



Definition und Monitoring der Versorgungssicherheit an den europäischen Strommärkten

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Christoph Maurer

Bericht für Bayerischen Energiedialog | 03.07.2019



Agenda

- **Auftrag und Methodik**
- Szenarien
- Versorgungssicherheitsstandard
- Ergebnisse Versorgungssicherheitsanalyse

consentec



 **Fraunhofer**
ISI

TEP

Auftrag

consentec



Fraunhofer
ISI

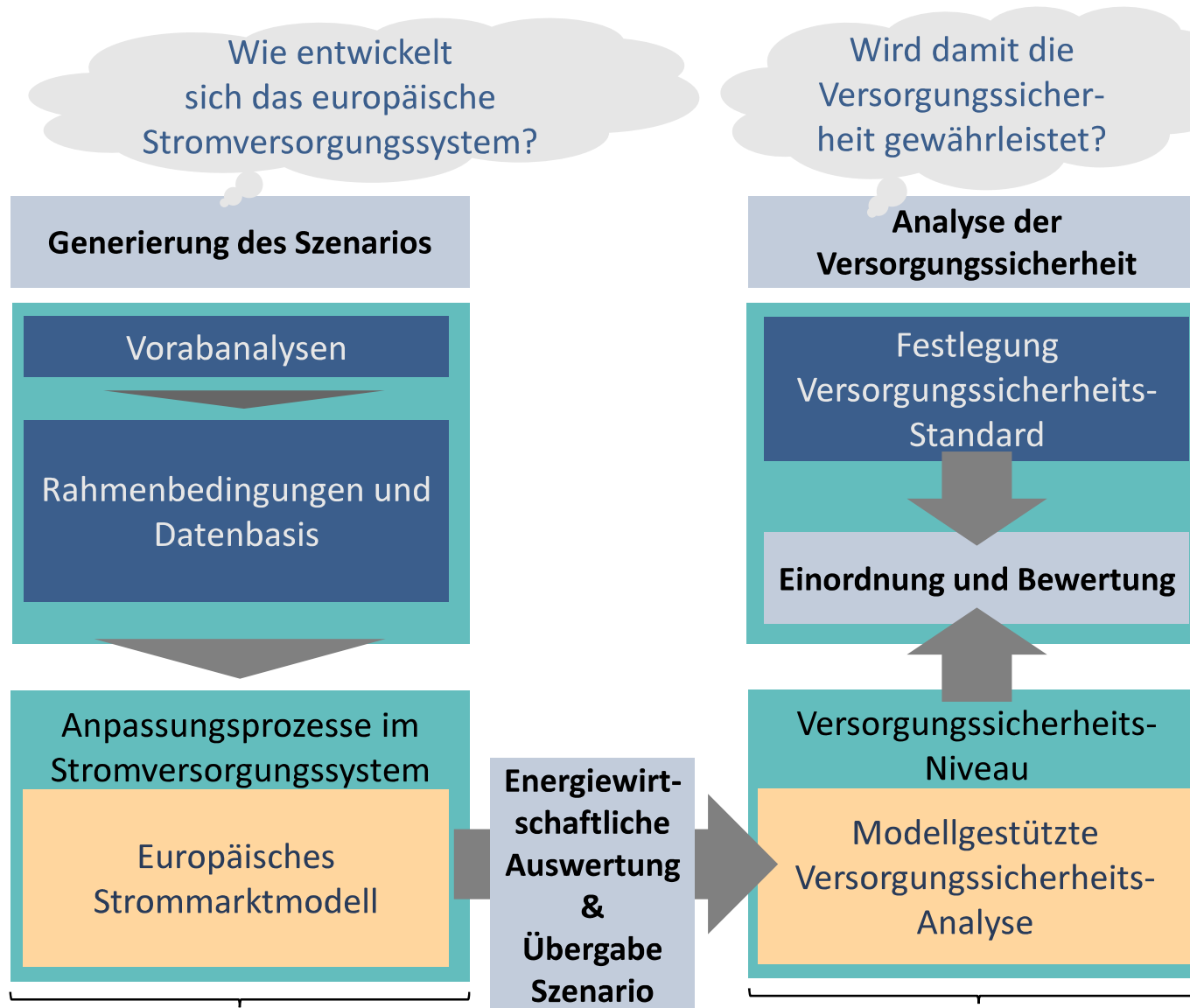
TEP

Fragestellung:
Versorgungs-
sicherheit am
Strommarkt

- Wie entwickeln sich das deutsche und europäische Stromversorgungssystem bei den gegebenen rechtlich-regulatorischen, technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen?
- Können die Strommärkte in Deutschland und Europa langfristig sicherstellen, dass genügend Kraftwerke und andere Flexibilitäten (Speicher, flexible Lasten) vorgehalten werden?

