

**Internationales GVA-
Datenaustauschprojekt
ICDE 2014 bis 2017**

Internationales GVA- Datenaustauschprojekt ICDE 2014 bis 2017

**Systematische Aufbereitung
der weltweiten Betriebs-
erfahrung mit gemeinsam
verursachten Ausfällen im
Rahmen einer internatio-
nalen Expertengruppe**

Benjamin Brück
Albert Kreuser
Dirk Voß

März 2018

Anmerkung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende FE-Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) unter dem Kennzeichen 3614R01301 durchgeführt.

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.

Deskriptoren

Gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA), ICDE Project, Internationale Betriebserfahrungsauswertung, OEOECD/NEA International Common-Cause Failure Data Exchange

Kurzfassung

Ereignisse mit Gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) können die Verfügbarkeit von Einrichtungen des Sicherheitssystemes von Kernkraftwerken (KKW) 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 reicht die Betriebserfahrung allein aus deutschen Kernkraftwerken für eine umfassende Bewertung von GVA nicht aus. Daher 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 seit mehr als 20 Jahren laufenden Projektes ist es, einen breit angelegten Informationsaustausch über beobachtete Ereignisse mit GVA-Relevanz zu organisieren, GVA-Ereignisse auszuwerten, die dabei erzielten Ergebnisse zu veröffentlichen sowie den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich GVA fortzuschreiben.

Die Arbeiten der GRS im Rahmen des ICDE-Vorhabens zur Bereitstellung und Auswertung der Betriebserfahrung mit GVA dienen der Absicherung und Erweiterung der Erkenntnisse über GVA im Hinblick auf probabilistische Sicherheitsanalysen, der Förderung des Verständnisses der Ursachen und Mechanismen von GVA und zur Bewertung von vorbeugenden Maßnahmen gegen das Auftreten von GVA.

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 risikoinformierten Aufsicht genutzt werden kann,

- quantitative Informationen über GVA Ereignisse 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 internationalen Partnerorganisationen wird der Umfang der vorliegenden Betriebserfahrung bezüglich GVA-Ereignisse gegenüber der rein deutschen Betriebserfahrung um mehr als den Faktor 10 erweitert. Hierdurch wird Folgendes erreicht:

- Die Informationsbasis bezüglich Ursachen, Fehlermechanismen und Auswirkungen von GVA wird erheblich verbreitert. Dies ermöglicht die Entwicklung von Vorsorgemaßnahmen auch gegen solche GVA-Phänomene, die in der deutschen Betriebserfahrung noch nicht beobachtet worden sind.
- Es werden Erkenntnisse hinsichtlich in ausländischen Kernkraftwerken getroffener Maßnahmen zur Vermeidung von GVA gewonnen.
- Es werden Information über die teilweise unterschiedlichen Methoden bei der Erfassung, Auswertung und Modellierung von GVA-Ereignissen in den verschiedenen Ländern ausgetauscht. Dieser Austausch dient der methodologischen Weiterentwicklung, auch im Hinblick auf Angleichung oder Vereinheitlichung der Auswertungs- und Analysemethodik.

Schwerpunkte der Arbeiten im ICDE-Lenungskreis sind die Erstellung einer einheitlichen Datenbasis mit detaillierten Ausfall- und Ursachenbeschreibungen sowie die Bewertung von GVA-Ereignissen aus Anlagen in den Herkunftsländern der Projektteilnehmer.

Ein systematischer Informationsaustausch zu GVA-Ereignissen fand bisher zu den Komponentenarten „Kreiselpumpen“, „Notstromdieselgeneratoren“, „Motorbetätigte Absperrarmaturen“, „Sicherheits- und Entlastungsventile“, „Rückschlagarmaturen“, „Batterien“, „Leistungsschalter“, „Füllstandsmessungen“, „Steuerstäbe und Steuerstabantriebe“, „Wärmetauscher“, und „Frischdampfisolationsventile“ statt. Zu den Komponentenarten „Lüfter“ und „Softwarebasierte Leittechnik“ hat der Erstrundeninformationsaustausch begonnen, für die Komponentenart "Wechselrichter" wird aktuell ein Datenaustausch vorbereitet. Die Erstellung einer entsprechenden komponentenspezifischen Kodieranleitung wurde abgeschlossen.

In der ICDE-Datenbank waren zum Zeitpunkt der Berichtserstellung¹ insgesamt 1648² Ereignisse, davon 134 vollständige GVA, erfasst. Die Anzahl der zur Verfügung gestellten Ereignisberichte übertrifft die aus der deutschen Betriebserfahrung vorhandenen Ereignisberichte um ein Vielfaches (z. B. sind bei der Komponentengruppe Steuerstäben und Steuerstabantrieben von insgesamt 172 Ereignissen in der ICDE-Datenbank nur vier Ereignisse aus deutschen Anlagen). Insbesondere aus den USA und Frankreich mit ihrer großen Anzahl von Anlagen liegt eine Vielzahl an Ereignissen vor. Umfang und Detaillierungsgrad der Ereignisberichte der Teilnehmer sind in der Regel aussagekräftig genug, um die aufgetretenen Schadensmechanismen nachvollziehen und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf deutsche KKW bewerten zu können.

Während der Laufzeit des jetzt abgeschlossenen Vorhabens hat der ICDE-Lenkungskreis in sechs Workshops Ereignisse aus der ICDE-Datenbank im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen diskutiert. Dabei wurde Folgendes untersucht:

- Welche GVA-Ereignisse wurden nicht im Rahmen des üblichen Prüf- und Inspektionsprogramms erkannt? Aus dieser Fragestellung lassen sich Erkenntnisse zur Verbesserung des Umfangs sowie der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen und Inspektionen in KKW ableiten.
- Welche Erkenntnisse ergeben sich aus der aktuellen Betriebserfahrung mit Notstromdieseln? Hierbei wurden besonders jene GVA-Ereignisse untersucht, bei denen die komplette Komponentengruppe betroffen war.
- Welche Erkenntnisse lassen sich aus den GVA-Ereignissen in der ICDE-Datenbank, bei denen mehrere Blöcke bzw. Anlagen betroffen waren (sogenannte Multi-Unit Events), ziehen.

Darüber hinaus hat die GRS die aus ausländischen Anlagen in die ICDE-Datenbank eingespeisten Ereignisberichte systematisch ausgewertet. In den Vorläufervorhaben wurden die in der ICDE-Datenbank vorhandenen Ereignisberichte zu Kreiselpumpen, Notstromdieseln und Füllstandsmessungen sowie motorbetätigten Absperrarmaturen,

¹ Stand 23.03.2015

² Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Anzahl der Ereignisse, die bereits sämtliche Stufen des QS-Prozesses durchlaufen haben. Darüber hinaus gibt es zu jedem Zeitpunkt weitere Ereignisse in der Datenbank, die sich noch in unterschiedlichen Stadien des QS-Prozesses befinden.

Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventilen, Leistungsschaltern, Batterien, Steuerstäben und Steuerstabantrieben sowie Wärmetauschern hinsichtlich der jeweils aufgetretenen GVA-Phänomene ausgewertet und mit den aus deutschen Anlagen bekannten Phänomenen verglichen. Die Ergebnisse sind in den Berichten /GRS 08/, /GRS 11/ sowie /GRS 14/ beschrieben.

In diesem Vorhaben wurde darauf aufbauend die seit den im vorherigen Absatz beschriebenen Erstauswertungen neu angefallene ausländische Betriebserfahrung ausgewertet. Hierbei wurden weitere, in deutschen Anlagen bisher unbekannte GVA-Phänomene identifiziert, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind. In Kapitel 2 dieses Berichts werden die für deutsche Anlagen als relevant erachteten Ereignisse kurz beschrieben und Hinweise formuliert, wie die bei diesen Ereignissen aufgetretenen Phänomene bei deutschen KKW verhindert werden können. In einem Fall führten die Erkenntnisse aus der Auswertung der ausländischen Betriebserfahrung zur Erstellung einer Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/02).

Abstract

Common-cause-failure (CCF) events can significantly impact the availability of the safety system of nuclear power plants. In recognition of this, CCF data is systematically being collected and analysed in several countries. Due to the low probability of occurrence of such events it is not possible to derive a comprehensive evaluation of all relevant CCF-phenomena only from the operating experience in German nuclear power plants. Therefore, it is necessary to make use of the operating experience of other countries using similar technology.

The usage of CCF operating experience from other countries requires a common understanding about such CCF and how to collect data about them. To develop such a common understanding 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.

The work of GRS within the framework of the ICDE-project for the provision and evaluation of the operational experience with CCF serves to validate and broaden the knowledge about CCF with regard to probabilistic safety analyses, to promote the understanding of the causes and mechanisms of CCF and to evaluate the effectiveness of precautionary measures against CCF.

The objectives of the exchange on a long term basis are to

- improve the comprehension of CCF events and their causes and their prevention,
- generate qualitative insights into the root causes of CCF events which can then be used to derive and assess preventive measures against the occurrence of such events or their consequences,
- establish an efficient feedback of experience gained in connection with observed common-cause failure phenomena which could be used e.g. for the development of indicators for risk based inspections,

- provide quantitative information regarding the occurrence of common-cause failures to analyse the effectiveness of preventive measures and to obtain safe bases for common-cause failure reliability data in the frame of PSA.

Due to the co-operation with the partner organisations involved in the ICDE-project, the extent of the feedback of experience with CCF events is 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.

The main focus of the work within the ICDE Steering Group is the creation of a uniform data basis with detailed breakdowns of failures and causes as well as evaluations of GVA events from plants in the countries of origin of the project participants.

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", "Heat Exchangers", "Main Steam Isolation Valves", "Fans" and "Digital I&C". An information exchange for the component type "Inverter" has been initiated.

For the component type "inverter" a data exchange is currently in preparation. The respective coding guideline has been prepared and data-collection from the German operating experience is about to start.

In total, the ICDE-database contained 1648 events when the following analysis were performed, 134 of these events were complete CCF where all redundant components failed. The number of event reports from foreign countries surpasses the own sources many times (e.g. Control rod drive assemblies: 4 events from German plants, total: 172 events). Especially the USA and France with their large number of power plants con-

tribute a huge number of events. Extent and grade of details of the participants' event-reports are sufficiently expressive to understand the observed failure mechanisms.

During the now finished project several safety relevant issues were discussed by the ICDE steering group in six workshops. It was analysed

- which CCF events were not discovered by the normal recurring testing program. Analysing this question is important to understand how testing and inspection in NPP could be improved,
- which insight could be drawn from the recent CCF operating experience with emergency diesel generators. A special focus was put on CCF events, which affected the whole component group,
- which CCF events affected more than one unit (so called Multi-Unit Events). Two workshops were performed which dealt with this topic.

Furthermore, GRS has systematically assessed the event reports which were provided by organisations from the other countries to the ICDE data exchange. In the previous projects, the available event reports on centrifugal pumps, emergency diesel generators and level measurement equipment as well as on motor operated valves, check valves, safety/relief valves, switch gears, breakers, batteries, control rod drive assemblies and heat exchangers were analysed with regard to the observed CCF phenomena. These phenomena were compared to the phenomena already known in German plants in the reports /GRS 08/, /GRS 11/ and /GRS 14/.

Based on the results of the previous project phases the new operating experience with CCF for all component types which was collected after the aforementioned reports have been published has been analysed. During this process new phenomena were identified which are not known yet from German operating experience. The established precautionary measures against CCF should be assessed whether they are sufficient to prevent recurrence of these new phenomena. In chapter 2 of this report those events which are regarded as relevant also for German plants are briefly described and ideas are presented how to prevent such events in German NPP. In one case the insights gained by the analysis of an ICDE-event led to the preparation of an information notice (Weiterleitungsnachricht, WLN).

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	I
	Abstract.....	V
1	Einführung und Zielsetzung.....	1
2	Auswertung der ICDE-Ereignisse aus anderen Ländern	5
2.1	Datenbasis.....	5
2.2	Komponentenart Kreispumpen.....	7
2.3	Komponentenart Notstromdieselaggregate.....	11
2.4	Komponentenart motorbetätigte Absperrarmaturen (MOVs)	14
2.5	Komponentenart Rückschlagarmaturen.....	16
2.6	Komponentenart Sicherheits- und Entlastungsventile	17
2.7	Komponentenart Batterien	19
2.8	Komponentenart Leistungsschalter.....	20
2.9	Komponentenart Wärmetauscher	21
2.10	Komponentenart Füllstandmessungen.....	21
2.11	Komponentenart Frischdampfisolationsventile.....	22
2.12	Komponentenart Steuerstäbe und Steuerstabantriebe	22
3	Zusammenfassung der Auswertungen	23
	Literaturverzeichnis.....	25
A	Anhang	27
A.1	Organisation des ICDE-Projekts	27
A.2	Abstimmung von Art und Umfang der für den ICDE-Datenaustausch vorgesehenen Informationen	31
A.3	Ergebnisse des ICDE-Projekts.....	41
A.4	Zusammenfassung und Ausblick zum ICDE-Projekt	53
A.5	Literaturverzeichnis - Anhang	55
	Tabellenverzeichnis.....	59

1 Einführung und Zielsetzung

Ereignisse mit Gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) können die Verfügbarkeit von Einrichtungen des Sicherheitssystems 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 verfasst 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 des Sicherheitssystems erfasst werden.

Der Lenkungskreis des ICDE-Projektes setzt sich zusammen aus GVA-Experten der teilnehmenden Organisationen. Beteiligt sind hierbei sowohl Aufsichtsbehörden als auch Gutachterorganisationen und Forschungseinrichtungen. Teilweise werden die teilnehmenden Organisationen durch die Betreiber unterstützt. Zusätzlich zur Koordination der Datensammlung definiert der Lenkungskreis den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik bei der Erfassung und Bewertung von Gemeinsam verursachten Ausfällen.

