wurde verwiesen. Auch die Aspekte der nachhaltigen Weiternutzung von Infrastrukturen, wie sie sich nicht zuletzt aus dem Grundgesetz für die Eigentümer und für die Nutzer hinsichtlich der Netzgebühren ergeben, sprechen gegen einen reinen „Strompfad“.

Neben den Aspekten der (grund-) gesetzlichen Verpflichtungen, der Machbarkeiten und der Betriebswirtschaft geht es bei der Energiewende und der Dekarbonisierung vor allem aber auch um Partizipation.

Nur gemeinsam mit der Wirtschaft und der Bevölkerung kann dieses Projekt gelingen. Bei einer breiten Sektorenkopplung und einer energieartenübergreifenden Systembetrachtung werden viele Akteure zwar neue Aufgaben erhalten, aber grundsätzlich eingebunden und können aktiv mitwirken. Mehr als 1000 Energiegenossenschaften und Millionen von weiteren Akteuren - von der PV-

Balkonanlage bis zum Kleinstspeicher , vom systemdienlichen Elektrobagger bis zum virtuellen Bio-Kraftwerk mit vorgeschalteten Biomasse-Lagerstätten werden bei entsprechenden Signalen diesen Prozess unterstützen.

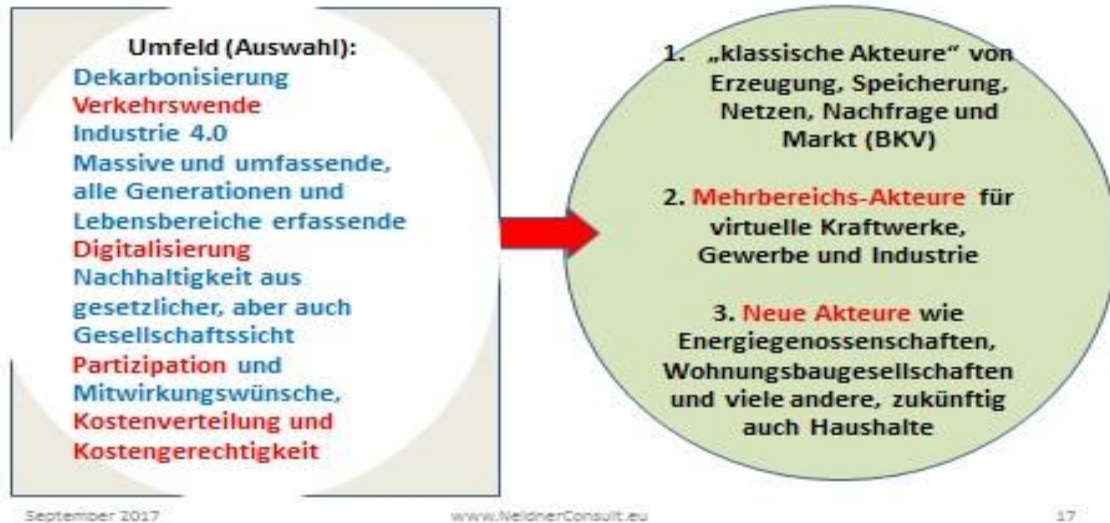
ÜNB/FNG und VNB können hier exzellente Begleiter und Koordinatoren, bzw. Multiplikatoren sein.



Das vorgestellte Schema (vergl. Auch Anhang Nr. 11) zeigt in vereinfachter Sicht eine Visualisierung einer energieartenübergreifenden Systembetrachtung.

Neben den Systemelementen, die sich durch die jeweilige Nutzung unterschiedlicher Energieträger auszeichnen, wird auch nochmals auf die Grundregeln des Systems und der EU-Anforderungen sowie des EnWG verwiesen.

Umfeld-Veränderungen des EVS erfordern kreative Lösungen, vor allem aber eine deutlich höhere Transparenz, Vernetzung und auch (eigenständige) Mitwirkung der vielen **neuen** EVS-Akteure



**Abb. 21:** Umfeld-Veränderungen

Ein Aspekt wird aus Gutachtersicht zu wenig beleuchtet:

Wenn es zu einer Beschleunigung der Vorgänge zum Klimawechsel kommen sollte, werden dramatische Aktivitäten eingeleitet werden. Es wird dann möglicherweise nicht nur um die Vermeidung von Kohlendioxid – im Sinne Eintrag - gehen, sondern sogar um die **Entnahme von Kohlendioxid** aus der Atmosphäre. Wenn die Technologien für P2G – Im Sinne Power zu „Grün-Gas“ – etabliert sind, bedarf es dann nur einer Kapazitätserweiterung.

