



Bundesnetzagentur

Conclusio

Achim Zerres

Göttinger Energietagung 2024

Göttingen, 16.05.2024



www.bundesnetzagentur.de



Klaus Müller,
Bundesnetzagentur

- Geist der diesjährigen Tagung: Wir brauchen ein „Lastenheft“ für ein vertrauensstiftendes Energiesystem
- Edison als Protagonist des Gleichstroms und Tesla als Protagonist des Wechselstroms finden im Umrichter zusammen



Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel,
TU Braunschweig/EFZN

- Ein erster technischer Einstieg mit dem Rückblick auf Visma, den ersten einsatzfähigen Umrichter
- Bei gleichzeitiger Warnung, der in aller Munde befindlichen netzbildenden Wechselrichter, (allein in der Roadmap 78 mal erwähnt) löse nicht alle Probleme
- Insbesondere in den unteren Spannungsebenen bedürfe das Thema -
- wegen der mit den netzbildenden Eigenschaften verbundenen Bildung von Inselnetzen - noch vertiefter Betrachtung



Heike Kerber, FNN

- Bilderreicher Vortrag
- **Umbau bei laufendem Flugbetrieb**
- Systemstabilität war ein Thema für die Nerds im **Raum ohne Fenster**
- Es geht nicht mehr um *Integration* von EE, denn wir sind zum Teil schon bei 100%
- Bild des **Tandems** ersetzt durch Millionen einzelner Radler
- Ersatz der tonnenschweren Generatoren durch Software
- Die EE werden **von behüteten Kindern zu Erwachsenen**: Mühsam, viel Pädagogik, aber es geht (vom Welpenschutz zum selbständig Handlungsfähigen)
- Fähigkeiten, die man selten braucht, dann aber extrem schnell
=> Netzbetreiber selbst
- Fähigkeiten, die of gebraucht werden, die aber nicht ganz so anspruchsvoll sind
=> Markt
- **Fähigkeiten, die alle können müssen, auch ohne Vergütung** (aus dem Off: nicht zu viel Taschengeld beim Erwachsen werden)
- Trial and error geht nicht; Massenmarkt setzt andere Anforderungen beim Vorlauf
- **Neue Fähigkeiten nur bei neuen Anlagen**





Dr. Kathrin Ballerstein,
TenneT

- Höherauslastung als Konsequenz aus zu langsamem Netzausbau und als Kostendämpfung
- **Freileitungsmonitoring** ausgerollt: **25% Redispatch gespart**
- **Kurative Systemführung**: Kurzfristige Überlastung hinnehmen, weil noch andere Mittel für Problemlösung zur Verfügung stehen
- Reale **Blindleistungsbedarfe sehr unterschiedlich**
- **Gute Verteilung der Momentanreserve nötig**
- Hohe Koordination für Winkelstabilität
- Thermische Grenzen und Grenzen der Stabilität müssen im Blick behalten werden: **Echtzeitmonitoring beider Größen (→ Lastenheft der ÜNBs)**
- Vier Handlungsstränge:
 - Monitoring
 - Anreize für Blindleistung und Momentanreserve
 - Eigene Anlagen der Netzbetreiber
 - Technische Anforderungen an Einspeiser und an Lasten
- **Alles ist zusammen und gemeinsam nötig!**



Dr. Kathrin Ballerstein,
TenneT

- Haben noch nicht der Weisheit letzter Schluss gefunden, wie grid forming angereizt werden kann: Um den steigenden Bedarf an Systemstabilität zu decken, benötigen Netzbetreiber **Eigenanlagen wie STATCOMs** (Blindleistung) und **rotierende Phasenschieber** (Momentanreserve) **im großen Stil breit verteilt im Netz** (→ Koordiniertes Vorgehen ist wichtig!).
- Der Bedarf kann aber **nicht nur über Eigenanlagen** gedeckt werden, es bedarf gleichzeitig Angebot aus dem Markt. Dafür muss es **Anreize für die Bereitstellung** der Leistungen z.B. aus EE-Anlagen und Batteriespeichersystemen geben.
- **Unbedingt nötig** ist auch der **Beitrag angeschlossener Anlagen** auf allen Spannungsebenen. Aber: Wir sehen wenig, was dort passiert, insbesondere auf der Niederspannung. Beobachtbarkeit schaffen!



