

Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) aus dem internationalen GVA-Datenaustauschprojekt ICDE

Teil 2

Auswertung von Ereignissen
mit gemeinsam verursachten
Ausfällen (GVA) aus dem
internationalen GVA-
Datenaustauschprojekt ICDE

(Teil 2)

Dr. Albert Kreuser
Julia Voelskow

Februar 2011

Auftrags-Nr.: 865021

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Vorhabens 3608R01338 erstellt worden. Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

Kurzfassung

Ereignisse mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) können die Verfügbarkeit von Sicherheitssystemen in Kernkraftwerken signifikant beeinträchtigen. Deshalb werden Informationen und Daten zu GVA-Ereignissen in einer Reihe von Ländern systematisch gesammelt und analysiert. Da die Kenntnisse über GVA nur aus der Betriebserfahrung mit deutschen Kernkraftwerken aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit von GVA aber nicht für eine umfassende Bewertung ausreichen, ist es notwendig auch die Betriebserfahrung anderer Länder, die vergleichbare Technik einsetzen, zu nutzen.

Um die Betriebserfahrung mit GVA aus anderen Ländern zur Weiterentwicklung der Beurteilungsgrundlagen für GVA nutzen zu können, hat die GRS die Etablierung eines internationalen GVA Arbeitskreises maßgeblich mit initiiert. Dieser Arbeitskreis entwickelte das Projekt „International Common Cause Failure Data Exchange“ (ICDE). Das Ziel dieses Projektes ist es, einen breit angelegten Informationsaustausch über beobachtete Ereignisse mit GVA Relevanz zu organisieren.

Durch die Zusammenarbeit mit den am ICDE Projekt beteiligten Partnerorganisationen wird der Umfang des Erfahrungsrückflusses hinsichtlich GVA Ereignissen gegenüber dem aus der nationalen Betriebserfahrung wesentlich erweitert. Dadurch wird

- die Informationsbasis verbreitert zur frühzeitigen Erkennung von nicht oder wenig bekannten GVA-Phänomenen, einschließlich deren Ursachen und Auswirkungen,
- Erfahrung von in ausländischen Kernkraftwerken getroffenen vorbeugenden Maßnahmen gewonnen,
- Information über die teilweise unterschiedlichen Methoden bei der Erfassung, Auswertung und Modellierung von GVA Ereignissen in den verschiedenen Ländern gewonnen. Dabei werden Erfahrungen gewonnen, die eine Weiterentwicklung der Methoden im Hinblick auf Angleichung oder Vereinheitlichung fördern.

Schwerpunkte der Arbeiten im ICDE Lenkungskreis sind die Erstellung einer einheitlichen Datenbasis mit detaillierten Ausfall- und Ursachenbeschreibungen sowie Bewertungen von GVA Ereignissen aus Anlagen der Teilnehmerländer.

Ein erster Informationsaustausch zu GVA-Ereignissen für einen eingeschränkten Beobachtungszeitraum von in der Regel fünf Jahren fand bisher zu den Komponentenarten „Kreiselpumpen“, „Notstromdieselgeneratoren“, „Motorbetätigte Absperrarmaturen“, „Sicherheits- und Entlastungsventile“, „Rückschlagarmaturen“, „Batterien“, „Leistungsschaltern“, „Füllstandsmessungen“, „Steuerstäben und Steuerstabantrieben“ und „Wärmetauschern“ statt. Daneben ist mit einem Update begonnen worden, das zum Ziel hat, die Betriebserfahrung mit GVA dieser Komponentenarten für den Zeitraum 1990 bis 2002 vollständig zu erfassen.

Insgesamt sind in der ICDE-Datenbank zum Vorhabensende ca. 1550 Ereignisse erfasst. Die Anzahl der zur Verfügung gestellten Ereignisberichte übertrifft den der nationalen Quellen um ein Vielfaches (z. B. sind bei Kreiselpumpen 11 Ereignisse aus Deutschland von insgesamt 353 Ereignissen in der ICDE Datenbank). Insbesondere die USA und Frankreich mit ihrer großen Anzahl von Anlagen tragen zu der Vielzahl der Ereignisse bei. Umfang und Detaillierungsgrad der Ereignisberichte der Teilnehmer sind in der Regel aussagekräftig genug, um die beobachteten Schadensmechanismen nachvollziehen zu können.

Der ICDE Lenkungskreis hat in zwei Workshops die Ereignisbeschreibungen und Ereignisbewertungen zu Kreiselpumpen- und Wärmetauscherereignissen diskutiert. Als Ergebnis der Workshops wurden Vorschläge zur zukünftigen Struktur der Auswertebereiche des ICDE Projekts und zur Weiterentwicklung der Kodieranleitungen erarbeitet.

Die GRS hat deshalb damit begonnen, die aus den anderen Teilnehmerländern in die ICDE-Datenbank eingespeisten Ereignisberichte systematisch auszuwerten. Dazu wurden in einem ersten Schritt im Vorläufervorhaben SR 2545 die in der ICDE-Datenbank vorhandenen Ereignisberichte zu Kreiselpumpen, Notstromdieseln und Füllstandsmessungen hinsichtlich der jeweils aufgetretenen GVA-Phänomene ausgewertet und mit den aus Deutschland bekannten Phänomenen verglichen /GRS 08/. In diesem Vorhaben wurden nun analog für die Komponentenarten motorbetätigte Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Leistungsschalter und Batterien verfahren. Dabei wurden in Deutschland bisher unbekannte GVA-Phänomene identifiziert.

Abstract

Common-cause-failure (CCF) events can significantly impact the availability of safety systems of nuclear power plants. In recognition of this, CCF data are systematically being collected and analysed in several countries. A comprehensive evaluation of CCF events derived only from the operating experience in German nuclear power plants is not sufficient due to the low probability of occurrence of such events. Therefore it is necessary to make use of the operating experience of other countries using similar technology.

In order to be able to use the CCF operating experience from other countries in the aim to carry on the development of the bases for evaluation of CCF GRS decisively co-initiated the setting up of an international common-cause failure working group. This working group has elaborated the project „International Common-Cause Failure Data Exchange” (ICDE). The project’s objective is to organise a broad exchange of information concerning observed events with relevance to common-cause failures.

Due to the co-operation with the partner organisations involved in the ICDE project, the extent of the feedback of experience with CCF events will be substantially increased in comparison to the experience resulting from national operating experience. This will

- enlarge the information base for early identification of non or little known CCF phenomena including their causes and effects,
- provide experience with preventive measures taken in nuclear power plants of other countries,
- supply information regarding partly different methods in collecting, evaluating and modelling CCF events in different countries. Thus, knowledge is gained to promote further development of the methods in the aim of assimilation or standardisation

Important targets of the group's tasks are the set up of a common data-base with detailed descriptions of failures and failure causes as well as assessments of common cause failure events of the plants in the participating countries.

The information exchange in the frame of the ICDE project covers meanwhile the operating experience for the component types "centrifugal pumps", "emergency diesel generators", "motor operated valves", "safety- and relief-valves", "check valves", "batteries", "breakers", "level measurement", "control rods drive assemblies" and "heat ex-

changers". German operating experience is included for the period 1990 to 2002 (control rods drive assemblies till 2003, heat exchangers till 2005). For this time period the operating of 12 German NPP is already completely included in the ICDE database.

In total, the ICDE database contains at the moment about 1550 events. The number of the event reports made available by the other countries surpasses the national sources many times (e.g. pumps: 11 events from Germany, total: 353 events). Especially the USA and France with their large number of power plants contribute to the large number of events. Extent and grade of details of the participants' event-reports are sufficiently expressive to understand the observed failure mechanisms.

Therefore, GRS has begun to assess systematically the event reports which were provided by the other countries to the ICDE data exchange. In a first step in a previous project, the available event reports on centrifugal pumps, emergency diesel generators and level measurement equipment were analysed with regard to the observed CCF phenomena. These phenomena were compared to the phenomena already known in Germany /GRS 08/. In this report the same kind of analysis is described for motor operated valves, check valves, safety / relief valves, switch gears and breakers and batteries. As result, some phenomena were identified which are not yet known from German operating experience.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Zielsetzung.....	3
2	Auswertung der ICDE Ereignisse aus anderen Ländern	7
2.1	Grundlage der Auswertungen	7
2.2	Komponentenart motorbetätigte Absperrarmaturen	9
2.3	Komponentenart Rückschlagarmaturen.....	17
2.4	Komponentenart Sicherheits- und Entlastungsventile	23
2.5	Komponentenart Batterien	36
2.6	Komponentenart Leistungsschalter.....	41
3	Zusammenfassung der Auswertungen	51
	Literaturverzeichnis.....	53

Anhang

1	Organisation des ICDE Projekts	57
1.1	Aufgabenverteilung innerhalb des Projekts	57
1.1.1	ICDE Lenkungskreis.....	57
1.1.2	NEA Sekretariat.....	59
1.1.3	Operating Agent.....	59
1.2	Vertraulichkeit der ICDE Daten	59
1.3	Zustimmung der deutschen Betreiber	60
2	Abstimmung von Art und Umfang der für den ICDE Datenaustausch vorgesehenen Informationen.....	61
2.1	Allgemeine ICDE Kodieranleitungen	62
2.2	Komponentenspezifische Kodieranleitungen.....	63
2.3	ICDE Datenbank.....	64
2.3.1	Struktur der ICDE Datenbank.....	66
2.3.2	Weiterentwicklung der ICDE Datenbank	67

3	Ergebnisse des ICDE Projekts.....	71
3.1	Stand des ICDE Datenaustauschs.....	71
3.2	Berichte des ICDE Projektes.....	72
3.3	Workshops des ICDE Projekts.....	73
3.3.1	Workshop über Einbindung von neueren Ereignissen mit..... Kreiselpumpen.....	73
3.3.2	Workshop über den Datenaustausch von Wärmetauschern.....	75
4	Sammlung, Analyse und Bereitstellung von Informationen zu deutschen GVA Ereignissen für den Datenaustausch.....	77
4.1	Wärmetauscher.....	77
4.2	Ventilatoren.....	78
4.3	Druckluftbetätigte Ventile.....	79
4.4	Frischdampfisolationsventile.....	79
4.5	Update des deutschen Beitrags.....	80
5	Zusammenfassung und Ausblick zum ICDE Projekt.....	83

1 Einführung und Zielsetzung

Ereignisse mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) können die Verfügbarkeit von Sicherheitssystemen in Kernkraftwerken signifikant beeinträchtigen. Deshalb werden Informationen und Daten zu GVA-Ereignissen in einer Reihe von Ländern systematisch gesammelt und analysiert. Aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit von GVA-Ereignissen reicht die Betriebserfahrung deutscher Kernkraftwerke nicht für eine umfassende Bewertung aus. Deshalb ist es notwendig, auch die Betriebserfahrung anderer Länder, in denen vergleichbare Technik eingesetzt wird, zu nutzen.

Eine direkte Nutzung der qualitativen und quantitativen GVA Datensammlungen anderer Länder wird aber dadurch erschwert, dass die Kriterien, die bei der Sammlung von GVA Ereignissen angewendet werden, und die Bewertung von GVA Ereignissen in den einzelnen Ländern teilweise unterschiedlich sind. Außerdem kann es auch bei prinzipiell vergleichbarer Technik im Einzelfall wichtig sein konstruktive Details zu kennen, um eine Übertragbarkeit beurteilen zu können. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die Beschreibungen der gemeldeten Ereignisse, ihrer Ursachen und der Kopplungsfaktoren, die für die Bewertung der Ereignisse wichtig sind, gewöhnlich in den jeweiligen Landessprachen geschrieben sind.

Um die Betriebserfahrung mit GVA aus anderen Ländern zur Weiterentwicklung der Beurteilungsgrundlagen für GVA nutzen zu können, hat die GRS die Etablierung eines internationalen GVA Arbeitskreises maßgeblich mit initiiert. Dieser Arbeitskreis entwickelte das Projekt „International Common Cause Failure Data Exchange“ (ICDE), das seit 1996 unter der Schirmherrschaft der OECD/NEA betrieben wird. Das Ziel dieses Projektes ist es, einen breit angelegten Informationsaustausch über beobachtete Ereignisse mit GVA Relevanz zu organisieren. Dabei soll die Betriebserfahrung mit GVA der wesentlichen Komponenten der wichtigsten Sicherheitssysteme erfasst werden.

Der Lenkungskreis des ICDE Projektes setzt sich zusammen aus GVA Experten der teilnehmenden Länder. Der Lenkungskreis definiert den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik bei der Erfassung und Bewertung von gemeinsam verursachten Ausfällen. Dadurch ist der ICDE Arbeitskreis ein bereits etabliertes Element für den Aufbau eines internationalen Expertennetzwerks, dem in Zukunft, bei knapper

werdenden finanziellen und personellen Ressourcen, eine immer größere Bedeutung bei der Aufrechterhaltung eines hohen Sicherheitsniveaus in der Kerntechnik zukommt.

Deutschland wird durch die GRS im Lenkungskreis des ICDE Projektes vertreten. Die Finanzierung der Mitarbeit der GRS im Lenkungskreis und der Aufbereitung von Informationen zu deutscher Betriebserfahrung mit GVA entsprechend den Anforderungen von ICDE erfolgte zunächst in den BMU Vorhaben SR 2276, SR 2418, SR 2468 und SR 2545 und wurde dann im Rahmen des gerade abgeschlossenen Vorhabens 3608R01338 fortgeführt.

Die Arbeiten im Rahmen des ICDE Projektes dienen der Absicherung und Erweiterung der Erkenntnisse über GVA, die im Hinblick auf probabilistische Sicherheitsanalysen und zur Bewertung von vorbeugenden Maßnahmen gegen das Auftreten von GVA genutzt werden können.

Durch den langfristig angelegten Austausch sollen

- GVA-Ereignisse, ihre Ursachen und Verhinderungsmöglichkeiten besser verstanden werden,
- ein qualitativer Einblick in die grundlegenden Ursachen („root causes“) von GVA Ereignissen gewonnen werden, der dann genutzt werden kann, um vorbeugende Maßnahmen gegen das Auftreten solcher Ereignisse oder zur Abmilderung der Auswirkungen abzuleiten,
- ein effizienter Erfahrungsrückfluss über beobachtete GVA-Phänomene etabliert werden, der z.B. zur Entwicklung von Indikatoren zur Risiko informierten Aufsicht genutzt werden kann,
- quantitative Informationen über GVA Ereignissen gewonnen werden, um die Wirksamkeit von vorbeugenden Maßnahmen analysieren zu können und um belastbare Grundlagen für Zuverlässigkeitskennzahlen für GVA-Ereignisse im Rahmen von probabilistischen Sicherheitsanalysen zu erhalten.

Durch die Zusammenarbeit mit den am ICDE Projekt beteiligten Partnerorganisationen wird der Umfang des Erfahrungsrückflusses hinsichtlich GVA Ereignissen gegenüber dem aus der nationalen Betriebserfahrung wesentlich erweitert. Dadurch wird

- die Informationsbasis verbreitert zur frühzeitigen Erkennung von bisher nicht oder wenig bekannten GVA-Phänomenen, einschließlich deren Ursachen und Auswirkungen,
- Erfahrung von in ausländischen Kernkraftwerken getroffenen vorbeugenden Maßnahmen gewonnen,
- Information über die teilweise unterschiedlichen Methoden bei der Erfassung, Auswertung und Modellierung von GVA Ereignissen in den verschiedenen Ländern gewonnen. Dabei werden Erfahrungen gewonnen, die eine Weiterentwicklung der Methoden im Hinblick auf Angleichung oder Vereinheitlichung fördern.

Da im Lenkungskreis des ICDE Projektes GVA Experten aus allen beteiligten Ländern vertreten sind, wird durch die eigene Mitarbeit im Lenkungskreis die Mitwirkung am aktuellen internationalen Diskussionsstand zu GVA sichergestellt. Schwerpunkte der Arbeiten im ICDE Projekt sind die Erstellung einer einheitlichen Datenbasis mit detaillierten Ausfall- und Ursachenbeschreibungen sowie Bewertungen von GVA Ereignissen aus Anlagen der Teilnehmerländer.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im BMU-Vorhaben 3608R01338 betraf die systematische Auswertung der aus den anderen Teilnehmerländern in die ICDE Datenbank eingespeisten Ereignisberichte. Bereits im Vorhaben SR 2545 wurden die in der ICDE-Datenbank vorhandenen Ereignisberichte zu Kreiselpumpen, Notstromdieseln und Füllstandsmessungen ausgewertet. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in /GRS 08/ dokumentiert.

Entsprechend diesem Vorläufervorhaben wurden im Vorhaben 3608R01338 die in der ICDE Datenbank vorhandenen Ereignisberichte zu motorbetätigten Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventilen, Leistungsschaltern und Batterien hinsichtlich der den jeweiligen GVA-Ereignissen zu Grunde liegenden Ursachenketten ausgewertet und mit den aus Deutschland bekannten verglichen. Dabei wurden in Deutschland bisher unbekannte GVA Phänomene identifiziert. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind im Folgenden beschrieben.

Im Anhang zu diesem Bericht werden Hintergrundinformationen zum ICDE-Projekt gegeben. Zum einen sind dort die organisatorischen Arbeiten und Entwicklungen beschrieben, die zur Lenkung des Projektes im Rahmen des gerade abgeschlossenen Vorhabens notwendig waren. Dabei sind auch die wesentlichen organisatorischen

Rahmenbedingungen des Projekts in ihren aktuellen Fassungen mit aufgeführt. Danach werden der aktuelle Stand des ICDE-Datenaustauschs, die vom ICDE-Lenkungskreis erarbeiteten Auswertebereiche, sowie die vom ICDE-Lenkungskreis durchgeführten Workshops zur Nutzung der ICDE-Daten vorgestellt. Anschließend werden die während der Laufzeit des Vorhabens durchgeführten Auswertungen deutscher Betriebserfahrung mit GVA-Ereignissen und die dabei erzielten Ergebnisse beschrieben.

2 Auswertung der ICDE Ereignisse aus anderen Ländern

Durch den Datenaustausch im Rahmen des ICDE-Projekts wird die Informationsbasis zu GVA-Ereignissen gegenüber der in Deutschland für den gleichen Zeitraum verfügbaren um mehr als das Zehnfache erweitert. Dadurch wird die Grundlage für die Bewertung von GVA substantiell verbreitert und abgesichert.

Da auf Grund der Quantität der internationalen Erfahrungen zu erwarten war, dass Aussagen gemacht und für aufsichtliche Fragestellungen verwendet werden können, die auf Basis der deutschen Betriebserfahrung allein nicht möglich sind, wurde im Vorhaben SR 2545 damit begonnen, die Ereignisberichte, die bisher im Rahmen des ICDE Datenaustauschs von den anderen Ländern erhalten wurden, systematisch auszuwerten.

Im Vorhaben SR 2545 wurde dazu mit einer Auswertung der Ereignisse zu Kreisel-pumpen, Notstromdieselaggregaten und Füllstandsmessungen begonnen (vgl. /GRS 08/). Bei dieser Auswertung wurde die Übertragbarkeit der Ereignisse auf deutsche Anlagen bewertet, indem die in ausländischen Anlagen beobachteten Phänomene mit den aus Deutschland bekannten Phänomenen verglichen wurden.

Eine solche Auswertung wurde im jetzt abgeschlossenen Vorhaben 3608R01338 für die Komponentenarten motorbetätigte Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Batterien und Leistungsschalter durchgeführt. In den nachfolgenden Abschnitten werden für die jetzt ausgewerteten Komponentenarten die im Ausland beobachteten Phänomene dargestellt. Für in Deutschland nicht bekannte Phänomene, die im Ausland beobachtet wurden, wird aufgezeigt, welche bisher in Deutschland nicht aufgetretenen Phänomene bei den Vorsorgemaßnahmen gegen GVA zu berücksichtigen sind.

2.1 Grundlage der Auswertungen

Für die Auswertung der ausländischen GVA-Ereignisse zu den in diesem Vorhaben ausgewerteten Komponentenarten, wurde die ICDE-Datenbank mit Stand vom 14.05.2008 verwendet, welche alle Ereignisse enthält, die in Deutschland zu Beginn des Vorhabens 3608R01338 zugänglich waren.

In Tabelle 2.1 ist die jeweilige Anzahl der für Deutschland zugänglichen Ereignisse in der ICDE-Datenbank zu den im Vorhaben 3608R01338 ausgewerteten Komponentenarten aufgeführt. In Klammern ist die Anzahl der Ereignisse aus deutschen Kernkraftwerken angegeben.

Tab. 2.1: Anzahl der für Deutschland zugänglichen Ereignisse in der ICDE-Datenbank für in diesem Vorhaben ausgewertete Komponentenarten
(Stand: 14.05.2008, in Klammern: Anzahl der deutschen Ereignisse).

Komponentenart	ICDE-Ereignisse
Motorbetätigte Absperrarmaturen	97 (6)
Rückschlagarmaturen	101 (12)
Sicherheits- und Entlastungsventile	179 (15)
Batterien	52 (9)
Leistungsschalter	92 (5)

Zunächst wurden die von Deutschland in die ICDE-Datenbank eingespeisten Ereignisse von der Bewertung ausgeschlossen, da deren systematische Fehlermechanismen und Ursachen (GVA-Phänomene) bereits bekannt sind. Anschließend wurden Ereignisse ausgeschlossen, bei denen aufgrund der in der ICDE-Datenbank enthaltenen Informationen Zweifel am gleichzeitigen Vorliegen einer Schädigung bzw. an einem gemeinsamen Fehlermechanismus bestanden.