P2chem dient darüber hinaus direkt der chemischen Industrie, dabei wird unterstellt, dass neben Methan langfristig auch langkettige Kohlenwasserstoffe aus Kohlendioxid mit Hilfe von regenerativer Energie gewonnen werden können. Damit wäre die Thematik der Überproduktion genauso lösbar wie eine langfristige Nach- und Weiternutzung von heutigen Kraftwerksstandorten.

Neben den ausführlich abgehandelten regenerativen Energieträgern, sind bei einer umfassenden Sektorenkopplung und einem integrierten Ansatz weitere Lösungen umsetzbar. Gemäß einem von der TU Berlin angefertigten Kurzgutachten sind insbesondere die Energiemengen von Abwasser, von Abfall, von Kälte möglich. Dazu ist folgendes Bild als Anhang Nr.16 beigefügt:

### **b) Thesen und Fragen zur beschleunigten Einführung einer energieartenübergreifender Systembetrachtung**

Die Thesen, Anregungen und Fragen sind bereits im Text enthalten.

Zusätzlich wird angeregt, insbesondere zur Kommission, die sich mit der Verkehrswende beschäftigt einen sehr engen Kontakt herzustellen.

### **2.11 Beschleunigungspotentiale zur Laststeuerung durch Inzentives/ Anreizeffekte (Auszug)**

Dazu wurde bereits ausgeführt. Der Gutachter steht für weitere Anmerkungen, u.a. zu dynamischen Tarifen, zur Verfügung.

### **2.12 Einige Aktivitäten (Auszug) zur Erhaltung einer ausbalancierten Erreichung der Grundanforderungen / Ziele gemäß Pkt. 2.3**

**a) Beschleunigungsfaktoren** ( sofortige Aktivierung der vorhandenen und kompetenten Akteure bei Elektrizität und Gas auf der Übertragungs- und Verteilungsebene und zwingende Einbeziehung aller systemrelevanten Akteure)

Dazu wurde ausreichend ausgeführt im Rahmen dieser Kurzstudie. Der Gutachter steht auch hier für Vertiefungen zur Verfügung.

#### **b) Übergangsprozesse**

Es erscheint zur Erreichung einer gewissen Balance bei der Einhaltung der Vielzahl von Anforderungen (s.a. Pkt. 2.3) von Vorteil zu sein, neben Korrekturaktivitäten auch Übergangsphilosophien zuzulassen.

Dies betrifft insbesondere die Fragen der Standortnachnutzungen der heutigen Kraftwerke, z.B. für P2chem- Anwendungen oder für den Übergangsbetrieb von Systemstabilisatoren oder für Biomasse/ Biogas-Anlagen mit Brennstoffbevorratungen, mit hoher energetischer Ausbeute und hohem Leistungskredit (gesicherte und regelbare Momentan- Wirkleistung)

Auf Grund des geringen Leistungskredites erscheint die Herausforderung der ausreichenden Bereitstellung von gesicherter Momentan-Wirkleistung und der Kompensation der großen Dynamik bei Änderungen von Wirk- und Blindleistung einen besonderen Stellenwert zu haben

### **3. Ausblick aus gutachterlicher Sicht und zur Begleitung des anstehenden Dialogprozesses**

Der Transformationsprozess zur Dekarbonisierung und zur komplexen und integrierten Energiewende wird kein Werk von wenigen Akteuren und auch nicht von wenigen Jahren.

Unabhängig von der Vielzahl der dargestellten Herausforderungen wird es vor allem darauf ankommen, bereits in den Schulen und Universitäten dazu gesondert vorzutragen und ein Mitwirken anzuregen.

Analog gilt dies für alle Bereiche des Lebens und der Wirtschaft. Einzelaktionen werden nicht reichen. Anreize und Förderungen, z.B. für das Thema (virtuelle oder/ und Kleinst-)Speicherung oder das Thema Laststeuerung werden spürbar helfen.

