

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung, Aufgabenstellung und Zielsetzung..... 1

1.1 Arbeitspaket 1: Aufarbeitung des für das Vorhaben relevanten Standes
 von Wissenschaft und Technik 2

1.2 Arbeitspaket 2: Entwicklung verschiedener Szenarien von
 Netzstörungen 3

1.3 Arbeitspaket 3: Untersuchung der Rückwirkungen von Netzstörungen
 auf Kernkraftwerke..... 3

2 Stand von Wissenschaft und Technik..... 5

2.1 Einrichtungen und Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der
 Eigenbedarfsversorgung 5

2.1.1 Stationärer Leistungsbetrieb 9

2.1.2 Versorgung durch Blockgenerator nach Lastabwurf auf Eigenbedarf..... 9

2.1.3 Versorgung über Reservenetzanschluss 10

2.1.4 Versorgung der Anlage durch die Notstromdieselaggregate 12

2.1.5 Versorgung der Anlage durch die Notspeisenotstromdieselaggregate 12

2.1.6 Versorgung über den Notstrom-Netzanschluss..... 13

2.1.7 Versorgung über zusätzliche mobile Notstromaggregate 14

2.2 Schutzeinrichtungen und Maßnahmen zur Verhinderung der
 Ausbreitung einer Netzstörung in die Anlage 14

2.2.1 Netzschutzeinrichtungen..... 15

2.2.2 Blockschutzeinrichtungen 15

2.3 Nationale und internationale Betriebserfahrung zu Netzstörungen und
 deren Auswirkungen auf Kernkraftwerke 19

2.3.1 Großflächige Netzstörung mit Auswirkungen auf Kernkraftwerke
 (Ereignis 1) 19

2.3.2 Phasenfehler mit daraus resultierendem Ausfall der
 Spannungsversorgung sicherheitstechnisch wichtiger Komponenten
 (Ereignis 2) 20

2.3.3 Ausfall der Eigenbedarfsversorgung aufgrund eines defekten Schalters
 in einer 220-kV-Schaltanlage (Ereignis 3)..... 22

2.3.4	Wetterbedingter zweimaliger Ausfall der elektrischen Energieversorgung (Ereignis 4)	23
2.3.5	Ausfall der externen Spannungsversorgung aufgrund eines Fehlers im Verbundnetz (Ereignis 5)	23
2.3.6	Ausfall der externen Spannungsversorgung aufgrund eines Einzelfehlers im Verbundnetz (Ereignis 6)	24
2.3.7	Kurzschluss im Verbundnetz mit anschließendem Inselbetrieb eines Kernkraftwerks (Ereignis 7).....	26
2.3.8	Reaktorschnellabschaltung aufgrund eines Blitzschlags im Verbundnetz (Ereignis 8)	27
2.3.9	Unterspannungstransiente aufgrund eines Blitzschlags (Ereignis 9).....	28
2.3.10	Unzureichend detektierter Phasenfehler in der Hauptnetzanbindung (Ereignis 10)	29
2.3.11	Komponentenausfälle durch Spannungstransienten aufgrund von Gewitter (Ereignis 11)	30
2.3.12	Blitzeinschlag in den Hauptnetzanschluss führt kurzzeitig zum Notstromfall (Ereignis 12)	32
2.3.13	Reaktorschnellabschaltung aufgrund von Netzstörungen verursacht durch menschliche Fehlhandlungen (Ereignis 13).....	33
2.3.14	Reaktorschnellabschaltung aufgrund einer Störung in einer Schaltanlage (Ereignis 14).....	33
2.3.15	Ausfall der 110-kV-Netzversorgung (Ereignis 15)	33
2.3.16	Kurzschluss in der Höchstspannungsschaltanlage mit anschließendem Notstromfall (Ereignis 16)	34
2.3.17	Simultaner Ausfall von Haupt- und Reservenetz mit anschließendem Lastabwurf auf Eigenbedarf (Ereignis 17)	35
2.3.18	Anregung der Notstromsignale in zwei Redundanzen nach Ausfall des 380-kV-Hauptnetzanschlusses (Ereignis 18)	35
2.3.19	Ausfall der externen Energieversorgung aufgrund von Sabotage (Ereignis 19)	38
2.3.20	Ausfall der externen Energieversorgung nach menschlichen Fehlhandlungen (Ereignis 20).....	39
2.3.21	Abschaltungen von Gleichrichtern aufgrund von Netzstörungen (Ereignis 21)	40

2.3.22	Unerkannter Verlust von zwei Phasen der 400-kV-Netzanbindung (Ereignis 22)	40
2.3.23	Nicht erkannter Phasenfehler führt zur Reaktorschnellabschaltung (Ereignis 23)	42
2.3.24	Weitere Ereignisse.....	43
3	Entwicklung verschiedener Szenarien von Netzstörungen.....	51
3.1	Ursachen von Netzstörungen.....	52
3.2	Arten von Netzstörungen	52
3.3	Szenarien von Netzstörungen.....	60
3.3.1	Szenarien mit einer Art von Netzstörung.....	61
3.3.2	Szenarien mit einer Kombination von zwei Arten von Netzstörungen.....	63
3.3.3	Szenarien mit einer Kombination von drei oder mehr Arten von Netzstörungen	70
4	Untersuchung der Szenarien von Netzstörungen hinsichtlich ihrer Rückwirkungen auf Kernkraftwerke	75
4.1	Szenarien mit einer Art von Netzstörung.....	79
4.1.1	Unterspannung im (400-kV-)Hauptnetz (Szenario 1)	79
4.1.2	Überspannung im (400-kV-)Hauptnetz (Szenario 2)	100
4.1.3	Spannungs- und Frequenzschwankungen (Szenarien 3 und 4).....	111
4.1.4	Unterfrequenz im (400-kV-)Hauptnetz (Szenario 5)	117
4.1.5	Überfrequenz im (400-kV-)Hauptnetz (Szenario 6)	128
4.1.6	Lastschwankungen (Szenario 7).....	131
4.1.7	Ausfall des Netzes ohne vorhergehende Transiente (Szenario 8).....	131
4.1.8	Asymmetrie bezüglich einer Phase (Szenario 9).....	132
4.1.9	Asymmetrie bezüglich zweier Phasen (Szenario 10)	137
4.2	Szenarien mit mehreren Arten von Netzstörungen (Szenarien 11 bis 24).....	139
4.3	Bewertung der Szenarien	150
4.4	Mögliche Maßnahmen zur Verhinderung oder Beherrschung der Ausbreitung von Netzstörungen in die Anlage	153
5	Zusammenfassung	155

	Literaturverzeichnis.....	159
	Abbildungsverzeichnis.....	161
	Tabellenverzeichnis.....	169
A	Anhang	171
A.1	Übersicht über das verwendete Modell	171
A.2	Kurzzeit-Umschaltung EB-Versorgung, Abschaltung von Verbrauchern ...	186
A.3	Langzeit-Umschaltung EB-Versorgung, Zuschaltung von Verbrauchern ...	186