Die GRS arbeitet von Anfang an kontinuierlich im Lenkungskreis des ICDE-Projektes mit. Die Finanzierung der Mitarbeit der GRS im Lenkungskreis und der Aufbereitung von Informationen zu deutscher Betriebserfahrung mit GVA entsprechend den Anforderungen von ICDE, erfolgte im Rahmen mehrerer BMU- bzw. BMUB-Vorhaben und soll fortgesetzt werden.

Die Arbeiten der GRS im Rahmen des ICDE-Vorhabens zur Bereitstellung und Auswertung der Betriebserfahrung mit GVA dienen der Absicherung und Erweiterung der Erkenntnisse über GVA im Hinblick auf probabilistische Sicherheitsanalysen, der Förderung des Verständnisses der Ursachen und Mechanismen von GVA und zur Bewertung von vorbeugenden Maßnahmen gegen das Auftreten von GVA.

Durch den langfristig angelegten Austausch sollen:

- GVA-Ereignisse, ihre Ursachen und Verhinderungsmöglichkeiten besser verstanden werden,
- qualitative Einblicke in die grundlegenden Ursachen („root causes“) von GVA-Ereignissen gewonnen werden, die dann genutzt werden können, 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 risikoinformierten Aufsicht genutzt werden kann,
- quantitative Informationen über GVA-Ereignisse 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 internationalen Partnerorganisationen wird der Umfang der vorliegenden Betriebserfahrung bezüglich GVA-Ereignisse gegenüber der rein nationalen Betriebserfahrung um mehr als den Faktor 10 erweitert. Hierdurch wird Folgendes erreicht:

- Die Informationsbasis bezüglich Ursachen, Fehlermechanismen und Auswirkungen von GVA wird erheblich verbreitet. Dies ermöglicht die Entwicklung von Vorsorgemaßnahmen auch gegen solche GVA-Phänomene, die in der deutschen Betriebserfahrung noch nicht beobachtet worden sind,
- Es werden Erkenntnisse hinsichtlich in ausländischen Kernkraftwerken getroffener Maßnahmen zur Vermeidung von GVA gewonnen.
- Es werden Information über die teilweise unterschiedlichen Methoden bei der Erfassung, Auswertung und Modellierung von GVA-Ereignissen in den verschiedenen Ländern ausgetauscht. Dieser Austausch dient der methodologischen Weiterentwicklung, auch im Hinblick auf Angleichung oder Vereinheitlichung der Auswertungs- und Analysemethodik.

Da im Lenkungskreis des ICDE-Projektes GVA-Experten aus allen beteiligten Organisationen 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 in den Herkunftsländern der Projektteilnehmer.

Mit den Berichten /GRS 08/, /GRS 11/ sowie /GRS 14/ hat die GRS basierend auf der zum Zeitpunkt der Berichtserstellung verfügbaren Datenlage die aus den ausländischen Anlagen in die ICDE-Datenbank eingespeisten Ereignisbeschreibungen dahingehend ausgewertet, ob die identifizierten Fehlermechanismen auch auf deutsche KKW übertragbar sind. In diesem Vorhaben wurde darauf aufbauend die seit diesen Erstauswertungen neu angefallene ausländische Betriebserfahrung ausgewertet. Hierbei wurden weitere, in deutschen Anlagen bisher unbekannte GVA-Phänomene identifiziert, für die überprüft werden sollte, ob die in deutschen Anlagen praktizierten Vorsorgemaßnahmen ausreichend sind. In Kapitel 2 dieses Berichts werden die für deutsche Anlagen als relevant erachteten Ereignisse kurz beschrieben und Hinweise formuliert, wie die bei diesen Ereignissen aufgetretenen Phänomene bei deutschen KKW verhindert werden können. In einem Fall führten die Erkenntnisse aus der Auswertung der ausländischen Betriebserfahrung zur Erstellung einer Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/02 *"Unzureichendes Schaltvermögen von Gleichstromschaltern nach Erweiterung der Batteriekapazität" in einer ausländischen Anlage*).

2 Auswertung der ICDE-Ereignisse aus anderen Ländern

Durch den Datenaustausch im Rahmen des ICDE-Projekts wird die Informationsbasis zu GVA-Ereignissen gegenüber der aus deutschen Kernkraftwerken für den gleichen verfügbaren Zeitraum um mehr als das Zehnfache erweitert. Dadurch wird die Grundlage für die Bewertung von GVA substantiell verbreitert und abgesichert. Um diese Erweiterung der Datenbasis zur generischen Unterstützung von aufsichtlichen Fragestellungen nutzbar zu machen, wurden Ereignisberichte, die im Rahmen des ICDE-Datenaustauschs von den Teilnehmerorganisationen aus den anderen Ländern erhalten wurden, systematisch ausgewertet.

In den Vorgängervorhaben wurden dazu GVA-Ereignisse bei Kreiselpumpen, Notstromdiesellaggregaten, Füllstandsmessungen, motorbetätigte Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Batterien, Leistungsschalter, Steuerstäbe und Steuerstabantriebe sowie Wärmetauscher ausgewertet (vgl. /GRS 08/, /GRS 11/ sowie /GRS 14/). Dabei wurde die Übertragbarkeit der Ereignisse auf deutsche Anlagen untersucht, indem die in ausländischen Anlagen beobachteten Phänomene mit den aus deutschen Anlagen bekannten Phänomenen verglichen wurden.

Zu Beginn dieses Vorhabens waren somit alle ICDE-Komponentenarten mit Ausnahme von Lüftern, Frischdampfisolationsventilen und Softwarebasierter Leittechnik erfasst. Es bestanden jedoch erhebliche Unterschiede in der verwendeten Datenbasis. Für Kreiselpumpen, Notstromdiesel und Füllstandsmessungen lag der Auswertung ein Stand der Datenbank vom 06.09.2005 zugrunde, für motorbetätigte Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Batterien und Leistungsschalter ein Stand vom 14.05.2008 sowie für Steuerstäbe/Steuerstabantriebe und Wärmetauscher ein Stand vom 20.06.2011.

2.1 Datenbasis

Seit den oben beschriebenen Auswertungen hat sich die verfügbare Datenbasis erheblich verbreitet. Eine Übersicht über die im Rahmen von /GRS 08/, /GRS 11/ und /GRS 14/ ausgewertete sowie die in der ICDE-Datenbank seitdem zusätzlich verfügbare Betriebserfahrung mit GVA ist in Tab. 2.1 dargestellt. Je nach Komponentenart ist die Zahl der in der Datenbank vorhandenen GVA-Ereignisse um bis zu 36 % (bei den motorbetätigten Armaturen) gestiegen.

Tab. 2.1 Vergleich vorhandene und neue, bisher nicht ausgewertete GVA-Ereignisse

Komponentenart	Ausländische ICDE-Ereignisse	
	Gesamtanzahl	Anzahl neuer Ereignisse
Kreiselpumpen	329	114
Notstromdiesel	188	43
Batterien	64	22
Steuerstäbe und Steuerstabantriebe	166	26
Rückschlagarmaturen	98	9
Motorbetätigte Armaturen	148	58
Sicherheits- & Entlastungsventile	225	54
Leistungsschalter	98	16
Füllstandmessungen	146	6
Wärmetauscher	41	7
Lüfter	0	0
Frischdampfisolationsventile	2 ³	-
Digitale Leittechnik	0	0
Summe:	1.505	355

Für die Auswertung wurden zunächst die von Deutschland in die ICDE-Datenbank eingespeisten Ereignisse von der Bewertung ausgeschlossen, da deren systematische Fehlermechanismen und Ursachen bereits durch die nationale Vorkommnisauswertung erfasst worden sind. Für die übrigen Ereignisse wurde das beobachtete GVA-Ereignis kurz charakterisiert. Dabei wurde jeweils nur der Fehlermechanismus betrachtet, unabhängig davon, wie viele Komponenten aufgrund dieses Fehlermechanismus ausgefallen waren. Wenn sich dabei zeigte, dass ein Fehlermechanismus spezifisch für eine Bauart einer Komponente ist, die in Deutschland nicht eingesetzt wird, wurde auch dieses Ereignis nicht weiter betrachtet. Die verbleibenden identifizierten Fehlermechanismen wurden gruppiert, die Gruppierung erfolgte hierbei hinsichtlich der aufgetretenen Ursachen, betroffene Einrichtungen und Bauteile oder anderer Gemeinsamkeiten.

³ Bei den Einträgen handelt es sich um wenig informative Einträge aus US-amerikanischen Anlagen, die aufgrund des geringen Informationsgehalts der Beschreibung nicht auswertbar sind.

Anschließend wurde im Rahmen einer Expertenrunde zunächst diskutiert, ob die identifizierten Fehlermechanismen auch für deutsche Anlagen relevant sind. Ein Fehlermechanismus wurde dabei als relevant bewertet, wenn er auf deutsche Anlagen übertragbar, dort aber noch nicht beobachtet worden ist oder wenn er grundsätzlich aus der deutschen Betriebserfahrung bekannt ist, jedoch noch neue, sicherheitstechnisch relevante Aspekte beobachtet wurden. Bei den für deutsche KKW relevanten Fehlermechanismen wurde anschließend in der Expertenrunde diskutiert, ob der beobachtete Fehlermechanismus eine Weiterleitungsnachricht rechtfertigt oder ob er lediglich in Form eines sicherheitstechnischen Hinweises im Rahmen dieses Berichtes aufgegriffen wird.

In den folgenden Abschnitten werden für die in diesem Vorhaben ausgewerteten Komponentenarten zunächst jeweils die in der ausländischen Betriebserfahrung identifizierten Gruppen von Fehlermechanismen vorgestellt und kurz charakterisiert. Für die Komponentenarten Lüfter, Frischdampfisolationsventile und softwarebasierte Leittechnik lag zum Zeitpunkt der Auswertung keine auswertbare Betriebserfahrung vor.

2.2 Komponentenart Kreiselpumpen

Die Komponentenart Kreiselpumpen enthält Pumpen in den redundant ausgelegten Sicherheitsteilsystemen. Dies umfasst z. B. Sicherheitseinspeisepumpen, Not- und Nachkühlpumpen, Zwischenkühlpumpen und Nebenkühlwasserpumpen. Den Pumpen sind die jeweiligen elektro- und leittechnischen Einrichtungen zugeordnet, die alleinig dem Betrieb der jeweiligen Komponenten dienen, wie z.B. die Antriebssteuerung und der Leistungsschalter der jeweiligen Pumpe.

Von den insgesamt 352 GVA-Ereignissen in der ICDE-Datenbank für diese Komponentenart stammen 23 aus deutschen Anlagen. 114 neue ausländische Ereignisse wurden seit der letzten Auswertung in die Datenbank eingetragen, wobei ein Ereignis entsprechend den deutschen Kriterien nicht als GVA klassifiziert werden konnte. Für die verbleibenden 113 Ereignisse wurden die beobachteten GVA-Phänomene zusammengefasst und durch eine Expertengruppe auf ihre Relevanz für deutsche Anlagen bewertet. In Tab. 2.2 sind die gebildeten Gruppen von Fehlermechanismen mit der jeweiligen Ereignisanzahl dargestellt.

Tab. 2.2 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Kreiselpumpen

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Pumpenmotor, Schaden mit gleichzeitiger Alterung	8
Lager, mechanische Schäden	7
Schmiermittel, Nicht-Konformitäten	9
Schmiermittelalterung, Leistungsschalter blockiert	3
Bedienungsfehler	11
Korrosion	7
Dichtungsschaden	3
Luft eintrag	11
Fehlfunktion der Leittechnik	22
Wartungsmängel	8
Auslegungs- & Konstruktionsfehler	15
Sonstige und unbekanntete Fehlerursachen	9

Als wichtige Fehlermechanismen für diese Komponentenart wurden zeitgleiche Alterung, systematische Wartungsmängel, Auslegungs- und Konstruktionsmängel beim System und den Komponenten, Vermaschungen sowie Bedienungsfehler identifiziert. Die Fehlermechanismen zeigten teilweise eine Konzentration auf bestimmte Komponenten und Bauteile. So waren viele der Ereignisse auf Fehler in den Leistungsschaltern der Pumpen zurückzuführen. Auch Schäden in der Ansteuerung der Pumpen waren eine häufige Ausfallursache; diese wurden häufig durch Fehler an Sicherungen und der Mess- und Überwachungselektronik ausgelöst. Bei einer Vielzahl der Ereignisse wurden zu lange Wartungsintervalle oder falsch geplante Wartungsarbeiten als wesentlich beitragende Ereignisursache identifiziert.

In mehreren Anlagen kam es zu Problemen bei der Umstellung des verwendeten Schmierfettes auf das Produkt eines anderen Herstellers. Da der ursprüngliche Hersteller die Produktion des Schmiermittels eingestellt hatte, wurde auf ein ähnliches Produkt eines bisher nicht qualifizierten Lieferanten umgestellt. Eine Qualifikation des neuen Produkts im Rahmen der Umstellung wurde versäumt. Bei einem anderen Ereignis kam es durch das Ansaugen von Luft zu Fehlern in der Nebenkühlwasserversorgung bei stürmischen Wetterbedingungen. Ähnliche Fehlerphänomene sind bereits in Deutschland bekannt und in der Auslegung bzw. den Prozessanweisungen berücksichtigt.

Im Folgenden werden einzelne Ereignisse mit aus deutschen Anlagen nicht bekannten Phänomenen beschrieben und bewertet.

Bei einem Ereignis traten an einem elektrischen Pumpenmotor starke Laufgeräusche auf, die auf einen beginnenden Lagerschaden schließen ließen. Der Lagerschaden wurde vermutlich durch die langen, auch nicht durch Tests unterbrochenen Stillstandszeiten des Aggregates mit nur 700 Betriebsstunden im Jahr verursacht (Gesamtjahr: 8760 Stunden). Diese Betriebsweise wurde bei der Auslegung nicht ausreichend berücksichtigt. Schäden an Aggregaten durch verlängerte Stillstandszeiten sind in Deutschland bisher nicht bekannt, zukünftig jedoch von besonderer Bedeutung, da durch den Nichtleistungsbetrieb von Kraftwerken im Rahmen der beginnenden Stilllegung sich auch die Betriebszeit vieler Systeme reduzieren wird.