Für die übrigen Ereignisse wurde das beobachtete GVA-Ereignis kurz charakterisiert. Dabei wurde jeweils nur der Fehlermechanismus betrachtet, unabhängig davon, wie viele Komponenten auf Grund dieses Fehlermechanismus ausgefallen waren.

Die verbleibenden identifizierten Fehlermechanismen wurden dann nach Gemeinsamkeit gruppiert. Anschließend wurde mit einer Expertenbefragung geprüft, ob die identifizierten Fehlermechanismen auch aus deutschen Anlagen bekannt sind. Ein Fehlermechanismus wurde dabei als bekannt bewertet, wenn auch aus deutschen Anlagen ein Ereignis bekannt ist, das auf einen vergleichbaren Fehlermechanismus zurückzuführen ist.

Im Folgenden werden für die fünf in diesem Vorhaben ausgewerteten Komponentenarten zunächst die in der ausländischen Betriebserfahrung identifizierten Fehlermechanismen vorgestellt und kurz charakterisiert. Dabei werden Fehlermechanismen, die aus

deutschen Anlagen nicht bekannt sind, identifiziert. Diese werden abschließend nochmals für jede ausgewertete Komponentenart zusammengestellt. Diese Zusammenstellung kann als Ausgangsbasis verwendet werden, um zu überprüfen, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind, um ein Auftreten vergleichbarer GVA-Ereignisse zu vermeiden.

2.2 Komponentenart motorbetätigte Absperrarmaturen

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Ereignisse an motorbetätigten Absperrarmaturen aus folgenden Systemen erfasst:

- Notspeisesystem
- Not- und Nachkühlsystem
 - Hochdruckeinspeisesystem
 - Niederdruckeinspeisesystem
 - Flutbehälter
 - Gebäudesprühsystem
 - Nachspeisesystem; Kernsprüh- und Kernflutsystem
 - Nachwärmeabfuhrsystem
- Zwischenkühlwassersystem
- Nebenkühlwassersystem sowie
- an den Absperrventilen vor den Druckhalterabblaseventilen.

Es wurden in einigen Fällen auch Ereignisse erfasst, bei denen motorbetätigte Absperrarmaturen aus Systemen, für die nach dem ICDE Coding Guide keine Daten gesammelt werden müssen, betroffen waren.

Von den insgesamt 97 GVA-Ereignissen der Komponentenart "motorbetätigte Absperrarmaturen" in der ICDE-Datenbank sind sechs aus deutschen Anlagen. Auf diese wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da daraus für die deutsche Betriebserfahrung keine neuen Erkenntnisse resultieren. Ebenso wird auf fünf ausländische Ereignisse nicht eingegangen, da die zugehörigen Informationen in der ICDE-Datenbank am

gleichzeitigen Vorliegen einer Schädigung bzw. an einem gemeinsamen Fehlermechanismus zweifeln lassen und eine für dieses Vorhaben zielführende Auswertung auf Grund der vorliegenden Informationen nicht möglich ist.

Somit verbleiben für die Auswertung 86 GVA-Ereignisse. Diese 86 Ereignisse wurden zur Erlangung einer übersichtlichen Darstellung in Gruppen aufgeteilt. Dabei wurde – je nachdem, wo sich der Fehlermechanismus auswirkte - zwischen Motor (inkl. Leistungsschalter), Getriebe, Schalt- und Meldeeinrichtung, Armatur und Freischaltfehler unterschieden, wobei nicht immer eine eindeutige Zuordnung möglich war. Zwei Ereignisse ließen sich keiner dieser Gruppen zuordnen und wurden deshalb als Sonstige ausgewiesen. Die Aufteilung ist in Tabelle 2.2 angegeben.

Tab. 2.2: Aufteilung der aus der ICDE-Datenbank ausgewerteten motorbetätigten Absperrarmaturen

Aufteilung ausgewerteter GVA-Ereignisse bei motorbetätigten Absperrarmaturen	Anzahl der Ereignisse
Stellantrieb, davon	50
• Getriebe	(6)
• Motor (inkl. Leistungsschalter)	(17)
• Schalt- und Meldeeinrichtung	(22)
• nicht weiter zuordenbar	(5)
Armatur	31
Freischaltfehler	4
Sonstige	1
Gesamt	86

Im weiteren Text werden die GVA-Ereignisse kurz vorgestellt. Bei der Darstellung ist zu beachten, dass nicht alle Ereignisse der ICDE-Datenbank angeführt werden. Es soll vielmehr eine Vorstellung der in der internationalen Betriebserfahrung aufgetretenen systematischen Versagensmechanismen bzw. Ursachen vermittelt werden. Detailliert dargestellt werden die nach unserer Kenntnis aus der deutschen Betriebserfahrung noch nicht bekannten Fehlermechanismen und Ursachen.

- Stellantrieb, Getriebe

Die Ereignisse in der ICDE-Datenbank behandeln Brüche an unterschiedlichen Getriebeteilen, wie z. B. Sicherungsstifte. Dabei wurde die Ursache in Mängeln in der Konstruktion, im Material, in der Auslegung bzw. der Qualitätssicherung gesehen.

Ähnliche Ereignisse sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt. Deshalb ergeben sich für deutsche Kernkraftwerke keine neuen Erkenntnisse.

- Stellantrieb, Motor

Aus der internationalen Betriebserfahrung wird von Schädigungen an motorbetätigten Armaturen aufgrund von Montage-, Auslegungs- und Instandhaltungsfehlern berichtet. So sind mehrere Ereignisse auf eine fehlerhafte Ausführung des elektrischen Motoranschlusses zurückzuführen. Des Weiteren wird aus der internationalen Betriebserfahrung von Fehlern in der elektrischen Ansteuerung und der Drift von Überstromauslösern berichtet. Vergleichbare Fehlermechanismen sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Bei drei Ereignissen wird von Problemen mit Motorbremsen berichtet, die so aus der deutschen Betriebserfahrung nicht bekannt sind. Bei einem Ereignis wird als Ausfallursache eine zu geringe Bremskraft der mechanischen Motorbremse angegeben, was den Bruch des Kardangelenks im betroffenen Stellantrieb zur Folge hatte. Die Ursache für die zu geringe Bremskraft wurde in einer ungewöhnlich starken Abnutzung der Bremsflächen gesehen. Die Motorbremse war nicht für mehrere aufeinander folgende Fahrbewegungen ausgelegt.

Zwei Ereignisse berichten von blockierten Bremsen. Einmal versagte die elektrische Bremse des Motors aus unbekannter Ursache, beim anderen ICDE-Ereignis wurde der Motor dauerhaft mit blockiertem Läufer betrieben, da der Ventilaufsatz hydraulisch blockiert war. Als Abhilfe wurde auf der Hochdruckseite des Ventils ein Gehäuseventil angebracht.

Interessant erscheint außerdem ein Ereignis, das zur Schädigung der Armatur führte, weil bei der Reinigung der Kontakte eines Motor-Hilfsschützes ein ungeeignetes Spray benutzt wurde.

- Stellantrieb, Schalt- und Meldeeinrichtung

Die GVA-Ereignisse in der ICDE-Datenbank, die auf Fehler in den Schalt- und Meldeeinrichtungen der Stellantriebe zurückzuführen sind, betreffen die Drehmoment- bzw. Wegendschalter. Mehrere Ereignisse sind auf eine Drift bzw. Fehleinstellung der Auslösewerte zurückzuführen. Außerdem wird von Verschleißerscheinungen wie Verschmutzung (z. B. Oxidation) und Abnutzung an den Drehmoment- bzw. Wegendschaltern berichtet.

Fehleinstellungen aufgrund von Instandhaltungsfehlern sind ebenfalls in der internationalen Betriebserfahrung bekannt. Außerdem wird über die unsachgemäße Verwendung von Schmiermittel und Verfahrensmängel bei der Einstellung des Drehmomentabschaltwertes im Rahmen der Instandhaltung berichtet.

Des Weiteren wird von Ereignissen berichtet, bei denen Auslegungsfehler als Fehlerursache angeführt werden. So war bei einem Ereignis das Federpaket im Drehmomentschalter unterdimensioniert. Bei einem weiteren Ereignis wurde bei der Auslegung von falschen Randbedingungen ausgegangen, was dazu führte, dass bei der Berechnung der notwendigen Stellkräfte keine anforderungsgerechten Bedingungen angesetzt wurden.

Ähnliche Fehlermechanismen sind auch aus deutschen Anlagen bekannt.

Aus der deutschen Betriebserfahrung bisher nicht bekannt ist folgendes Ereignis: Für eine Prüfung wurde eine Software verwendet, die fehlerhafte Daten lieferte. Dadurch wurde die Drehmomentabschaltung falsch eingestellt und die Ventile hätten gegen den Auslegungsdruck im Störfall nicht geschlossen.

- Stellantriebe, (nicht weiter zuordenbar)

In der internationalen Betriebserfahrung wird von systematischen Fehlern an motorbetätigten Armaturen aufgrund zu geringer Schließkräfte wegen Auslegungsfehlern berichtet.

Ein weiteres Ereignis, bei dem ebenfalls ein Auslegungsfehler vorlag, wurde durch ein ungeeignetes Testverfahren begünstigt, das nicht geeignet war, den Auslegungsfehler zu erkennen. Ähnliche Fehlermechanismen sind auch aus deutschen Anlagen bekannt.

Ein Ereignis der ICDE-Datenbank wurde durch das Eindringen von Wasser in das Spindelschutzrohr über eine Durchführung des Stellantriebs verursacht. Durch das Wasser korrodierten Teile des Stellantriebs und führten zur Schwergängigkeit. Die bestehenden wiederkehrenden Instandhaltungsmaßnahmen waren nicht zur Erkennung dieses Fehlermechanismus geeignet.

Ein vergleichbares Ereignis ist aus der deutschen Betriebserfahrung nicht bekannt.

- Armatur

Mehrere Ereignisse in der ICDE-Datenbank sind auf Auslegungs- und Konstruktionsfehler zurückzuführen. So wurde anstelle eines Absperrventils ein Absperrschieber eingesetzt, beim Tausch eines Ventilkegels eine fehlerhafte Konstruktionszeichnung verwendet, die Platten eines Keilplattenschiebers vertauscht, ein Ventil in der falschen Einbaulage eingesetzt sowie der innere Druckaufbau bei der Auslegung für die Stellkräfte nicht berücksichtigt. Bei einem Ereignis waren die Reibbeiwerte der Dichtungspackung bei der Auslegung zu niedrig angesetzt worden. Zur Behebung wurde die Übersetzung des Stellantriebs modifiziert.

Bei mehreren GVA-Ereignissen aus der internationalen Betriebserfahrung war erkannt worden, dass deren Stellkräfte möglicherweise bei der Auslegung unterdimensioniert wurden (z. B. wegen erhöhter Reibung bei Fahrbewegungen unter Störfallbedingungen).

Des Weiteren wird von Fehlern aufgrund von Verschleiß der inneren Bauteile sowie des Gehäuses und der Spindel berichtet. Dies hatte Sitzleckagen bzw. Gehäuseleckagen zur Folge.

Ein Ereignis führt als Ursache die Alterung des Stopfbuchsmaterials an, für das kein Instandhaltungsplan vorhanden war. Dies hatte eine Schwergängigkeit der Armatur zur Folge. Ein weiterer Fehlermechanismus betrifft die Schwergängigkeit einer Armatur aufgrund alten Schmiermittels.

Außerdem wird berichtet, dass bei der Instandhaltung ein Schmiermittel verwendet wurde, das nicht für die bei einem Störfall zu unterstellenden Temperaturen geeignet war. Weitere Instandhaltungsfehler betreffen das Aufbringen eines zu hohen Drehmoments beim Öffnen einer Armatur von Hand sowie beim Festziehen der Stopfbuchse.

Des Weiteren wird von der fehlerhaften Installation eines Dichtrings berichtet, was eine Leckage zur Folge hatte.

Analoge Ereignisse sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt. Somit ergeben sich keine neuen Erkenntnisse.

Ein bisher in Deutschland nicht beobachteter Fehler trat bei einer Instandhaltungsmaßnahme auf. Dabei wurden bei zwei redundanten Schiebern die Einbauten ausgebaut. Anschließend wurden die Einbauten verwechselt, d. h. die zum ersten Schieber gehörigen Platten wurden fehlerhaft im zweiten Schieber eingesetzt. Dies hatte die Undichtigkeit eines der beiden Schieber zur Folge. Ursache für diese Vertauschung war vermutlich eine falsche Interpretation der handschriftlichen Kennzeichnung an den Transportbehältnissen, mit denen die Einbauten während der Instandhaltung transportiert wurden. Begünstigt wurde das Ereignis dadurch, dass Aus- und Einbau von unterschiedlichem Personal ausgeführt wurden, und der Funktionstest am Ende der Instandhaltungsmaßnahme keine Auffälligkeit zeigte.

Ein ebenfalls interessanter Fehlermechanismus wurde bei der Verwendung eines Schmiermittels auf Nickel-Basis beobachtet. Das Schmiermittel wurde zur Schmierung von Spindel und Spindelmutter verwendet. Aufgrund der am Einsatzort herrschenden Temperatur verdampfte das Schmiermittel. Die dabei entstehenden Nickelrückstände führten zu einer erhöhten Reibung und damit zur Schwergängigkeit der Armatur.

- Freischaltfehler

Mehrere Ereignisse aus ausländischen Anlagen in der ICDE-Datenbank sind auf Fehlfunktion bei der Freischaltung zurückzuführen. So wurden bei einem Ereignis die Druckspeicherrückschlagventile in ZU-Stellung verriegelt, obwohl sie in der aktuellen Betriebsphase noch verfügbar hätten sein müssen. Bei einem anderen Ereignis wurde die Freischaltung nach der Prüfung nicht vollständig zurückgenommen.

Ein weiteres Ereignis zeigt nochmal die Bedeutung des in Deutschland weitgehend praktizierten Vorgehens, Freischaltungen nur nach dem Freischaltverfahren und nicht nach der Prüfanweisung durchzuführen. So wurde in einer ausländischen Anlage nach einer wiederkehrenden Prüfung bei zwei Ventilen die elektrische Freischaltung fehlerhaft nicht wieder aufgehoben. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass die Prüfanweisung keinen Hinweis auf eine abschließend durchzuführende Normalisierung enthielt.

Aus diesen Ereignissen ergeben sich für die deutschen Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

Bei einem anderen Ereignis wird als Ursache für eine fehlerhafte Freischaltung angeführt, dass der Arbeitssicherheit Vorrang vor der Anlagensicherheit eingeräumt wurde. Die Anlage wurde zur Behebung einer Leckage im heißseitigen Druckspeicher abgefahren. Nach der Absperrung der Leckage sollte der Druckspeicher noch während des Abfahrens der Anlage wieder befüllt werden. Dazu wurden die vier Isolationsventile des Druckspeichers aus Gründen der Arbeitssicherheit auf Veranlassung des Leiters des Bereichs Technik in GESCHLOSSEN-Stellung freigeschaltet. Damit war die Hochdruckeinspeiseleitung nicht mehr verfügbar. Die Sicherheitsspezifikation forderte aber in der vorliegenden Betriebsphase die Verfügbarkeit der Hochdruckeinspeiseleitung. Der Schichtleiter hob deshalb die Freischaltung auf. Eineinhalb Stunden danach wurde der Druckspeicher erneut freigeschaltet. Erst nach mehreren Diskussionen entschied der stellvertretende Anlagenleiter, dass die Freischaltung im vorliegenden Anlagenzustand aus Gründen der Anlagensicherheit nicht durchgeführt wird. In deutschen Anlagen gibt es hierzu klare Regelungen, so dass eine solche unklare Kompetenzzuordnung nicht auftreten sollte.

- Sonstiges

Ein ausländisches Ereignis der ICDE-Datenbank ist keiner der bisherigen Gruppen zuzuordnen: Nach einer leittechnischen Änderung wurden die Isolationsventile des nuklearen Zwischenkühlkreises über das Containmentabschlussignal angesteuert. Die Vorschrift zur Freischaltung der Armaturen war nicht an die neue Situation angepasst worden. So verlangten die Vorschriften beim Übergang zur Nachwärmeabfuhr über das Nachkühlsystem eine Freischaltung dieser Armaturen in AUF-Position. Bei einem Containmentabschluss während des Betriebs des Nachkühlsystems hätten diese Armaturen nicht geschlossen.

Neue Erkenntnisse für deutsche Anlagen ergeben sich aus diesem Ereignis nicht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der hier ausgewerteten internationalen Betriebserfahrung mit motorbetätigten Absperrarmaturen sieben systematische Fehlermechanismen beobachtet wurden, die der GRS aus der deutschen Betriebserfahrung mit GVA noch nicht bekannt sind. Deshalb empfehlen wir zu überprüfen, inwieweit die in deutschen Kernkraftwerken praktizierten Vorsorgemaßnahmen zur Ver-

hinderung solcher systematischer Fehlermechanismen und Ursachen ausreichend sind.

Die aus der deutschen Betriebserfahrung bisher unbekannt systematischen Fehlermechanismen und Ursachen sind in Tabelle 2.3 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2.3: Systematische Fehlermechanismen und Ursachen bei der Komponentenart Motorbetätigte Absperrarmaturen, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind

Betroffenes Betriebsmittel/Verfahren	Fehlermechanismus
Stellantrieb, Motor	Verwendung eines ungeeigneten Sprays zur Reinigung der Kontakte eines Motor-Hilfsschützes
	Zu geringe Bremskraft der mechanischen Motorbremse führt zum Bruch des Kardangelenks
	Hydraulische Blockade des Ventilaufsatzes führt zu dauerhaft blockiertem Läufer des Stellantriebmotors
Stellantrieb, Schalt- und Meldeeinrichtung	Verwendung einer fehlerhaften Software bei der Prüfung führt zu einer Fehleinstellung des Drehmomentabschaltwertes
Stellantrieb, Sonstiges	Eindringen von Wasser in das Spindelschutzrohr über eine Durchführung des Stellantriebs verursacht Korrosion
Armatur	Vertauschung der Platten zweier redundanter Schieber bei der Instandhaltung
	Verwendung eines nicht temperaturbeständigen Schmiermittels auf Nickelbasis

2.3 Komponentenart Rückschlagarmaturen

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Ereignisse an Rückschlagarmaturen im

- Notspeisesystem
- Not-und Nachkühlsystemen:
 - Hochdruckeinspeisesystem
 - Niederdruckeinspeisesystem
 - Gebäudesprühsystem
 - Nachspeisesystem
 - Kernsprühsystem
 - Kernflutsystem
- Zwischenkühlwassersystem und
- Nebenkühlwassersystem

erfasst. Es wurden in einigen Fällen auch Ereignisse aus Systemen, für die nach dem ICDE Coding Guide keine Daten gesammelt werden müssen, erfasst.

Von den insgesamt 101 GVA-Ereignissen der Komponentenart „Rückschlagarmaturen“ in der ICDE-Datenbank sind zwölf aus deutschen Anlagen. Auf diese wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da daraus für die deutsche Betriebserfahrung keine neuen Erkenntnisse resultieren. Ebenso wird auf ein ausländisches Ereignis nicht eingegangen, da die zugehörigen Informationen in der ICDE-Datenbank am gleichzeitigen Vorliegen einer Schädigung bzw. an einem gemeinsamen Fehlermechanismus zweifeln lassen und eine für dieses Vorhaben zielführende Auswertung auf Grund der vorliegenden Informationen nicht möglich ist.

Somit verbleiben für die Auswertung 88 GVA-Ereignisse. Diese 88 Ereignisse wurden zur Erlangung einer übersichtlichen Darstellung in Gruppen aufgeteilt. Die meisten Ereignisse ließen sich den GVA-Phänomengruppen Alterung/Korrosion, Auslegungs-/Konstruktions-, Herstellungs-, Montage- und Instandhaltungsfehler zuordnen. Ereignisse, die sich nicht zuordnen ließen, wurden unter Sonstige aufgeführt, die Aufteilung ist in Tabelle 2.4 angegeben.

Tab. 2.4: Aufteilung der ausgewerteten Ereignisse an Rückschlagarmaturen aus der ICDE-Datenbank

Aufteilung der ausgewerteten GVA-Ereignisse bei Rückschlagarmaturen	Anzahl der Ereignisse
Alterung/Korrosion	52
Auslegungs-/Konstruktionsfehler	5
Herstellungsfehler	8
Montagefehler	6
Instandhaltungsfehler	12
Sonstige	5
Gesamt	88

- Alterung, Korrosion

Bei fünf Ereignissen führten Verschmutzungen zu Sitzundichtigkeiten und Korrosion sowie zum Verklemmen. Verschleiß führte bei vielen Ereignissen (28) zu Sitzundichtigkeiten an Rückschlagarmaturen. Bei einem dieser Ereignisse wurde der Verschleiß an Sitz und Klappen durch Turbulenzen aufgrund einer Blende im Strömungspfad ausgelöst, bei einem anderen Ereignis war ein verbogener Gelenkbolzen bzw. ein ausgeweitetes Sackloch ursächlich.