Können Verbraucher in Deutschland Strom beziehen, solange ihre Zahlungsbereitschaft größer als oder gleich groß wie der Marktpreis ist?

Methodischer Ansatz im Überblick



consentec



Fraunhofer
ISI

TEP

Methodik zur Generierung des Szenarios „Zielerreichung Klimaschutz“ („best-guess“ mit zusätzlicher Klimaschutzmaßnahme)

consentec



Fraunhofer
ISI

Analyse wahrscheinlicher Entwicklungen unter Berücksichtigung von Marktanpassungsreaktion mittels europäischem Strommarktmodell

stochastischer Ansatz

TEP

vorgegebene
(„exogene“)
Entwicklungen

- Entwicklung der installierten Leistung von EE-Anlagen
- bestehende Bau- und Stilllegungsplanungen von Kraftwerken
- KWK-Anlagen zur Aufrechterhaltung der Wärmeversorgung
- Kapazitätsmärkte im Ausland und Bedarfsfestlegung in diesen Märkten

Simulation von
Marktanpassungs-
reaktionen
(„endogene“
Entwicklungen)

- Nachbildung der Mechanismen der Strommärkte und der Pönlisierung bei Verletzung von Lieferverpflichtungen
- mehrere Wetterjahre & Kraftwerksausfälle werden im ökonomischen Kalkül berücksichtigt

Ergebnis: Szenario als
Input für
Versorgungs-
sicherheitsanalyse

- residuale Last je Stunde, Wetterjahr und Betrachtungsjahr
- Steuerbare konventionelle Kraftwerke, deren Verfügbarkeiten und erschlossene Flexibilitätsoptionen



*Residual = nach Abzug
EE-Erzeugung, also die
von steuerbarer
konventioneller
Erzeugung und Flex.-
Optionen zu deckende
Last*

Entwicklung des Energieerzeugungssystems in Deutschland

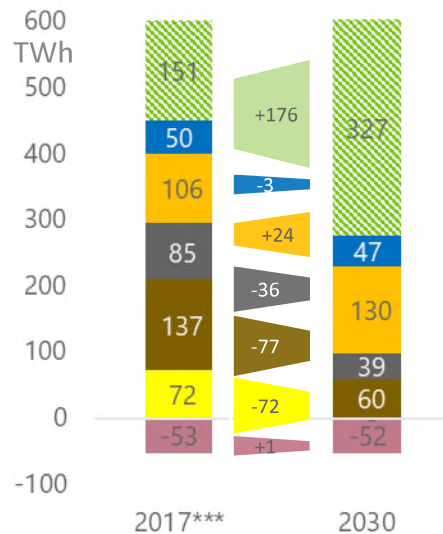
consentec



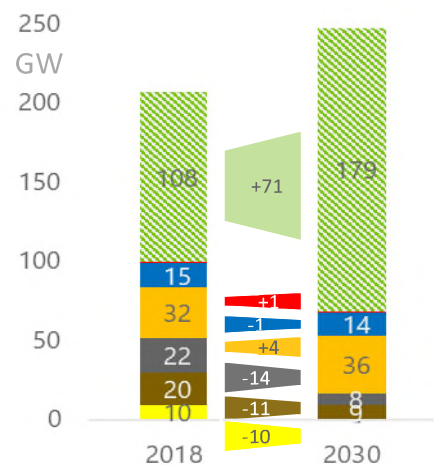
Fraunhofer
ISI

TEP

Energiebilanz



Leistungsbilanz



Volatile EE**

Steuerbare EE*

Gas / Öl / Sonstige fossil

Steinkohle

Braunkohle

Kernenergie

Nettoimporte

Genutzte Flexibilitätsoptionen***
(DSM, NEA) *

* Speicher- und Pumpspeicher,
Bioenergie (inkl. biogener Anteil
Müll) und sonstige EE

** Wind an Land und auf See, PV,
Laufwasser

*** Statistik (Quelle: AGE)

**** Modellergebnis

Ableitung eines Versorgungssicherheits-Standards: *LoLP*

Aussprache: *LoLP-Dach*

consentec



Fraunhofer
ISI

TEP

Gesetzliche Grundlage und verwendeter Indikator für Versorgungssicherheit

gesetzliche
Grundlage:
§ 51 Absatz 4 EnWG

- „Indikatoren [...] zur Messung der Versorgungssicherheit“
- „Schwellenwerte[n], bei deren Überschreiten [...] eine Prüfung und bei Bedarf eine Umsetzung angemessener Maßnahmen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit erfolgt“

Indikator:
Lastüberhang-
wahrscheinlichkeit
(LoLP)