Durch Revisionspersonal wurden bei einem Ereignis Isolationsarbeiten an den Kühlwasserleitungen der Speisewasserpumpen in einem laufenden Reaktorblock an Stelle eines Zwillingsblocks in Revision begonnen. Bei den Arbeiten wurde die Kühlwasserversorgung der Speisewasserpumpen durch die Arbeiter teilweise unterbrochen. Der Fehler führte zu einem Temperaturalarm für diese Pumpen auf der Warte und die Arbeiten wurden schließlich durch das Schichtpersonal unterbrochen sowie die Kühlwasserversorgung normalisiert. Bei Ausfall der Pumpen wäre die ausreichende sekundärseitige Bespeisung und somit Wärmeabfuhr durch das vorgesehene System unterbrochen worden, sodass es zum Ansprechen weiterer Sicherheitseinrichtungen gekommen wäre.

Bei einem anderen Ereignis wurden durch Subunternehmer die Pumpen des Notspeisewassersystems zum Schutz vor bei Verkabelungsarbeiten entstehendem Staub in Plastikfolie eingewickelt. Dieser Umstand wurde erst vom Anlagenpersonal beim Rundgang bemerkt und die Folie daraufhin entfernt. Der luftgekühlte Pumpenmotor wäre durch die blockierte Wärmeabfuhr nicht für den Dauerlauf verfügbar gewesen. Die Ursache von beiden Ereignissen liegt in mangelnder Fachkunde des mit der Instandsetzung beauftragten Personals. Zur Thematik „Fachkunde des nichtverantwortlichen Personals“ hat die GRS im Rahmen eines anderen Vorhabens vertiefte Untersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse in /GRS 17/ dokumentiert.

Bei einer Anlage traten vermehrt Schäden an Pumpen durch erhöhte Vibrationen auf. Als ursächlich für die Schädigungen der Pumpen wurden Schäden an den Betonfundamenten der Pumpen identifiziert. Ursache hierfür waren Alterungseffekte der Beton-

strukturen. Hierbei wurde festgestellt, dass vor allem jene Fundamente Schädigungen aufwiesen, bei denen es bereits im Bau zu Qualitätsproblemen gekommen war. Langzeitschäden an Betonbauteilen sind in deutschen Anlagen in diesem Umfang nicht bekannt, jedoch grundsätzlich vorstellbar.

In einer Anlage kam es zu einem Schaden einer Anfahrpumpe des Speisewassersystems durch einen Designfehler in der Leittechnik. Bei einem Test wurden der Pumpe sowohl ein Ein-Befehl durch den Reaktorschutz als auch ein Aus-Befehl per Handsteuerung gegeben. Der Reaktorschutz übersteuerte auslegungsgemäß den Hand-Befehl, wobei die entsprechende Vorrangschaltung jedoch nicht auch die Schmierölpumpe erfasst hatte. Diese blieb somit ausgeschaltet. Hierdurch kam es zum Lagerschaden an der Pumpe.

Tab. 2.3 Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an Kreiselpumpen.

Ausfallsymptom	Fehlermechanismus
Lagerschaden	Schäden durch lange Stillstandszeiten infolge verringerter Betriebszeit beim Systemstillstand
Fehlerhaftes Absperrern von Kühlwasserarmaturen	Mangelnde Unterweisung und Beaufsichtigung von Fremdpersonal bei Arbeiten an und in der Nähe von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen wie z. B. Pumpen oder Armaturen
Blockierung der Pumpenmotorkühlung durch Abdeckungen	
Erhöhte Vibrationen an Pumpen durch gealterte Fundamente.	Alterungsschäden an Betonfundamenten, die Qualitätsmängel bei der Herstellung aufwiesen und nicht im Alterungsmanagement berücksichtigt worden sind.
Mangelnde Schmierung mit Pumpenschaden	Fehlerhafte Auslegung des Steuerungsaufbaus durch Nicht-Berücksichtigen von Hilfssystemen.

Hieraus leitet die GRS folgende sicherheitstechnische Hinweise ab:

- Die Anforderungen von Komponenten hinsichtlich minimaler Betriebszeiten (Dauer und Häufigkeit) sollten gerade bei Anlagen in der Nachbetriebsphase verstärkt berücksichtigt werden.
- Wie bereits in /GRS 17/ dargelegt, sollte der Fachkunde des sonst tätigen Personals eine erhöhte Aufmerksamkeit zukommen. Dies betrifft sowohl Fremd- wie auch Eigenpersonal.

- Wie bereits in KTA 1403 gefordert, sollten auch bauliche Strukturen im Rahmen des Alterungsmanagements erfasst werden.
- Hilfsaggregate sollten bei allen Änderungs- und Instandsetzungsarbeiten vollumfänglich mit in die Planung einbezogen werden.

2.3 Komponentenart Notstromdieselaggregate

Die Komponentenart Notstromdiesel umfasst das Notstromaggregat mit dem zugehörigen Notstromgenerator und Generatorschalter; zudem wird die Leittechnik zur Steuerung der Komponente miterfasst. Von den insgesamt 211 Ereignissen in der ICDE-Datenbank stammen 23 aus deutschen Anlagen. Es wurden seit der letzten Auswertung 43 neue ausländische GVA-Ereignisse zu der Datenbank hinzugefügt. Die Fehlermechanismen wurden im Rahmen des Vorhabens ausgewertet und nach der unten dargestellten Tabelle nach Gemeinsamkeiten, wie Ursache und betroffene Bauteile, gruppiert.

Tab. 2.4 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Notstromdieselaggregaten

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Fehler in der Startluftversorgung	2
Fehler der Instrumentierung oder Leittechnik	9
Mechanische Rissbildung in Bauteilen	1
Fehler in der Testprozedur	4
Konstruktionsfehler Bauteil	7
Korrosion	2
Blockierung der Nebenkühlwasserzufuhr	2
Mechanische Schäden an Befestigungen und Verbindungen	8
Fremdkörpereintrag	2
Fehler in der Schmierung	4
Sonstige	2

Eine überwiegende Mehrzahl der beobachteten Ereignisse wurde durch bekannte Fehlermechanismen ausgelöst. Diese Fehlermechanismen waren Bedienungsfehler, Vermaschung, Auslegungsfehler sowie Fehler im Instandhaltungskonzept. In einigen Fäl-

len kam es zur Nicht-Verfügbarkeit der Diesel, da diese bei der Durchführung von Testprozeduren unscharf geschaltet wurden. Diese Fehlermechanismen sind in Deutschland weitestgehend bekannt. Auch die Beobachtung, dass viele Wartungsfehler beobachtet worden sind, deckt sich mit der deutschen Betriebserfahrung. Zumindest teilweise neuartige GVA-Fehlermechanismen konnten bei den unten stehenden Ereignissen beobachtet werden:

Bei einem Ereignis kam es zu einem Startversagen der Notstromdieselmotoren durch Leckagen im Startluftsystem. Die Leckage wurde durch Undichtigkeiten der Anschlussleitungen an die Startluftventile verursacht. Ursächlich hierfür waren Wartungsarbeiten, im Zuge derer die Rohrenden der Anschlussleitungen zum Schutz vor Fremdkörpereintrag mit Stopfen verschlossen wurden. Dieses hatte jedoch eine Verformung der Rohrenden zur Folge, sodass es zu einer mangelnden Abdichtung durch die montierten Rohrverschraubungen und somit zu Leckagen der Startluft kam. Es lag somit ein systematischer Fehler bei der Instandhaltung vor. Beschädigungen an Bauteilen durch Vorrichtungen, die bei der Instandhaltung als Schutz eingebracht werden, sind in Deutschland nicht bekannt, der Fehlermechanismus ist jedoch auf deutsche KKW übertragbar.

Bei einem anderen Ereignis wurde ein zentraler Tank zur Lagerung von Dieselkraftstoff mit einer falsch kalibrierten Füllstandmessung versehen. Dieses führte zum Unterschreiten der nach Anlagenspezifikation benötigten Mindestmenge. Da der betroffene Tank der Versorgung der verschiedenen Tagestanks der Notstromdiesel dient, handelte es sich um ein potentielles GVA-Ereignis.

In einem Kernkraftwerk wurden Verstopfungen des Schmierölsystems durch Textilfasern festgestellt. Die Fasern wurden durch eine neue, offenbar unzureichend qualifizierte Reinigungsprozedur in das System eingebracht. Das neue Reinigungsverfahren kam in allen Redundanzen zur Anwendung. Derartige, bei Wartungsarbeiten eingebrachte Fehler sind in Deutschland bisher nur wenig bekannt, grundsätzlich ist der Fehlermechanismus aber auf deutsche Anlagen übertragbar.

Tab. 2.5 Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an Notstromdieseln

Ausfallsymptom	Fehlermechanismus
Beschädigung durch Instandhaltungshilfsmittel	Fehler bei der Konstruktion und/oder Verwendung von Instandhaltungshilfsmitteln bei redundanzübergreifender Verwendung von diesen
Falsche Befüllung des Dieseltanks	Vermaschung der Dieserversorgung über einen gemeinsamen Vorratstank mit falsch kalibrierter Füllstandmessung
Verstopfung des Schmierölsystems	Neue, unzureichend getestete Reinigungsprozedur wird in allen Redundanzen eingeführt und führt zu Verstopfungen im Schmierölsystem durch den Eintrag von Fasern aus Reinigungstüchern

Hieraus können folgende sicherheitstechnische Hinweise abgeleitet werden:

- Die Verwendung von Schutzeinrichtungen bei Montage und Instandhaltungstätigkeiten ist nicht eindeutig sicherheitsgerichtet. Es sollte auf das Vorhandensein einer entsprechenden Arbeitsdokumentation, der nötigen Qualifikation der beteiligten Personen sowie auf Tests und Kontrollen vor Ort geachtet werden.
- Auch Einrichtungen, die nicht unmittelbar dem Sicherheitssystem zugeordnet sind, wie z. B. zusätzliche Lagerstätten für Kraftstoff, sollten nicht nur bei der Auslegung (gemäß SiAnf Abs. 3.1 (3) g), sondern auch bei der Instandhaltung so behandelt werden, dass sie die erforderliche hohe Verfügbarkeit der zu versorgenden Einrichtungen absichern.
- Auch bei Verfahren und Arbeiten am Sicherheitssystem, bei denen zunächst keine unmittelbare sicherheitstechnische Bedeutung zu bestehen scheint, wie z. B. bei Reinigungsarbeiten, sollte sichergestellt werden, dass es zu keinen redundanzübergreifenden Auswirkungen auf das Sicherheitssystem kommt. Neue Verfahren können z. B. zunächst in einer einzelnen Redundanz erprobt werden, bevor sie auch in anderen Redundanzen zur Anwendung kommen.

2.4 Komponentenart motorbetätigte Absperrarmaturen (MOVs)

Im Rahmen des ICDE-Projekts werden Ereignisse an motorbetätigten Absperrarmaturen in sicherheitstechnisch wichtigen Systemen gesammelt, dies umfasst unter anderem folgende Systeme:

- Notspeisesystem
- Not- und Nachkühlsystem
- Zwischenkühlwassersystem
- Nebenkühlwassersystem
- Absperrventile vor den Druckhalterabblaseventilen.

Von 160 Einträgen in der ICDE-Datenbank stammen zwölf aus deutschen Anlagen. Seit der letzten Auswertung wurden 64 neue Einträge hinzugefügt, wovon sechs deutsche Anlagen betreffen. Es wurden somit 58 neue Ereignisse ausgewertet. Hierbei konnten die in Tab. 2.6 dargestellten Gruppen von Fehlermechanismen identifiziert werden:

Tab. 2.6 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an MOVs

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Fehler oder Fehleinstellung an Drehmoment- und Wegendschaltern	14
Fehler in der Leittechnik	12
Mechanische Defekte der Armatur	13
Montagefehler	8
Fehler in der verfahrenstechnischen Betriebsweise oder Auslegung	10
Unbekannte Fehlerursache	1

Bei den ausgewerteten Ereignissen war die Fehlerursache überwiegend auf bereits bekannte Fehlermechanismen zurückzuführen. Sehr häufig wurden dabei Fehler durch falsch eingestellte Sensorik in Form von Wegend- und Drehmomentschaltern an den Ventilen verursacht. Es wurden zudem des Öfteren Auslegungsdefizite bei der Bestimmung des benötigten Drehmoments zum sicheren Schließen und Öffnen beobachtet. Eine weitere häufige Ausfallursache waren Fehler bei Wartungsarbeiten.

Bei einem Ereignis kam es zu einem Nicht-Öffnen einer Armatur im Not- und Nachkühlssystem während eines Tests nach Ansprechen des Drehmomentenschalters. Hierbei hatte der Drehmomentenschalter bei einem Wert, der deutlich kleiner war als in der Spezifikation vorgesehen, ausgelöst. Ursächlich für die unberücksichtigte Drift des Ansprechwertes waren ungewöhnlich starke Vibrationen, die beim Betrieb der Armatur auftraten. Hiervon waren mehrere Armaturen betroffen, es kam jedoch nur bei einer Armatur zu tatsächlichen Ausfällen.

Bei einem weiteren Ereignis schloss eine Armatur im Containment-Sprühsystem nicht wie vorgesehen. Als Ursache wurde ein falsch eingestellter Drehmomentenschalter identifiziert. Ursächlich für die Fehleinstellung war ein falsch kalibriertes Einstellwerkzeug, mit dem der Ansprechwert der Drehmomentenschalter eingestellt wurde. Von dem Fehler waren mehrere Armaturen betroffen, ohne dass es zu weiteren Ausfällen gekommen war.

Bei einem Ereignis kam es beim Austausch von Signalisierungslampen an einer Schaltanlage zum Auslösen der Sicherung. Hierdurch wurde auch der Steuerstromkreis für die Antriebe mehrerer motorbetätigter Armaturen außer Funktion gesetzt. Ein ähnliches Ereignis trat bei Arbeiten an Lampenhalterungen auf.

