

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	1
1.1	Arbeitspaket 1: Aufarbeitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik	3
1.2	Arbeitspaket 2: Entwicklung von Anforderungen für den Einsatz von Ersatzbaugruppen in der Sicherheitsleittechnik.....	4
1.3	Arbeitspaket 3: Definition von Diversitätsmerkmalen und Erarbeitung Kriterien und Kenngrößen.....	5
2	Begriffe	7
2.1	Begriffe Redesign, Design und Ersatzbaugruppe.....	7
2.2	Begriff softwarebasierte Leittechnik	11
2.3	Weitere Begriffe und Abkürzungen	11
3	Aufbereitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik.....	15
3.1	Welche bislang in analoger Technik ausgeführten Typen von Baugruppen aber auch andere Komponenten werden durch Ersatzbaugruppen (analog oder digital) ersetzt?.....	15
3.2	Welche Typen von Ersatzbaugruppen (Steckerkompatibilität, Funktionskompatibilität, Programmierbarkeit für verschiedene Funktionen) werden realisiert?.....	21
3.3	Welche Technologie (FPGA, ASICs etc.) kommt bei Ersatzbaugruppen zum Einsatz?	25
3.4	Wie werden die Ersatzbaugruppen qualifiziert?	25
3.5	In welchen deutschen Anlagen werden in welchen Ersatzbaugruppen eingesetzt?	28
3.6	Gibt es bereits Betriebserfahrung mit Ersatzbaugruppen?	28
3.6.1	Auswertung nationaler und internationaler Betriebserfahrung.....	28
4	Anforderungen für den Einsatz von Ersatzbaugruppen	45
4.1	Ausgewertete Normen und Dokumente	45
4.2	Allgemeine relevante Anforderungen an Ersatzbaugruppen aus dem nationalen und internationales Regelwerk.....	48

4.2.1	KTA 3501, „Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems“	48
4.2.2	KTA 3503 „Typprüfung von elektrischen Baugruppen der Sicherheitsleittechnik“	49
4.3	Anforderungen an die Diversität.....	50
4.3.1	KTA 3501 „Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems „.....	50
4.3.2	KTA 3503 „Typprüfung von elektrischen Baugruppen der Sicherheitsleittechnik“	52
4.3.3	KTA 3507 „Werkprüfungen, Prüfungen nach Instandsetzung und Nachweis der Betriebsbewährung der Baugruppen und Geräte der Leittechnik des Sicherheitssystems“	52
4.3.4	Bericht zum Vorhaben RS1180 „Weiterentwicklung und Erprobung von Methoden und Werkzeugen für probabilistische Sicherheitsanalysen“	52
4.3.5	NUREG 6303 „Method for Performing Diversity and Defense-in-Depth Analyses of Reactor Protection Systems“	54
4.3.6	NUREG 7007 „Diversity Strategies for Nuclear Power Plant Instrumentation and Control Systems“	54
4.3.7	EPRI Bericht 1016731 „Operating Experience Insight on Common-Cause Failures in Digital Instrumentation and Control Systems“	56
4.3.8	IAEA NS-G-1.3 „Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants“	57
4.3.9	IEEE Std 1633-2008 „IEEE Recommended Practice on Software Reliability“	61
4.3.10	IEEE Std 603-2009 „IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations“	61
4.3.11	IEEE Std 7-4.3.2-2010 „IEEE Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations“	61
4.3.12	DIN-Normen	63
5	FMEA von generischen Baugruppen.....	71
5.1	Änderung der Vorgehensweise.....	71
5.2	FMEA	71
5.2.1	Vorgehensweise	72

5.2.2	Nichtprogrammierbare Baugruppen	73
5.2.3	Programmierbare Baugruppen.....	77
5.2.4	Rechnerbasierte Baugruppen	85
5.2.5	Mögliche Failure Modes.....	90
6	Definition von Diversitätsmerkmalen und Erarbeitung Kriterien und Kenngrößen	101
6.1	Vorgehensweise zur Erstellung einer Matrix der Diversitätsmerkmale ...	101
6.2	Definition der typischen Bestandteile eines Leittechniksystems	102
6.2.1	Eingabe	103
6.2.2	Verarbeitung	104
6.2.3	Ausgabe	105
6.2.4	Stromversorgung	106
6.2.5	Schutzeinrichtungen	107
6.2.6	Kommunikation	108
6.2.7	Zugriffsmöglichkeiten	109
6.2.8	Funktionsweise des Gesamtsystems	109
6.3	Definition von Diversitätsmerkmalen	110
6.3.1	Herstellung und Entwicklung.....	114
6.3.2	Systemaufbau und Technologie.....	124
6.3.3	Betrieb und Instandhaltung	136
6.3.4	Beteiligtes Personal	142
6.4	Anwendung der Matrix der Diversitätsmerkmale	147
6.4.1	Anwendungsbeispiele	148
7	Zusammenfassung	151
8	Literaturverzeichnis.....	155
	Abbildungsverzeichnis.....	163
	Tabellenverzeichnis.....	165