- Lastüberhangwahrscheinlichkeit = Wahrscheinlichkeit, dass die verbleibende Leistung (am Strommarkt) kleiner Null ist
 - Im Englischen: LoLP („Loss of Load Probability“)
 - Äquivalent: Lastausgleichwahrscheinlichkeit (= $1 - \text{LoLP}$)
- Bestehen keine weiteren Reserven außerhalb des Strommarkts, entspricht LoLP der Wahrscheinlichkeit für unfreiwillige Abschaltung von Verbrauchern
- Bestehen dagegen Reserven außerhalb des Strommarkts (wie in Deutschland), entspricht LoLP der Wahrscheinlichkeit dafür, dass diese Reserven aktiviert werden

Ableitung eines Versorgungssicherheits-Standards: $\widehat{LoLP}$

consentec



Fraunhofer
ISI

TEP

Schwellenwert für LoLP als Versorgungssicherheits-Standard (1/2)

volkswirtschaftliche
Grundlage und
Bedeutung des
Versorgungs-
sicherheits-
Standards

- Es ist volkswirtschaftlich effizient, wenn ein kleiner Teil der Last für kurze Zeit, d.h. in seltenen Fällen, nicht gedeckt werden kann
- Schwellenwert: Gleichgewicht von Kosten und Nutzen aus volkswirtschaftlicher Sicht (Verbraucherperspektive)
 - Kosten: Errichtung zusätzlicher kostengünstiger Erzeugung (CoNE*)
 - Nutzen: Wahrscheinlichkeit für deren Einsatz, um Verbrauchsabschaltungen zu verhindern, gewichtet mit Zahlungsbereitschaft (VoLL*)
- $\widehat{LoLP} = \frac{CoNE}{VoLL}$
- In einem nachhaltigen Marktdesign sollte Einhaltung des Schwellenwerts durch Ausgleich von Angebot und Nachfrage am Strommarkt erfolgen → Vergleich von $\widehat{LoLP}$ mit berechnetem LoLP (Wahrscheinlichkeit, dass die verbleibende Leistung am Strommarkt kleiner Null ist)

*Politisch beschlossene
Absicherungsmaß-
nahmen wie die
Kapazitätsreserve
ermöglichen ein VS-
Niveau, das über
diesen Standard
hinausgeht*

* CoNE = Cost of New Entry, VoLL = Value of Lost Load

Ableitung eines Versorgungssicherheits-Standards: $\widehat{LoLP}$

consentec



Fraunhofer
ISI

TEP

Schwellenwert für LoLP als Versorgungssicherheits-Standard (2/2)

Bestimmung des Schwellenwerts

- VoLL: Grundsatzüberlegungen i.V.m. Literaturrecherche
- CoNE: Recherchen im Rahmen der Modellparametrierung
- Ergebnis: $\widehat{LoLP} = 0,06 \%$
- Entspricht Lastausgleichswahrscheinlichkeit von 99,94 %

Konsequenz einer Überschreitung des Schwellenwerts: Prüfauftrag

- Überschreitung des Schwellenwerts für ein zukünftiges Betrachtungsjahr ist ein Indiz für das Ausbleiben einer effizienten Investition
- Prüfung auf Hemmnisse und Fehlanreize
- Maßnahmen nur sinnvoll, wenn kein „Einschwingen“ durch Marktanpassungsprozesse erwartet wird

Das Versorgungssicherheits-Monitoring schaut mehr als 10 Jahre in die Zukunft, damit ggf. ausreichend Zeit für Reaktionsmöglichkeiten bleibt

Methodik zur Analyse der Versorgungssicherheit für ein gegebenes Szenario

consentec



Fraunhofer
ISI

TEP

Berücksichtigung von Unsicherheit

Unsicherheit wird im
Modell detailliert
nachgebildet

- Unsicherheit bewirkt Risiko, das Marktakteure bewerten und berücksichtigen (müssen). Dies betrifft insbesondere
 - Wetter → Einfluss auf Last & EE-Erzeugung → hier 5 „Wetterjahre“ berücksichtigt
 - Kraftwerksausfälle → Einfluss auf verfügbare Erzeugungsleistung → 350 zufällige Jahresverläufe der nicht verfügbaren Leistung berücksichtigt
- Insgesamt wird jedes Betrachtungsjahr 1.750-mal simuliert