Tab. 2.7 Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an MOVs

Phänomen	Fehlermechanismus
Drift der Einstellwerte des Drehmomentenschalters	Die Auslegung der Armatur deckte nicht alle Betriebsbedingungen ab, was beim Ventilbetrieb zum Drift der Einstellwerte führte
Systematische Fehleinstellung von Drehmomentwerten	Verwendung eines fehlerhaft kalibrierten Prüfinstrumentes zur Einstellung der MOV
Ausfall der Ansteuerung der Motorarmatur	Versagen eines – vermeintlich – nicht wichtigen untergeordneten Betriebsmittels (Lampenhalterungen) führte durch einen Sicherungsfall im Steuerstromkreis zum vollständigen Ausfall der Armatur

Aus den beobachteten Ereignissen können folgende sicherheitstechnische Hinweise abgeleitet werden:

- In unmittelbarer Nähe zur Armatur montierte Sensorik sollte an die vor Ort herrschenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Vibrationen, Feuchtigkeit etc.) angepasst sein.
- Die regelmäßige, hinreichend präzise Kalibrierung von Werkzeugen und Prüfgeräten sollte sichergestellt werden. Hierzu sollte sowohl die erforderliche Fachkunde wie auch eine geeignete Dokumentation vorhanden sein.
- Gegenseitige Beeinflussung von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen durch gemeinsame Signalisierungseinrichtungen sollte vermieden werden.

2.5 Komponentenart Rückschlagarmaturen

Von 114 Einträgen in der ICDE-Datenbank stammen 16 aus deutschen Anlagen. Seit der letzten Auswertung wurden 24 neue Einträge hinzugefügt, wovon 15 deutsche Anlagen betreffen. Bei den ausländischen Ereignissen handelte es sich in drei Fällen um interne Leckagen. Bei einem Ereignis ist ein Dampfleck aufgetreten und in fünf Fällen öffneten oder schlossen Rückschlagarmaturen nicht.

Die Ursachen für die beobachteten Schädigungen waren überwiegend mechanische Schäden ausgelöst durch Alterung oder Korrosion.

Tab. 2.8 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Rückschlagarmaturen

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Alterungseffekte	2
Auslegungsfehler	1
Umgebungseinflüsse	2
Wartungsfehler	3
Unsachgemäße Lagerung vor Einbau	1

Für die Komponentenart Rückschlagarmaturen wurden keine GVA-Fehlermechanismen identifiziert, die in deutschen KKW nicht bereits berücksichtigt werden.

2.6 Komponentenart Sicherheits- und Entlastungsventile

In der ICDE-Datenbank sind 248 Einträge vorhanden, wovon 23 deutsche Anlagen betroffen. Seit der letzten Auswertung wurden 68 neue Einträge hinzugefügt. 54 stammen dabei aus ausländischen Anlagen. Instandhaltungsfehler, Bauteilfehler und falsche Auslegung waren die Fehlerursache bei einer Vielzahl der ausgewerteten Ereignisse.

Tab. 2.9 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Sicherheits- und Entlastungsventilen

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Fehlerhafte Auslegung der Armatur	12
Bauteilfehler	26
Organisationsmängel bei Instandhaltung und Änderungen	13
Sonstige und unbekannte Ursachen	3

Von der fehlerhaften Auslegung waren vor allem typähnliche Armaturen an typgleichen Reaktoren betroffen, bei denen Antriebsmotoren und Bohrungen zur hydraulischen Ansteuerung nicht ausreichend dimensioniert waren. Dieser Fehlermechanismus ist für deutsche Anlagen nicht relevant, da aufgrund der vorliegenden, positiven Betriebserfahrung in deutschen Anlagen derartige Fehlermechanismen ausgeschlossen werden können. Es wurden 26 Ereignisse identifiziert, bei denen Bauteilfehler der wesentliche Fehlermechanismus sind. Vor allem im Bereich von Ventilmembranen kam es zu Bauteilfehlern durch Undichtigkeiten. Dieses Phänomen ist in Deutschland grundsätzlich bekannt.

Bei einem Ereignis kam es zu Schäden durch mechanisches Kriechen von Federn der Drehmomentschalter. Die Drehmomentschalter waren über einen längeren Zeitraum auf ihren Maximalwert eingestellt, wodurch die Federn zur Einstellung des Drehmomentes zu kriechen anfangen. Dieses führte letztlich dazu, dass die eingestellten Drehmomentwerte außerhalb der Spezifikation lagen. Der Fehlermechanismus ist in Deutschland bis jetzt noch nicht beobachtet worden, aber grundsätzlich auf deutsche Anlagen übertragbar.

Durch organisatorische Schwächen kam es bei einem Ereignis dazu, dass an Vorsteuerventilen eine Isolierung aufgebracht wurde, ohne vorab die Rückwirkungsfreiheit ausreichend zu prüfen. Durch die angebrachte Isolierung verschlechterte sich die Wärme-

abfuhr von den Vorsteuerventilen, sodass eine Temperaturerhöhung an diesen stattfand. Durch die erhöhte Temperatur im Ventil begannen Ventildfedern zu kriechen, wodurch es zum fehlerhaften Ansprechen von Vorsteuerventilen gekommen ist und letztlich zum unbeabsichtigten Öffnen von Entlastungsventilen.

Als neues Phänomen im Bereich der Auslegung wurde in SWR-Anlagen der Anfall von Kondensat in Sicherheits- und Entlastungsventilen beobachtet, der zu einer Überdeckung von Rekombinator-Drähten führte. Durch die Überdeckung des Rekombinatormaterials mit Kondensat kam es zum Funktionsausfall des Rekombinators, da der sich im Gasraum des Ventils sammelnde Wasserstoff aus der Radiolysereaktion nicht wie vorgesehen rekombiniert wurde. Durch die Deflagration des Wasserstoffs kam es zu Schäden an den Ventilen. Dieses Phänomen ist aus der deutschen Betriebserfahrung bisher unbekannt, aber grundsätzlich übertragbar.

Nach dem Austausch von Bauteilen aus Aluminium gegen ähnliche aus Edelstahl an Membranventilen erhöhte sich durch die materialbedingte schlechtere Wärmeleitung und somit schlechtere Wärmeabfuhr an die Umgebung die Temperatur innerhalb des Ventils. Hierdurch kam es zu einer erhöhten thermischen Belastung an Ventilmembranen. Solche negativen Auswirkungen aufgrund der Änderung der thermischen Randbedingungen mit der Materialänderung von Bauteilen sind in Deutschland unbekannt.

Tab. 2.10 Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an Sicherheits- und Entlastungsventilen

Phänomen	Fehlermechanismus
Systematische Verstellung von Drehmomentschaltern außerhalb des Spezifikationsbereiches	Unzureichende Bauteilspezifikation führt zum Kriechen von Federn durch „zu straff“ eingestellte Drehmomentenschalter
Auslösung der Druckentlastung	Kriechende Federn in Vorsteuerventilen durch zu hohe Temperatur; ausgelöst durch geänderte thermische Randbedingungen beim Materialwechsel
Schäden an Armaturen durch Wasserstoffdeflagration	Kondensat-Anfall mit Beeinflussung der Wasserstoff-Rekombination wurde nicht berücksichtigt
Thermische Beeinflussung von Bauteilen	Unzureichendes Änderungsmanagement beim Materialwechsel an Armaturen

Aus diesen Fehlermechanismen lassen sich folgende sicherheitstechnische Hinweise ableiten:

- Grundsätzlich sollten Stell- bzw. Messeinrichtungen nach Möglichkeit nicht über einen längeren Zeitraum am Rande der Spezifikation betrieben werden.
- Bei Änderungen an der thermischen Isolierung sollten ggf. erhöhte thermische Belastungen der betroffenen Komponenten berücksichtigt werden.
- Bei Änderungsmaßnahmen sollte auch die Wärmeleitfähigkeit der betroffenen Bauteile berücksichtigt werden.

2.7 Komponentenart Batterien

In der ICDE-Datenbank sind 74 Ereignisbeschreibungen für die Komponentenart Batterien vorhanden. Zehn der Ereignisse beziehen sich auf deutsche Anlagen. Für die Auswertung wurden 22 neue ausländische Einträge bewertet. Die hierbei identifizierten Gruppen von Fehlermechanismen sind in Tab. 2.11 dargestellt.

Tab. 2.11 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Batterien

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Fehlerhafte Auslegung der Batterie	5
Fehlerhafte Auslegung der Schaltanlage	4
Wartungsfehler	7
Alterung	5
Herstellungsfehler	1

Bei der Komponentenart Batterien betrafen die meisten Fehlermechanismen die Batteriezelle selber. Beobachtet wurden u. a. mangelnde Kapazitäten, Füllstände und Korrosion, ursächlich hierfür waren sowohl Herstellungsmängel wie auch Wartungsfehler oder unzureichendes Alterungsmanagement. Diese Fehlermechanismen sind in Deutschland bekannt. Neun Ereignisse betreffen Auslegungsfehler bei der Bestimmung der erforderlichen Batteriekapazität und den Anforderungen an die Schaltanlage.

Bei einem Ereignis lagen nach einer Erhöhung der Batteriekapazität die potentiellen Kurzschlussströme über der Schaltleistung der bei der Planung der Änderungsmaßnahmen nicht berücksichtigten Gleichstrom-Schaltanlage. Dieser Fehlermechanismus ist auch für deutsche KKW potentiell relevant, da auch hier diverse Änderungsmaßnahmen an den Batterieanlagen durchgeführt worden sind. Die GRS hat basierend auf den Informationen aus dem ICDE-Vorhaben eine Weiterleitungsnachricht (WLN) zu dieser Thematik verfasst (WLN 2017/02).

2.8 Komponentenart Leistungsschalter

In der ICDE-Datenbank sind insgesamt 107 Ereignisse mit GVA Eigenschaften zu Leistungsschaltern beschrieben. Hiervon stammen neun aus deutschen Anlagen. Seit der letzten Auswertung wurden 16 neue ausländische Ereignisse zu der Datenbank hinzugefügt. Die Einträge zu den Leistungsschaltern umfassen ausschließlich die Schalter in der kraftwerksinternen Energieverteilung (also die Schalter zwischen den Schienen der elektrischen Eigenbedarfsanlage) sowie die für die Reaktorschnellabschaltung benötigten Schalter. Leistungsschalter, die zur Zuschaltung anderer aktiver Komponenten wie Pumpen und Notstromgeneratoren dienen, werden der jeweiligen aktiven Komponente zugeteilt und sind in der Auswertung für Leistungsschalter nicht enthalten, sondern der jeweiligen Komponente selber zugeordnet. Für die erfassten Leistungsschalter konnten die in Tab. 2.12 aufgeführten Gruppen von Fehlermechanismen identifiziert werden:

Tab. 2.12 Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Leistungsschaltern

Fehlermechanismus	Ereignisanzahl
Alterung von Schmiermitteln	7
Fehler in der Ansteuerung	7

Die Alterungseffekte bezogen sich in allen Fällen auf mechanische Schwergängigkeiten aufgrund von verharzten Schmiermitteln. Die Fehler in der Leittechnik waren häufig auf defekte Steuerungsschütze zurückzuführen, diese wurden durch den Fehlermechanismus Alterung ausgelöst. Diese Fehlermechanismen sind in der deutschen Betriebserfahrung hinreichend bekannt und im Rahmen des Instandhaltungskonzeptes und Alterungsmanagements berücksichtigt.

2.9 Komponentenart Wärmetauscher

In der ICDE-Datenbank sind insgesamt 53 Einträge für die Komponentenart Wärmetauscher vorhanden, von denen zwölf Einträge Ereignisse in deutschen Anlagen beschreiben. Durch die Komponentenart betrachtete Wärmetauscher sind beispielsweise der nukleare Zwischenkühler, der Nachwärmekühler und der konventionelle Zwischenkühler.

Für den Auswertungszeitraum wurden sieben neue ausländische Ereignisse betrachtet. Die Ereignisse beinhalteten keine unbekanntes Fehlermechanismen und waren überwiegend auf die bekannten Fehlermechanismen interne Leckage durch Korrosion und Erosion sowie Verstopfungen durch Einträge seitens des Nebenkühlwassers zurückzuführen. Diese Fehlermechanismen sind in der deutschen Betriebserfahrung bekannt.

2.10 Komponentenart Füllstandmessungen

In der ICDE-Datenbank sind 154 Einträge für Ereignisse an Füllstandmessungen vorhanden, dabei stammen zehn Ereignisse aus deutschen Anlagen. In dem Auswertungszeitraum wurden sechs neue ausländische Einträge ausgewertet, wobei drei Einträge ein gleiches Ereignis behandeln.

Bei einem Ereignis kam es zu auffälligen Anzeigen an vier von sechs DE-Füllstandmessungen. Das System wurde daraufhin gespült und die Anzeigen normalisierten sich. Die Ursache wird in einer Verstopfung der Messleitungen durch das stehende borhaltige Medium gesehen. Bei einem weiteren Ereignis wurden Auffälligkeiten an der Messung durch Verstopfungen in der Messleitung aufgrund unbekannter Ursache ausgelöst. Aus diesen Fehlermechanismen ergeben sich keine neuen Erkenntnisse für deutsche Kernkraftwerke.

Bei einem Messumformer der Weitbereichsmessung des RDB-Füllstands waren falsche Einstellungen durch die Wahl eines falschen Testmodus vorhanden. Diese fehlerhaften Einstellungen betrafen nicht nur den Testmodus und hätten zu einem Nicht-Ansprechen des Signals „Füllstand tief“ für den Messumformer geführt. Falsche Einstellungen an Messumformern aufgrund verschiedener auswählbarer Messmodi sind aus der gemäß AtSMV meldepflichtigen Betriebserfahrung in Deutschland bisher un-

bekannt. Im Rahmen der Einführung neuartiger, softwarebasierter Messumformer könnte sich allerdings eine Relevanz ergeben.

