



Bundesnetzagentur

Netztechnische Auswirkungen von KKW-Ausfällen

Johannes Kemper, Referent

Misère Nucléaire: Wenn AKW ungeplant ausfallen

Basel, 30.06.2023



www.bundesnetzagentur.de



- (n-1)-Sicherheit
- Nichtverfügbarkeit
- Eigenschaften von (Kern-)Kraftwerken
- Auswirkungen auf die Spannungshaltung
- Auswirkungen auf die Frequenzhaltung
- Zusammenfassung



- Was bedeutet (n-1)-Sicherheit?
 - Vorgabe, dass in einem Netz die **Netzsicherheit** auch **bei Ausfall einer Komponente gewährleistet** bleiben soll.
 - Netzkomponenten/-elemente:
 - Leitungen
 - Netzbetriebsmittel (bspw. Transformatoren)
 - Kraftwerke
 - An sich: Lasten
 - Übertragungsnetze sind mehrfach redundant (n-x) ausgelegt.



- **Unterscheidung** angezeigt:
 - **Geplante** Nichtverfügbarkeiten
 - Revisionen, Freischaltungen von Leitungen
 - **Ungeplante** Nichtverfügbarkeiten
 - Störfälle
- Ungeplante Nichtverfügbarkeiten erfordern die Vorhaltung **kurzfristiger** Alternativen/Reserven.
- Geplanten Nichtverfügbarkeiten kann vorbeugend begegnet werden.



- Was stellt ein Kraftwerk dem System zur Verfügung?
 - **Wirkleistung** für Stromverbraucher
 - **Systemdienstleistungen** für das Netz
 - Wirkleistung als **Redispatch-Potenzial** zur Netzengpassbewirtschaftung
 - Regelenergie und Momentanreserve zur **Frequenzhaltung**
 - Blindleistung zur **Spannungshaltung**
 - **Schwarzstart- und Inselbetriebsfähigkeit** für den Netz- und Versorgungswiederaufbau
 - KKW sind jedoch aufgrund ihrer Fahrweise **nicht** ausreichend redispatchfähig und **nicht** schwarzstartfähig.



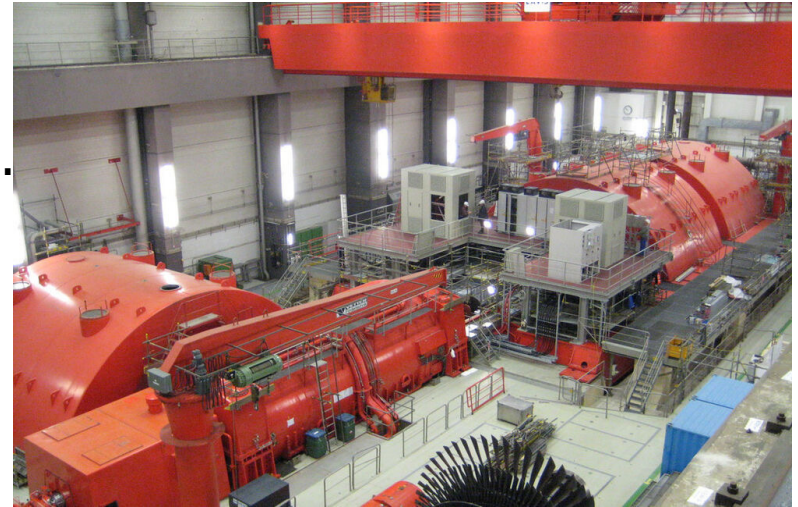
- KKW stellen aufgrund ihrer Betriebsweise **konstante Blindleistungsquellen** im Netz dar.
- Gegenmaßnahmen bei Ausfall:
 - Stufung von Transformatoren
 - Einsatz von Betriebsmitteln wie STATCOM und rotierenden Phasenschieberanlagen (rPSA)
 - Spannungsbedingter Redispatch mit Kraftwerken
- Da die Wirkung von **Blindleistung örtlich begrenzt** ist, sind **Maßnahme in räumlicher Nähe** des nichtverfügbaren KKW zu aktivieren.



- Errichtung von STATCOM und rPSA respektive der Umrüstung von konventionellen Kraftwerken zu rPSA.
- Blindleistungsbereitstellung durch Erneuerbare Energien, insbesondere Windenergieanlagen.
- (Wasserstofffähige) Gaskraftwerke können so konstruiert werden, dass sich **Turbine und Generator entkoppeln** lassen, sodass der Generator im Phasenschieberbetrieb isoliert zur Blindleistungskompensation bereitgestellt werden kann.
- So könnte die Anlage, in Phasen, in der sie keine Wirkleistung erbringen muss, als rPSA agieren.



- KKW Biblis wurde infolge des Atom-Moratoriums zum 18.03.2011 vom Netz genommen.
- Am 29.05.2011 wurde von der BReg entschieden, dass KKW Biblis nicht wieder ans Netz gehen soll.
- Aufgrund des Blindleistungsbedarfs in der Region fiel die Entscheidung, den Generator der Anlage zum rotierenden Phasenschieber umzurüsten.
- Beginn der Arbeiten: Oktober 2011
- Abschluss der Arbeiten: Februar 2012
- Dauer des Betriebs: bis Ende 2018





- Ausfall von KKW geht mit **erheblichen Verlust von Wirkleistung** einher.
- **Gegenmaßnahmen** bei Ausfall:
 - Momentanreserve von anderen KW
 - Aktivierung/Zuschaltung von nicht einspeisenden Anlagen/Reserven
 - Einsatz von Regelenergiesreserven (bilanzieller Ausgleich)
 - Strombedingter Redispatch mit Kraftwerken (Engpassbewirtschaftung)
 - Zwangsweise Lastabschaltungen/demand side response



- Wirkleistungsbereitstellung durch **Speicher**.
- Einsatz von **flexiblen Erzeugungsanlagen** wie Gas- oder Wasserstoffkraftwerken.
- **rPSA-Schwungrad-Konstruktionen** lassen sich ebenfalls zur Frequenzhaltung als **Momentanreservequelle** nutzen.
- Perspektivisch können erneuerbare Energien über **netzbildende Umrichter** ans Netz angeschlossen werden und so **synthetische Schwungmasse** als Momentanreserve bereitstellen.



- Aufgrund des **(n-1)-Kriteriums** kann der Ausfall einzelner Kernkraftwerke vom System **gut kompensiert werden**.
- Gleichwohl können Ausfälle **erhebliche Auswirkungen** insb. auf die **Spannungs- und Frequenzhaltung** ausüben.
- Sich anbahnenden Nichtverfügbarkeiten (etwa durch gesetzliche vorgegebene Ausstiegspfade) kann auch planerisch durch die Errichtung von Anlagen/Schaffung von Reserven vorgebeugt werden.
- Auch bestehen potenzielle Alternativen zur Systemdienstleistungsbereitstellung in einer Welt ohne große konventionelle Anlagen wie KKW.



Misère Nucléaire: Wenn AKW ungeplant ausfallen

Johannes Kemper