Christine Janssen,
MITNETZ

- „Wir begrüßen Roadmap Systemstabilität, Zeitplan Roadmap sehr ambitioniert
- **wir sind bereit SDL im Verteilernetz zu erbringen auch für nachgelagerte Netze, bereit koordinierende und überwachende Rolle einzunehmen...**“
- 46 von 51 Prozessen der Roadmap Systemstabilität mit Verteilnetzbetreibern
- Personal knapp, Kapital knapp
- Energiewendekompetenz muss gefördert werden
- Zeitknappheit könnte Effizienzrisiken bergen
- **Safety first: Betriebssicherheit geht vor freigeschaltete Netzteile müssen spannungsfrei bleiben**
- Zwei Grundprinzipien: Es braucht Arbeitsteiligkeit und Vertrauen unter den Akteuren! „Nicht dem anderen die Aufgaben über den Zaun werfen“



Benedikt Deuchert,
Kyon Energy

- **Speicher rechnen sich und entstehen in großem Umfang**, Bisherige Marktfelder: PRL, SRL und Arbitrage „gewaltige Reserven“ für Systemstabilität
- **Momentanreserve möglich**, wenn netzbildende Wechselrichter installiert werden. Passiert bisher aber nicht: Es gibt weder Geschäftsmodell noch Zwang.
- **Schwarzstartfähigkeit wohl zu teuer und aufwändig** für Großbatteriespeicher.
- **Spannungshaltung** Blindleistung kostet Investitionen + Speicher müssen dafür am Netz sein und das muss sich lohnen.
- *„Business Case der Speicher im Bereich Systemstabilität geht auf Kosten der anderen Produkte“*
- Der Business Case als Drahtseilakt:
 - Wenn Speicher netzbildende Wechselrichter hätten, könnten sie bestimmte nfSDL, z.B. Momentanreserve erbringen, aber unter Einschränkung der anderen nfSDL/Wirkleistung. Nur damit kann Anlage dann Deckungsbeitrag erwirtschaften.





Dr. Matthias Stark, BEE

- Strom muss 2035 schon klimaneutral sein = noch mehr EE
- Betriebsführung muss sich ändern
- **Ranking der Technologien für einzelne Systemdienstleistungen**
- EE kann grundsätzlich fast alles
- Rahmenbedingungen müssen so sein, dass sich Anlagen weiter rechnen
- **NVP-Studie** zeige wie viel möglich sei bei **gemeinsamer Nutzung** der **Netzverknüpfungspunkte** durch EE, Speicher und Anlagen zur Sektorenkopplung:
 - Größtmögliche Beschleunigung des Netzanschlusses
 - Bessere Ausnutzung des Netzes
 - Gleichmäßigere Verteilung der EE und somit geringerer Redispatch
 - Geringere Förderkosten durch höhere Marktwerte der EE
 - Größerer Portfolioeffekt in Kombination mit Speichern für eine bessere Versorgungssicherheit
- Es müssen die kleinen Technologien mit ins Boot



Andreas Feicht,
RheinEnergie

- **Das System braucht gesicherte Leistung**, die zu jeder Zeit nominiert werden kann. Das ist Aufgabe der konventionellen Anlagen.
- Markt wird es nicht alleine schaffen können.
- Dafür neues Marktdesign: H₂-Kraftwerke sollen keine Strommengen aus EE verdrängen, sondern eine Zwischenspeicherung von Grünstrom und die Entkopplung von Bedarf und Verfügbarkeit ermöglichen, damit noch die EE-Quote erhöhen und das System absichern.
- **Klares Plädoyer für Kapazitätsmechanismen**
- Der effiziente Allokationsmechanismus ist ein Ausschreibungsmechanismus!
- **Mehr technische Anforderungen machen heute die business cases bei allen Technologien kaputt.**
- **Zubau EE: regionale Steuerung nötig.** Nicht nur Kapital und irgendwo ein Grundstück.
- Wichtige Frage: **Wie verhält sich künftiges Kraftwerksdesign zum KWKG?** Keine Doppelstrukturen!