2.11 Komponentenart Frischdampfisolationsventile

Die Komponentenart Frischdampfisolationsventile besitzt zwei Einträge in der ICDE-Datenbank. Diese stammen aus amerikanischen Anlagen und weisen eine geringe Qualität in der Ereignisbeschreibung auf, sodass keine komplette Auswertung der Fehlermechanismen und Ursachen erfolgen konnte. Bei einem Ereignis lagen Fehler in der hydraulischen Betätigung der Ventile vor, in einem anderen Fall wurden verlangsamte Fahrzeiten beobachtet. Bei beiden Ereignissen kam es zu keinem kompletten Ausfall der Komponenten. Anhand der vorliegenden Informationen sieht die GRS keine Relevanz der beiden Ereignisse für deutsche Anlagen.

2.12 Komponentenart Steuerstäbe und Steuerstabantriebe

Für die Komponentenart Steuerstäbe mit Antrieben sind in der ICDE-Datenbank insgesamt 171 Einträge vorhanden, wobei fünf aus deutschen Anlagen stammen. In der zum Auswertungszeitraum verfügbaren Datenbasis waren 26 noch nicht ausgewertete ausländische Einträge vorhanden. Je nach Art der Anlage unterscheiden sich die Konstruktionen der Steuerstabantriebe. Bestimmte Merkmale sind dabei nicht auf andere Konstruktionen übertragbar. Für deutsche Anlagen wurde daher zunächst geprüft, ob die beobachteten Ereignisse auf deutsche Stabantriebe übertragbar waren. Die Ereignisse waren alle potentiell übertragbar.

Bei den Ereignissen waren Fehler in den Vorsteuerventilen der Steuerstabantriebe von SWR-Anlagen sehr häufig der Grund für verlangsamte, nicht vollständige oder nicht erfolgte Steuerstabeinschüsse. Insgesamt betrafen 23 Ereignisse Vorsteuerventile. Die Fehler an den Vorsteuerventilen sind häufig durch Alterung und Wartungsfehler ausgelöst worden. Derartige Probleme sind grundsätzlich aus deutschen Anlagen bekannt, es ergeben sich keine neuen Erkenntnisse aus den ausgewerteten Ereignissen. Die Zahl der im Rahmen der Ereignisse betroffenen Komponenten war teilweise sehr hoch (bis zu 50 betroffene Ventile bei einem Ereignis), es wurden jedoch keine vollständigen Ausfälle von Steuerstäben beobachtet, sondern vorwiegend verlängerte Fahrzeiten durch die verlängerten Öffnungszeiten von Vorsteuerventilen.

3 Zusammenfassung der Auswertungen

Die Auswertung der ausländischen Betriebserfahrung mit GVA umfasste insgesamt 355 GVA-Ereignisse, die abgesehen von Lüftern, Frischdampf-Isolationsventilen und Softwarebasierter Leittechnik alle erfassten Komponentenarten abdeckten. Im Zuge der Auswertung wurden die mithilfe des ICDE-Projekts gewonnenen Informationen in einem Fall dazu genutzt, eine Weiterleitungsnachricht (WLN 2017/02) zu erstellen. Bei 14 weiteren Ereignissen wurden im Rahmen dieses Vorhabens generische sicherheitstechnische Hinweise formuliert, wie die im Rahmen der Ereignisse beobachteten Effekte bei deutschen KKW verhindert werden können. Die beobachteten Effekte betrafen folgende Komponentenarten:

- Kreiselpumpen
- Notstromdiesel
- Motorbetätigte Absperrarmaturen (MOVs)
- Sicherheits- und Entlastungsventile

Es ist geplant, diese Arbeiten für die inzwischen in den ICDE-Datenaustausch aufgenommenen Komponentenarten Lüfter, Frischdampfisolationsventile und digitale Leiteinrichtungen sowie für die im Rahmen der regelmäßig durchgeführten Updates mit weiteren Beobachtungsjahren zugänglichen neuen Ereignisse an den anderen Komponentenarten fortzusetzen.

Literaturverzeichnis

- /GRS 08/ Kreuser, A., Holtschmidt, H., Stiller, J.C.
Systematische Aufbereitung der weltweiten Betriebserfahrung mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) im Rahmen einer internationalen Expertengruppe, Abschlussbericht Phase 2005-2008
GRS-A-3399, Januar 2008
- /GRS 11/ Kreuser, A., Voelskow, J.
Auswertung von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) aus dem internationalen GVA-Datenaustauschprojekt ICDE, Teil 2
GRS-A-3588, Februar 2011
- /GRS 14/ Brück, B., Kreuser, A., Simon, J.
Analyse von Ereignissen mit gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) aus dem internationalen GVA-Datenaustauschprojekt ICDE
GRS - 340, August 2014
- /GRS 17/ Blum, S., Brück, B., Kreuser, A., Nitschke, H.
Bericht zur Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse der Jahre 2013-2015 im Hinblick auf fachkunde-relevante Aspekte
GRS-A-3874, Januar 2017

A Anhang

A.1 Organisation des ICDE-Projekts

A.1.1 Aufgabenverteilung innerhalb des Projekts

Im Rahmen des ICDE-Vorhabens müssen erhebliche Mengen sensibler Informationen – sowohl bezüglich der Anlagentechnik wie auch der beobachteten Ereignisse – sicher und effizient gehandhabt werden. Um dies zu gewährleisten, 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-Sekretariat und dem sogenannten „Operating Agent“ unterstützt. Das NEA-Sekretariat ist verantwortlich für die finanzielle Verwaltung und technische Unterstützung des Projekts seitens der OECD/NEA. Der Operating Agent ist für die Datenbank und die Konsistenz der Daten verantwortlich. Der Lenkungskreis tagt durchschnittlich zweimal pro Jahr. Die im ICDE-Lenkungskreis zusammengeschlossenen Partnerorganisationen verpflichten sich in einer jeweils über drei oder vier Jahre laufenden Vereinbarung, fachlich zu dem Projekt beizutragen und die anteiligen Kosten für den Operating Agent zu übernehmen. Die aktuelle Vereinbarung („Phase 7“) läuft noch bis Dezember 2018. Es ist vorgesehen, das Projekt auch über das Jahr 2018 hinaus fortzusetzen.

A.1.1.1 ICDE-Lenkungskreis

Der ICDE-Lenkungskreis wird von den Projektkoordinatoren aller Teilnehmerorganisationen 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.

Gegenwärtig sind folgende Partnerorganisationen im Lenkungskreis des ICDE-Projekts vertreten und bringen dort die Betriebserfahrung mit GVA-Ereignissen aus ihren jeweiligen Heimatländern ein: NRC (USA), CNSC (Kanada), CSN (Spanien), IRSN (Frankreich), GRS (Deutschland), ENSI (Schweiz), SSM (Schweden), STUK (Finnland), KAERI (Südkorea), NRA (Japan) und das zum Jahr 2013 neu in den Lenkungskreis aufgenommene UJV (Tschechische Republik). Zusätzlich beteiligt sich das niederländische Kernkraftwerk Borssele (KCB) indirekt über die GRS. In den Heimatländern der beteiligten Organisationen werden mehr als 60 % (285 von 450) der weltweit existierenden Kernkraftwerksblöcke betrieben.

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

A.1.1.2 NEA-Sekretariat

Die OECD/NEA ist verantwortlich für die Verwaltung des Projekts entsprechend den Regeln der OECD. Dies beinhaltet Sekretariats- und Verwaltungsarbeiten im Zusammenhang mit der Finanzierung des Projekts, wie Einforderung der Umlage der Mitgliedsorganisationen, Bezahlung des Operating Agents und Führung des Projekthaushalts. Die NEA bestimmt das Projektsekretariat, hat jedoch keinen Einfluss auf die inhaltliche Arbeit des Lenkungsausschusses.

A.1.1.3 Operating Agent

Die Aufgaben des Operating Agents werden von der schwedischen Firma „ÅF-Industry“ wahrgenommen⁴. Die Kosten dafür werden von den teilnehmenden Organisationen anteilig übernommen. Der Operating Agent betreibt die ICDE-Datenbank und übernimmt die zentrale Führung der Projektdokumentation. Der Operating Agent führt die von den Projektteilnehmern gelieferten Informationen in der ICDE-Datenbank zusammen. Dabei kontrolliert er, ob die von den Projektkoordinatoren der teilnehmenden Organisationen zur Verfügung gestellten Informationen mit den Anforderungen der ICDE-Kodieranleitungen /NEA 12/ übereinstimmen. Zusammen mit den Projektkoordinatoren der teilnehmenden Organisationen 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“).

A.1.2 Vertraulichkeit der ICDE-Daten

Für den detaillierten Informationsaustausch zu GVA-Ereignissen innerhalb des 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

⁴ ÅF-Industry (<http://www.afconsult.com/>) hat den bisherigen Operating Agent, die schwedische Firma „ES-Konsult“ im Januar 2014 übernommen; die Arbeit im Rahmen des ICDE-Projekts bleibt hiervon jedoch unberührt.

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.

A.1.3 Zustimmung der deutschen Betreiber

Für eine aktive Teilnahme am internationalen GVA-Datenaustausch und für eine Mitarbeit im ICDE-Lenkungskreis ist die Weitergabe von Informationen aus dem eigenen Herkunftsland erforderlich. Hierbei handelt es sich zum einen um Informationen bezüglich des Aufbaus der Anlagen, zum anderen um Berichte bezüglich der beobachteten Ereignisse mit GVA-Potenzial. Die entsprechenden Informationen liegen der GRS vor und werden von dieser entsprechend den Vorgaben des ICDE-Projekts aufbereitet.

Um solche Informationen an andere Teilnehmerorganisationen 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 bzw. der IAEA erfolgt. Dabei erstellt die GRS zunächst die Informationen zu den GVA-Ereignissen entsprechend den ICDE-Anforderungen in englischer Sprache 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.

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

Zur Sicherstellung einer einheitlichen Qualität der ausgetauschten Informationen ist von den Teilnehmern am ICDE-Projekt eine grundsätzliche Übereinkunft über Art und Umfang der auszutauschenden Informationen erzielt 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. Die entsprechenden Erläuterungen, Anleitungen und Hinweise werden in einer Kodieranleitung, dem „General Coding Guide“ zusammengefasst /NEA 12/. Der General Coding Guide beschreibt zum einen das für sämtliche Komponentenarten gültige Datenaustauschformat und zum anderen für jede einzelne Komponententypenart die entsprechenden Besonderheiten. Darüber hinaus enthält der General Coding Guide die „Failure Analysis Coding Guidelines“, in denen Kriterien und Definitionen für die vertiefte qualitative Analyse der ICDE-Ereignisse definiert werden.

Im Berichtszeitraum wurden zusätzlich zu den schon vorhandenen komponentenspezifischen Kodieranleitungen (Kreispumpen, Notstromdieselgeneratoren, motorbetätigte Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Batterien, Füllstandsmessungen, Leistungsschalter, Steuerstäbe und Steuerstabantriebe, Wärmetauscher, Frischdampfisolationsventile, Lüfter und Softwarebasierte Leittechnik) eine weitere komponentenspezifische Kodieranleitung zu Umformern (Wechselrichtern) erstellt; eine Kodieranleitung für komponentengruppenübergreifende GVA ist in Arbeit.

Ausgehend von der als CSNI Tech Note Publication NEA/CSNI/R(2004)4 im Jahr 2004 veröffentlichten Fassung wurden bis 2016 insgesamt neun innerhalb der ICDE-Projektdokumentation verfügbare Revisionen des Dokuments erarbeitet.

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

A.2.1 Allgemeine ICDE-Kodieranleitung

Die allgemeine ICDE-Kodieranleitung beschreibt den Umfang des im Rahmen des ICDE-Projekts angelegten Datenaustauschs hinsichtlich der zu erfassenden Komponentenarten und definiert:

- 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 bzw. 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. Zu jedem Datenfeld gibt es Vorgaben aus den allgemeinen Kodieranleitungen. Dies sind z. B. Merkpostenlisten, um eine umfassende und damit auswertbare Beschreibung der ICDE-Ereignisse sicherzustellen oder Erläuterungen zur Klassifizierung und Bewertung der Ereignisse.

A.2.2 Komponentenartspezifische Kodieranleitungen

Die komponentenartspezifischen 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 Komponententart gehören. (Mit Typen sind hier nicht die Typbezeichnungen einzelner Hersteller ge-

meint, 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.
- Eine Liste von Ausfallarten, für die die Auswertung der Betriebserfahrung obligatorisch ist, und eine Liste von Ausfallarten, für die die Betriebserfahrung optional eingespeist werden kann.

Im Berichtszeitraum wurde die komponentenartspezifische Kodieranleitung zu Wechselrichtern fertiggestellt. Darüber hinaus wurde mit der Erstellung einer Kodieranleitung für komponentengruppenübergreifende GVA begonnen.

A.2.3 Kodieranleitung zur Ereignisanalyse

Die mit dem bisher durchgeführten Datenaustausch gewonnene Erfahrung nutzt der ICDE-Lenkungskreis, um bei Bedarf die Kodieranleitungen zu überarbeiten bzw. zu ergänzen. Im Berichtszeitraum wurde damit begonnen, eine Kodieranleitung zur Ereignisanalyse zu erstellen. Folgende Aspekte sollen im Rahmen der vom ICDE-Lenkungskreis durchgeführten Analysen zukünftig erfasst und in der ICDE-Datenbank als Teil der "Common Cause Event Records" zu den Ereignissen zusätzlich kodiert werden:

- Eine Liste von Codes zur Markierung von „wichtigen“ Ereignissen, die neben dem GVA-Aspekt aus anderen Gründen von Interesse sind, z. B. Ereignisse,
 - bei denen mehrere unterschiedliche GVA aufgetreten sind,
 - die nicht mit dem normalen Prüfprogramm erkannt wurden,
 - bei denen nicht bekannte Abhängigkeiten erkannt wurden,
 - bei denen mehrere Blöcke betroffen waren,
 - bei denen es zu komponentengruppenübergreifenden Ausfällen gekommen ist
 - bei denen mehrere Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Verhinderung von GVA versagt hatten.