Weitere Ereignisse wurden durch Anreicherung von Korrosionsprodukten in Rückschlagklappen ausgelöst, dies wiederum zum Teil durch eine ungünstige Strömungsführung durch die Klappenkonstruktion. Dies führte in sieben Fällen zu Schwergängigkeiten und in vier Fällen zu Verklemmen in OFFEN-Position. In einem weiteren Ereignis kam es durch schnelles Öffnen und Schließen zu Schäden an Klappe und Sitz und damit zum Rückfluss. Phänomene dieser Art sind aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt, daher ergeben sich daraus für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

Nicht bekannt war jedoch, dass es durch die Anreicherung von Korrosionsprodukten in Rückschlagarmaturen auch zum Verklemmen von Rückschlagventilen in GESCHLOSSEN-Position kommen kann (sechs Ereignisse).

Bei einem weiteren Ereignis wurden Gehäuse von Rückschlagarmaturen durch Reparaturschweißungen sensibilisiert, so dass es zu Korrosion mit Gehäuseleckagen kam.

Dieses GVA-Phänomen ist in Deutschland an Armaturengehäusen noch nicht aufgetreten.

- Auslegung/Konstruktion

Auslegungsfehler bei der Befestigung von Klappentellern an den Hebeln von Rückschlagklappen, führten bei einem Ereignis zum Abriss des Sicherungsdrahts und zum Verlust von Bauteilen. Die Mutter war zu dünn, woraus ein Spiel zum Sicherungsdraht resultierte, welcher darüber hinaus unterdimensioniert war.

Bei einem weiteren Ereignis war ein Armaturentyp eingesetzt worden, mit dem der im System erforderliche Durchfluss nicht erreicht werden konnte.

Zwei Ereignisse mit Undichtigkeiten an Rückschlagarmaturen wurden durch Konstruktionsmängel ausgelöst. Diese ermöglichten das Hängenbleiben des Ventiltellers, bzw. das Verklemmen der Klappe zwischen der Drehsicherung und dem Klappenarm. In Deutschland hat dieses GVA-Phänomen zu einem Einzelfehler an einer Erstabsperung geführt. Die in den o. g. Ereignissen beschriebenen Phänomene sind aus Deutschland bekannt, daher ergeben sich daraus für deutsche Kernkraftwerke keine neuen Erkenntnisse.

Bei einem Ereignis zeigte sich, dass eine Rückschlagarmatur eingesetzt worden war, die für ihre Einbaulage nicht geeignet war. Deswegen konnte sie nicht schließen. Das Phänomen ist in Deutschland an anderen Armaturenarten aufgetreten, jedoch nicht an Rückschlagarmaturen.

- Herstellung

Nicht spezifikationsgemäße Abmessungen von Armatureneinbauten führten zu sechs Ereignissen mit Undichtigkeiten an Rückschlagarmaturen. Dies betraf einmal die Klappenwelle, in den übrigen Fällen waren die Ventilteller nicht spezifikationsgemäß geformt.

Bei zwei Ereignissen waren vom Hersteller Kunststoff-Dichtungen aus Viton falsch an den Sitzen aufgeklebt worden, so dass mehrere Rückschlagventile nicht vollständig schließen konnten. Dieses Phänomen ist in Deutschland von Lüftungsklappen, nicht jedoch von Rückschlagarmaturen bekannt. Werden Dichtungen aus Viton in deutschen

Anlagen an Armaturen eingesetzt, muss gegen diesen Fehlermechanismus Vorsorge getroffen werden.

- Montage

Bei drei Ereignissen führten Montagefehler zu Verformungen oder zu losen Einbauten. Drei weitere ähnliche Ereignisse wurden durch unzureichende Vorgaben/Prozeduren begünstigt. So lösten sich Armatureneinbauten, da sie mit ungeeignetem Drehmoment befestigt worden waren. Ähnliche Montagefehler sind auch aus deutschen Anlagen bekannt, so dass sich aus diesen Ereignissen keine neuen Erkenntnisse ergeben.

- Instandhaltung

Die hier in ausländischen Anlagen beobachteten Fehlermechanismen bzw. Ursachen sind in Deutschland unbekannt oder nur von anderen Komponentenarten bekannt, jedoch in dem Umfang wie hier aus ausländischen Anlagen berichtet, nicht von Rückschlagarmaturen.

Bei einem Ereignis schlossen Rückschlagklappen nicht mehr vollständig, da Abmessungen von einer neu eingebauten Graphitdichtung dazu führten, dass der Kolben den Zylinderdeckel vor dem Schließen der Klappe berührte.

Bei einem anderen Ereignis führten die strömungsinduzierten Kräfte beim Starten der Notspeisepumpen dazu, dass sich der Leitapparat aus einer Rückschlagarmatur bewegte. Dadurch war die Klappe nicht mehr fixiert. Aufgrund der daraus resultierenden Leckage kam es zum Rückfluss vom Haupt- ins Notspeisewasser. Als Ursache wird angegeben, dass eine falsche Dichtung eingesetzt worden war, weil der Hersteller nicht spezifiziert hatte, dass eine spezielle Dichtung (mit Sicherungsring) einzubauen ist. Es sind im Zusammenhang mit dem Dauerbetrieb von Pumpen ähnliche Ereignisse bekannt. Dass jedoch das Starten der Notspeisepumpen ausreicht, um den Leitapparat zu bewegen, ist aus Deutschland unbekannt. Für deutsche Anlagen wird empfohlen, die Klappen auch in Bereichen, die nicht ständig durchströmt werden, gegen dieses Phänomen zu überwachen.

Acht Ereignisse aufgrund von Fehlern bei der Instandhaltung führten zum Versatz bzw. zur Fehlausrichtung von Einbauten, Sitzen und Kegeln von Rückschlagarmaturen. Bei zwei dieser Ereignisse wurde dies durch mangelnde Instandhaltungsanweisungen seitens des Herstellers, bei einem Ereignis durch die Konstruktion begünstigt.

Zwei weitere Ereignisse resultierten aus mangelnder Schmierung bzw. getrocknetem Schmiermittel zwischen Schaft und Stopfbuchsbrille, wodurch es zum Festsitzen von Rückschlagarmaturen kam.

- Sonstige

Bei einem Ereignis fehlten in mehreren Armaturen die Sicherungsringe. Es ist unklar, ob die Ursache dafür in einer Fehlhandlung oder im Bruch der Sicherungsringe zu suchen ist. Bei zwei Ereignissen kam es zu Sitzundichtigkeiten, weil Federn zur Erhöhung der Anpresskraft gebrochen waren, oder weil weitere Armatureneinbauten aus ungeklärter Ursache fehlten. Ähnliche Ereignisse sind aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Interessant sind zwei Ereignisse, bei denen durch einen prüfbedingten, plötzlichen Druckanstieg in der Dampfleitung zur turbinengetriebenen Notspeisepumpe die Klappenaufhängung verbogen wurde, so dass es zur Sitzleckage kam. Ein vergleichbares Phänomen ist in deutschen Anlagen an FD-ISO-Ventilen aufgetreten, nicht jedoch an Rückschlagarmaturen. Deshalb wird empfohlen bei der konstruktiven Auslegung insbesondere bei den Schraubverbindungen die maximal auftretenden Kräfte zur Bestimmung der Festigkeit zu ermitteln.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der hier ausgewerteten internationalen Betriebserfahrung mit Rückschlagarmaturen neun systematische Fehlermechanismen beobachtet wurden, die der GRS aus der deutschen Betriebserfahrung mit GVA noch nicht bekannt sind.

Die aus der deutschen Betriebserfahrung bisher unbekannt systematischen Fehlermechanismen und Ursachen sind in Tabelle 2.5 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2.5: Systematische Fehlermechanismen und Ursachen bei der Komponentenart Rückschlagarmaturen, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind

Ursachenbereich	Fehlermechanismus
Alterung, Korrosion	Die Anreicherung von Korrosionsprodukten in Rückschlagarmaturen führte zum Verklemmen in GESCHLOSSEN-Position.
	An Armaturengehäusen kam es durch den Einfluss von Reparaturschweißungen zu Korrosion mit Leckagen.
Auslegung/Konstruktion	Es wurde ein Ventil eingebaut, das für die Einbaulage nicht geeignet war. Deswegen konnte es nicht schließen. Das Phänomen ist in Deutschland bekannt für andere Armaturenarten, jedoch nicht für Rückschlagarmaturen.
Herstellung/Montage	Kunststoff-Dichtungen aus Viton wurden vom Hersteller falsch aufgeklebt, so dass Armaturen nicht vollständig schließen konnten.
Instandhaltung	Die Abmessungen von einer neu eingebauten Graphitdichtung führten dazu, dass der Kolben den Zylinderdeckel vor Schließen der Klappe berührte, so dass die Klappen nicht vollständig schließen konnten.
	Die strömungsinduzierte Kraft beim Starten der Notspeisepumpe führte dazu, dass sich der Leitapparat aus der Armatur bewegte. Dadurch war die Klappe nicht mehr fixiert. Ursache war in diesem Fall der Einbau einer falschen Dichtung, da der Hersteller nicht spezifiziert, dass eine spezielle Dichtung (mit Sicherungsring) einzubauen ist. Es sind ähnliche Ereignisse bekannt, allerdings immer im Zusammenhang mit dem Dauerbetrieb von Pumpen.
	Versatz/Fehlausrichtung von Rückschlagarmaturen-Einbauten, teilweise begünstigt durch die Konstruktion oder mangelnde Instandhaltungsanweisungen.

Ursachenbereich	Fehlermechanismus
Instandhaltung (Fortsetzung)	Aufgrund von mangelnder Schmierung bzw. getrocknetem Schmiermittel zwischen Schaft und Stopfbuchsbrille kam es zum Festsitzen von Rückschlagarmaturen.
Sonstige	Durch einen prüfbedingten, plötzlichen Druckanstieg wurde die Aufhängung einer Rückschlagklappe in der Dampfleitung zur turbinengetriebenen Notspeisepumpe verbogen, so dass es zur Sitzleckage kam. Es wird empfohlen, bei der konstruktiven Auslegung insbesondere bei den Schraubverbindungen die maximal auftretenden Kräfte zur Bestimmung der Festigkeit zu ermitteln.

2.4 Komponentenart Sicherheits- und Entlastungsventile

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Ereignisse für die Komponentenart "Sicherheits- und Entlastungsventile" für

- Druckhalter-Sicherheitsventile
- Druckhalter-Abblaseventile
- Frischdampf-Sicherheitsventile von Druckwasser- und gasgekühlten Reaktoren
- Frischdampf-Abblaseventile von Druckwasser- und gasgekühlten Reaktoren
- Sicherheitsventile von SWR- und gasgekühlten Reaktoren und
- Entlastungsventile von SWR-Reaktoren

erfasst. Vereinzelt wurden auch Ereignisse mit Sicherheits- und Entlastungsventilen aus anderen Systemen aufgenommen. Von den insgesamt 179 GVA-Ereignissen der Komponentenart "Sicherheits- und Entlastungsventile" in der ICDE-Datenbank sind 15 aus deutschen Anlagen. Auf diese wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da daraus für die deutsche Betriebserfahrung keine neuen Erkenntnisse resultieren. Ebenso wird auf 17 ausländische Ereignisse an Reaktorgas-Sicherheitsventilen aus gasgekühlten Reaktoren (Magnox oder AGR) nur dann eingegangen, wenn es sich um generische Fehler (z. B. der Qualitätssicherung) handelt. Außerdem wurden drei Ereignisse, bei denen die zugehörigen Informationen in der ICDE-Datenbank am gleichzeitigen

Vorliegen einer Schädigung bzw. an einem gemeinsamen Fehlermechanismus zweifeln lassen, nicht weiter betrachtet.

Damit verbleiben für die Auswertung 144 GVA-Ereignisse. Diese Ereignisse wurden zur Erlangung einer übersichtlichen Darstellung in Gruppen aufgeteilt, die mit den jeweiligen Ursachen korrespondieren, wobei nicht immer eine eindeutige Zuordnung möglich war. Die Aufteilung ist in Tabelle 2.6 angegeben.

Tab. 2.6: Aufteilung der aus der ICDE-Datenbank ausgewerteten Sicherheits- und Entlastungsventile

Aufteilung der ausgewerteten GVA-Ereignisse bei Sicherheits- und Entlastungsventilen	Anzahl der Ereignisse
Alterung	57
Auslegung	8
Instandhaltung, davon	64
•Fehleinstellungen	(31)
•Montagefehler	(9)
•Ungeeignete Bauteile oder Materialien	(5)
•Qualitätssicherung	(11)
•Sonstige Fehler bei Instandhaltungsarbeiten	(8)
Betriebsführung	4
Phänomene in der Leittechnik	7
Sonstige	4
Gesamt	144

Im Folgenden werden die GVA-Ereignisse kurz vorgestellt. Detailliert dargestellt werden die nach unserer Kenntnis aus der deutschen Betriebserfahrung noch nicht bekannten Fehlermechanismen und Ursachen.

Da im Gegensatz zu deutschen Anlagen in ausländischen Anlagen oft pneumatische Vorsteuerventile eingesetzt werden, gibt es eine große Anzahl von Ereignissen, die diese Komponenten betrafen. Ereignisse, die spezifisch für Pneumatikventile und nicht übertragbar auf andere Sicherheitsventile sind, werden jeweils am Ende der einzelnen Abschnitte zusammengefasst und dargestellt.

Außerdem ist zu beachten, dass in ausländischen Anlagen z. T. andere Ventiltypen als in Deutschland für vergleichbare Funktionen eingesetzt werden. So werden z. B. für Frischdampf-Sicherheitsventile oftmals federbelastete Sicherheitsventile eingesetzt, im Gegensatz zu den in deutschen Anlagen üblichen eigenmediumbetätigten Armaturen.

- Alterung

Aufgrund von Temperaturwechselbeanspruchungen kam es zu zwei Ereignissen an Frischdampf-Sicherheitsventilen, einmal mit nicht spezifikationsgemäßen, niedrigen Ansprechdrücken und einmal zu Ermüdungsbrüchen mit nachfolgenden Sitzleckagen. Bei einem Ereignis kam es zu Öffnungszeitverzögerungen von Sicherheits- und Entlastungsventilen wegen Sitzleckagen durch Kondensat, welches durch Vorsteuerventile in die Hauptventile eindringen konnte.

Bei zwei Ereignissen verhinderten Ablagerungen am Sitz das vollständige Schließen von Frischdampf-Sicherheitsventilen.

Verschleiß der Sitzflächen von verschiedenen Hauptventilen (eigenmediumbetätigte Druckhalter bzw. Dampferzeuger-Sicherheitsventile, federbelastete Dampferzeuger-Sicherheitsventile) und von pneumatischen Vorsteuerventilen führte zu mehreren Ereignissen mit erhöhten Ansprechdrücken aufgrund von Schwergängigkeit oder Sitzleckagen.

Mehrere Ereignisse wurden durch Erosion aufgrund von kleinen Sitzleckagen ausgelöst: So führte Erosion am Sitz von Vorsteuerventilen zu Leckagen der Sicherheits- und Entlastungsventile. Durch Verschleiß am Ventilkegel von federbelasteten Druckhalter-Sicherheitsventilen kam es zu verminderten Ansprechdrücken, da der Verschleiß die Fläche, auf die der Öffnungsdruck wirkt, vergrößerte.

Phänomene dieser Art sind aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Bei weiteren Ereignissen drifteten die Ansprechdrücke von Sicherheits- und Entlastungsventilen nach oben, da in den pneumatischen Vorsteuerventilen Korrosionsschichten zwischen Kegel und Sitz zusammenwuchsen. Daneben gab es verschiedene Ereignisse mit Driftphänomenen, bei denen die Ursache nicht identifiziert wurde. Betroffen waren Frischdampf-Sicherheitsventile und Sicherheits- und Entlastungsventile. Weiterhin gab es zwei Ereignisse mit Öffnungszeitverzögerung von elek-

tromagnetischen Vorsteuerventilen von Sicherheits- und Entlastungsventilen. Auch aus diesen Ereignissen lassen sich keine Empfehlungen ableiten. Diese Art von Phänomenen ist aus deutschen Anlagen bekannt.

Bei einigen Ereignissen wird von Fehlern an Magnetventilen zur Ansteuerung der pneumatischen Vorsteuerventile, die für Magnetventile zur Ansteuerung anderer Ventile relevant sind, berichtet. Einmal kam es, vermutlich aufgrund von Alterung, zum Defekt an der Magnetspule. Drei Ereignisse wurden durch Korrosion am Anker ausgelöst, was zu engen Toleranzen und Klemmen der elektromagnetischen Vorsteuerventile führte. Als Ursache der Korrosion am nickelbeschichteten Anker (Eisen-Kobalt-Legierung) wurde die Verwendung eines neuen (zugelassenen) Schmiermittels diskutiert, bei einem weiteren Ereignis kam es zu Korrosion am Anker, weil der Hersteller die Fertigungsprozeduren nicht korrekt eingehalten hatte. Derartige Phänomene an Magnetventilen sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Bei folgenden Ereignissen an pneumatischen Vorsteuerventilen wurden jedoch an einzelnen Bauteilen (O-Ringe, Magnetankerabdichtungen) Phänomene beobachtet, die auch für das Alterungsmanagement an vergleichbaren Bauteilen in deutschen Anlagen zu berücksichtigen sind:

- Bei einigen Ereignissen an pneumatischen Vorsteuerventilen von Frischdampf-Sicherheitsventilen wurden Luftleckagen durch versprödete O-Ringe oder gealterte Membranen, teilweise auf Grund von Vibrationen oder hoher Temperaturbeanspruchung, ausgelöst.
- Bei vier Ereignissen traten Öffnungszeitverlängerungen von Sicherheits- und Entlastungsventilen aufgrund von Alterung an den Ankerdichtungen von Magnetventilen in den pneumatischen Vorsteuerventilen auf. Bei einem Ereignis wird darauf hingewiesen, dass bereits seit zwei Jahren eine Zunahme der Öffnungszeiten erkennbar gewesen war.

Bei drei anderen Ereignissen an pneumatischen Vorsteuerventilen traten Luftleckagen auf, weil sich Schrauben an den Dichtmembranen aufgrund falscher Anzugsmomente gelöst hatten. Bei zwei Ereignissen kam es zu Leckagen aus unbekannter Ursache.

Bei zwei Ereignissen war die Stickstoffversorgung von Alterungsphänomenen betroffen: Durch Verschleiß von Verschraubungen kam es zu starken Leckagen von Pneumatik-Druckspeichern von Druckhalter-Sicherheitsventilen. Ein Rückschlagventil in der

Stickstoffversorgung der Betätigungseinheit von Sicherheits- und Entlastungsventilen hatte aufgrund von Fremdkörpereintrag Riefen in der Sitzfläche und daher innere Leckagen.

Aus diesen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

- Auslegung

Vermutlich zu hohe Betriebstemperatur führte zu einem Ereignis mit Fehlfunktionen elektromagnetischer Vorsteuerventile von Sicherheits- und Entlastungsventilen. Aufgrund falscher Vorgaben für die Einstellung der Drehmomentabsteuerung schlossen Frischdampf-Abblaseventile bei einer Transiente nach dem Öffnen nicht. Bei vier Ereignissen kam es durch Verwendung der falschen Materialkombination zu Verklammern von Ventilkegel, Sitz und Dichtring von Frischdampf-Sicherheitsventilen bzw. elektromagnetischen Vorsteuerventilen von Sicherheits- und Entlastungsventilen. Zu einem Ereignis mit Sitzleckagen von Druckhalter-Sicherheitsventilen kam es aufgrund von mangelnden Stellkraftreserven. Bei Wartung im Herstellerwerk wurde ein neuer Typ von Kolbenringen in elektromagnetische Vorsteuerventile eingebaut, die zu einem Ereignis mit erhöhter Reibung und Öffnungszeitverlängerungen sowie Problemen beim Schließen nach vorherigem Öffnen führten. Ähnliche Phänomene sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Bei den Ereignissen, die für pneumatische Ventile spezifisch sind, drifteten in einem Fall Druckhalter-Sicherheitsventile in die GESCHLOSSEN-Stellung, da die Membranen im Antriebskolben der pneumatischen Vorsteuerventile aufgrund möglicherweise ungünstiger Materialwahl bei Abkühlung schrumpften, so dass es zur Luftleckagen kam. Bei einem anderen Ereignis führten ungeeignete Instandhaltungsprozeduren (Membran beim Einspannen zu fest angezogen) und Auslegungsmängel (Schwachstelle an einer Stelle der Membran) zu gerissenen Membranen an Vorsteuerventilen der Druckhalter-Abblaseventile. Auch aus deutschen Anlagen sind Ereignisse bekannt, bei denen ungünstige Materialkombinationen bei An- oder Abfahrvorgängen zu Spielauflagerung führten.

Aus den in ausländischen Anlagen beobachteten Auslegungsfehlern an Sicherheits- und Entlastungsventilen ergeben sich somit keine neuen Erkenntnisse für deutsche Anlagen.

- Instandhaltung
 - Fehleinstellungen

Durch Fehler bei der Einstellung von Sicherheitsventilen kam es in vielen Fällen zu verlängerten Öffnungszeiten oder zu hohen oder zu niedrigen Ansprechdrücken. Ursachen waren häufig ungeeignete oder falsche Einstellprozeduren. Diese enthielten in einigen Fällen falsche Umrechnungsfaktoren. In anderen Fällen berücksichtigten die Prozeduren nicht ausreichend, dass die Einstellung der Ventile im kalten Zustand oder bei unterkritisch heißer Anlage erfolgt.