- ÜNB: Grid forming und anderes **bis auf die unterste Ebene**
- VNB: Kennen und können nicht wirklich alles aus allen Spannungsebenen. **Erstmal HS.**
- **Wo ist der business case, wenn die Konventionellen in 90 % der Stunden stehen?**
→ Kapazitätsmechanismus
- KWKG und Kohleausstiegsbonus sind kleine Kapazitätsmärkte, diese Förderung muss zu neuem Design angepasst werden. Auch für SDL?
- Warum macht die Lieferung transienter Stabilität den business case von Speichern kaputt?
Wechselrichter hat eine inhärente Begrenzung der Scheinleistung, also geht Netzbildung immer zu Lasten der Wirkleistung und der Blindleistung etc. pp. Es geht alles; aber nicht alles zur gleichen Zeit und nicht über 100%. Pflichten müssen daher maßvoll sein!
- VDMA: rotierender Phasenschieber als marktliche SDL?
- Prof. Engel: PRL lässt sich prima mit Momentanreserve und Arbitrage kombinieren.
- Prof. Weyer: Wenn EE erwachsen werden, muss es Wettbewerb zwischen den EE-Anlagen geben. Folgen für Systemstabilität? Wie koordiniert man das?
- BEE: bessere Gleichverteilung, aber nicht durch Teilung der Strompreiszone.

Fachforum 1

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Ines Hauer
(TU Clausthal/EFZN)



Welcher Bedarf besteht an „Grid Forming Fähigkeit“ durch EE-Anlagen? Welchen Beitrag müssen die Netzbetreiber und Netznutzer zur Systemstabilität leisten?



Daniel Duckwitz, SMA



Prof. Dr.-Ing. habil.
Lutz Hofmann, Uni
Hannover



Dr. Simon Ohrem,
Westnetz

- **Bedarf an Momentanreserve 1,4 TWs \approx 50 – 120 GW**
- **Ist = 0 Bedarf: Alles**
- Unterschiedliche Technology Readiness Level:
 - Großbatteriespeicher marktreif
 - PV und Wind (ohne Speicher) bedürfen noch F&E
- Lastenheft
 - Finanzielle Anreize für (Vor-)Ertüchtigung dringend erforderlich
 - Finalisierung des FNN-Hinweis
 - Pilotierung und Feldtests
 - Stufenweiser Rollout gewünscht:
 - **von hohen zu niedrigeren Spannungsebenen**
 - **von großen zu kleinen Anlagen**
 - Potenziale aus Bestandsanlagen, auch aus Notstromaggregaten:
 - Bessere Parametrierung/verbessertes netzfolgendes Verhalten

Fachforum 2

Leitung: Dr. Stefanie Holly
(OFFIS/EFZN)



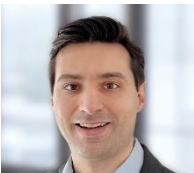
Sicherung digitalisierter Energiesysteme – Akteure, Aufgaben und Strategien –



Alexander Krautz,
Next Kraftwerke



Dr. Markus Probst,
KISTERS Energy



Dr. Martin Serror,
Fraunhofer FKIE

- Fiktive **Risikoszenarien** durch **manipulierte Steuersignale**
- *Dezentralisierung und Digitalisierung*: **Segen für Resilienz** des Systems (geringere Ausfallrisiken nach einem Angriff) und „**Fluch**“ (neue Herausforderungen für Systemstabilität und Cybersicherheit).
- Da es nie zu 100% möglich ist Cyberangriff zu verhindern, – ähnlich wie beim unwahrscheinlichen Fall des Druckverlustes – ist zu **antizipieren**, was zu tun ist, um das „Flugzeug“ wieder in den Normalbetrieb zu bekommen.
- Lastenheft (= sinnvoll Verknüpfung bestehender Regeln):
 - **Redundanz an neuralgischen Punkten** entwickeln
 - **IT-Security bei kurativen Maßnahmen** der Netzführung mitdenken
 - Smart Meter Rollout mit **differenzierenden Sicherheitsanforderungen**
 - Unterschiedlichkeit der Akteure beachten
 - Für serielle Angriffe: Kooperation und Austausch der Akteure essenziell, **Meldekette bei allen Anwendern !**
 - Strategien für „danach“ entwickeln

Fachforum 3

Leitung: Stefanie Meyenborg
(BNetzA)



Welche Besen kehren gut? Welche technischen Aufgaben übernehmen thermische Kraftwerke zukünftig für die Systemstabilität?