- Eine Liste von Schweregradklassen zur Bewertung von GVA mitsamt entsprechender Filter für die Datenbankoberfläche, um Analysen von Ereignissen mit ähnlichen Auswirkungen auf die jeweilige Komponentengruppe zu ermöglichen, z. B.:
 - vollständiger Ausfall aller Komponenten einer Komponentengruppe,
 - mehrere, aber nicht alle Komponenten einer Komponentengruppe ausgefallen,
 - eine Komponente ausgefallen und mindestens eine weitere Komponente beeinträchtigt,
 - alle Komponenten der Komponentengruppe ausgefallen oder beeinträchtigt,
 - alle Komponenten der Komponentengruppe beeinträchtigt, aber keine ausgefallen,
 - mehrere, aber nicht alle Komponenten einer Komponentengruppe beeinträchtigt, aber keine Komponente ausgefallen.

Darüber hinaus wurde im ICDE-Lenkungskreis damit fortgefahren, die verschiedenen zusätzlichen Klassifizierungen der Ereignisse, die in der Vergangenheit in den Auswertebereichen des ICDE-Projekts verwendet wurden, weiter zu systematisieren.

Hierbei handelt es sich vor allem um zusätzliche Bewertungskategorien zur Klassifizierung von Fehlermechanismen und Ausfallursachen (*Failure Cause Categories*) für statistische Aufbereitungen der Ereignisse in den Auswertebereichen. Es wurden zwei Gruppen von Ausfallursachen definiert:

- Mängel in der Betriebsführung:
 - Unzulängliche Instandhaltungs- oder Testprozeduren
 - Alterungsmanagement unzureichend
 - Fehler der Betriebsmannschaft bei Instandhaltung/Test
- Design, Konstruktions- oder Herstellungsfehler:
 - Ungeeignetes Design einer Komponente oder eines Systems
 - Unzureichende Konstruktion oder Herstellung
 - Ungeeignete Design-Modifikation

Des Weiteren enthält die Kodieranleitung zur Ereignisanalyse systematisierte, komponentenartspezifische Codes zur Beschreibung von GVA-Fehlermechanismen (*Failure mechanism category* bzw. *Failure mechanism sub-category*). Die entsprechenden Codes wurden sukzessive im Rahmen der Workshops entwickelt und liegen jetzt für alle Komponententypen mit Ausnahme von Lüftern, Frischdampfisolationsventilen sowie Softwarebasierter Leittechnik vor. Für die noch ausstehenden Komponententypen ist die Zahl der in der Datenbank hinterlegten Ereignisse noch nicht groß genug, um im Rahmen eines Komponentenworkshops entsprechende Kategorien zu entwickeln. Sobald ein entsprechender Umfang an Betriebserfahrung vorliegt, werden die entsprechenden Codes für die noch ausstehenden Komponententypen (einschließlich der jüngsten Komponententypenart „Wechselrichter“) entwickelt und ausformuliert.

A.2.4 ICDE-Datenbank

Die Oberfläche der ICDE-Datenbank basiert auf der .NET Software der Firma Microsoft. Für jede im Rahmen des ICDE-Datenaustauschs erfasste Komponententypenart gibt es eine eigene Datenbank-Ansicht. Diese Ansichten sind unter einer Oberfläche integriert. Die Zugangsmöglichkeiten zu den einzelnen Ansichten und damit zu den für jede Komponententypenart erfassten Informationen sind durch ein umfangreiches Berechtigungssystem reglementiert.

Für den ersten Datenaustausch zu einer neuen Komponententypenart ergänzt der Operating Agent die Definitionstabellen der ICDE-Datenbank nach der Abstimmung der komponententypenspezifischen Kodieranleitung im ICDE-Lenkungskreis mit den entsprechen-

den Wertelisten und erzeugt so eine „leere“ Datenbank als neue Ansicht für die neue Komponentenart. Nach einer ersten Erprobung der „leeren“ Datenbank durch die für die jeweilige Komponentenart federführende Organisation sendet der Operating Agent je eine Kopie der ergänzten Datenbank an die Projektkoordinatoren derjenigen Organisationen, die am Datenaustausch teilnehmen wollen. Diese Projektkoordinatoren sorgen dann dafür, dass die Betriebserfahrung aus den eigenen Herkunftsländern entsprechend den Vorgaben und Mindestanforderungen aus den Kodierungsanleitungen erfasst und in ihre Datenbankkopie eingespeist wird. Diese senden sie dann an den Operating Agent, der eine Qualitätssicherung durchführt, gegebenenfalls Klarstellungen oder Ergänzungen seitens des Projektkoordinators der federführenden Organisation 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 jede Organisation, die eigene Daten geliefert hat, die Stamm-Datenbank mit allen Daten aus dem ersten Datenaustausch dieser Teilnehmer zugesandt.

Bei späteren Datenupdates, bei denen für eine Komponentenart zusätzliche Beobachtungszeiträume ausgewertet werden, erhält jede Organisation, die eigene Daten geliefert hat, die Stamm-Datenbank mit allen Daten zugesandt, auf die die Organisation zugriffsberechtigt ist. Da nicht alle Organisationen 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 jede Organisation nur Daten für solche Komponentenarten und Auswertungszeiträume erhält, für die sie auch eigene Beiträge geliefert hat.

A.2.4.1 Struktur der ICDE-Datenbank

Die ICDE-Datenbank besteht aus zwei Teilen:

In den „**Observed Population Records (OP-Records)**“ werden die einzelnen Beobachtungseinheiten/Komponentengruppen beschrieben, die zum ausgewerteten Beobachtungsumfang gehören. Bei diesen Beobachtungseinheiten bzw. Komponentengruppen handelt es sich i. d. R. um Gruppen aus gleichartigen, redundanten Komponenten (wie z. B. die vier D1-Notstromdiesel in einem deutschen DWR), die eine identische oder sehr ähnliche Aufgabe im Sicherheitssystem haben. Erfasst werden u. a. folgende Informationen:

- Anlage
- Komponentenart
- Zugehöriges System
- Zahl der Einzelkomponenten
- Testmethode und Testintervall
- Hersteller

Darüber hinaus werden im OP-Record auch die zugehörigen statistischen Informationen, wie z. B. der Beobachtungszeitraum sowie die Zahl der im ausgewerteten Beobachtungszeitraum aufgetretenen Einzelfehler für alle ausgewerteten Ausfallarten erfasst. Die „Observed Population Records“ bilden die Grundstruktur der Datensammlung und werden unabhängig von den erfassten GVA-Ereignissen zur Beschreibung der Grundgesamtheiten für jede ausgewertete Komponentenart angelegt, d. h., die OP-Records werden im Rahmen des Erstrundendatenaustauschs für alle vom Datenaustausch erfassten Komponenten angelegt, unabhängig davon, ob tatsächlich GVA-Ereignisse in der entsprechenden Komponentengruppe aufgetreten sind⁵. Für die deutschen KKW existieren aktuell 1.508 OP-Records, die eine Betriebserfahrung von 27.154 Komponentengruppenjahren sowie 214.296 Komponentenjahren abdecken.

⁵ Eine diesbezügliche Ausnahme stellt die Komponentenart „Softwarebasierte Leittechnik“ dar. Hier werden die Komponentengruppen erst angelegt, wenn ein GVA in der entsprechenden Komponentengruppe aufgetreten ist.

In den „**Common Cause Event Records**“, werden die beobachteten GVA-Ereignisse beschrieben und bewertet. Jedes Ereignis ist mit demjenigen Observed Population Record verknüpft, der die Beobachtungseinheit/Komponentengruppe beschreibt, in der das Ereignis aufgetreten ist. Die Common Cause Event Records umfassen Text-, numerische- sowie Schlüsselfelder. Mit Hilfe der Textfelder wird der Ereignisablauf, die Ereignisursache sowie die Bewertung des Ereignisses unter GVA-Gesichtspunkten beschrieben.

Die zusätzlich vorhandenen Schlüsselfelder ermöglichen Recherchen unter bestimmten Gesichtspunkten, wie z. B.

- Ausfallart,
- Ursachenklassifizierung (Root Cause),
- getroffene Abhilfemaßnahmen (Klassifizierung),
- Art der Fehlerentdeckung (z. B. Test oder Anforderung).

Weitere Schlüsselfelder erlauben eine klassifizierende Bewertung der Gleichartigkeit der beobachteten Ausfall- bzw. Schadensursachen (*Shared Cause factor*), der Gleichzeitigkeit der beobachteten Ausfälle bzw. Schäden (*Time factor*) und des Schädigungsgrads der betroffenen Komponenten (*Component degradation value*). Der Schädigungsgrad der Komponenten wird mittels eines „Schädigungsvektors“ (*Impairment vector*) beschrieben, der den Grad der Schädigung der einzelnen Komponenten beschreibt. Hierbei wird folgendes Schema verwendet:

- Ausgefallen (**C**omplete Failure). Die Komponente war nicht in der Lage, ihre sicherheitstechnische Funktion zu erfüllen.
- Geschädigt (**D**egraded). Die Komponente war im Wesentlichen in der Lage, ihre spezifizierte sicherheitstechnische Funktion zu erfüllen, wies jedoch funktionsrelevante Schädigungen auf.
- Schwach geschädigt (**I**ncipient failure). Die Komponente war in der Lage, ihre spezifizierte sicherheitstechnische Funktion zu erfüllen und wies keine funktionsrelevante Schädigungen auf, war jedoch von einem GVA-Fehlermechanismus betroffen, der sich zu einem Funktionsausfall hätte entwickeln können.
- Funktionsfähig (**W**orking). Die Komponente war von dem GVA-Fehlermechanismus nicht betroffen.

Weitere Details zum verwendeten Kodierungsschema sind im General Coding Guide /NEA 12/ enthalten.

A.2.4.2 Weiterentwicklung der ICDE-Datenbank

Im Berichtszeitraum wurde die Datenbanksoftware auf Anforderung des ICDE-Lenkungskreises laufend weiterentwickelt. So wurden z. B. Suchfunktionen und Navigiermöglichkeiten weiter optimiert. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei die Implementierung des Aspekts „Failure Analysis“ in die Datenbank. Mit den hiermit geschaffenen Strukturen besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse der Workshops in strukturierter Form in der Datenbank abzulegen. Hierzu gehört zum einen eine kurze, prägnante verbale Beschreibung des Fehlermechanismus, die dann im Rahmen der ICDE-Berichte verwendet werden kann, zum anderen eine Kodierung des Fehlermechanismus sowie der Fehlerursache.

Die Kodierung erfolgt anhand von vordefinierten Listen, die ebenfalls im Rahmen der Workshops und deren Auswertung erarbeitet wurden und auch zukünftig für neue Komponentenarten erarbeitet werden. Die Listen mit Fehlermechanismen und Fehlerursachen sind Teil des Failure Analysis Kapitels in den General Coding Guidelines.

Im Rahmen der Workshops zeigte sich, dass sich eine ganze Reihe von Erkenntnissen erst aus der vergleichenden Betrachtung mehrerer Ereignisse ergibt. Zu diesem Zweck wurde zunächst bei den Event Records die Möglichkeit geschaffen, sogenannte „Correlated Events“ anzugeben, also Ereignisse, zwischen denen ein enger inhaltlicher Zusammenhang besteht, zu verbinden. Aktuell besteht lediglich die Möglichkeit, mehrere Ereignisse auf diese Weise miteinander zu verbinden, ohne die Art der Verbindung zu spezifizieren. Es liegt ein Entwurf vor, wie diese noch unsortierten „Correlated Events“ mit Hilfe eines Schlagwortkatalogs thematisch kategorisiert werden können. Mögliche Kriterien können hierbei sein:

- Ereignisse durch externe Einwirkungen
 - Wetter
 - Erdbeben
- Ereignisse infolge von Modifikationen an der Anlage
- Ereignisse, die mehrere Blöcke betroffen haben

Ein weiteres wichtiges Feld für die Fortentwicklung der ICDE-Datenbank stellt die systematische Erfassung von GVA-Ereignissen, die mehrere Komponentengruppen gleichzeitig betreffen, dar. Diese komponentengruppenübergreifenden GVA (Cross Component CCFs, X-CCFs) sind Gegenstand laufender Forschungsarbeiten /BBE 16/, /SJC 16/, werden allerdings bis jetzt nicht systematisch im Rahmen des ICDE-Vorhabens erfasst. Auf Initiative der GRS wurden im Rahmen dieses Vorhabens erste Ansätze entwickelt, wie derartige GVA erfasst werden können. Entsprechende Konzepte befinden sich in der Erprobung.

A.3 Ergebnisse des ICDE-Projekts

A.3.1 Stand des ICDE-Datenaustauschs

Während des Berichtszeitraums wurde mit ersten Arbeiten für einen Datenaustausch zur Komponententart Umformer/Wechselrichter begonnen. Zu den übrigen Komponententarten (Leistungsschalter, Füllstandsmessungen, Steuerstäbe und Steuerstabantriebe, Kreiselpumpen, Notstromdieselgeneratoren, motorbetätigten Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Sicherheits- und Entlastungsventile, Wärmetauscher, Batterien, Frischdampfisolationsventile sowie Ventilatoren) erfolgten Updates für neue Beobachtungszeiträume. Informationen zu softwarebasierten leittechnische Einrichtungen aus deutschen KKW wurden zur Vorbereitung des Erstrundendatenaustauschs an den Operating Agent übermittelt.

Insgesamt sind in der ICDE-Datenbank mit Stand vom 12.06.2017 1.745 ICDE-Ereignisse (Event Records) und 9.058 Komponentengruppen in Datensätzen (OP-Records) erfasst. In Tab A.1 ist ein Überblick über die Verteilung dieser Datensätze auf die einzelnen Komponententarten gegeben.