Bei zwei Ereignissen wird darauf hingewiesen, dass es zum Öffnen von Frischdampf-Sicherheitsventilen unterhalb des Ansprechdrucks kam, da die mit der Einstellung betraute Firma die Einstellung am unisolierten Ventil vornahm. In deutschen Anlagen ist die beschriebene Vorgehensweise Standard, es ist unklar, welchen Einfluss die (entfernte) Isolierung auf das im Prüfstand angewärmte Ventil haben sollte. Aus deutschen Anlagen ist eine solche Ausfallart nicht bekannt. Eine eventuelle Fehleinstellung auf dem Prüfstand würde auch bei der Anfahrprüfung im Hot-Stand-By erkannt werden.

Weiterhin kam es zu Fehleinstellungen oder es wurden Fehleinstellungen nicht erkannt, weil neue Messgeräte auf dem Prüfstand verwendet wurden, deren Kenngrößen nicht angepasst waren. Daneben wurden Fehleinstellungen wegen ungeeigneter Prüfverfahren nicht erkannt oder es wurden Prüfungen bei anderen Systemdrücken durchgeführt als vorgesehen. Bei sechs Ereignissen ist die Ursache für den falsch eingestellten Ansprechdruck unbekannt. Aus diesen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

- Montagefehler

Bei einer weiteren Gruppe von Ereignissen kam es durch Montagefehler zum Fehlöffnen, zu Funktionsausfällen oder zu Sitzleckagen von Sicherheitsventilen. Einmal kam es zum Fehlöffnen von Sicherheits- und Entlastungsventilen, da Stickstoff Leitungen falsch an die Vorsteuerleitungen angeschlossen worden waren. Bei einem weiteren Ereignis löste sich im Turbinenbypass ein Vorsteuer- vom Hauptventil aufgrund einer nicht ausreichend gequetschten Sicherungsmutter. Bei einem Ereignis wurde aufgrund menschlicher Fehler bei der Montage von pneumatischen Vorsteuerventilen ein zu hohes Drehmoment aufgebracht, so dass die Hauben verbogen wurden. Vermutlich zu

festes Packen von Stopfbuchsen führte zu einem Ereignis mit Öffnungszeitverlängerungen von Frischdampf-Abblaseventilen.

Bei einem Ereignis wurden Wegendschalter, begünstigt durch Auslegungsmängel von Sensoren, die in der Revision neu eingebaut worden waren, ohne einen notwendigen 5-mm-Spalt montiert. Dadurch wurden mehrere Frischdampf-Sicherheitsventile unverfügbar, was erst während eines Tests im Stretch-Out-Betrieb des folgenden Zyklus bemerkt wurde. Bei zwei Ereignissen kam es aufgrund von falscher Montage und begünstigt durch unpräzise Prozeduren und inadäquate Kontrollen von Instandhaltungsaktivitäten an mehreren Sicherheitsventilen zu starken Sitzleckagen.

Aus diesen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

Folgende Phänomene haben jedoch für die deutsche Betriebserfahrung interessante Aspekte:

Bei einem anderen Ereignis öffneten beide Druckhalter-Abblaseventile bei einer Prüfung bei einem Kurzstillstand nicht. Die Führung der Hauptkegel der Druckhalter-Abblaseventile war nicht korrekt installiert worden. Eine der anschließend getroffenen Abhilfemaßnahmen bestand darin, die Prozeduren für die Requalifizierungstests nach Wartungsarbeiten und zu wiederkehrenden Prüfungen zu ändern, um den Nachweis der Funktionsfähigkeit der Ventile zu verbessern. Weitere Details dazu sind allerdings in der Ereignisbeschreibung nicht angegeben.

Bei einem anderen Ereignis kam es aufgrund von Fehlern in der vorangegangenen Ventilüberholung zur Rissbildung an Hauptkegeln der Druckhalter-Abblaseventile, wodurch ein Ventil bei der Prüfung nicht öffnete. Zur Vorkehrung wurden in der Anlage die Requalifizierungstests nach Wartungsarbeiten optimiert.

Die Ereignisse zeigen die Bedeutung von abdeckenden Tests nach Instandhaltungsmaßnahmen.

- Ungeeignete Bauteile oder Materialien

Im Folgenden sind einige Ereignisse aufgeführt, die aufgrund des Einsatzes von ungeeigneten Bauteilen oder Materialien bei der Instandhaltung bzw. beim Austausch von Sicherheitsventilen aufgetreten sind.

Bei einem Ereignis kam es zu Leckagen an Druckhalter-Abblaseventilen aufgrund ungeeigneter Innendichtungen. Diese enthielten als Bindung einen organischen Stoff, der bei Betrieb herausgespült wurde.

Bei einem Ereignis hatten Frischdampf-Abblaseventile verminderten Hub aufgrund des Einbaus einer falschen, zu kurzen Ventilspindel durch den Hersteller.

Aufgrund einer unzureichenden Hitzebehandlung bei der Aufarbeitung von Ventilführungsbuchsen für neue Ventilkörper war die Festigkeit der Buchsen verringert. Dadurch kam es zur Reibschweißung zwischen alten und neuen Bauteilen. Dies führte zum Nicht-Öffnen von Frischdampf-Abblaseventilen.

Bei einem Ereignis öffneten Frischdampf-Sicherheitsventile nicht, da in den pneumatischen Vorsteuerventilen Membranen eingesetzt waren, die nicht gegen die Betriebstemperatur ausgelegt waren.

Ein Ereignis mit Luftleckagen an pneumatischen Vorsteuerventilen von Druckhalter-Abblaseventilen wurde durch modifizierte Membranen ausgelöst. Der Hersteller hatte den Betreiber über die Änderung, die auch einen modifizierten Einbau erforderten, nicht ausreichend informiert.

Vergleichbare Ereignisse, die durch den Einsatz von falschen Bauteilen oder Materialien ausgelöst wurden und teilweise auf Änderungen beim Hersteller zurückzuführen sind, die dem Betreiber nicht bekannt waren, sind auch in der deutschen Betriebserfahrung bekannt. Da derartige Fehler jedoch nach wie vor beobachtet werden, wird empfohlen, fortlaufend zu prüfen, ob dagegen durch die vorhandenen Qualitätssicherungsprozesse ein ausreichender Schutz gegeben ist.

- Qualitätssicherung

Mehrere Ereignisse an federbelasteten Dampferzeuger-Sicherheitsventilen wurden aufgrund von Mängeln in der Qualitätssicherung und unangepasster Prozeduren aus-

gelöst. Die jeweils beobachteten Fehler sind nicht direkt auf deutsche Anlagen übertragbar, die Ereignisse weisen aber auf die Bedeutung von wohldefinierten Prozessen zur Qualitätssicherung und zur Bearbeitung von Änderungen und Instandhaltungsmaßnahmen hin und haben daher generischen Charakter:

Federbelastete Dampferzeuger-Sicherheitsventile öffneten nicht vollständig, da ein Ring zur Hubbegrenzung den Hubweg der Spindel einschränkte. Die Qualitätssicherung bei einer vorangegangenen Modifikation war nicht ausreichend, und das angewandte Prüfverfahren nicht geeignet, um den Fehler zu erkennen.

Bei weiteren Ereignissen waren Ventilsitze geläppt worden, ohne Anpassungen an den verlängerten Spindelweg vorzunehmen, so dass es zu verringerter Abblasekapazität gekommen war.

Bei einem weiterem Ereignis wurden Tätigkeiten unzureichend dokumentiert und lückenhafte Vorgaben verwendet, so dass federbelastete DE-Sicherheitsventile einen verminderten Hub und damit einen geringeren Durchfluss hatten. Im Ereignisbericht wird darauf hingewiesen, dass aufgrund mangelnder Sicherheitskultur Prozeduren missachtet wurden.

In einem Ereignis kam es, ermöglicht durch unzureichende Prüf- und Genehmigungsverfahren, zu einer Drift in der Ansteuerung der pneumatischen Vorsteuerventile, die zur Hubreduzierung und damit zu vermindertem Durchfluss von Frischdampf-Sicherheitsventilen führte.

Ein weiteres Ereignis wurde dadurch verursacht, dass die Instandhaltungsanweisungen nicht an die in den Betriebsvorschriften geänderten Vorgaben für den Ansprechdruck angepasst worden waren. Dadurch lagen die Ansprechdrücke außerhalb der engen Bandbreite, die in der Spezifikation vorgegeben war. In der Ereignismeldung wird diskutiert, dass es fraglich ist, ob die erforderliche Einstellgenauigkeit mit den vorhandenen Prüfmethoden überhaupt möglich gewesen wäre.

Die Ereignisse zeigen die Bedeutung der Vollständigkeit und ständigen Aktualisierung von Instandhaltungs- und Prüfunterlagen. Prüfprogramme sollten darauf überprüft werden, ob sie geeignet sind, relevante Fehler zu entdecken. Insbesondere sollte bei Änderungen geprüft werden, ob die bislang verwendeten Prüfprozeduren und –geräte nach der Änderung noch geeignet sind.

- Sonstige Fehler bei Instandhaltungsarbeiten

Bei einem Ereignis wurden die Entwässerungsleitungen der Dampfleitungen der Sicherheits- und Entlastungsventile durch das zum Schutz bei Schweißarbeiten eingesetzte lösliche Papier blockiert, da dieses nicht ausreichend entfernt worden war, so dass sich die Dampfleitungen mit Wasser füllten. Ähnliche Ereignisse mit Formierpapier sind aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Durch Verschleiß und fehlendes bzw. falsches, d. h. nicht hitzebeständiges Schmiermittel, sowie fälschliche Fettung von Ventiltteilen, die nicht gefettet werden sollten, kam es bei zwei Ereignissen an Frischdampf-Sicherheitsventilen zu verzögertem Öffnen und Öffnungsversagen. Probleme mit ungeeignetem Schmiermittel und Verschleiß sind auch aus deutschen Anlagen bekannt.

Beim testbedingten Betrieb von Sicherheits- und Entlastungsventilen mit reduzierter Spannung mussten Schaltungen im Schrank über einen Transformator vorgenommen werden. Dabei kam es zu einer Fehleinstellung, die in einem Kurzschluss resultierte. Damit wurden die Vorsteuerventile nicht mehr versorgt, so dass die Hauptventile un- verfügbar waren. Das Ereignis ist nicht übertragbar, da derartige Betriebsweisen in Deutschland nicht vorgesehen sind.

Ein Ereignis wurde durch eine Fehlhandlung des Instandhaltungspersonals ausgelöst: Es wurde ein Magnetventil mit Ruhestellung geschlossen statt offen in einen Ventilantrieb von pneumatischen Vorsteuerventilen eingebaut. Verwechslungen von Bauteilen sind auch aus deutschen Anlagen bekannt.

Aus diesen Ereignissen ergeben sich deshalb keine neuen Erkenntnisse für deutsche Anlagen.

Drei weitere Ereignisse wurden durch veränderte/dynamische Temperaturbedingungen ausgelöst:

- Durch Fehler bei vorangegangenen Wartungsarbeiten war die Wärmeisolation angrenzender Rohrleitungen bzw. Komponenten unzureichend, so dass es zu Kondensatanfall im oberen Teil von Sicherheits- und Entlastungsventilen kam. Dadurch öffneten die Ventile unter Testbedingungen nicht.

- Beim Wiederanfahren nach einem Kurzstillstand kam es zur Sitzleckage von drei Druckhalter-Sicherheitsventilen. Vermutet wird, dass durch die Belastung der Abflussleitung Spannungen in das Ventil eingetragen wurden, die das Gehäuse bzw. den Sitz verbogen.
- Vermutlich durch niedrige Außentemperaturen während eines Stillstands waren die Schnellsteuerrelais in den Stellungsgebern der Stellantriebe abgefallen gewesen, so dass mehrere Frischdampf-Abblaseventile bei Tests nicht öffneten.

Aufgrund dieser Ereignisse wird empfohlen, Anfahrtests auch nach Kurzstillständen in vollem Umfang durchzuführen und bei dem Wiederanfahren nach Kurzstillständen der Möglichkeit von ungewöhnlichen Temperatur-/Druckbedingungen oder Komponentenzuständen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

- Phänomene in der Leittechnik

Mehrere Ereignisse wurden durch Fehler in der Leittechnik ausgelöst oder begünstigt. Alterung bzw. Drift von elektronischen Bausteinen oder defekte Sicherungen führten zu drei Ereignissen mit Unverfügbarkeit von Frischdampf-Abblaseventilen bzw. deren automatischen Ansteuerung. Ein Logikfehler führte dazu, dass bei zwei innerhalb von zwei Sekunden aufeinander folgenden Signalen, das zweite nicht erkannt wurde. Dadurch wurden Frischdampf-Abblaseregelventile nicht wieder geschlossen. Durch fehlerhafte Relais im Reaktorschutzsystem wurden zwei weitere Ereignisse mit Nicht-Öffnen von Druckhalter-Abblase-Ventilen bzw. Fehl-Öffnen von elektromagnetischen Vorsteuerventilen von Sicherheits- und Entlastungsventilen hervorgerufen. Aus diesen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

Interessant ist hingegen ein Ereignis, bei dem es zur Fehlauflösung von Sicherheits- und Entlastungsventilen bei einem Siedewasserreaktor durch elektromagnetische Einstreuungen in die Auslösebaugruppe kam. Ereignisse aufgrund von elektromagnetischen Einstreuungen sind aus der deutschen Betriebserfahrung prinzipiell bekannt, nicht jedoch an Sicherheitsventilen. Überdies wächst die Bedeutung dieses Phänomens durch den Einsatz immer hochintegrierterer elektronischer Bauteile. Es wird deshalb empfohlen, besonders beim Austausch von Komponenten gegen neuere Typen zu prüfen, ob vorhandene Schirmkonzepte abdeckend sind.

- Betriebsführung

Bei einem Ereignis waren Sicherheitsventile auf einem Dampferzeuger versehentlich demontiert worden, da Arbeiter der Fremd-Firma nach einer Pause in der falschen, in Betrieb befindlichen Redundanz weiterarbeiteten, so dass es zu großen Leckagen kam. Der Arbeitsauftrag war missverständlich gestellt, und die Ventile hatten keine Kennzeichnung. Ebenfalls auf die Verwechslung von Redundanzen bei Instandhaltungsarbeiten ist eine fälschliche Absperrung von Frischdampf-Abblaseregelventilen zurückzuführen, als zum Austausch einer defekten Elektronikarte die eine Redundanz zur Vermeidung von Fehlanregungen abgesperrt wurde, die Instandhaltungsarbeiten aber an der anderen Redundanz durchgeführt wurden. Verwechslungen von Redundanzen sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

Bei zwei Ereignissen war bei einer Prüfung die Ansteuerung der Frischdampf-Abblaseregelventile in Handstellung verblieben, so dass die Ventile bei Anforderung nicht automatisch öffneten. Daraus ergaben sich keine neuen Erkenntnisse für deutsche Anlagen.

- Sonstige

Vermutlich aufgrund ungünstiger Toleranzpaarung versagten elektromagnetische Vorsteuerventile von Frischdampf-Absperrventilen. Bei einem anderen Ereignis schlossen zwei Druckhalter-Abblaseventile nach Öffnen bei einer Transiente nicht wieder vollständig. Außerdem gab es ein Ereignis, bei dem es zu wiederholten Fehlanregungen von eigenmediumbetätigten Frischdampf-Sicherheitsventilen ohne erkennbaren Grund kam. Bei einem Ereignis mit verlängerten Öffnungszeiten von Frischdampf-Abblaseregelventilen wurde festgestellt, dass die zulässigen Öffnungszeiten in den Prüfprozeduren nicht vorgegeben waren und diese deshalb bei Prüfungen nicht beachtet worden waren. Aus diesen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der hier ausgewerteten internationalen Betriebserfahrung mit Sicherheits- und Entlastungsventilen sieben systematische Fehlermechanismen beobachtet wurden, die der GRS aus der deutschen Betriebserfahrung mit GVA noch nicht bekannt sind oder auf die hier nochmal wegen ihrer Bedeutung hingewiesen werden soll. Deshalb empfehlen wir zu überprüfen, inwieweit die in deutschen Kernkraftwerken vorhandenen Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung solcher systematischer Fehlermechanismen und Ursachen ausreichend sind. Die an-

gesprochenen systematischen Fehlermechanismen und Ursachen sind in Tabelle 2.7 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2.7: Systematische Fehlermechanismen und Ursachen der Komponentenart Sicherheits- und Entlastungsventile, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind

Ursachengruppe	Fehlermechanismus
Alterung	Luftleckagen an pneumatischen Vorsteuerventilen aufgrund versprödeter O-Ringe oder gealterter Membrane (teilweise auf Grund von Vibrationen oder hoher Temperaturbeanspruchung)
	Öffnungszeitverzögerungen von pneumatischen Vorsteuerventilen von Sicherheits- und Entlastungsventilen aufgrund gealterter Ankerdichtungen der ansteuernden Magnetventile
Instandhaltung - Montagefehler	Instandhaltungsfehler bei Ventilüberholung an Hauptkegeln von Druckhalter-Abblaseventilen (falsche Führung und Rissbildung), die wegen nicht abdeckenden Tests nach Instandhaltungsmaßnahmen nicht erkannt wurden.
Instandhaltung – Ungeeignete Bauteile oder Materialien	Einsatz von falschen Bauteilen oder Materialien, teilweise auf Grund von dem Betreiber unbekanntem Änderungen beim Hersteller, die wegen nicht optimaler Qualitätssicherungs-Prozesse nicht erkannt wurden.
Instandhaltung - Qualitätssicherung	Instandhaltungsfehler, die auf Grund von unvollständigen oder nicht aktuellen Instandhaltungs- und Prüfunterlagen aufgetreten sind und durch die vorhandenen Prüfprogramme nicht entdeckt wurden. Teilweise war nach Änderungen nicht beachtet worden, dass die bislang verwendeten Prüfprozeduren und -geräte nach der Änderung nicht mehr geeignet waren.
Instandhaltung – Sonstige Fehler bei Instandhaltungsarbeiten	<p>Öffnungsversagen und Sitzleckagen von Sicherheitsventilen nach Kurzstillständen wegen nicht beachteter Temperaturbedingungen:</p> <p>a) unzureichende Isolierung von angrenzenden Komponententeilen führt zu Kondensatbildung im oberen Teil von S/E-Ventilen</p>

Ursachengruppe	Fehlermechanismus
	b) Eintrag von Temperaturspannungen über die Abflussleitung in Druckhalter-Sicherheitsventile führt zum Verbiegen von Gehäusen und Ventilsitzen c) Funktionsrelevante Teile (Schnellsteuerrelais) frieren bei Kurzstillstand ein. Aufgrund dieser Ereignisse wird empfohlen, Anfahrtests auch nach Kurzstillständen in vollem Umfang durchzuführen und bei dem Wiederauffahren nach Kurzstillständen der Möglichkeit von ungewöhnlichen Temperatur-/Druckbedingungen oder Komponentenzuständen besondere Aufmerksamkeit zu widmen
Leittechnik	Fehlauslösung von Sicherheits- und Entlastungsventilen aufgrund von elektromagnetischen Einstreuungen in Auslösebaugruppen

2.5 Komponentenart Batterien

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Batterien aus der kraftwerksinternen unterbrechungslosen Stromversorgung erfasst. Von den insgesamt 52 GVA-Ereignissen der Komponentenart "Batterien" in der ICDE-Datenbank sind neun aus deutschen Anlagen. Auf diese wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da daraus für die deutsche Betriebserfahrung keine neuen Erkenntnisse resultieren.

Somit verbleiben für die Auswertung 43 GVA-Ereignisse. Die beobachteten GVA-Phänomene lassen sich in Auslegungs-, Herstellungs-, Betriebsführungs-, Instandhaltungsfehler/Alterung und Sonstige unterscheiden.

Tab. 2.8: Aufteilung der aus der ICDE-Datenbank ausgewerteten Batterien

Aufteilung der ausgewerteten GVA-Ereignisse bei Batterien	Anzahl der Ereignisse
Auslegung	17
Herstellung	8
Betriebsführung	8
Instandhaltung	3
Alterung	7
Gesamt	43

- Auslegung

Aufgrund von Auslegungsfehlern von NiCd-Batterien kam es zu einigen Ereignissen mit verminderter Kapazität von Batterien. Im aktiven Material der positiven Platten war eine spezielle Graphitform eingesetzt, die – verstärkt durch den Einschaltstrom – karbonisierte, so dass die Anzahl der Ladungsträger vermindert wurde. Bislang wurden der GRS vorliegenden Informationen zufolge in Deutschland keine Ni-Cd-Batterien eingesetzt. Das Phänomen ist daher unbekannt und für deutsche Kernkraftwerke nur interessant, wenn der Einsatz derartiger Batterien in Deutschland – beispielsweise aus Diversitätsgründen – erwogen oder praktiziert wird. In einem anderen Fall wird als Fehlerursache der Einbau eines falschen Batterietyps im Rahmen einer Änderungsmaßnahme angegeben.

Daraus ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

- Herstellung

Bei einem Ereignis waren Antimonpartikel auf den Platten herstellungsbedingt nicht gleichmäßig verteilt und migrierten daher von der positiven zur negativen Platte. Dies wurde noch durch große Porendurchmesser in den Separatoren begünstigt.

Ein Ereignis mit verminderter Batteriekapazität wurde durch unzureichende Nachbehandlung von Batterieplatten verursacht, so dass sich isolierende Bleioxidkörner bildeten.

Einige Ereignisse wurden durch Polkorrosion ausgelöst. Bei einem dieser Ereignisse waren außerdem Kontaminationen mit Chlorid und weiteren Chemikalien festgestellt worden.