Andreas Pick,
EnBW



Dr. Roland Sievert,
Siemens



Dr. Johannes
Weidner, 50Hertz

- *Pick*: die **Ankündigung** einer **KWS** und eines **Kap.mech.** glättet bereits erwartete Preisspitzen und **vernichtet** daher jede **Investitionsmöglichkeit**, v.a. da aktuelle Förderregime auslaufen (KWKG)
- Umsetzung der Fördermechanismen **muss daher schnell kommen**. Davor wird nichts passieren.
- *Sievert*: Technik für rPSA und Schwungmassenbetrieb (außerhalb des WL-Betriebs) ist **verfügbar**. **Bisher aber keine Bestellungen in Deutschland**, da Investitionsrahmen offen. Investitionsentscheidungen noch nicht möglich, da Vergütungsmöglichkeiten noch sehr unklar.
- *Weidner*: Alle Maßnahmen nötig
- rotierende Phasenschieber aktuell die günstigste Lösung für die Bereitstellung von Momentanreserve. Mehrkosten zw. 5 und 10%
- Lastenheft:
 - „Klare Investitionsbedingungen, anständiges Förderregime für benötigte thermische Kraftwerke mit Phasenschieberbetrieb.“
 - Klare Vorgaben hinsichtlich Robustheit und Verfügbarkeit
 - **„Ausschreibungsdesign“ war fast fertig im Fachforum**



Dr. Markus Probst,
KISTERS Energy

Der 10. November 2021: Jeder bei KISTERS weiß, wo er war....
Unternehmen ist durch ein „Stahlbad“ gegangen.

Wie reagiert man im Ernstfall?

- Alle Systeme vom Netz trennen
- Krisenstab tagt, ZAC/BSI/Datenschutzbehörden/BNetzA informieren
- Vorfallmanagement
- Wiederaufbau

▪ Drei zentrale Präventionsmaßnahmen

- Organisatorische Maßnahmen
- Schutz der eigenen Systeme
- Schutz der Kundensysteme

▪ Lessons learned

- Eigene Experten, die sich um Krisenfall kümmern
- Transparenter Umgang als „coping strategy“ für KISTERS, auch das Unternehmen ist resilienter geworden
- **Nicht die Frage ob, sondern wann** ⇒ **Seien Sie vorbereitet!**
Dafür muss Geld investiert werden

Tag 2

Zwiegespräch

Zwiegespräch zur Systemstabilität: Pflicht vs. Kür – Chancen und Grenzen einer marktlichen Beschaffung



Dr. Tobias Hennig,
Amprion

- Entstehungsgeschichte, wie es überhaupt zur Idee marktlicher Beschaffungsmöglichkeiten kam
- Momentanreserve-**Trigger**: Systemsplit
- Schaffen von Teilnetzen, deshalb netzbildend
- Es muss Verpflichtung geben, Skepsis gegenüber der reinen marktlichen Beschaffung



Eike Ben Erdmann,
ENERCON

- Netzbildende Umrichter für WEA sehr teuer
- Unterschiedliche Eignung der EE-Energieträger für grid forming
- Bei Umrichter-basierter Lösung hoher Koordinierungsbedarf
- Nicht nur Frage der Software des Umrichters, je nach Konzept sind Speicher nötig. WEA muss auf Momentanreserve-Erbringung ausgelegt werden, wird teuer
- Mengen können durch Anreize organisiert werden



Nach bisherigen Erfahrungen verhalten sich die EE nicht konzeptgemäß
Hinweispapier definiert, liefert die technische Beschreibung des
Produkts, regelt aber nicht die ökonomische Frage, wer muss, wer darf
gegen Vergütung