*Entspricht 15,33 Mio.
modellierter Stunden
für jedes
Betrachtungsjahr*

ungewisse
Extremereignisse
nicht explizit
abgebildet

- Extremereignis z.B. Nichtverfügbarkeit vieler Kraftwerke durch gemeinsame Ursache)
- Für Extremereignisse kann keine Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmt werden (Ungewissheit im Gegensatz zu Risiko)
- Daher unmöglich, ökonomisch effiziente Maßnahmen zur Vorbereitung auf derartige Ereignisse zu treffen → Erreichung des effizienten Niveaus an Versorgungssicherheit kann nicht anhand von Extremereignissen beurteilt werden
- Absicherung außerhalb Marktdesign: staatliche Risikovorsorge

*Hierzu aktuell
Austausch zwischen
BMWi, Bundesnetz-
agentur und
deutschen ÜNB.
Auswirkungen können
insb. mit außerhalb
des Markts stehenden
Reserven, wie
Kapazitätsreserve,
verringert werden.*

Ergebnisse: Szenario „Zielerreichung Klimaschutz“

consentec

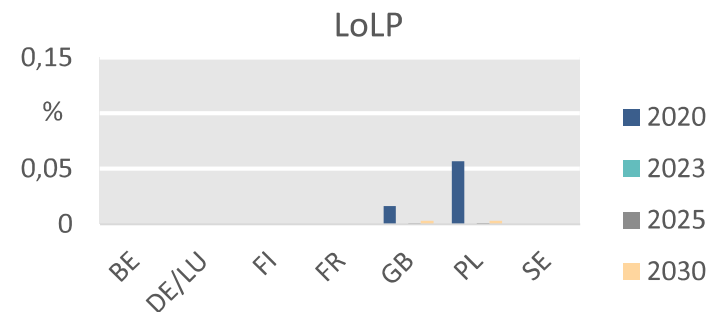


Fraunhofer
ISI

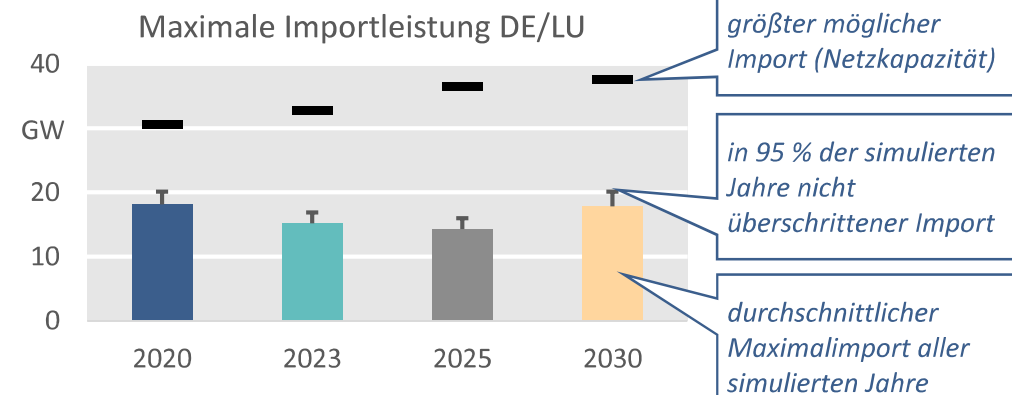
TEP

Analyse der Versorgungssicherheit

- LoLP
 - Deutsche Verbraucher können in vorliegenden Untersuchungen jederzeit sicher versorgt werden
- Erforderliche* Importe nach DE/LU**
 - Für Versorgungssicherheit erforderliche maximale Importleistung liegt durchweg deutlich unter maximaler Importkapazität
 - Durchschnittlich erforderliche Importenergie liegt bei ca. 1 % (2020) und 0,6 % (2030) des Bruttostromverbrauchs



Nicht dargestellte Länder weisen durchweg LoLP von null auf



größter möglicher Import (Netzkapazität)

in 95 % der simulierten Jahre nicht überschrittener Import

durchschnittlicher Maximalimport aller simulierten Jahre

Versorgungssicherheitsniveau am Strommarkt bleibt in Deutschland sehr hoch

* Erforderliche Importe, um Nachfragekürzung zu vermeiden. Marktliche Importe können hiervon abweichen.

** Deutschland und Luxemburg bilden eine gemeinsame Gebotszone im Strommarkt, daher gelten DE-Ergebnisse auch für LU

consentec

Consentec GmbH
Grüner Weg 1
52070 Aachen

Tel. +49 241 93836-0
Fax +49 241 93836-15
info@consentec.de
www.consentec.de



r2b energy
consulting GmbH
Zollstockgürtel 61
50969 Köln

Tel. +49 221 789598-60
www.r2b-energy.com



Fraunhofer ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Tel. +49 721 6809-0
www.isi.fraunhofer.de



TEP energy GmbH
Rotbuchstr. 68
CH-8037 Zürich

Tel. +41 43 500 71 71
www.tep-energy.ch