Tab. A 3.1 Umfang ICDE-Datenbank

Komponentenart	Anzahl der Observed Population Records (Komponentengruppen)	Komponentengruppenjahre	Anzahl ICDE-Ereignisse
Batterien	391	5.070	77
Leistungsschalter	1.355	18.613	108
Kreiselpumpen	1.221	33.507	374
Rückschlagarmaturen	1.222	17.243	114
Steuerstäbe und Antriebe	416	5.645	173
Diesel	307	5.129	235
Ventilatoren	724	11.731	32
Wärmetauscher	567	12.348	55
Füllstandsmessungen	583	8.215	154
Frischdampf-isolationsventile	187	2.772	2
Motorbetätigte Absperrarmaturen	1.360	24.171	166
Sicherheitsventile	720	12.718	250
Softwarebasierte Leittechnik	4	-	4
Summe	9.058	157.205	1.745

A.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 bzw. über spezifische, komponentengruppenübergreifende Themen wie z. B. „GVA-Ereignisse durch äußere Einwirkungen“ im Rahmen der Schriftenreihe der OECD/NEA/CSNI. Bisher waren bereits Berichte zu

- Komponentenbericht: Kreiselpumpen 1 /NEA 99/
- Komponentenbericht: Notstromdiesel /NEA 00/
- Komponentenbericht: Motorbetätigte Absperrarmaturen /NEA 01/
- Komponentenbericht: Sicherheits- und Entlastungsventile /NEA 02/
- Komponentenbericht: Rückschlagarmaturen /NEA 03/
- Komponentenbericht: Batterien /NEA 03a/
- Komponentenbericht: Leistungsschalter /NEA 08a/ und
- Komponentenbericht: Füllstandsmessungen /NEA 08b/
- Komponentenbericht: Kreiselpumpen 2 /NEA 13a/ (Update zu /NEA 99/)
- Komponentenbericht: Steuerstäbe und -antriebe /NEA 13b/

erschieden. Im Vorhabenszeitraum wurden Berichte zu folgenden Komponentenarten bzw. Themen erstellt und im Rahmen der OECD/NEA/CSNI-Schriftenreihe veröffentlicht:

- Komponentenbericht: Wärmetauscher /NEA 15a/
- Themenbericht: GVA-Ereignisse durch äußere Einwirkungen /NEA 15b/

Aktuell befinden sich folgende Berichte im QS-Prozess bzw. werden bei der OECD/NEA zur Veröffentlichung vorbereitet:

- Themenbericht: GVA-Ereignisse an Notstromdieselgeneratoren, bei denen die komplette Komponentengruppe betroffen war
- Komponentenbericht: Notstromdiesel 2 (Update zu /NEA 00/)
- Themenbericht: GVA-Ereignisse infolge von Modifikationen an der Anlage

Im Internet wird das ICDE-Projekt von der OECD/NEA (<http://www.oecd-nea.org/jointproj/icde.html>) vorgestellt; dort sind auch die oben erwähnten Berichte frei und öffentlich erhältlich. Darüber hinaus sind die Berichte sowie weitere öffentlich zugängliche Dokumente auf der Internetseite des Operating Agent (<https://projectportal.afconsult.com/ProjectPortal/icde>) verfügbar.

Ein wesentlicher Bestandteil des ICDE-Projekts ist die Präsentation von Arbeitsergebnissen bei Internationalen Fachkonferenzen. Im Rahmen der Konferenz PSAM 13 (Probabilistic Safety Assessment and Management), die vom 02. bis 07. Oktober 2016 in Seoul, Korea stattfand, wurden Ergebnisse des ICDE-Projekts im Rahmen einer eigenen Konferenz-Session vorgestellt. Hierbei wurden vier Vorträge gehalten:

- Recent Insights from the International Common Cause Failure Data Exchange (ICDE) Project /KRE 16/
- ICDE Project Collection and Analysis of Common-Cause Failures of Emergency Diesel Generators
- Expanding the Scope of ICDE: Systematic Collection of Operating Experience with Cross Component Group CCFs /BBE 16/
- C-Book: Common Cause Failure Reliability Data Book

A.3.3 Workshops des ICDE-Projekts

Während der Laufzeit des Vorhabens wurden sechs Workshops durchgeführt, in denen die in der Datenbank enthaltenen Ereignisse hinsichtlich bestimmter Themen ausgewertet wurden bzw. das anstehende Update des Komponentenberichts für Notstromdiesel vorbereitet wurde.

Die Themen der Workshops werden in den vorausgehenden Treffen des ICDE-Lenkungskreises festgelegt. Hierbei kann es sich sowohl um themen- wie auch komponentenspezifische Auswertungen handeln. Anschließend werden in Zusammenarbeit zwischen den Teilnehmern und dem Operating Agent Suchkriterien entwickelt, anhand derer Ereignisse identifiziert werden können, die für das ausgewählte Thema des Workshops relevant sind. Hierbei ist es zwingend erforderlich, auf automatisierte Suchverfahren zurückzugreifen, da der Umfang der Datenbank eine manuelle Betrachtung jedes einzelnen Ereignisses nicht mehr zulässt. Ziel der Vorauswahl ist es, einen Satz

von 30 bis 50 Ereignissen zu erzeugen, die dann im Rahmen des eigentlichen Workshops vertieft analysiert werden.

Zur Durchführung des Workshops werden Gruppen aus 2 bis 3 Personen gebildet. Die Teilnehmer rekrutieren sich im Wesentlichen aus den Projektverantwortlichen der einzelnen Teilnehmerorganisationen. Die Teilnahme zusätzlicher Experten von Betreibern, Aufsichtsbehörden oder sonstigen Organisationen ist mit Zustimmung des Lenkungskreises ebenfalls möglich und hat sich als sehr nützlich erwiesen, um weitere inhaltliche Perspektiven in den Workshop zu integrieren. Je nach Zahl der Ereignisse und Teilnehmern muss jede Gruppe 6 – 10 Ereignisse analysieren. Dies geschieht anhand eines generischen Workshopformats, das um zusätzliche, themenspezifische Fragestellungen ergänzt wird.

Die Ergebnisse der Expertenanalysen werden in einem vorab definierten Format in der Datenbank abgelegt und anschließend in Zusammenarbeit von ICDE-Lenkungskreis und Operating Agent zunächst zu einer „Workshop Summary“ und nach Herausarbeiten der wesentlichen Inhalte zu einem Bericht verarbeitet, der dann im Rahmen der OECD/NEA/CSNI-Schriftenreihe veröffentlicht wird.

Die Ergebnisse der einzelnen Workshops werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

A.3.3.1 Workshop zum Thema Verbesserungen im Bereich WKP & Inspektionen („Improving Testing“)

Während des 39. Treffens des ICDE-Lenkungskreises, das vom 21. – 23. Oktober 2014 in Rež stattfand, wurden Ereignisse diskutiert, die nicht im Rahmen der üblichen regelmäßigen Tests und Inspektionen erkannt worden sind und die somit auf Lücken im Testumfang hinweisen. Derartige Lücken sind für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen hochgradig relevant, da sich die Verfügbarkeitsannahmen im Wesentlichen auf nachgewiesene, erfolgreiche Tests stützen und somit ein abdeckendes Prüfprogramm erfordern.

Zunächst wurden im Rahmen eines Screenings die Ereignisse in der ICDE-Datenbank automatisch durchsucht, um eine Vorauswahl an Ereignissen zu treffen. Hierbei konnte vor allem auf die Kodierung der Testintervalle der Komponentengruppen sowie der Fehlerentdeckungszeit (Latent time) der einzelnen GVA-Ereignisse zurückgegriffen

werden. Ereignisse mit einer Fehlerentdeckungszeit, die größer als das Testintervall ist, deuten auf Fehlermechanismen hin, die im Rahmen der üblichen wiederkehrenden Prüfungen nicht erkannt worden sind. Insgesamt wurden 32 Ereignisse selektiert. In Tab. A.2 ist eine Übersicht der ausgewählten Ereignisse dargestellt:

Tab. A 3.2 Übersicht Ereignisse Workshop „Improving Testing“

Komponentenart ⁶	Anzahl im WS ⁷	Anzahl in DB
Batterien	4 (12,5%)	77 (4,4%)
Leistungsschalter	1 (3,1%)	105 (6,1%)
Kreiselpumpen	6 (18,8%)	366 (21,2%)
Rückschlagarmaturen	2 (6,2%)	113 (6,6%)
Diesel	1 (3,1%)	228 (13,2%)
Wärmetauscher	1 (3,1%)	55 (3,1%)
Füllstandsmessungen	3 (9,3%)	154 (8,9%)
Motorbetätigte Absperrarmaturen	5 (15,6%)	164 (9,5%)
Sicherheitsventile	9 (28,1%)	250 (14,5%)
Summe	32	1.512

Aus der Ereignissammlung lässt sich der Schluss ziehen, dass nicht alle Komponentenarten gleichermaßen von der Problematik nicht abdeckender Tests betroffen waren; Batterien, motorbetätigte Absperrarmaturen sowie Sicherheitsventile waren überrepräsentiert, während vor allem die Notstromdiesel stark unterrepräsentiert waren.

Basierend auf der Untersuchung der 32 Ereignisse wurden folgende regelmäßig auftretende Probleme im Bereich WKP & Inspektionen identifiziert:

- Testprozeduren fehlten völlig
- Testprozeduren wurden nach Modifikationen an der Anlage nicht an den neuen Anlagenzustand angepasst
- Es wurden nach Modifikationen an der Anlage keine abdeckenden Funktionsprüfungen durchgeführt

⁶ Es wurden nur Komponentenarten aufgeführt, bei denen relevante Ereignisse gefunden worden sind.

⁷ Workshop

- Der Umfang der Tests – vor allem hinsichtlich der zu unterstellenden Anlagenzustände – war nicht ausreichend. In mehreren Fällen waren z. B. sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen niemals unter Notstrombedingungen getestet worden und hätten in diesem Fall nicht auslegungsgemäß gearbeitet
- Die zum Testen und Prüfen verwendeten Einrichtungen waren nicht adäquat oder schlecht gewartet bzw. kalibriert

Im Anschluss an den Workshop kamen die Teilnehmer zu dem Ergebnis, dass mit dem vorliegenden Satz von Ereignissen eine Reihe von interessanten Aspekten herausgearbeitet werden konnten. Es wurde jedoch angemerkt, dass die zur Auswahl der Ereignisse verwendete Selektionsmethode, die sich im Wesentlichen auf den Abgleich des Testintervalls mit der Fehlerentdeckungszeit stützte, mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht alle in der ICDE-Datenbank enthaltenen, relevanten Ereignisse erfasst hat. Es wurde aus diesem Grund beschlossen, einen weiteren Workshop zum Thema „Improving Testing“ durchzuführen, in dem zusätzliche Ereignisse analysiert werden sollen. Hierbei wird u. a. eine Schlagwortsuche in den Ereignisbeschreibungen zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse beider Workshops sollen in einem zusammenfassenden Bericht im Rahmen der OECD/NEA/CSNI-Schriftenreihe veröffentlicht werden.

A.3.3.2 Workshops zu GVA-Ereignissen an Notstromdieseln

Eines der wesentlichen Ziele des ICDE-Vorhabens ist es, die komponentenspezifische Betriebserfahrung mit GVA zu sammeln und aufzubereiten. Zu diesem Zweck werden – i. d. R. unmittelbar nach Abschluss des Erstrundendatenaustauschs – Komponentenberichte zusammengestellt. Bis jetzt wurden insgesamt elf dieser Komponentenberichte veröffentlicht. Bereits im Jahr 2000 wurde der erste Komponentenbericht zu Notstromdieseln veröffentlicht, zu diesem Zeitpunkt umfasste die Datenbank 106 Ereignisse. Da der Datenbestand in der Zwischenzeit erheblich angewachsen ist - zum Zeitpunkt des Workshops auf 224 Ereignisse – wurde beschlossen ein Update für den Komponentenbericht „Notstromdiesel“ zu erstellen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Tatsache, dass es sich bei 23 dieser 224 GVA-Ereignisse um „Complete CCF“ handelt, also um Ereignisse, bei denen sämtliche redundanten Komponenten ihre sicherheitstechnische Funktion nicht mehr wahrnehmen konnten.

Ziel des Berichts ist es,

- einen Überblick über die aktuelle Datensammlung bezüglich Notstromdiesel zu geben
- qualitative Erkenntnisse hinsichtlich Ereignisursachen, GVA-Kopplungsmechanismen, oder Abhilfe- bzw. Vorsorgemaßnahmen bezüglich GVA zu gewinnen
- detaillierte Erkenntnisse bezüglich der wirksamen GVA-Fehlermechanismen zu erlangen.

Hierfür ist es u. A. erforderlich, dass jedes Dieselereignis in der ICDE-Datenbank entsprechend den Vorgaben des „Failure Analysis Coding Guide“ analysiert und kodiert ist, um die für den Bericht nötigen Auswertungen hinsichtlich Fehlermechanismus und Fehlerursache durchführen zu können. Bei den ICDE-Lenkungskreistreffen in Vandellós, Spanien vom 13. – 15. Oktober 2015 (Nr. 41) sowie in Paris vom 12. – 14. April 2016 (Nr. 42) wurden diese Analysen und Kodierungen jeweils im Rahmen eines Workshops erarbeitet.