In einem weiteren Fall kam es aufgrund von Herstellungsfehlern zu mehreren entladenen Batteriezellen.

GVA Phänomene aufgrund unterschiedlicher Fehler im Herstellungsprozess (Kontamination mit Chloriden und anderen Chemikalien) sind auch aus deutschen Anlagen bekannt. Daher ergeben sich aus diesen Ereignissen für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse.

- Betriebsführung

Sieben Ereignisse mit entladenen Batteriezellen wurden zumindest teilweise durch Betriebsführungsfehler bedingt: Einmal sind die von IEEE spezifizierten Methoden zur Überwachung von Batterien und das Handbuch des Herstellers nicht in die technischen Unterlagen der Anlage aufgenommen worden. Außerdem war der Ausfall einer Batterie nicht in das Überwachungsprogramm der Anlage aufgenommen worden. Deshalb wurde nicht erkannt, dass mehrere Batteriezellen entladen waren. Bei zwei weiteren Ereignissen kam es zu nicht spezifikationsgemäßer Batteriekapazität aufgrund ungeklärter Ursache. In einem dieser Fälle wird die Prüfmethode als mögliche Ursache angegeben. Demnach wären die Batterien zu Prüfzwecken zu tief entladen worden. Beim zweiten Ereignis wird eine Kombination von verschiedenen Ursachen vermutet (Prüfmethode, Instandhaltungsfehler, Auslegungsmängel).

Bei zwei Ereignissen waren Batterien unbemerkt entladen worden, was auf Grund von Leittechnik-Fehlern nicht signalisiert wurde. Einmal wurde die GESCHLOSSEN-Stellung eines Schalters angezeigt, obwohl diese nicht erreicht war. Beim anderen Ereignis ist die Ursache unbekannt.

In einem weiteren Fall wurden zwei Batterien während des Leistungsbetriebs getestet, obwohl die Batterien in diesem Betriebszustand verfügbar sein müssten. Darüber hinaus wurde dabei die Ladezeit der Batterien nicht berücksichtigt, so dass beide gleichzeitig unverfügbar waren, weil die Tests unmittelbar aufeinanderfolgend durchgeführt wurden. Vergleichbare Ereignisse mit entladenen Batterien sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt, daher ergeben sich daraus keine neuen Erkenntnisse.

Zwei andere Fehler an Batterien sind dagegen noch nicht bekannt. Einmal waren Batterien unbemerkt entladen worden, weil der Schalter wegen unvollständiger Normalisierung nach einer Freischaltung in Teststellung verblieben, wobei das Warnsignal durch einen Erdschluss maskiert wurde und deshalb in der Warte nicht angezeigt wurde.

In dem anderen Fall führten verschmorte Kontakte zum Defekt von Batterie-Ladegeräten, so dass die Überwachung ansprach. Das wurde jedoch nicht beachtet, so dass Batterien mehrfach mit Überspannung geladen wurden, bis es zu Gasentwicklung kam. Der Fehler hätte ein Kurzschließen der Platten auslösen können. Fehler an

Batterieladegeräten mit dieser Ausfallart sind aus der deutschen Betriebserfahrung nicht bekannt.

- Instandhaltung

Die in der internationalen Betriebserfahrung beobachteten Ereignisse an Batterien auf Grund von Instandhaltungsfehlern sind aus deutschen Anlagen unbekannt. Allerdings ist auch aus einem deutschen Forschungsreaktor ein Ereignis bekannt, bei dem es im Rahmen von Wartungsarbeiten zu einem Bersten einer Batteriezelle kam, ohne dass die Ursache dafür aufgeklärt werden konnte. In der internationalen Betriebserfahrung sind zwei Ereignisse beobachtet worden, bei denen es durch Instandhaltungsfehler zu statischen Entladungen in der Nähe von Batterien und in der Folge zu Explosionen von Batteriezellen kam. Einmal war wiederholt versucht worden, Batteriedeckel durch Abreiben mit Lösungsmittelgetränkten Papiertüchern zu reinigen, obwohl diese Reinigungsmethode nur für andere Bauteile der Batterie vorgesehen war. Im anderen Fall wurde eine Polyethylen-Schutzfolie neben einer Batteriezelle auseinandergefaltet, mit der andere Batteriezellen zum Schutz bei Arbeiten abgedeckt werden sollten.

Bei einem anderen Ereignis mit Instandhaltungsfehlern wurde ein mobiles Aluminiumgerüst, das den Zutritt zum Batterieraum ermöglichte, genutzt, um daran Schutzmatten zu befestigen. Dabei kam es zum Kurzschluss an den ungeschützten 50-V-Schutzleitern. Das Fremdpersonal, das die Matten aufhängte, war zwar darauf hingewiesen worden, dass sich im Raum ungeschützte Leiter befinden, hatte aber weder konkrete Angaben, was bei den Arbeiten zu beachten und zu unterlassen war, noch ausreichende Kenntnis der Konsequenzen eines Kurzschlusses an dieser Stelle. Auch in deutschen Anlagen sind die Leiter an dieser Stelle ungeschützt, so dass das Ereignis für deutsche Anlagen relevant ist.

- Alterung

Bei einem Ereignis kam es durch Alterung zum Aushärten von Fett an den Kontakten und damit zu Kontaktmängeln. Bei einem Ereignis war bei mehreren Batteriezellen die Dichte des Elektrolyts nicht spezifikationsgemäß, Ursache unbekannt. Bei einem anderen Ereignis hatten mehrere Batteriezellen aufgrund von Alterung zu niedriger Spannung.

Bei einem Ereignis, bei dem mehrere Batteriezellen ihre spezifizierte Mindestkapazität unterschritten hatten, wurden Sulfidablagerungen auf den negativen Polen der Batte-

rien festgestellt. Als Ursache wurde vermutet, dass die Ablagerungen auf Grund zu niedriger Ladespannung auftraten.

Bei drei Ereignissen führten Alterung und wiederholte Lade-/Entladevorgänge zu verminderter Kapazität von Batteriezellen. Bei zwei dieser Ereignisse wird darauf hingewiesen, dass die betroffenen Batterien sehr alt waren. Aus den oben beschriebenen Ereignissen ergeben sich für deutsche Anlagen keine neuen Erkenntnisse, da derartige Phänomene aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt sind.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der hier ausgewerteten internationalen Betriebserfahrung mit Batterien fünf systematische Fehlermechanismen beobachtet wurden, die der GRS aus der deutschen Betriebserfahrung mit GVA noch nicht bekannt sind. Deshalb empfehlen wir zu überprüfen, inwieweit die in deutschen Kernkraftwerken vorhandenen Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung solcher systematischer Fehlermechanismen und Ursachen ausreichend sind.

Tab. 2.9: Systematische Fehlermechanismen und Ursachen bei der Komponententart Batterien, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind

Ursachengruppe	Fehlermechanismus
Auslegung	Verminderung der Kapazität von Ni-Cd-Batterien aufgrund einer Karbonisierung von Bestandteilen des aktiven Materials der positiven Platten.
Betriebsführung	Unbemerkte Entladungen von Batterien, weil Schalter wegen unvollständiger Normalisierung nach einer Freischaltung in Teststellung verblieben waren, wobei das Warnsignal durch einen Erdschluss maskiert wurde und deshalb in der Warte nicht angezeigt wurde.
	Mehrfaches Laden von Batterien mit Überspannung aufgrund eines Defekts von Batterie-Ladegeräten und Nichtbeachtung der Überwachungsanzeige .
Instandhaltung	Statische Entladungen durch Fehler bei Instandhaltungsarbeiten in der Nähe von Batterien bzw. in Aufstellungsräumen von Batterien führten zu Explosionen: a) Reinigung von Batteriedeckeln durch Abreiben mit lösungsmittelgetränkten Papiertüchern, obwohl diese Reinigungsmethode nur für andere Bauteile der Bat-

Ursachengruppe	Fehlermechanismus
	terie vorgesehen war. b) Auseinanderfallen einer Polyethylen Folie (als Abdeckung anderer Batteriezellen zum Schutz bei Arbeiten) neben einer Batteriezelle.
	Kurzschluss, weil Schutzmatte, die an einem mobilen Aluminiumgerüst, das den Zutritt zum Batterieraum ermöglichte, befestigt worden waren, die ungeschützten 50-V-Schutzleiter berührten.

2.6 Komponentenart Leistungsschalter

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Leistungsschalter innerhalb der kraftwerksinternen Energieverteilung erfasst. Außerdem gehören zur Komponentenart Leistungsschalter die Schalter für die Reaktorschnellabschaltung. Leistungsschalter, die Bestandteil von anderen Komponenten sind, werden nicht betrachtet (z. B. Leistungsschalter von Pumpen oder Einspeiseschalter von Notstromdieselgeneratoren). Bei den Leistungsschaltern wird zwischen Notstromanlage und Eigenbedarfsanlage sowie nach der Spannungsebene unterschieden: Niederspannung (Wechselstrom bis 1000 V, Gleichstrom bis 600 V), Mittelspannung (Wechselstrom 1 kV bis 11 kV).

Von den insgesamt 92 GVA-Ereignissen der Komponentenart „Leistungsschalter“ in der ICDE-Datenbank sind fünf aus deutschen Anlagen. Auf diese wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da daraus für die deutsche Betriebserfahrung keine neuen Erkenntnisse resultieren. Ebenso wird auf 15 ausländische Ereignisse nicht eingegangen, da die zugehörigen Informationen in der ICDE-Datenbank am gleichzeitigen Vorliegen einer Schädigung bzw. an einem gemeinsamen Fehlermechanismus zweifeln lassen und eine für dieses Vorhaben zielführende Auswertung nicht möglich ist.

Somit verbleiben für die Auswertung 72 GVA-Ereignisse. Diese 72 Ereignisse wurden zur Erlangung einer übersichtlichen Darstellung in Gruppen aufgeteilt. Dabei wurde – je nachdem, wo sich der Fehlermechanismus auswirkte - zwischen Antrieb, Schutzeinrichtung (Arbeitsstrom-, Überstrom-, Unterspannungsauslöser), Grundscharter und Hilfsschalter unterschieden. In Einzelfällen war eine eindeutige Zuordnung nicht möglich. Deshalb wurden fünf Ereignisse als Sonstige ausgewiesen. Die Aufteilung ist in Tabelle 2.10 angegeben.

Tab. 2.10: Aufteilung der aus der ICDE-Datenbank ausgewerteten Leistungsschalter

Aufteilung der ausgewerteten GVA-Ereignisse bei Leistungsschaltern	Anzahl der Ereignisse
Antrieb	2
Schutzeinrichtung, davon	18
• Arbeitsstromauslöser	(2)
• Überstromauslöser	(9)
• Unterspannungsauslöser	(5)
• nicht zuordenbar	(2)
Grundschafter	38
Hilfsschafter	9
Sonstige	5
Gesamt	72

Im weiteren Text werden die GVA-Ereignisse kurz vorgestellt, wobei Ereignisse mit ähnlichem Fehlermechanismus zusammengefasst werden.

- Antrieb

Zwei Ereignisse in der ICDE-Datenbank sind auf Fehler im Aufziehmechanismus von Leistungsschaltern zurückzuführen. Beim ersten Ereignis wurde der Federspeicher nicht gespannt, wobei die Ursache nicht feststellbar war. Vermutet werden Verschmutzungen bzw. eine Schwergängigkeit des Aufziehmechanismus. Beim zweiten Ereignis öffnete ein Leistungsschalter nicht, da der Aufziehmechanismus aufgrund von Schmutz und altem Schmiermittel festsaß.

Auch aus der deutschen Betriebserfahrung sind Ereignisse bekannt, die auf Alterungseffekte im Schmiermittel (Veränderung der Viskosität) bzw. Schwergängigkeit zurückgeführt werden. Dabei war aber nicht der Aufziehmechanismus betroffen. Insofern sind die oben dargestellten Schadensmechanismen für deutsche Anlagen interessant.

- Schutzeinrichtung, Arbeitsstromauslöser

Bei zwei Ereignissen in der ICDE-Datenbank mit identischem Schadensbild wird von Fehlern im Arbeitsstromauslöser von Leistungsschaltern berichtet. Eine lose Steckverbindung verhinderte das Öffnen der Leistungsschalter über die Arbeitsstromauslösung. Es wird vermutet, dass sich die Steckverbindung bei Instandhaltungsarbeiten gelöst

hatte. Für deutsche Anlagen ergeben sich aus diesen beiden Ereignissen keine neuen Erkenntnisse.

- Schutzeinrichtung, Überstromauslöser

Bei mehreren Ereignissen wird von Fehlern im Bereich der Überstromauslöser von Leistungsschaltern berichtet.

Bei einem Ereignis lag die Ursache in einer Fehleinstellung. Die Auslösewerte waren zu niedrig eingestellt. Dies hätte bei normalen Startvorgängen zu einer Fehlauslösung des Überstromauslösers führen können. Die Prozedur bei einer vorangegangenen Änderung sah keine Überprüfung der Einstellwerte vor.

Bei einem Ereignis wurden erhöhte Auslösewerte außerhalb der Toleranz in einer Phase aufgrund von Drift beobachtet. Die Ursache hierfür wird in der langen Betriebsdauer von ca. 16 Jahren gesehen.

Bei drei Ereignissen wird berichtet, dass eine systematische Fehleinstellung des thermischen Überstromauslösers zum Fehlöffnen von Leistungsschaltern hätte führen können.

Bei einem weiteren Ereignis war die Überstromauslösung nicht funktionsfähig, da die Auslegung des Auslösehebels in der magnetischen Überstromauslösung nicht korrekt war.

Ähnliche Ereignisse sind auch aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt. Neue Erkenntnisse für deutsche Kernkraftwerke ergeben sich deshalb nicht.

Folgende drei Ereignisse sind nach unserer Kenntnis aus der deutschen Betriebserfahrung nicht bekannt:

Bei einem Ereignis hatten die Überstromauslöser aufgrund von Alterung in einzelnen Phasen von Leistungsschaltern schneller ausgelöst. Die Abweichung wurde im Rahmen einer vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahme erkannt. Zum fehlerhaften Öffnen der Leistungsschalter kam es nicht. Die Abweichung hätte aber zum fehlerhaften Ansprechen des Überstromauslösers und damit zum fehlerhaften Öffnen der Leistungsschalter führen können.

In einem weiteren Ereignis aus der ICDE Datenbank sind fünf Ereignisse mit identischem Fehlerbild zusammengefasst, die über einen Zeitraum von einem Jahr auftraten. Das Relais für die Überstromauslösung saß jeweils mechanisch fest. Dadurch öffneten die Leistungsschalter fehlerhaft nicht. Die Ursache konnte nicht gefunden werden, es wurden aber mehrere beitragende Faktoren identifiziert. Am Prüfstand wurde festgestellt, dass zum Zurücksetzen der Relais gegenüber neuen Relais eine erhöhte Kraft aufgebracht werden musste, da der Relaisanker schwergängig war. Der Hersteller rät aber von einer Nachschmierung ab. Außerdem macht der Hersteller in einer Herstellerinformation darauf aufmerksam, dass das Relais verkanten kann, wenn beim Zurücksetzen eine zu starke Kraft angewandt wird. Das Verkanten kann zu einer verzögerten Auslösung führen oder eine Überstromauslösung verhindern.

In einem anderen Ereignis wird angeführt, dass bei einer Prüfung der Notstromdieselaggregate die Zuschaltung der Batterieladegeräte fehlschlug. Daraufhin wurde festgestellt, dass Spannungsspitzen beim Zuschalten der Batterieladegeräte manchmal den Auslösewert der unverzögerten Überstromauslösung überschritten.

- Schutzeinrichtung, Unterspannungsauslöser

Fünf Ereignisse können systematischen Fehlern bei den Unterspannungsauslösern zugeordnet werden.

Bei einem Ereignis traten Fehler in den Unterspannungsüberwachungsrelais auf. Dadurch öffneten die zugehörigen Schalter der Reaktorschnellabschaltung fehlerhaft nicht. Als Ursache wird Alterung angegeben.

Bei einem anderen Ereignis an Schaltern der Reaktorschnellabschaltung wurden während eines Tests die Unterspannungsauslöser sporadisch ausgelöst. Dies verhinderte das Schließen der Schalter. Ursächlich für den Fehler war, dass der Anker des Unterspannungsauslösers vermutlich aufgrund eines Herstellungsfehlers aus der Ankerspule hervorragte. Dadurch war eine höhere Anzugsspannung erforderlich, was zur fehlerhaften Anregung des Unterspannungsauslösers führte.

Bei einem weiteren Ereignis wurden Schäden an den Spulen der Unterspannungsauslösung und an der Betätigungsmechanik von Schaltern der Reaktorschnellabschaltung beobachtet. Dies hätte zum verzögerten Öffnen bzw. einem Nicht-Öffnen bei Unterspannung führen können. Die Ursache für die Schäden ist unbekannt.

Aus diesen Ereignissen der ICDE-Datenbank ergeben sich für die deutschen Kernkraftwerke keine neuen Erkenntnisse.

Die in den folgenden zwei Ereignissen geschilderten Fehlermechanismen sind dagegen aus der deutschen Betriebserfahrung nicht bekannt:

Aus einer Ereignisbeschreibung geht hervor, dass bei Leistungsschaltern der Auslösewert der Unterspannungsrelais nicht spezifikationsgemäß war. Der Fehler wird auf eine Kombination der Wiederholgenauigkeit und der Temperaturempfindlichkeit der Relais sowie der Prüfmethode zurückgeführt.

Bei einem Ereignis wird berichtet, dass Schalter der Reaktorschnellabschaltung fehlerhaft nicht schlossen. Ursache war, dass die Unterspannungsauslösung nicht richtig einrastete, weil Teile des Spulensatzes durch die üblichen Öffnungs- und Schließvorgänge bei Prüfungen abgenutzt waren.

- Schutzeinrichtung, nicht zuordenbar

Zwei Ereignisse zu Schutzeinrichtungen können aufgrund der vorhandenen Informationen keiner der oben angeführten Schutzeinrichtungen zugeordnet werden. So wird bei einem Ereignis von Problemen mit Sicherungen minderer Qualität berichtet. Diese verschlechterten sich während der Einsatzdauer, was auf einen nicht näher beschriebenen Auslegungsfehler zurückgeführt wird.

Bei einem anderen Ereignis wird angegeben, dass die Auslösewerte nicht konservativ gewesen seien. Die Ursache wird in ebenfalls nicht näher erläuterten Verfahrensmängeln gesehen.

Aus diesen beiden Ereignissen resultieren für deutsche Kernkraftwerke keine neuen Erkenntnisse.

- Grundschalter

Bei mehreren Ereignissen wird als Fehlerursache gehärtetes bzw. gealtertes Schmiermittel in der Schaltermechanik angegeben. Dies führte zu Schwergängigkeiten bzw. zum Schaltversagen von Leistungsschaltern bzw. Schaltern der Reaktorschnellabschaltung. Die Ursache lag in Mängeln in der Instandhaltungsprozedur. So wurde bei-

spielsweise in einem Fall im Rahmen einer Instandhaltungsmaßnahme das Schmiermittel durch den Hersteller entfernt, aber nicht wieder neu aufgebracht.

Bei einem Ereignis ließ die Befestigung eines Bauteils im Schalter aufgrund von Alterung nach. Dies hätte zum Verklemmen führen können. Bei einem weiteren Ereignis wurde nach dem Schließen des Schalters kein Stromfluss angezeigt. Ursache war eine gelöste Betätigungsfeder. Deshalb reichte in einer Phase der Druck zum Schließen der Kontakte nicht aus.

Drei Ereignisse sind auf systematische Befunde aufgrund von Rissen bzw. Brüchen an Bauteilen von Leistungsschaltern zurückzuführen. Bei zwei der drei Ereignisse war eine fehlerhafte Auslegung in Verbindung mit unzureichenden Prüfungen ursächlich für Brüche am Nockenmitnehmer.

Bei einem anderen Ereignis wird von der Wasserstoffversprödung eines Spannstifts zur Sicherung einer Feder im Verriegelungsmechanismus berichtet. Daraus kann bei einem weiteren Schadensfortschritt prinzipiell ein Schaltversagen aufgrund einer systematischen Ursache resultieren. Dem Hersteller war nicht bewusst, dass die Verzinkung von gehärteten Stahlbauteilen zur Wasserstoffversprödung und damit zu Brüchen führen kann. Außerdem wurde festgestellt, dass fälschlich Schmiermittel entfernt worden waren. Beides wird auf mangelnde Fachkenntnis beim Hersteller zurückgeführt.

In einem Fall war die Anpresskraft der Hauptkontakte zu gering, da die neueste Herstellerinformation zur Einstellung der Kontakte nicht in die Instandhaltungsprozedur übernommen wurde.

Ebenfalls auf eine mangelnde Umsetzung der Herstellervorgaben wird bei einem Ereignis eine ungeeignete Einstellung der Spiele in der Betätigungsmechanik von Schaltern der Reaktorschnellabschaltung gesehen. Die Einstellung wurde gemäß der ursprünglichen Herstellervorgaben vorgenommen, diese wurden aber zwischenzeitlich geändert.

In einem weiteren Ereignis wird berichtet, dass die Haupt- und Hilfskontakte im Schalter entgegen der Herstellerempfehlung nicht geschmiert wurden. Außerdem wurde in der Instandhaltungsanweisung nicht ausreichend auf die Entfernung von Rauigkeiten an den Kontakten eingegangen.