Vor allem ist aber den unmittelbar Beschäftigten in der erweiterten und spartenübergreifenden konventionellen und regenerativen (Energie-) Wirtschaft, speziell dem Operativpersonal in den Warten

der Akteure eine ausreichende Aus-und Weiterbildung, auf anerkannter Grundlage, sowie ein zugehöriges übergreifendes Training sicher zu garantieren.

Der Gutachter, Dozent und Experte Dipl. Ing W.Neldner steht für Unterstützungen und Fachdiskussionen gern zur Verfügung.

Wolfgang Neldner  
Berlin, Mai 2018

Zur Kurzstudie gehören ein Anhang, sowie das nachfolgende Verzeichnis der Abbildungen und Quellen

## **Quellenverzeichnis zur Kurzstudie**

Quelle Nr.1 (Q1): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD vom 7.2.2018

Quelle Nr.2(Q2): „Der Systemstabilisator- Garant für eine wirksame Energiewende, Kurzgutachten  
von NeldnerConsult für IGBCE, Berlin 2012

Quelle Nr.3(Q3): Energiekonzept der Bundesregierung, September 2010

Quelle Nr.4(Q4): Monitoringbericht 2017 der BNetzA und des Bundeskartellamtes

Quelle Nr.5(Q5): Klimaschutzplan 2050, bestätigt Nov. 2016, Bundesregierung

Quelle Nr.6(Q6): Abschlussbericht der Ethikkommission „Sichere Energieversorgung“, 30.5.2011

Quelle Nr.7(Q7): BMWi- Energiedaten: Gesamtausgabe, Stand Oktober 2015

Quelle Nr.8(Q8): Referentenentwurf des BMWi (Daten unter Vorbehalt), 23.4.2018, zur Änderung des EEG, des KWKG und weiterer Bestimmungen des Energierechtes

Quelle Nr.9(Q9): Studie von dena, DEWI, den ÜNB , Berlin 24.2.2005

Quelle Nr.10(Q10): Neldnerconsult, Vorlesungsreihe mit Lehrauftrag

Quelle Nr.11(Q11): „Die Rolle der Verteilnetzbetreiber im Elektrizitätsversorgungssystem und ihr überproportional zunehmender Beitrag für Systemdienstleistungen bei der

Umsetzung der Energiewende“, Gutachten von NeldnerConsult Quelle

Nr.12(Q12): Pumpspeicherwerke als bipolare Systemstabilisatoren

## **Verzeichnis der Abbildungen:**

Abb.01: Betriebsphasen des E-EVS

Abb.02: Kontroll-und Korrekturschema beim Transformationsprozess

Abb.03: EVS- Überlegungsversion mit Import für das EVS, ÜV mit Import

Abb.04: EE- Ausbau und erreichter Stand per 31.12.2017 (Daten noch unter Vorbehalt)

Abb.05: Status der EE-Leistungen, der EE- Energien und der energetischen Nutzbarkeit von EE-Anlagen („Kapazitätsfaktor“) per 31.12.2017 (Daten noch unter Vorbehalt)

Abb.06: EVS- Überlegungsversion ohne Import für das EVS, ÜV ohne Import

Abb.07: E-EVS mit Systemelementen und SoS-Kriterien

Abb.08: Nettoerzeugung Strom, Entnahmemenge Strom und Anteile EE- und nicht EE-Anlagen

Abb.09: Aufteilung der Entnahmemenge Strom auf Verbrauchsgruppen und ÜN-, bzw. VN-Netz

Abb.10: Schema der Transformation bei einem „reinen“ Elektrizitätssystem

Abb.11: E-EVS 2016, installierte Leistungen, Energieanteile, Auslastungen und Leistungskredite

Abb.12: E-EVS- Überlegungsversion, ÜV mit Import

Abb.13: E-EVS-Überlegungsversion, ÜV ohne Import

Abb 14: energieartenübergreifendes EVS

Abb.15: Nachfrageabsicherung mit konventioneller Erzeugung

Abb.16: Nachfrageabsicherung mit dekarbonisierter Erzeugung

Abb.17: Naturbedingte Einspeisecharakteristiken von PV und Wind

Abb.18: Parameter für die Systemstabilität eines E-EVS

Abb.19: Kriterien für einen „Systemstabilisator“

Abb.20: Rolle der Niederspannung

Abb. 21: Umfeld-Veränderungen