Wenn Verpflichtung statt Markt, gehen Hersteller aus Wind-Markt raus

Wenn Technik nicht da, hilft weder Markt noch Pflicht

*Es werde nicht blockiert,
es werde im wissenschaftlichen Urschleim gerührt*

„Es gäbe Lösungen für viele Probleme, wir dürfen sie wegen des
regulatorischen Rahmens nicht nutzen“ *na ja,*

die Spielregeln müssen halt eingehalten werden

*Für Skatspieler: man könnte einen wunderbaren Stich machen, wäre da
nicht die lästige Regel, dass man die Farbe bedienen muss*



Gesa Quistorf,
Fraunhofer IWES

Anschluss der neuen Akteure am Netz über Leistungselektronik (Umrichtersysteme) gilt auch für Lasten

- Daher müssen sich die Lasten ebenfalls an der Systemstabilität beteiligen, z.B. **fault ride through** und **Blindstrombeiträge**.
- Zur Netzintegration von Lasten mit Umrichtern muss neben den **definierten elektrischen Anforderungen** auch ein standardisierter **Validierungs- und Zertifizierungsprozess** initiiert werden.
- Wichtig: Wie verhalten sich Lasten im Fehlerfall?
- Anlagenzertifizierung nach dem Vorbild der Erzeugungsanlagen
- Analogie zu Erzeugungseinheiten beim elektrischen Verhalten von Lasten: Netzbildende Eigenschaften als zukünftige Anforderungen.

Anregung: Elektrolyseure sind gut geeignet, weil 1. groß; 2. Produkt mit Weltmarktpreis und damit Tragbarkeit von Kosten oder Höhe von Entschädigung einfacher.



Rose Kuhn, BNetzA



Tobias dos Santos,
BNetzA

- **Technische Netzanschlussregeln** von Elektrofahrzeugen und zugehörigen Versorgungseinrichtungen, Elektrolyseuren, Wärmepumpen und Speichern werden novelliert.
- Bessere Integration von umrichterbasierter **Erzeugung**, Synchronmaschinen, **E-Mobilität**, **neuen Lasten** und **Speichern**: **Alle** müssen ihren Beitrag zur Systemstabilität leisten!
- RfG: Erhebliche technische Anforderungen an die Anlagen, gestaffelt nach Größen und nach Art der Anschlusssituation.
- RfG bildet den Branchenkonsens ab, der zum Zeitpunkt der Beschlussfassung **in Europa** erreichbar war.
- Wichtig ist, die Anschlussnetzbetreiber = VNB einzubeziehen.
- „*Urschleim-Theorie*“ *bestätigt*
- Bedarf so hoch, dass für die ÜNB Assets schon die Zahl der Umspannwerke nicht reicht, um alles im NEP abzubilden.
- Anfangen mit ÜNB Assets, bei Bedarf Umrüsten bestehender Kraftwerke, dann die Marktlösungen, dann die Mindestanforderungen für alle.



Alexander Neufeld,
Energinet DK

- Dänemark hat viel EE = hohe Umrichterquote
- Beispiel Kurzschlussfähigkeit
- Was ist Systemstärke und wieso ist diese wichtig aus dänischer Perspektive.
- Welche Analysemethoden, Möglichkeiten und Mittel stehen den ÜNBs zur Verfügung.
- Systemstabilität = **starkes** System, das in der Lage ist, auf Probleme zu reagieren.
- rotierende Phasenschieber nicht das einzige Mittel
- Gemeinsame Initiative der nordischen ÜNBs zum Thema Systemstärke, Verständnis zwischen den TSOs harmonisieren.
- Enge Zusammenarbeit zwischen TSOs und Herstellern, um „Henne-Ei-Problem“ bei den EU-Anforderungen zu durchbrechen.