Bei einem Ereignis wird berichtet, dass die Einspeiseschalter von zwei Nebenkühlwasserpumpen nicht schlossen. Ursache waren erhöhte Kontaktwiderstände im Schaltkreis für die Ansteuerung der Leistungsschalter. Dies war auf wiederholtes Schalten zu hohen Ströme zurückzuführen. Die eingebauten Kontakte waren für einen Schaltstrom von 2,2 A geeignet, tatsächlich traten aber 6 A auf. Der an Einspeiseschaltern von Nebenkühlwasserpumpen beobachtete Mangel lag systematisch bei allen 4-kV-Leistungsschaltern vor, auch wenn es bei diesen noch zu keinen Ausfällen kam. Als Ursache wird ein Fehler bei der Auslegung angeführt.

In einem Ereignis wird angeführt, dass ein Schalter der Reaktorschnellabschaltung wegen eines verbogenen Betätigungsmechanismus nicht geschlossen hatte. Als systematische Ursache wurden Fehler bei der Instandhaltung erkannt.

In einem Fall konnte bei einem Leistungsschalter die Fernbetätigung nicht ausgeführt werden, da sich ein Hebel in der Betätigungsmechanik nicht in der Grundstellung befand. Als Ursache wurden Alterung und Verschleiß identifiziert. In einem Ereignis werden vier Ausfälle von Leistungsschaltern zusammengefasst, die zwar auf unterschiedliche Mechanismen zurückzuführen sind, aber letztlich aufgrund von Mängeln in der handwerklichen Ausführung und Qualitätssicherung von Instandhaltungsmaßnahmen zustande kamen.

Aus diesen Ereignissen ergeben sich für die deutschen Kernkraftwerke keine neuen Erkenntnisse.

Interessant für deutsche Anlagen ist ein Ereignis, bei dem erkannt worden war, dass Leistungsschalter im Anforderungsfall nicht geschlossen hätten. Die betroffenen Leistungsschalter wurden selten betätigt, wodurch es zum Festklemmen des Betätigungsmechanismus kam.

- Hilfsschalter

In einem Ereignis wird von Hilfsschaltern in der Ansteuerung der Leistungsschalter berichtet, die aufgrund von Verschleiß nicht schalteten. Dies führte zum Schließversagen von Leistungsschaltern. Bei einem anderen Ereignis schaltete ein Relais in der Ansteuerung von Schaltern der Reaktorschnellabschaltung nicht, weshalb die Schalter der Reaktorschnellabschaltung nicht öffneten. Das Schaltversagen des Relais wird auf die seltene Betätigung und eine unzureichende Schmierung zurückgeführt. Bei einem Ereignis funktionierte der Öffnungsmechanismus aufgrund eines Spulenschadens nicht

mehr. Die Ursache konnte nicht eindeutig ermittelt werden, es wird aber vermutet, dass es sich um Verschleiß handelt. Bei zwei Ereignissen wird von der Fehlauslegung von Schützspulen berichtet. Diese hatte zur Folge, dass der Betrieb bei Unterspannung zu Isolationsschäden und letztlich zum Kurzschluss führte.

Mehrere Ereignisse sind auf Mängel in der Instandhaltung zurückzuführen. So kam es bei Instandhaltungsarbeiten zu einer Fehlauslösung von Überstromschutzrelais durch Relaisprellen, da bei der Erstellung der Arbeitsanweisung für den Einbau eines Überspannungsrelais fälschlich davon ausgegangen wurde, dass während der Arbeiten ein Ansprechen der Überstromschutzrelais (z.B. wegen Relaisprellen auf Grund von Vibrationen) nicht zu besorgen ist und folglich ein Freischalten der Überstromschutzrelais vor Beginn der Arbeiten nicht vorgesehen wurde.

Bei einem weiteren Ereignis führten defekte Hilfsschalter zur Fehlauslösung von Leistungsschaltern. Die beobachteten Fehler an den Relais waren unterschiedlich (Splint gebrochen, Federkontakt unzureichend, Relais zieht nicht an). Als grundlegende Ursache wurden aber systematische Mängel im Instandhaltungsverfahren identifiziert.

Eine Kombination aus Fehlern in der Instandhaltung und Auslegung war die Ursache für Schäden durch Lichtbögen an Hilfsschaltern. Die Isolation am Spulenanschluss eines Schützes war durch die Lichtbögen abgetragen worden. Dies hatte bei einem Leistungsschalter ein fehlerhaftes Öffnen zur Folge, vom systematischen Fehlermechanismus war aber die gesamte Komponentengruppe betroffen.

Ebenfalls Instandhaltungsfehler führten zum potentiellen systematischen Öffnungsversagen von Leistungsschaltern. Ein Einschaltmagnet war fehlerhaft mit Loctite gesichert worden. Daraufhin wurde die Instandhaltungsanweisung überarbeitet.

Neue Erkenntnisse für deutsche Kernkraftwerke ergeben sich aus diesen Ereignissen nicht, da Instandhaltungsfehler immer wieder auftreten können und auch in Deutschland zu einer Reihe von Weiterleitungsnachrichten geführt haben.

- Sonstige

Bei einem Ereignis wird berichtet, dass das AUF-Signal von Leistungsschaltern während Schwachlast aufgrund eines Auslegungsfehlers blockiert war.

Bei einem anderen Ereignis wurden beim Einschieben eines Leistungsschalters in den Schaltanlageneinschub mehrere Relais berührt. Dies führte zur Auslösung der Relais und damit zum fehlerhaften Öffnen von Leistungsschaltern.

Bei einem Ereignis wird angegeben, dass der Verriegelungsmechanismus fehlerhaft eingebaut war. Dies war auf eine Fehlhandlung während der Installation in der Schaltanlage zurückzuführen. Dem Personal wurde für die Installation keine Information zum Verriegelungsmechanismus bereitgestellt und nach der Installation wurde nicht ausreichend geprüft.

Bei einem Ereignis löste ein Leistungsschalter in zwei Phasen nicht innerhalb der spezifizierten Werte aus. Eine direkte Fehlerursache konnte nicht gefunden werden, es wurden aber erhöhte Kontaktwiderstände als beitragende Faktoren identifiziert.

Für deutsche Kernkraftwerke ergeben sich aus diesen Ereignissen der ICDE-Datenbank keine neuen Erkenntnisse.

Für deutsche Anlagen interessant erscheint dagegen folgendes Ereignis der internationalen Betriebserfahrung. Der Einspeiseschalter einer 480-V-Schiene wurde in die TEST-Stellung gebracht. Dabei öffnete fehlerhaft der redundante Leistungsschalter, der gegen den ersten Schalter verriegelt war, da ein Verriegelungsschalter im Einschubrahmen des ersten Schalters schwergängig war und nicht in die Normalposition zurückging und deshalb der zweite Leistungsschalter nicht in der GESCHLOSSEN-Position bleiben konnte. Die Ursache für die Schwergängigkeit des Verriegelungsschalters konnte nicht festgestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der hier ausgewerteten internationalen Betriebserfahrung mit Leistungsschaltern neun systematische Fehlermechanismen beobachtet wurden, die der GRS aus der deutschen Betriebserfahrung mit GVA noch nicht bekannt sind. Deshalb empfehlen wir zu überprüfen, inwieweit die in deutschen Kernkraftwerken vorhandenen Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung solcher systematischer Fehlermechanismen und Ursachen ausreichend sind.

Die aus der deutschen Betriebserfahrung bisher unbekannt systematischen Fehlermechanismen und Ursachen sind in Tabelle 2.11 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2.11: Systematische Fehlermechanismen und Ursachen bei der Komponentenart Leistungsschalter, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind

Betroffenes Betriebsmittel	Fehlermechanismus
Antrieb	Federspeicher vermutlich aufgrund von Verschmutzungen bzw. Schwergängigkeit des Aufziehmechanismus nicht gespannt
	Festsitzen des Aufziehmechanismus wegen Schmutz und altem Schmiermittel
Schutzeinrichtung, Überstromauslöser	Zu schnelles Auslösen des Überstromauslösers in einzelnen Phasen aufgrund von Alterung
	Verkanten von Überstromrelais aufgrund Schwergängigkeit beim Zurücksetzen
	Spannungsspitzen beim Zuschalten der Batterieladegeräte führen sporadisch zum Ansprechen des Überstromauslösers
Schutzeinrichtung, Unterspannungsauslöser	Nicht spezifikationsgemäße Auslösewerte aufgrund einer Kombination von Wiederholgenauigkeit und Temperaturempfindlichkeit der Relais sowie von Prüfmetho- den
	Abnutzung von Teilen des Spulensatzes durch die üblichen Öffnungs- und Schließvorgänge bei Prüfungen
Grundschalter	Blockieren des Betätigungsmechanismus aufgrund seltener Schaltvorgänge
Sonstige	Schwergängigkeit eines Verriegelungs- schalters im Einschubrahmen führt in Test-Stellung eines Leistungsschalters zu fehlerhaftem Öffnen eines redundanten Leistungsschalters.

3 Zusammenfassung der Auswertungen

Bei der Auswertung der ausländischen GVA-Ereignisse zu motorbetätigten Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventilen, Batterien und Leistungsschaltern konnten einige Fehlermechanismen identifiziert werden, die aus deutschen Anlagen als GVA-Phänomene noch nicht bekannt sind. Insbesondere betrifft dies Ereignisse, die aufgrund von Mängeln im Alterungsmanagement oder in der Instandhaltung aufgetreten sind. Daneben wurden Phänomene identifiziert, bei denen Qualitätssicherungsprozesse und Komponenten- und Systemprüfungen nicht geeignet waren Abweichungen zu entdecken, und Phänomene, die zu Beeinträchtigungen von Sicherheits- und Entlastungsventilen durch instationäre Temperaturbedingungen, wie sie beispielsweise nach Kurzstillständen auftreten, führten. Daneben wurden Phänomene identifiziert, die durch fehlerhafte Software ausgelöst wurden oder die zu Fehlanregungen durch elektromagnetische Einstreuungen in Auslösebaugruppen führten. Die neu identifizierten Phänomene sind in den Tabellen 2.3, 2.5, 2.7, 2.9 und 2.11 aufgeführt und in den vorangehenden Abschnitten im Einzelnen beschrieben. Es wird empfohlen, dass in den deutschen Anlagen überprüft wird, ob gegen das Auftreten solcher GVA-Phänomene Vorsorgemaßnahmen ergriffen sind.

Literaturverzeichnis

/GRS 08/ Kreuser, A., Holtschmidt, H., Stiller, J.C.

Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA)

aus dem internationalen GVA-Datenaustauschprojekt ICDE

GRS-A-3403, Januar 2008

Anhang

1 Organisation des ICDE Projekts

1.1 Aufgabenverteilung innerhalb des Projekts

Um die vertrauliche Behandlung der ausgetauschten Daten gewährleisten zu können, ist das ICDE Projekt, dessen vorbereitende Aktivitäten Ende 1994 anliefen, in eine etablierte internationale Organisation eingebunden. Seit Ende 1996 hat das „Committee on the Safety of Nuclear Installations“ (CSNI) der OECD/NEA die formale Verwaltung des ICDE Projekts übernommen.

Die Steuerung des Projekts erfolgt durch den ICDE Lenkungskreis („Steering Group“). Dieser wird dabei vom NEA Projektsekretär und dem so genannten „Operating Agent“ unterstützt. Das NEA Sekretariat ist verantwortlich für die finanzielle Verwaltung und technische Unterstützung des Projekts seitens der OECD. Der Operating Agent ist für die Datenbank und die Konsistenz der Daten verantwortlich. Der Lenkungskreis tagt durchschnittlich zweimal pro Jahr. Zu einer Sitzung, die in einem außereuropäischen Land stattfand, wurde von den GRS Vertretern ein Reisebericht erstellt /KRE08/. Die im ICDE Lenkungskreis zusammengeschlossenen Partnerorganisationen verpflichten sich in einer jeweils über ca. drei Jahre laufenden Vereinbarung, fachlich zu dem Projekt beizutragen und die anteiligen Kosten für den Operating Agent zu übernehmen. Die aktuelle Vereinbarung läuft noch bis zum 31. März 2011. Die nächste Projektperiode soll daran anschließen und bis Ende 2014 dauern und damit neun Monate länger sein, da die Projektperioden auf Wunsch der NEA, wie bei den anderen NEA Projekten, an die Kalenderjahre angepasst werden sollen. Die entsprechende Verpflichtungserklärung wurde bereits von der NEA an die Teilnehmerländer versandt.

1.1.1 ICDE Lenkungskreis

Der ICDE Lenkungskreis wird von den nationalen Koordinatoren aller Teilnehmerländer gebildet. Zum Verantwortungsbereich des ICDE Lenkungskreises gehört es u.a., dass Entscheidungen getroffen werden zur

- Vorbereitung der rechtlich verbindlichen Vereinbarung zur Projektdurchführung,
- Sicherstellung der finanziellen Mittel zur Durchführung des Projekts durch Genehmigung des Budgets und der Kontrolle der Verwendung der Mittel,

- Sicherstellung der technischen Mittel, die zur Projektdurchführung notwendig sind,
- Benennung des Vorsitzenden des ICDE Projekts,
- Aufnahme neuer Mitglieder,
- Abstimmung über Art und Umfang der auszutauschenden Informationen,
- Entwicklung von detaillierten Anforderungen an die Informationstiefe zu den GVA Ereignissen und den zugehörigen Beobachtungseinheiten (Komponentengruppen), die in die ICDE Datenbank aufgenommen werden sollen, und von Vorgaben zur Klassifizierung und Bewertung von ICDE Ereignissen,
- Benennung von Federführenden für einzelne Projektaufgaben,
- Festlegung von Prioritäten für einzelne Aufgaben,
- Überwachung des Fortschritts der einzelnen Projektaufgaben,
- Überwachung der Arbeiten des Operating Agents,
- Bestimmung des Informationsflusses (öffentliche Information und Vertraulichkeit),
- Aufbau und Inhalt der Projektberichte,
- Qualitätssicherung.

Der Datenaustausch zu GVA Ereignissen wird in den teilnehmenden Ländern durch die jeweilige Behörde oder eine von ihr beauftragte Organisation verantwortlich durchgeführt. Gegenwärtig sind folgende Partnerorganisationen im Lenkungskreis des ICDE Projekts vertreten: NRC (USA), IRSN (Frankreich), GRS (Deutschland), SSI (Schweden), STUK (Finnland), CNSC (Kanada), HSE (Großbritannien), CSN (Spanien), ENSI (Schweiz), KAERI (Südkorea) und JNES (Japan). Die Niederlande beteiligen sich, da nur das Kernkraftwerk Borssele eingebunden ist, indirekt über Deutschland (GRS). In den beteiligten Ländern werden etwa 75% der weltweit existierenden Kernkraftwerke betrieben.

Die Einspeisung von Daten erfolgt über die nationalen Koordinatoren. Die ICDE Datenbank ist nur für diejenigen Organisationen zugänglich, die die rechtlich verbindliche Vereinbarung zur Projektdurchführung unterschrieben haben und selbst auch eigene Daten eingespeist haben.

1.1.2 NEA Sekretariat

Die OECD/NEA ist verantwortlich für die Verwaltung des Projekts entsprechend der Regeln der OECD. Dies beinhaltet Sekretariats- und Verwaltungsarbeiten im Zusammenhang mit der Finanzierung des Projekts, wie Einforderung der finanziellen Beiträge der Mitgliedsländer, Bezahlung des Operating Agents und Führung des Projekthaushalts. Die NEA bestimmt das Projektsekretariat.

1.1.3 Operating Agent

Die Aufgaben des Operating Agents werden von der schwedischen Firma „ES Konsult“ wahrgenommen. Die Kosten dafür werden von den teilnehmenden Ländern anteilig übernommen. Der Operating Agent betreibt die ICDE Datenbank und übernimmt die zentrale Führung der Projektdokumentation. Der Operating Agent führt die aus den Teilnehmerländern kommenden Informationen in der ICDE Datenbank zusammen. Dabei kontrolliert er, ob die von den nationalen Koordinatoren zur Verfügung gestellten Informationen mit den Anforderungen der ICDE Kodieranleitungen (siehe Kapitel 2) übereinstimmen. Zusammen mit den nationalen Koordinatoren stellt der Operating Agent sicher, dass die für den Austausch zur Verfügung gestellten Informationen korrekt in die ICDE Datenbank aufgenommen werden. Die detaillierte Aufgabenverteilung zur Qualitätssicherung ist in einem Arbeitspapier des Projekts festgelegt („ICDE Quality Assurance Programme“).

1.2 Vertraulichkeit der ICDE Daten

Für den detaillierten Informationsaustausch zu GVA Ereignissen innerhalb ICDE ist eine besondere Vertraulichkeit vereinbart worden, die dadurch gewahrt wird, dass die Ereignisberichte und die darin enthaltenen Detailinformationen als Geschäftsgeheimnisse zu behandeln sind (proprietary information) und als Arbeitsmaterial nur für die Teilnehmer des ICDE Lenkungskreises, die aktiv zu dem Datenaustausch beitragen, zugänglich sind. Vertrauliche Informationen, die nur für den ICDE Lenkungskreis freigegeben worden sind, werden nicht an die OECD/NEA weitergegeben.

1.3 Zustimmung der deutschen Betreiber

Für eine aktive Teilnahme an dem internationalen GVA Datenaustausch und für eine Mitarbeit im ICDE Lenkungskreis ist die Weitergabe eigener nationaler Informationen erforderlich. Dies sind Berichte zu beobachteten Ereignissen in deutschen Kernkraftwerken. Informationen zu solchen Ereignissen liegen der GRS in Form von meldepflichtigen Ereignissen und dazu erarbeiteten Stellungnahmen vor.

Um solche Informationen an andere Teilnehmerländer weitergeben zu können, ist die Zustimmung der deutschen Betreiber erforderlich. Diese Zustimmung ist der GRS von der Technischen Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V. (VGB) Ende 1997 formell erteilt worden.

Zwischen GRS und VGB ist vereinbart worden, dass die Datenweitergabe an den ICDE-Lenkungskreis in gleicher Weise wie bei der Weitergabe von Meldungen an das „Incident Reporting System“ (IRS) der OECD/NEA/CSNI erfolgt. Dabei erstellt die GRS zunächst die Informationen zu den GVA Ereignissen entsprechend den ICDE Anforderungen in Englisch und versendet sie dann vor der Weitergabe an den ICDE-Lenkungskreis an die Betreiber der jeweiligen Kernkraftwerke zur Abstimmung. Die im Rahmen der Zusammenarbeit von den ausländischen Teilnehmern dem ICDE-Lenkungskreis zur Verfügung gestellten Informationen werden dann von der GRS der VGB zur Verfügung gestellt. Diese verteilt die Informationen an alle Betreiber der deutschen Kernkraftwerke. Auch dieser Informationsaustausch unterliegt in beiden Richtungen wegen seiner Sensitivität der besonderen Vertraulichkeit (siehe hierzu Abschnitt 1.2).

2 Abstimmung von Art und Umfang der für den ICDE Datenaustausch vorgesehenen Informationen

Bei den Arbeiten, an denen die GRS im Rahmen der Vorläufervorhaben zum 3608R01338 teilgenommen hat, ist zur Sicherstellung einer einheitlichen Qualität der ausgetauschten Informationen vom ICDE Lenkungskreis eine grundsätzliche Abstimmung über Art und Umfang der auszutauschenden Informationen vorgenommen und ein entsprechendes allgemeines Datenaustauschformat erarbeitet worden. Auf Basis dieses Formats ist die ICDE Datenbank entwickelt worden.

Das allgemeine Datenaustauschformat beinhaltet detaillierte Anforderungen an die Informationstiefe zu den GVA Ereignissen, die in die ICDE Datenbank aufgenommen werden sollen. Außerdem werden Erläuterungen zur Klassifizierung und Bewertung von ICDE Ereignissen gegeben. Das allgemeine Datenaustauschformat erfordert für jede Komponentenart, zu der Informationen ausgetauscht werden, eine komponentenartspezifische Ergänzung sowie dazu gehörige Erläuterungen.

Im Berichtszeitraum wurde damit begonnen, zusätzlich zu den schon vorhandenen komponentenartspezifischen Kodieranleitungen (Kreiselpumpen, Notstromdieselmotoren, motorbetätigten Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Batterien, Füllstandsmessungen, Leistungsschalter, Steuerstäbe/Steuerstabantriebe) weitere komponentenartspezifische Kodieranleitungen für den Datenaustausch zu Lüftern, Frischdampfabschlussarmaturen und druckluftbetätigten Ventilen neu zu entwickeln. Die im Vorläufervorhaben begonnene Kodieranleitung für die Komponentenart Wärmetauscher wurde fertig gestellt.

Die vom ICDE Projekt erarbeiteten Kodieranleitungen wurden von der NEA zuletzt im Jahre 2004 veröffentlicht /NEA 04/.

In den nachfolgenden Abschnitten wird ein kurzer Überblick über den Inhalt der Kodieranleitungen gegeben. Anschließend wird die Struktur der ICDE Datenbank vorgestellt.