Der entsprechende Bericht befindet sich aktuell im Veröffentlichungsprozess durch das CSNI. Die Ergebnisse dieses Berichts können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die häufigste Ursache für GVA an Notstromdieseln lag im Bereich der Hilfssysteme wie z. B. Kühlung, Treibstoffversorgung usw.
- Schwerwiegende Probleme des Test- und WKP-Programms konnten nicht identifiziert werden, der überwiegende Teil der GVA-Phänomene wurde im Rahmen derartiger Prüfungen erkannt, nur bei 8 von 224 Ereignissen (ca. 3,5 %) trat der Fehler erst bei einer tatsächlichen Anforderung des Diesels auf.
- Ein erheblicher Teil der beobachteten GVA an Notstromdieseln betraf mehrere Anlagen bzw. Blöcke (Multi-Unit Events)

A.3.3.3 Workshop zum Thema Multi-Unit Events

Im Rahmen des 40. Treffens des ICDE-Lenkungskreises, das vom 21. – 23. April 2015 in Paris stattfand, wurde ein erster Workshop zum Thema „Multi-Unit Events“ durchgeführt, der im Rahmen des 43. Treffens (10. – 12. Oktober 2016 in Seoul) fortgesetzt wurde. Multi-Unit Events sind GVA-Ereignisse, bei denen der GVA-Fehlermechanismus in mehr als einem Kraftwerksblock aufgetreten ist. Derartige Ereignisse sind vor allem für Länder wie Frankreich, Korea oder auch Kanada von Interesse, da diese Länder i. d. R. eine Mehrzahl von Blöcken an einem Standort betreiben. Auch in Deutschland befindet sich am Standort Gundremmingen eine aktuell in Betrieb befindliche Doppelblockanlage. Darüber hinaus besteht in Deutschland die Situation, dass sich mehrere Einrichtungen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird an einem Standort befinden. Am Standort Philippsburg befindet sich z. B. aktuell ein KKW-Block mit Berechtigung zum Leistungsbetrieb, ein KKW-Block ohne Berechtigung zum Leistungsbetrieb, das Standortzwischenlager sowie in naher Zukunft ein Reststoffbearbeitungszentrum und ein Standort-Abfalllager. Die Thematik ist somit auch für deutsche Anlagen von Relevanz.

Bei der Vorbereitung des Workshops hatte sich gezeigt, dass zunächst eine eindeutige Definition derartiger Ereignisse erarbeitet werden muss. Im Zuge der Vorbereitung des Workshops wurden Definitionen für drei unterschiedliche Arten von „Multi-Unit Events“ entwickelt:

Verbundene Systeme

Erstens Ereignisse, die verbundene Systeme betreffen. Bei dieser Art von Ereignissen betrifft ein GVA-Fehlermechanismus sicherheitstechnisch relevante Einrichtungen oder Systeme bei mehreren Blöcken in einer Anlage, die unmittelbar miteinander verbunden sind oder von einer gemeinsam genutzten externen Ressource abhängig sind. Hierzu gehören:

- Verfahrenstechnisch verbundene Systeme
- Gemeinsam genutzte (blockgemeinsame) Systeme
- Gemeinsam genutzte externe Einrichtungen (z. B. Kühlwasserkanal oder Schaltfeld)

Von besonders hoher sicherheitstechnischer Relevanz sind derartige Ereignisse, wenn die Verbindung bzw. der wirksame Fehlermechanismus zum Zeitpunkt seines Auftretens unbekannt ist. Ein Beispiel für ein derartiges Ereignis wäre ein Phasenfehler in einem Schaltfeld über das mehrere Blöcke mit dem Übertragungsnetz verbunden sind.

Nicht verbundene Systeme mit potentiell gleichzeitigem Fehlereintritt

Zweitens Ereignisse aufgrund identischer GVA-Fehlermechanismen in nicht verbundenen Systemen mit potentiell gleichzeitigem Fehlereintritt. D. h. es liegt ein GVA-Fehlermechanismus vor, bei dem unterstellt werden muss, dass sich bei mehreren Blöcken in einer Anlage eine nicht vernachlässigbare Wahrscheinlichkeit für einen blockübergreifenden, gleichzeitigen Ausfall von Komponenten ergibt. Hierzu gehören z. B. Ereignisse aufgrund blockgemeinsamer Wartungs- und Prüfprozeduren oder auch GVA-Ereignisse aufgrund fehlerhafter bzw. ungeeigneter Komponenten, die an mehreren Blöcken eines Standorts verwendet worden sind. Fehlermechanismen dieser Art können Einfluss auf die Modellierung in der PSA haben, so kann sich z. B. die Notwendigkeit ergeben, größere Komponentengruppen (Common Cause Component Groups, CCCGs) zu modellieren, mit denen dann nicht nur die ähnlichen, redundanten Komponenten eines Blocks, sondern sämtliche vergleichbare Komponenten am Standort erfasst werden.

Nicht verbundene Systeme ohne potentiell gleichzeitigen Fehlereintritt

Sowie drittens Ereignisse infolge ähnlicher GVA-Fehlermechanismen in nicht verbundenen Systemen ohne potentiell gleichzeitigen Fehlereintritt. Hierzu zählen alle Ereignisse, bei denen Komponenten in mehreren Blöcken betroffen waren, jedoch kein zeitnaher Ausfall unterstellt werden muss. Hierunter fallen auch Ereignisse, bei denen mehrere Blöcke an unterschiedlichen Standorten betroffen waren (sog. „Fleet Events“). Die unmittelbare sicherheitstechnische Bedeutung derartiger Ereignisse ist i. d. R. geringer als bei den beiden anderen Arten von „Multi-Unit Events“, eine Häufung dieser Fälle deutet jedoch auf eine unzureichende Auswertung und Weitergabe der Betriebserfahrung hin.

Eine der wesentlichen Erkenntnisse beider Workshops bestand in der Feststellung, dass Multi-Unit Events deutlich häufiger sind, als angenommen. Im Rahmen der Workshops wurden alleine 62 Multi-Unit Events mit insgesamt 128 ICDE-Events⁸ bearbeitet. Weitergehende Untersuchungen der Projektteilnehmer in ihren eigenen Datenbeständen ergaben weitere 34 Multi-Unit Events mit 81 verknüpften ICDE-Ereignissen. In Anbetracht der Vielzahl an Ereignissen kann somit davon ausgegangen werden, dass die konsequente Berücksichtigung von Multi-Unit Events nicht unerhebliche Auswirkungen auf die Ergebnisse von probabilistischen Sicherheitsanalysen von KKW haben wird.

Die Ergebnisse der Workshops sowie der zusätzlichen Auswertungen der einzelnen Projektteilnehmer werden aktuell zusammengestellt und im Rahmen der OECD/NEA/CSNI-Schriftenreihe veröffentlicht. In Anbetracht des vorläufigen Status der Auswertungen werden an dieser Stelle keine weitergehenden inhaltlichen Ausführungen getätigt.

⁸ Entsprechend den Vorgaben des General Coding Guides wurde i. d. R je GVA-Ereignis und Block ein Common Cause Event Record erstellt. Hinter dem meisten „Multi-Unit Events“ stehen somit mehrere Common Cause Event Records.

A.4 Zusammenfassung und Ausblick zum ICDE-Projekt

Im Rahmen des ICDE-Projekts der OECD/NEA wird seit mehr als 20 Jahren auf internationaler Ebene Betriebserfahrung zum Thema Gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA, oder Common Cause Failure, CCF) systematisch in einer Datenbank gesammelt, ausgetauscht und analysiert. Beteiligt an diesem Projekt sind sowohl Behörden als auch Gutachterorganisationen und Forschungseinrichtungen. Der internationale Austausch bezüglich GVA ist erforderlich, da derartige Ausfälle zum einen große Auswirkungen auf das Sicherheitssystem kerntechnischer Anlagen haben können, zum anderen jedoch – verglichen mit Einzelfehlern – deutlich seltener auftreten. Aus diesem Grund ist die nationale Betriebserfahrung nicht ausreichend, um die Thematik abdeckend zu erfassen.

Mit den Arbeiten im Rahmen des ICDE-Projekts verfolgt die GRS drei übergeordnete Ziele:

- Sicherstellung des weiteren Zugangs zu der im Rahmen des ICDE-Projekts gesammelten internationalen Betriebserfahrung durch systematische Erfassung und Einspeisung der deutschen Betriebserfahrung mit GVA
- Auswertung der internationalen Betriebserfahrung im Hinblick auf für deutsche KKW relevante GVA-Effekte und GVA-Fehlermechanismen
- Fortschreibung des Standes von Wissenschaft und Technik bezüglich GVA

Während des Vorhabenszeitraums wurde die GVA-Betriebserfahrung des Zeitraums 01.01.2003 bis zum 31.12.2010 von insgesamt acht deutschen Anlagen ausgewertet und in die ICDE-Datenbank eingespeist. Darüber hinaus die Betriebserfahrung mit der Komponentenart „Softwarebasierte Leittechnik“ für alle deutschen KKW bis zum 31.12.2010 ausgewertet und eingespeist. Da der Zugang zu den Daten innerhalb des Projekts nach dem Quid-pro-quo Prinzip organisiert ist, d. h. dass jeder in dem Maße Zugang zu den Daten der anderen Projektteilnehmer erhält, in dem er selber Informationen bereitstellt, ist nur durch einen kontinuierlichen Beitrag sichergestellt, dass die GRS auch weiterhin Zugriff auf die ausländische Betriebserfahrung hat.

Während der Laufzeit des Vorhabens wurden im Rahmen der halbjährlichen Treffen des ICDE-Lenkungskreises insgesamt sechs Workshops durchgeführt. Beteiligt waren jeweils die Mitglieder des Lenkungskreises sowie ggf. weitere Personen (z. B. von Be-

hörden oder auch Anlagen) auf Einladung des Lenkungskreises. Im Zuge der Workshops wurden sowohl komponenten- wie auch themenspezifische Auswertungen bezüglich GVA-Phänomenen durchgeführt. So wurde u. a. ein neuer Bericht bezüglich GVA-Phänomenen an Notstromdieseln erarbeitet und Auswertungen bezüglich block- und anlagenübergreifenden GVA (Multi Unit CCF) sowie GVA, die auf Mängel im Testprogramm hindeuten, durchgeführt. Im Vorhabenszeitraum wurden zwei CSNI-Berichte zu GVA-spezifischen Themen abgeschlossen und veröffentlicht (Komponentenbericht zu Wärmetauschern sowie ein Themenbericht zu GVA-Ereignissen durch äußere Einwirkungen). Drei weitere Berichte (je ein Themenbericht zu GVA-Ereignissen an Notstromdieselgeneratoren, bei denen die komplette Komponentengruppe betroffen war sowie bezüglich GVA-Ereignissen infolge von Modifikationen an der Anlage und ein Update des Komponentenberichts bezüglich GVA an Notstromdieseln) befinden sich im Erstellungs- bzw. Veröffentlichungsprozess.

Darüber hinaus wurde im Rahmen des ICDE-Projekts aktiv an der Fortschreibung des Standes von Wissenschaft und Technik bezüglich GVA gearbeitet. Dies betrifft zum einen das Thema Multi-Unit CCF, so wurden z. B. im Rahmen der Workshops unterschiedliche Typen von block- bzw. standortübergreifenden GVA definiert sowie relevante Komponentengruppen identifiziert. Zum anderen wird aktuell an Methoden zur systematischen Sammlung von Betriebserfahrung bezüglich GVA, die gleichzeitig mehr als eine Komponentengruppe betreffen (komponentengruppenübergreifende GVA, Cross Component Group CCF, X-CCF) gearbeitet.

Aufgrund der bisher erzielten Ergebnisse und des hohen internationalen Ansehens des ICDE-Projekts sollen die Arbeiten im Rahmen der OECD/NEA/CSNI weitergeführt werden. In Zukunft wird der Schwerpunkt der Arbeiten im ICDE-Projekt, neben der Erfassung von Informationen zu GVA-Ereignissen, auf der Analyse der eingespeisten Daten liegen. Diese Analysen sollen nicht nur komponentenartspezifisch durchgeführt werden, sondern es sollen auch spezielle komponentenartübergreifende Analysen zu ausgewählten Fragestellungen erfolgen. Die Ergebnisse dieser Analyse sollen in generischen Berichten veröffentlicht werden.

A.5 Literaturverzeichnis - Anhang

- /BBE 16/ Brück, B.; Kreuser, A.; Stiller, J.; Leberecht, M.
Expanding the Scope of ICDE: Systematic Collection of Operating
Experience with Cross Component Group CCFs
PSAM 13, 02. – 07. Oktober 2016, Seoul, Korea
- /KRE 16/ Kreuser, A., Johanson, G.
Recent Insights from the International Common Cause Data Exchange
(ICDE) Project
PSAM 13, 02. – 07. Oktober 2016, Seoul, Korea
- /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 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
- /NEA 12/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
International Common Cause Failure Data Exchange (ICDE)
General Coding Guidelines, Updated Version
NEA/CSNI/R(2011)12, February 2012
- /NEA 13a/ 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(2013)2, June 2013

/NEA 13b/ Nuclear Energy Agency Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report on Collection and Analysis of Common-Cause
Failures of Control Rod Drive Assemblies
NEA/CSNI/R(2013)4, June 2013

/NEA 15a/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-Cause Failures
of Heat Exchangers
NEA/CSNI/R(2015)11, August 2015

/NEA 15b/ Nuclear Energy Agency
Committee on the Safety of Nuclear Installations
ICDE Workshop on Collection and Analysis of Common-Cause Failures
due to External Factors
NEA/CSNI/R(2015)17, Oktober 2015

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	Vergleich vorhandene und neue, bisher nicht ausgewertete GVA-Ereignisse.....	6
Tab. 2.2	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Kreiselpumpen.....	8
Tab. 2.3	Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an Kreiselpumpen.....	10
Tab. 2.4	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Notstromdieselag-gregaten.....	11
Tab. 2.5	Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermechanismen an Notstromdieseln.....	13
Tab. 2.6	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an MOVs	14
Tab. 2.7	Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermecha-nismen an MOVs	15
Tab. 2.8	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Rückschlag-armaturen	16
Tab. 2.9	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Sicherheits-und Entlastungsventilen.....	17
Tab. 2.10	Für deutsche KKW relevante Ausfallsymptome und GVA-Fehlermecha-nismen an Sicherheits- und Entlastungsventilen	18
Tab. 2.11	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Batterien.....	19
Tab. 2.12	Gruppierung der identifizierten Fehlermechanismen an Leistungsschaltern.....	20
Tab. A 3.1	Umfang ICDE-Datenbank	42
Tab. A 3.2	Übersicht Ereignisse Workshop „Improving Testing“.....	46

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

Schwertnergasse 1
50667 Köln

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Boltzmannstraße 14

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