Prof. Dr.-Ing. Jutta
Hanson, TU Darmstadt

- Forschungssicht / Forschungsstand
- Stabilität eines hybriden AC-/DC-Übertragungsnetzes
- Erklärung der Begriffe, der Aufgaben, der Ziele und der zu vermeidenden Effekte
- Aufgaben des Verteilernetzes:
Redispatch und Stabilität
- Sektorenkopplung:
 - integrierte Systemplanung der Sektoren Strom, Wärme, Gas/H₂ und
 - netzdienliches Verhalten der Verbraucher (Elektrolyseure, Vehicle-to-Grid) und Speicher



- 3 Säulen: Neben den Zubau der Erneuerbaren und den Ausbau der Netze muss mit gleicher Geschwindigkeit ein Aufbau von Systemdienstleistungsfähigkeiten treten.
- Kurzschlussfestigkeit, Spannungsfestigkeit, Momentanreserve sind einige der Beispiele für Stabilitätsanforderungen, die neben die „klassischen“ Systemdienstleistungen treten.
- Der Bedarf ist so hoch und er entsteht so schnell, dass wir uns lange Debatten darüber, wer muss was machen und geht das über Märkte und was wäre die effizienteste Lösung, nicht leisten können.



- Wir brauchen alles und zwar schnell
- Betriebsmittel der Netzbetreiber
 - Marktliche Beschaffung
 - Pflichten für alle Anlagenbetreiber als Bedingung für den Netzanschluss
- ohne Vergütung-
 - Roadmap Systemstabilität mit Leben erfüllen



Was ist zu tun?

- Schnelle Erstellung neuer Technischer Anschlussregeln
- zur Not auch bei einzelnen NB vorab entsprechende Anschlussbedingungen
- Regulatorischer Rahmen für Pflichtleistungen
- Regulatorischer Rahmen für Märkte
- Suche nach neuen Potentialen
- Machen!

Wo aber Gefahr ist, wächst das Rettende auch
Hölderlin



- **Finanzielle Anreize** für (Vor-)Ertüchtigung dringend erforderlich
- Pilotierung und Feldtests, **technische Weiterentwicklung**
- Stufenweiser Rollout für grid forming gewünscht:
 - **von hohen zu niedrigeren** Spannungsebenen
 - **von großen zu kleinen** Anlagen
- **Potenziale** aus Bestandsanlagen, auch aus Notstromaggregaten
- Klare Investitionsbedingungen, anständiges **Förderregime** für benötigte thermische Kraftwerke mit Phasenschieberbetrieb.
- Allokationssteuerungen entwickeln
- Klare Vorgaben hinsichtlich Robustheit und Verfügbarkeit
- **Echtzeitmonitoring** der Netze
- **Redundanz** an neuralgischen Punkten entwickeln
- IT-Security bei kurativen Maßnahmen der Netzführung mitdenken
- Smart Meter Rollout mit **differenzierenden Sicherheitsanforderungen**



- **Vorbereitung auf Schadenseindämmung**, falls etwas passieren sollte
- **Meldekette** verbessern!
- Neue Ansätze: statt Anforderungen an den Anlagen, Anforderungen am Netzanschlusspunkt?
- Erfahrungen aus Dänemark nutzen: Grid Forming Development Process, damit nicht die einen auf die Produkt Definition und die anderen auf die Abgrenzung Markt und Pflicht warten.



Ich bedanke mich bei allen **Referentinnen und Referenten**,
ich darf mich auch bedanken bei **Markus Doll** und **Christina Flaskühler**
sowie bei **Frau Prof. Hauer**, **Frau Dr. Holly** und bei **Frau Meyenborg**
für die Leitung der Fachforen
und wieder einmal bei Herrn Dr. **Dietze** stellvertretend für **das ganze Team vom EFZN** für hervorragende Organisation und Durchführung der Tagung
ganz besonders bei Frau Dr. **Christine Müller** und **Herrn Dr. Christian Kleinertz** für die organisatorische und vor allem die inhaltliche Vorbereitung
innerhalb der Bundesnetzagentur einschließlich der zahlreichen vor allem
technischen Kollegen und Kolleginnen der BNetzA, die täglich viel Arbeit in die
Netze und die Weiterbildung der Ökonominnen und Juristinnen stecken.
und last but not least bedanke ich mich **bei allen Teilnehmenden**
für ihr Interesse und die Diskussionen

Wir sehen uns in Göttingen 2025



Vielen Dank!

Achim Zerres

achim.zerres@bnetza.de