2.1 Allgemeine ICDE Kodieranleitungen

Die allgemeinen ICDE Kodieranleitungen beschreiben den Umfang des unter ICDE angelegten Datenaustauschs hinsichtlich der zu erfassenden Komponentenarten und definieren

- Ereignisse, die für den Datenaustausch in Frage kommen, als ICDE Ereignisse, die sowohl GVA-Ereignisse als auch potentielle GVA-Ereignisse sein können. (Durch die Ausweitung des GVA Datenaustauschs auf potentielle GVA-Ereignisse soll die Sammlung von GVA-Phänomenen auf eine möglichst breite Basis gestellt werden.)
- wie die Beobachtungseinheiten (Komponentengruppen), für die ICDE Ereignisse gesammelt werden, gebildet werden,
- welche Informationen zur Identifizierung und Beschreibung einer Beobachtungseinheit erforderlich sind,
- welche statistischen Informationen zur Bestimmung der Beobachtungszeit bzw. entsprechender Bezugsgrößen für jede Beobachtungseinheit erforderlich sind,
- welche Informationen zur Beschreibung und Klassifizierung eines beobachteten ICDE Ereignisses erforderlich sind.

Die einzelnen Informationen werden in entsprechenden Feldern der ICDE Datenbank abgelegt (siehe Abschnitt 2.3.1). Zu jedem Datenfeld machen die allgemeinen Kodieranleitungen Vorgaben. Dies sind z.B. Merkpostenlisten, um eine umfassende Beschreibung der ICDE Ereignisse sicherzustellen, oder Erläuterungen zur Klassifizierung und Bewertung der Ereignisse.

Die mit dem bisher durchgeführten Datenaustausch gewonnene Erfahrung nutzt der ICDE Lenkungskreis, um einzelne Definitionen und Erläuterungen in den allgemeinen Kodieranleitungen zu überarbeiten bzw. zu ergänzen. Insbesondere wurden im Berichtszeitraum die folgenden Änderungen beziehungsweise Ergänzungen an den Kodieranleitungen und der Datenbankstruktur vorgenommen:

- Bei der statistischen Erfassung von unabhängigen Ausfällen (Einzelfehler) werden nur vollständige Ausfälle von Komponenten gezählt (keine Schädigungen wie bei den GVA-Ereignissen).
- GVA Ereignisse, bei denen wenigstens zwei, aber nicht alle Komponenten einer Komponentengruppe gleichzeitig wegen der gleichen Ursache vollständig ausge-

fallen waren, wurden als weitere Teilmenge von ICDE Ereignissen, die für zukünftige statistische Auswertungen verwendet werden soll, definiert (zusätzlich zu den „vollständigen GVA Ereignissen“, bei denen alle Komponenten einer Komponentengruppe ausgefallen waren).

Daneben wurden im ICDE Lenkungskreis Vorschläge für weitere Ergänzungen der allgemeinen Kodieranleitungen erarbeitet, die aber noch nicht endgültig abgestimmt sind. Dabei handelt es sich um eine zusätzliche Möglichkeit zur Markierung von „wichtigen“ Ereignissen, die neben dem GVA-Aspekt aus anderen Gründen von Interesse sind, z. B. Ereignisse,

- die zu größeren Modifikationen führten,
- die nicht mit dem normalen Prüfprogramm erkannt wurden,
- bei denen nicht bekannte Abhängigkeiten erkannt wurden,
- bei denen mehrere Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Verhinderung von GVA versagt hatten.

2.2 Komponentenspezifische Kodieranleitungen

Die komponentenspezifischen Kodieranleitungen umfassen

- eine allgemeine Beschreibung der zu erfassenden Komponenten einschließlich ihrer Aufgaben und Funktionsweise,
- eine Liste der Systeme, aus denen ICDE Ereignisse mit diesen Komponenten erfasst werden sollen,
- eine Liste der Typen von Komponenten, die zu der betrachteten Komponentenart erfasst werden sollen. (Mit Typen sind hier nicht die Typbezeichnungen einzelner Hersteller gemeint, sondern Klassen von Komponenten einer Komponentenart, die sich nach physikalischer Funktionsweise oder prinzipiellem mechanischem Aufbau unterscheiden. Bei Rückschlagarmaturen wird beispielsweise nach Rückschlagklappen und Rückschlagventilen unterschieden, bei Druckmessumformern unter anderem nach Messumformern mit Membranmesswerk oder mit Rohrfedermesswerk.),
- eine Festlegung der Komponentengrenzen,

- eine Definition eines (Ausfall-)Ereignisses bei den betrachteten Komponenten,
- eine Festlegung, welche Komponenten zu einer Beobachtungseinheit/Komponentengruppe zusammengefasst werden für die Erfassung von ICDE Ereignissen,
- eine Festlegung des minimalen Zeitraums, für den eine Auswertung der Betriebserfahrung durchgeführt werden soll,
- eine Liste von allgemeinen Regeln zur Kodierung von ICDE Ereignissen,
- eine Definition der relevanten Ausfallarten und Beispiele zur Bewertung von geschädigten Komponenten, die zum Zeitpunkt der Entdeckung des Schadens im Hinblick auf die bewertete Ausfallart (z.B. Pumpe fördert nicht) nicht vollständig funktionsunfähig waren.

Im Berichtszeitraum wurden die vorhandenen komponentenartspezifischen Kodieranleitungen dahingehend präzisiert, dass festgelegt wurde, für welche Ausfallarten zwingend die Betriebserfahrung auszuwerten ist. Daneben wurden weitere Ausfallarten definiert, für die optional Ereignisse in die ICDE Datenbank eingespeist werden können. Beispielsweise ist für Kreiselpumpen festgelegt worden, dass für die Ausfallarten „startet nicht“ und „fördert nicht“ die Betriebserfahrung zwingend auszuwerten ist. Hingegen kann für die Ausfallart „schaltet nicht ab“ die Betriebserfahrung optional in die ICDE Datenbank eingespeist werden.

Daneben wurden im ICDE Lenkungsreis damit begonnen, die verschiedenen zusätzlichen Klassifizierungen der Ereignisse, die in der Vergangenheit in den Auswertebereichen des ICDE Projekts (siehe Abschnitt 3.2) verwendet wurden, zu systematisieren. Dabei handelt es sich vor allem um zusätzliche Bewertungskategorien zur Klassifizierung von Ausfallsymptomen und Ausfallursachen für statistische Aufbereitungen der Ereignisse in den Auswertebereichen.

2.3 ICDE Datenbank

Die Oberfläche der ICDE Datenbank basiert auf der .NET Software der Firma Microsoft. Für jede im Rahmen des ICDE Datenaustauschs erfasste Komponententyp gibt es eine eigene Ansicht. Diese Ansichten sind unter einer Oberfläche integriert, die Zugangsmöglichkeiten zu den einzelnen Ansichten, und damit zu den für jede Kompo-

tenart erfassten Informationen, sind durch ein umfangreiches Berechtigungssystem reglementiert.

Für den ersten Datenaustausch zu einer neuen Komponentenart ergänzt der Operating Agent die Definitionstabellen der ICDE Datenbank nach der Abstimmung der komponentenspezifischen Kodieranleitung im ICDE Lenkungskreis mit den entsprechenden Wertelisten und erzeugt so eine „leere“ Datenbank als neue Ansicht für die neue Komponentenart. Nach einer ersten Erprobung der „leeren“ Datenbank durch das für die jeweilige Komponentenart federführende Land, sendet der Operating Agent je eine Kopie der ergänzten Datenbank an die nationalen Koordinatoren derjenigen Länder, die am Datenaustausch teilnehmen wollen. Der nationale Koordinator sorgt dann dafür, dass die nationale Betriebserfahrung entsprechend der Vorgaben und Mindestanforderungen aus den Kodierungsanleitungen erfasst und in seine Datenbankkopie eingespeist wird. Diese sendet er dann an den Operating Agent, der seine Qualitätssicherung durchführt (siehe Abschnitt 1.1.3), gegebenenfalls Klarstellungen oder Ergänzungen seitens des nationalen Koordinators einfordert und danach die Daten in die Stamm-Datenbank überspielt.

Wenn die Daten aller Teilnehmer am ersten Datenaustausch zu einer neuen Komponentenart eingegangen sind, erhält jedes Land, das eigene Daten geliefert hat, die Stamm-Datenbank mit allen Daten aus dem ersten Datenaustausch dieser Länder zugesandt.

Bei späteren Datenupdates, bei denen für eine Komponentenart zusätzliche Beobachtungszeiträume ausgewertet werden, erhält jedes Land, das eigene Daten geliefert hat, die Stamm-Datenbank mit allen Daten zugesandt auf die das Land zugriffsberechtigt ist. Da nicht alle Länder bei jeder Komponentenart am Datenaustausch teilnehmen und bei den einzelnen Komponentenarten nicht in gleichem Umfang Daten in die ICDE Datenbank einspeisen, wird auf diese Weise sichergestellt, dass jedes Land nur Daten für solche Komponentenarten und Auswertzeiträume erhält, für die es auch eigene Beiträge geliefert hat.

2.3.1 Struktur der ICDE Datenbank

Die ICDE Datenbank besteht aus zwei Teilen:

- Den „Observed Population Records“, in denen die einzelnen Beobachtungseinheiten/Komponentengruppen beschrieben werden, die zum ausgewerteten Beobachtungsumfang gehören, einschließlich der zugehörigen statistischen Informationen, wie z.B. der Beobachtungszeit und der Zahl der im ausgewerteten Beobachtungsumfang aufgetretenen Einzelfehler für alle ausgewerteten Ausfallarten. Die „Observed Population Records“ werden unabhängig von den erfassten GVA-Ereignissen zur Beschreibung der Grundgesamtheiten für jede ausgewertete Komponententyp angelegt.
- Den „Common Cause Event Records“, in denen die beobachteten GVA-Ereignisse bzw. ICDE Ereignisse beschrieben und bewertet werden. Jedes „Event“ ist mit demjenigen „Observed Population Record“ verknüpft, der die Beobachtungseinheit/Komponentengruppe beschreibt, in der das Ereignis aufgetreten ist.

Die Datenbank enthält Textfelder und Schlüsselfelder sowie Datums- und numerische Angaben. Die Textfelder dienen zur verbalen Beschreibung der

- Komponentengruppen,
- Ereignisabläufe und -ursachen,
- Bewertungen.

Die Schlüsselfelder ermöglichen Recherchen unter bestimmten Gesichtspunkten, wie

- Anlage,
- System,
- Komponententyp,
- Ausfallart,
- Ursachenklassifizierung (Root Cause),
- Kopplungsmechanismus (Klassifizierung) (Coupling factor),
- getroffene Maßnahmen (Klassifizierung),
- Art der Fehlerentdeckung.

Weitere Schlüsselfelder erlauben eine klassifizierende Bewertung der Gleichartigkeit der beobachteten Ausfall- bzw. Schadensursachen (Shared Causa factor), der Gleichzeitigkeit der beobachteten Ausfälle bzw. Schäden (Time factor) und des Schädigungsgrads der betroffenen Komponenten (Component degradation value).

Datumsangaben erfolgen für Anfang und Ende des ausgewerteten Beobachtungszeitraums sowie für die Tage, an denen die Ereignisse beobachtet wurden. Spezielle numerische Angaben erfolgen für:

- Testintervall,
- Zahl der Komponentengruppen,
- Zahl der unabhängigen Ausfälle zu einer bestimmten Ausfallart,
- Beobachtungsdauer,
- Gesamtzahl der Komponenten der einzelnen Komponentengruppen,
- Dauer des unerkannten Vorliegens eines Schadens (soweit feststellbar).

2.3.2 Weiterentwicklung der ICDE Datenbank

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 wurde die Datenbanksoftware auf Anforderung des ICDE Lenkungskreises laufend weiterentwickelt. Es wurden zusätzliche Suchfunktionen und Navigiermöglichkeiten integriert. Außerdem wurden Funktionen entwickelt, die die Dateneingabe und den Review der Daten im Rahmen der Qualitätssicherung vereinfachen. So wurden die Algorithmen weiterentwickelt, mit denen der Operating Agent die Vollständigkeit der Informationen in den von den Teilnehmerländern in die ICDE Datenbank eingespeisten Komponentengruppen (Observed Populations) prüfen kann. Außerdem wurde eine Vorlage entwickelt, in der die Teilnehmerländer eine Übersicht über die von ihnen ausgewerteten Systeme und die Zahl der erfassten Komponentengruppen erstellen können. Damit soll der Umfang der erfassten Betriebserfahrung beurteilt werden können, was für eine quantitative Nutzung der ICDE Ereignisse notwendig ist. In die ICDE Datenbank wurde ein entsprechendes Fenster integriert, in dem die erfassten Komponentengruppen übersichtlich dargestellt sind. An angezeigt werden anlagenspezifisch und getrennt für jede Komponententart die

- ausgewerteten Zeiträume,
- beobachteten Komponentengruppenjahre,
- beobachteten Komponentenjahre,
- Systeme, für die Betriebserfahrung ausgewertet wurde,
- Zahl der erfassten Komponentengruppen pro System und
- die jeweiligen Summen.

In Abbildung 2.1 ist als Beispiel die Übersicht über die in der ICDE Datenbank erfassten Komponentengruppen zu Wärmetauschern aus deutschen Anlagen angegeben.

Component Type	Owner	Heat	Observation Start Date	Observation End Date	Group Years	Component Years	3.0G	3.0A	3.0B	Total
Heat Exchanger	Germany	DE-12	01.01.1990	31.12.2005	48.0	160.1	1	1	1	3
Heat Exchanger	Germany	DE-13	01.01.1990	31.12.2005	48.0	160.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-14	01.01.1990	31.12.2005	64.0	192.7	2	2		4
Heat Exchanger	Germany	DE-15	01.01.1990	31.12.2005	32.0	96.0	1	1		2
Heat Exchanger	Germany	DE-16	01.01.1990	31.12.2005	48.0	160.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-17	01.01.1990	31.12.2005	64.0	224.1	1	2	1	4
Heat Exchanger	Germany	DE-18	01.01.1990	31.12.2005	48.0	160.1	1	1	1	3
Heat Exchanger	Germany	DE-20	01.01.1990	31.12.2005	48.0	160.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-23	01.01.1990	31.12.2005	40.0	192.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-24	01.01.1990	31.12.2005	32.0	128.1	1	1		2
Heat Exchanger	Germany	DE-26	01.01.1990	31.12.2005	48.0	128.1	1	1	1	3
Heat Exchanger	Germany	DE-27	01.01.1990	31.12.2005	48.0	192.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-28	01.01.1990	31.12.2005	48.0	128.1	1	1	1	3
Heat Exchanger	Germany	DE-31	01.01.1990	31.12.2005	32.0	128.1	1	1		2
Heat Exchanger	Germany	DE-32	01.01.1990	31.12.2005	48.0	192.1	1	2		3
Heat Exchanger	Germany	DE-33	01.01.1990	31.12.2005	32.0	128.1	1	1		2
Heat Exchanger	Germany	DE-44	01.01.1990	31.12.2005	32.0	128.1	1	1		2
Grand Summaries					768.4	2657.4	18	25	5	48

Abb. 2.1: In der ICDE Datenbank erfasste Komponentengruppen zu Wärmetauschern aus deutschen Anlagen (Verschlüsselung der verfahrenstechnischen Systeme (gelb unterlegt) nach der Codierung des Incident Reporting System (IRS))

Außerdem wurden die „Common Cause Event Records“ um die neuen Bewertungskategorien „Ausfallsymptom“ und „Ausfallursache“ erweitert. Diese Verschlüsselungen sind bereits bei einigen der zuletzt vom ICDE Lenkungskreis veröffentlichten Auswertebereiche verwendet worden. Ziel der Datenbankerweiterung war es, diese zusätzlichen Kodierungen der Ereignisse in der ICDE Datenbank festzuhalten und durch diese Dokumentation die Auswertungen in den Auswertebereichen nachvollziehbar zu machen.

Darüber hinaus wurde das Handbuch zur Benutzung der ICDE-Datenbanksoftware, die neuen Usern einen einfacheren Einstieg bei der Arbeit mit der Datenbank geben soll, aktualisiert und überarbeitet.

Für alle Weiterentwicklungen definierten die Mitglieder des ICDE Lenkungskreises zunächst die jeweiligen Anforderungen an die zu entwickelnden Funktionen und erprobten dann die vom Operating Agent programmierten Versionen der neuen Datenbanksoftware.

3 Ergebnisse des ICDE Projekts

3.1 Stand des ICDE Datenaustauschs

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 erfolgte ein erster Datenaustausch zur Komponententart Wärmetauscher. Zu den übrigen Komponententarten (Leistungsschalter, Füllstandsmessungen, Steuerstäbe mit Steuerstabantrieben, Kreiselpumpen, Notstromdieselgeneratoren, motorbetätigten Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventilen und Batterien) erfolgten Updates für neue Beobachtungszeiträume und weitere Komponentengruppen.

Insgesamt sind in der ICDE Datenbank zum Vorhabensende ca. 1550 ICDE Ereignisse erfasst und ca. 7300 Komponentengruppen in Datensätzen (Observed population records) beschrieben. In Tabelle 3.1 ist ein Überblick über die Verteilung dieser Datensätze auf die einzelnen Komponententarten gegeben.

Tab. 3.1: Summarischer Überblick über die in der ICDE Datenbank Ende 2010 erfassten Datensätze

Komponententart	Anzahl der Observed Populations (Komponentengruppen)	Komponentengruppenjahre	Anzahl der ICDE Ereignisse
Kreiselpumpen	1183	24557	353
Notstromdiesel	221	3965	188
Motorbetätigte Absperrarmaturen	1180	14747	153
Sicherheits- und Abblaseventile	705	8210	226
Rückschlagarmaturen	1164	10364	109
Batterien	361	4069	74
Leistungsschalter	987	10206	98
Füllstandsmessungen	544	6099	148
Steuerstäbe und Antriebe	414	5114	169
Wärmetauscher	560	9265	48
Summe	7319	96596	1566

3.2 Berichte des ICDE Projektes

Um die Arbeiten des ICDE Projekts der Fachwelt transparent zu machen, berichtet der ICDE Lenkungskreis über die Ergebnisse der Auswertungen zu den einzelnen Komponentenarten im Rahmen der Schriftenreihe der OECD/NEA/CSNI. Bisher sind Berichte zu

- Kreiselpumpen /NEA 99/
- Notstromdieselgeneratoren /NEA 00/
- Motor betätigte Absperrarmaturen /NEA 01/
- Sicherheits- und Entlastungsventilen /NEA 02/
- Rückschlagarmaturen /NEA 03/
- Batterien /NEA 03a/
- Leistungsschaltern /NEA 08a/ und
- Füllstandsmessungen /NEA 08b/

erschienen.

Im Internet wird das ICDE Projekt von der OECD/NEA (<http://www.oecd-nea.org/jointproj/icde.html>) und vom Operating Agent (<https://www.eskonsult.se/icde/>) vorgestellt.

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 wurde der ICDE Projekt Bericht über die Sammlung und Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen von Füllstandsmessungen fertiggestellt und durch die NEA veröffentlicht. Darüber hinaus wurde ein Entwurf für den ICDE Projekt Bericht über die Sammlung und Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen von Steuerstäben und Steuerstabantrieben erarbeitet. Dieser Bericht, bei dem die Federführung bei Frankreich und den USA liegt, wurde zum Laufzeitende des Vorhabens 3608R01338 noch innerhalb des ICDE Lenkungskreises abgestimmt. Weiterhin wurde ein erster Konzeptentwurf für den ICDE Projekt Bericht über die Sammlung und Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen von Wärmetauschern erarbeitet. Dieser Berichtsentwurf, bei dem die Federführung bei Schweden liegt, wird

noch über das Laufzeitende des Vorhabens 3608R01338 hinaus von Schweden fortgeschrieben, bevor er zur Kommentierung an den ICDE-Lenkungskreis gegeben wird.

Der Operating Agent erstellte einen Entwurf für eine aktualisierte Überarbeitung des auf der Homepage des Operating Agent öffentlich zugänglichen Berichts „Summary of the ICDE Project“, der das ICDE Projekt und die bisher erzielten Ergebnisse vorstellt. Dieser Entwurf wurde zum Laufzeitende des Vorhabens 3608R01338 noch innerhalb des ICDE Lenkungskreises abgestimmt

3.3 Workshops des ICDE Projekts

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 wurden zwei Workshops durchgeführt, in denen über Erfahrungen bei der qualitativen und quantitativen Nutzung der ICDE Daten diskutiert bzw. die ausgetauschten GVA Ereignisinformationen analysiert wurden. Die Ergebnisse dieser Veranstaltungen sind im Folgenden zur Vorbereitung von weiteren Auswertebereichten des ICDE Projektes zusammengefasst.

3.3.1 Workshop über Einbindung von neueren Ereignissen mit Kreiselpumpen

Während des 29. Meetings des ICDE Lenkungskreises, welches vom 31. März bis zum 1. April 2009 in der NEA Hauptverwaltung stattfand, wurde über Bewertungen von Ereignissen mit Kreiselpumpen diskutiert. Das Ziel des Workshops war eine Aktualisierung des Berichts /NEA 99/ vorzubereiten, der als Auswertebereicht vom ICDE Lenkungskreis veröffentlicht worden war.

Analog zu den Kodierungen bei einigen anderen in der Zwischenzeit ausgewerteten Komponentenarten hatte der Operating Agent bei allen bisher erfassten ICDE Ereignissen mit Kreiselpumpen Fehlersymptome, Fehlerursachen und Fehlermechanismen zugeordnet. Die identifizierten Fehlersymptome und Fehlerursachen hatte der Operating Agent vor dem Workshop in einer Notiz zusammengestellt und zusammen mit einer Aktualisierung der statistischen Übersichtstabellen zu den Kodierungen der ICDE Ereignisse mit Kreiselpumpen vorab an die Mitglieder des ICDE Lenkungskreises verteilt.

Während des Workshops wurden die Zuordnungen der Fehlersymptome und Mechanismen durch die Experten im ICDE Lenkungskreis überprüft und auftretende Probleme bei der Zuordnung diskutiert und Lösungsvorschläge erarbeitet. Ungefähr je 20 Ereignisse wurden durch jeweils vier Experten bezüglich der Kategorien Fehlersymptom und Fehlermechanismus bewertet. Bei den meisten Ereignissen wurde durch die Workshopteilnehmer beschlossen, dass die durch den Operating Agent vorgeschlagenen Zuordnungen zutreffen. In einigen Fällen waren die vorgeschlagenen Fehlersymptome und Fehlermechanismen allerdings unpassend, so dass diese durch den Operating Agent entsprechend der Diskussionen angepasst werden sollten.

Außerdem bestand großer Diskussionsbedarf bezüglich der für die Fehlermechanismen vorgeschlagenen Klassifizierungen. Hier wurde noch großer Überarbeitungsbedarf gesehen. Deshalb wurde die nachträgliche Zuordnung der alten ICDE Ereignisse zu den Fehlersymptomen und –Mechanismen zunächst verschoben und entschieden, dass einstweilen weitere Erfahrungen mit diesen neuen Kategorien gewonnen werden sollen.

In der abschließenden Diskussion wurde festgehalten, dass die Struktur der ICDE-Auswertebereiche vereinheitlicht werden soll. Da der Entwurf des Berichtes über die Steuerstäbe und Steuerstabantriebe weitestgehend die Struktur aufweist, die zuletzt vom ICDE Lenkungskreis diskutiert wurde, soll auch diese Struktur für die anderen Berichte verwendet werden. Somit soll der Bericht über die Auswertung der Daten zu Kreiselpumpen dementsprechend angepasst werden.

Weiterhin einigten sich die Workshopteilnehmer, dass bei der Auswertung der Ereignisse mit Kreiselpumpen eine Einteilung nach Hochdrucksystemen / Niederdrucksystemen und eine Einteilung Systeme mit Sauberwasser / Schmutzwasser vorgenommen werden soll.

Da von einigen Teilnehmern angekündigt wurde, dass demnächst eine größere Zahl von neuen ICDE Ereignissen mit Kreiselpumpen in die Datenbank eingespeist werden soll, wurde beschlossen, die weitere Bearbeitung des zu aktualisierenden Bereichs zurückzustellen und erst die erfolgreiche Qualitätssicherung der neuen Ereignisse abzuwarten.

3.3.2 Workshop über den Datenaustausch von Wärmetauschern

Während des 30. Meetings vom 29.-30. September 2009 des ICDE Lenkungskreises in der OECD Hauptverwaltung wurde ein Workshop durchgeführt, in dem die Ereignisbeschreibungen zu ICDE Ereignissen an Wärmetauschern ausgewertet wurden. Vertreter aus Kanada und der Operating Agent hatten eine Übersicht von ungefähr 40 Ereignisbeschreibungen mit Wärmetauschern aus der Datenbank vorbereitet.

Als Ergebnis des Workshops wurden von den Teilnehmern verschiedene Vorschläge zur Weiterentwicklung der Kodieranleitungen gemacht. So sollten in den allgemeinen Kodieranleitungen die Erläuterungen zur Verwendung der einzelnen Klassifizierungen der Ereignisse verbessert werden. Beispielsweise wurde bei der Klassifizierung der „Root Cause“ bei einigen Ereignissen diskutiert, ob „Auslegungsfehler“ oder „ungewöhnliche Umgebungsbelastungen“ kodiert werden sollte. Hier zeigt sich eine generell bei Verschlüsselungssystemen festgestellte Problematik, dass eine eindeutige Kodierung durch verschiedene Personen umso schwieriger wird, je detaillierter die Klassifizierungen sind.

Weiterhin wurden erste Ideen entwickelt für eine Kennzeichnung von „wichtigen Ereignissen“. So sollten Ereignisse, bei denen mehrere Mängel oder das Versagen mehrerer Qualitätssicherungsschritte beobachtet wurden, gekennzeichnet werden (siehe Abschnitt 2.1).

4 Sammlung, Analyse und Bereitstellung von Informationen zu deutschen GVA Ereignissen für den Datenaustausch

4.1 Wärmetauscher

Während der Laufzeit des Vorläufervorhabens zu 3608R01338 wurde unter Federführung des schwedischen SKI in Zusammenarbeit mit den Partnern der ICDE Arbeitsgruppe eine komponentenspezifische Kodierungsanleitung erstellt und mit der Auswertung und Aufbereitung von GVA Ereignissen zu Wärmetauschern begonnen. Die Auswertung umfasste Rohr- und Plattenwärmetauscher aus Not- und Nachkühlsystemen, deren nachgeschalteten Kühlketten, sowie aus Wärmetauschern aus Notspeisesystemen und Brennelementbeckenkühlsystemen. Die erfassten Ereignisse sollen nur für die Ausfallart „Ausfall der Wärmeübertragung“ bewertet werden. Das bedeutet, dass große Leckagen (zum Beispiel ein Bruch des Trennblechs), durch die die Kühlfähigkeit des Wärmetauschers verloren geht, als „Ausfall“ bewertet werden, während kleine Leckagen (zum Beispiel von einzelnen Kühlrohren) als „beginnende Schädigung“ bewertet werden.

Die Komponentenabgrenzung umfasst den Wärmetauscher selbst, lokale Armaturen und die Anschlussrohrleitungen bis zu den ersten Absperrarmaturen, die bereits außerhalb der Komponentenabgrenzung liegen. Diese Abgrenzung entspricht der in Deutschland verwendeten.

Auf Basis der in der GRS vorhandenen Systemunterlagen wurden während der Laufzeit des Vorläufervorhabens zum Vorhaben 3608R01338 für alle deutschen Kernkraftwerke entsprechend den Vorgaben der komponentenartspezifischen Kodierungsanleitung „Observed Population Records“ aufgestellt. Insgesamt ergab dies 48 Datensätze. Für den Austausch von GVA Ereignissen mit Wärmetauschern wurden von der GRS die meldepflichtigen Ereignisse des Zeitraumes 01.01.1990 bis 31.12.2005 ausgewertet. Aus den aus diesem Zeitraum gemeldeten Ereignissen wurden auf Basis der in der GRS verfügbaren Unterlagen zwölf Ereignisse identifiziert, die für den ICDE Datenaustausch relevant sind. Bei diesen Ereignissen waren Leckagen an Wärmetauscherrohren aus dem Betrachtungsumfang von ICDE aufgetreten und die vertiefte Ursachenanalyse hinsichtlich GVA Relevanz ergab, dass hier die Merkmale eines ICDE Er-

eignisses vorlagen. Ausfälle der im Rahmen von ICDE betrachteten Funktion Wärmeübertragung wurden allerdings nur bei einem Ereignis bei einem Wärmetauscher beobachtet, so dass im ausgewerteten Beobachtungszeitraum nur potentielle GVA-Ereignisse an Wärmetauschern in Deutschland aufgetreten sind. Die identifizierten Ereignisse wurden beschrieben und bewertet und in eine Eingabedatenbank der ICDE Datenbank eingegeben.

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 erfolgte dann die Diskussion der deutschen Datensätze mit den Betreibern der entsprechenden Kernkraftwerke und die anschließende Weitergabe der Datensätze an den Operating Agent des ICDE Projekts. Nach der Qualitätssicherung der Datensätze durch den Operating Agent und einige Klarstellungen seitens der GRS, wurden die Datensätze in die ICDE Datenbank eingespeist.

4.2 Ventilatoren

Während dieses Vorhabens wurde unter französischer Federführung eine Kodieranleitung für die Komponentenart „Ventilatoren“ (fans) weitgehend fertig gestellt. Diese sieht vor, dass alle sicherheitstechnisch wichtigen Ventilatoren, die sich nicht bereits innerhalb der Komponentenabgrenzung einer anderen Komponentenart befinden (z. B. bei den Notstromdieselaggregaten oder Kreiselpumpen), in den Datenaustausch aufgenommen werden. Betrachtet werden sollen sowohl radiale als auch axiale Ventilatoren, die weiter durch ihre Leistung (unter 10 kW und über 10 kW) unterteilt werden. Als Ausfallarten sollen „startet nicht“ und „Betriebsversagen“ betrachtet werden.

Auf Basis der in der GRS vorhandenen Systemunterlagen wurden zur Erprobung der Kodieranleitung für eine deutsche Anlage entsprechend den Vorgaben der komponentenspezifischen Kodierungsanleitung „Observed Population Records“ aufgestellt. Zum Beispiel sind somit in der bereits betrachteten deutschen Anlage die Abluft-Ventilatoren im Notstromdieselgebäude, die Ventilatoren im Reaktorgebäude, im Notstandsgebäude, im Schaltanlagegebäude und der Bedarfsfilteranlage von Interesse.

Die bisherige Auswertung hat ergeben, dass in dem betrachteten Auswertzeitraum vom 01.01.1990 bis zum 31.12.2006 in der betrachteten Anlage für die betrachteten Ausfallarten keine gemeinsam verursachten Ausfälle von sicherheitstechnisch relevanten Ventilatoren aufgetreten sind. Die Auswertung soll im nachfolgenden Vorhaben für die noch verbleibenden Anlagen fortgeführt werden.

4.3 Druckluftbetätigte Ventile

Als weitere neue Komponentenart sollen druckluftbetätigte Ventile in die ICDE Datenbank aufgenommen werden. Die Federführung für die Erstellung einer komponentenspezifischen Kodieranleitung hatte der Operating Agent übernommen. Deutschland wird nicht am Datenaustausch für diese Komponentenart teilnehmen, da die sicherheitstechnisch wichtigen druckluftbetätigten Ventile in den deutschen Kernkraftwerken anderen Komponentenarten zugeordnet sind. So werden die druckluftbetätigten Vorsteuerventile einiger Frischdampfabschlussarmaturen bei den Frischdampfisolationsventilen erfasst (siehe Abschnitt 5.4) und die Vorsteuerventile der Schnellöffnungs- und der Tankschließventile der SWR-Anlagen bei den Steuerstäben und Steuerstabantrieben.

Unklar ist zurzeit allerdings, wann der Austausch zu druckluftbetätigten Ventilen stattfinden wird, da sich kein Teilnehmerland gefunden hat, das bereit ist, die Federführung zu übernehmen.

4.4 Frischdampfisolationsventile

Unter deutscher Federführung wurde im Vorhaben 3608R01338 eine Kodieranleitung für Frischdampfisolationsventile erstellt. Diese Kodieranleitung ist mittlerweile innerhalb des ICDE Lenkungsgebietes soweit abgestimmt, dass der Operating Agent eine entsprechende Datenbank programmieren konnte. Diese wird derzeit von der GRS erprobt.

Es ist vorgesehen, unter der Komponentenart Frischdampfisolationsventile sowohl die Hauptventile als auch die Vorsteuerventile aufzunehmen.

Dabei ist bei deutschen DWR zu beachten, dass in den Anlagen, die über eine FSA-Station verfügen, die Vorsteuerventile aller Hauptarmaturen (also auch der FD-ISO-Ventile) schon als eine gemeinsame Komponentengruppe „Magnetvorsteuerventile“ in der Datensammlung zu Sicherheits- und Entlastungsventilen erfasst worden sind.

In die Komponentenabgrenzung Frischdampfisolationsventil sind das Hauptventil, die Ventilantriebseinheit, die Vorsteuerventile und die zugehörigen Leitungen mit ihren Antriebseinheiten und die lokale Instrumentierung und Steuerung eingeschlossen. Für die Vorsteuerventile und die Hauptventile sollen getrennte Datensätze aufgenommen wer-

den. Für die Hauptventile wird die Ausfallart „schließt nicht“ ausgewertet, für die Vorsteuerventile „öffnet nicht“ oder „schließt nicht“, je nachdem ob die Ansteuerung des Hauptventils im Belastungs- oder im Entlastungsprinzip erfolgt. Optional können auch Ereignisse mit „Fehlanregung“ erfasst werden.

4.5 Update des deutschen Beitrags

Neben dem sogenannten Erstrundendatenaustausch, bei dem für eine zuvor neu definierte Komponentenart ein Beobachtungszeitraum von mindestens fünf Jahren ausgewertet werden soll, wird im ICDE Projekt eine regelmäßige Aktualisierung der Daten durchgeführt. Dazu sollen für Komponentenarten, bei denen bereits ein erster Datenaustausch stattgefunden hat, kontinuierlich immer weitere Beobachtungszeiträume ausgewertet werden. Dafür wurden im ICDE Lenkungskreis keine Mindestauswerteziträume vorgegeben, sondern es wurde jedem Land freigestellt, in welchem Rhythmus es Datenupdates liefern will. Um dabei das Gegenseitigkeitsprinzip aufrecht zu erhalten, wurde beschlossen, den Datenbankzugang so zu regeln, dass ein Teilnehmerland für diejenigen Komponentenarten und den Beobachtungszeitraum, für den es einen vollständigen eigenen Beitrag für alle eigenen Kernkraftwerke liefert, Zugang zu den in der ICDE Datenbank gespeicherten Informationen der entsprechenden Komponentenarten und Zeiträume erhält.

In Deutschland wird für das derzeitige Update angestrebt, durch eine Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse die Betriebserfahrung mit gemeinsam verursachten Ausfällen für den Zeitraum 1990 bis 2002 vollständig zu erfassen (Steuerstäbe bis 2003, Wärmetauscher bis 2005). Vor Beginn des Updates waren aus deutschen Kernkraftwerken folgende Zeiträume ausgewertet worden:

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| – Kreiselpumpen | 1990 bis 1994 |
| – Notstromdiesel | 1994 bis 1998 |
| – Motorbetätigte Absperrarmaturen | 1990 bis 1994 |
| – Sicherheits- und Abblaseventile | 1994 bis 1998 |
| – Rückschlagarmaturen | 1990 bis 1999 |
| – Batterien | 1995 bis 2000 |
| – Leistungsschalter | 1997 bis 2002 |

- Füllstandsmessungen 1994 bis 1998
- Steuerstäbe und Antriebe 1997 bis 2003
- Wärmetauscher 1990 bis 2005
- Ventilatoren bislang nicht ausgewertet

Während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 wurde die Betriebserfahrung mit gemeinsam verursachten Ausfällen der Kernkraftwerke Emsland, Neckarwestheim 1 und 2, Philippsburg 1 und 2, Brunsbüttel und Isar 1 und 2 für den oben beschriebenen Updatezeitraum ausgewertet und im ICDE Datenformat erfasst, mit den Betreibern diskutiert und in die ICDE Datenbank eingespeist. Begonnen wurde mit dem Update der Auswertung der Betriebserfahrung für die Anlagen Unterweser und Biblis-A. Für die Datensätze zu Unterweser läuft gegenwärtig der Abstimmungsprozess mit dem Betreiber. Die Datensätze zu Biblis-A sollen zusammen mit den als nächstes auszuwertenden Datensätzen zu Biblis-B mit dem Betreiber diskutiert werden.

Bei der Auswertung der Betriebserfahrung mit gemeinsam verursachten Ausfällen wurden in den acht Anlagen für die die Betriebserfahrung im Laufe des Vorhabens in die ICDE Datenbank eingespeist wurde, insgesamt 13 Ereignisse identifiziert, für die ein ICDE Ereignisdatensatz erstellt wurde. Für die Komponentenarten Batterien, Leistungsschalter und Füllstandsmessungen wurden zudem die beobachteten Komponentengruppen vollständig in „Observed Population Records“ erfasst. Für motorbetätigte Absperrarmaturen wurden einzelne „Observed Population Records“ ergänzt. Außerdem wurde die Zahl der Einzelfehler für alle erfassten Komponentengruppen für die neu ausgewerteten Zeiträume ermittelt.

Die Auswertung der Betriebserfahrung mit gemeinsam verursachten Ausfällen aus den verbliebenen beiden deutschen Kernkraftwerken Biblis B und Grohnde soll im Nachfolgevorhaben fortgesetzt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick zum ICDE Projekt

Der Schwerpunkt der Arbeiten im Rahmen des ICDE Projekts lag während der Laufzeit des Vorhabens 3608R01338 bei der Erfassung von Informationen zu GVA Ereignissen, der Erstellung komponentenartspezifischer Kodierungsanleitungen für Ventilatoren, druckluftbetätigte Ventile und Frischdampfisolationsventile, sowie der Weiterentwicklung der ICDE-Datenbank hinsichtlich zusätzlicher Abfragemöglichkeiten und weiterer Auswertekategorien. Außerdem wurden zwei Workshops zur Auswertung von Ereignissen mit Kreislumpen und Wärmetauschern mit dem ICDE-Arbeitskreis durchgeführt.

Ein erster Informationsaustausch zu GVA-Ereignissen fand im Berichtszeitraum zu „Wärmetauschern“ statt. Zu den Komponentenarten, zu denen früher bereits ein Datenaustausch stattgefunden hat, wurde von einigen Teilnehmerländern ein erstes Update durchgeführt. Die GRS hat ebenfalls das Update der deutschen Betriebserfahrung mit GVA fortgeführt und eine entsprechende Auswertung für zehn deutsche Anlagen vorgenommen.

Die Anzahl der zur Verfügung gestellten Ereignisberichte übertrifft den der nationalen Quellen um ein Vielfaches (z. B. bei Pumpen 11 Ereignisse aus Deutschland von insgesamt 353 Ereignissen in der ICDE Datenbank). Insbesondere die USA und Frankreich mit ihrer großen Anzahl von Anlagen tragen zu der Vielzahl der Ereignisse bei. Umfang und Detaillierungsgrad der Ereignisberichte der Teilnehmer sind aussagekräftig genug, um in der Regel eine klare Beurteilung durch die anderen Teilnehmer zu erlauben.

Wegen der bisher erzielten Ergebnisse und dem hohen internationalen Ansehen des ICDE Projekts sollen die Arbeiten im Rahmen der OECD/NEA/CSNI weitergeführt werden. Auch in Zukunft wird der Schwerpunkt der Arbeiten im ICDE Projekt auf der Erfassung von Informationen zu GVA Ereignissen liegen. Neben dem Update der Daten zu den Komponentenarten, für die schon Daten erfasst wurden, sollen weitere Komponentenarten in den Datenaustausch einbezogen werden. Außerdem soll die Struktur der ICDE Projektberichte optimiert und wesentliche Ergebnisse prägnant herausgearbeitet werden, um die Außendarstellung des ICDE Projekts weiter zu verbessern.

Literaturverzeichnis

- /KRE 08/ Kreuser, A., Verstegen, C.
Konferenz PSA 2008 und 28. Meeting der Arbeitsgruppe des internationalen GVA-Datenaustauschprojekts ICDE
Reisebericht – 08.-11. September 2008 in Knoxville, Tennessee, USA und 15.-16. September 2008 in Bethesda, Maryland, USA
GRS, Dezember 2008
- /NEA 99/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report on Collection and Analysis of Common-Cause Failures of Centrifugal Pumps
NEA/CSNI/R(99)2, September 1999
- /NEA 00/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report on Collection and Analysis of Common-Cause Failures of Emergency Diesel Generators
NEA/CSNI/R(2000)20, 19-Feb-2001
- /NEA 01/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report on Collection and Analysis of Common-Cause Failures of Motor Operated Valves
NEA/CSNI/R(2001)10, 27-Jul-2001
- /NEA 02/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report on Collection and Analysis of Common-Cause Failures of Safety and Relief Valves
NEA/CSNI/R(2002)19, 03-Oct-2002

/NEA 03/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-Cause Failures
of Check Valves
NEA/CSNI/R(2003)15, May 2003

/NEA 03a/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-Cause Failures
of Batteries
NEA/CSNI/R(2003)19, September 2003

/NEA 04/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
Technical Note on the ICDE General Coding Guidelines
NEA/CSNI/R(2004)4, January 2004

/NEA 08a/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-Cause Failures
Switching Devices and Circuit Breakers
NEA/CSNI/R(2008)1, January 2008

/NEA 08b/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-Cause Failures
Level Measurement Components
NEA/CSNI/R(2008)8, June 2008

Verteiler

Druckexemplare

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

AG RS I 3 2 x

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Fachbereich SK 1 x
Fachgebiet SK 2 1 x
Fachgebiet SK 5 1 x
RSK-Geschäftsstelle 1 x

Ländergenehmigungs- und Aufsichtsbehörden 5 x
Sachverständigenorganisationen 7 x
Betreiber Kernkraftwerke 13 x
Energieversorgungsunternehmen 3 x
Hersteller Kernkraftwerke 3 x
VGB 1 x

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Autoren kre, voe je 1 x
Bibliothek, Köln hog 1 x

Gesamt 40 x

PDF-Version

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Fachbereich SK 1 x

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Geschäftsführung stj, wfp je 1 x
Bereichsleiter erv, paa, prg, rot, stc, ver, zir je 1 x
Abteilungsleiter brc, kre, sor, wil je 1 x
Abteilung 6210 sjc, voe je 1 x
Abteilung 1150 rak 1 x
TECDO rop 1 x
Portal vet 1 x

Gesamt 19 x

**Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH**

Schwertnergasse 1
50667 Köln
Telefon +49 221 2068-0
Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum
85748 Garching b. München
Telefon +49 89 32004-0
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200
10719 Berlin
Telefon +49 30 88589-0
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig
Telefon +49 531 8012-0
Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de