

**Untersuchung
fortschrittlicher
Methoden für erweiterte
PSA-Analysen im
Rahmen des EU-Projekts
ASAMPSA_E**

**Untersuchung
fortschrittlicher
Methoden für erweiterte
PSA-Analysen im
Rahmen des EU-Projekts
ASAMPSA_E**

Abschlussbericht

Horst Löffler

Juni 2017

Anmerkung:

Dieser Bericht wurde von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH im Auftrag des BMWi im Rahmen des Vorhabens RS1517 erstellt.

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

Brennelementlagerbecken, EVA, EVI, PSA, Nichtleistungsbetrieb, Notfallmaßnahmen, übergreifende Einwirkungen

Kurzfassung

Ziel des ASAMPSA_E-Projekts im 7. FRP EURATOM war die Weiterentwicklung von PSA-Methoden für die Durchführung von PSA mit erweitertem Betrachtungsumfang. An dem Projekt nahmen Experten aus 28 Organisationen in 18 europäischen Ländern teil. Die Gesamtprojektleitung lag beim IRSN (Frankreich).

Das Projekt war in vier technische Arbeitspakete unterteilt. Zwei der vier Arbeitspakete wurden von der GRS geleitet. Der Projektbeginn war am 01.07.2013, das Ende am 31.12.2016.

Während des Projektes sind insgesamt 24 veröffentlichte Dokumente erarbeitet worden /ASA17/.

Die Dokumente betreffen folgende Themenbereiche des EU-Projektes:

- General issues for PSA
- External hazards and PSA
- L2 PSA and severe accident management strategies
- PSA End-users survey learnings

Der vorliegende Abschlussbericht gibt eine Zusammenfassung zu diesen Berichten, eine Darstellung der Beiträge der GRS sowie eine allgemeine Zusammenfassung zum Vorhaben.

Abstract

The aim of the ASAMPSA_E-Project in the 7th FRP EURATOM was the further development of PSA-methods in order to perform so-called „extended“ PSA.

Experts from 28 organizations in 18 European countries took part in the project. The technical project leadership was with IRSN (France). The project was separated into four technical work packages. Two of the four packages have been led by GRS.

The project started on July 01, 2013, and it ended on December 31, 2016. During the project 24 documents have been published /ASA17/, which are attributed to the following issues according to the work packages of the EU-project:

- General issues for PSA
- External hazards and PSA
- L2 PSA and severe accident management strategies
- PSA End-users survey learnings

The present report provides a summary of these documents, a characterization of the GRS activities and a general summary of the project.

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	I
	Abstract.....	II
1	Einführung	1
2	Allgemeine Aspekte zur PSA	3
3	Äußere Einwirkungen in der PSA	7
4	PSA der Stufe 2 und Notfallmaßnahmen.....	9
5	Erkenntnisse aus der Begleitung der Arbeiten durch PSA-Nutzer	11
6	Beiträge der GRS	13
7	Allgemeine Zusammenfassung zum Vorhaben ASAMPSA_E	15
	Literaturverzeichnis.....	19

1 Einführung

Ziel des ASAMPSA_E-Projekts im 7. FRP EURATOM war die Weiterentwicklung von PSA-Methoden für die Durchführung von PSA mit erweitertem Betrachtungsumfang. Insbesondere sollen Empfehlungen für die Durchführung von PSA für übergreifende Einwirkungen von außen (EVA) und innen (EVI), für die PSA im Nichtleistungsbetrieb (NLB) sowie für die Berücksichtigung von Unfallabläufen im Brennelementlagerbecken (BE-Becken) erarbeitet werden, wobei Kombinationen von auslösenden Ereignissen (übergreifende Einwirkungen von außen wie innen) besonders berücksichtigt werden.

Weiterhin sollten Empfehlungen für einen harmonisierten europäischen Ansatz für risikoinformierte Entscheidungsfindung gefunden werden. Das BMWi-Vorhaben diente zur Ko-Finanzierung der Arbeiten in ASAMPSA_E.

An dem Projekt nahmen Experten aus 28 Organisationen in 18 europäischen Ländern teil. Die Gesamtprojektleitung lag beim IRSN (Frankreich). Das Projekt war in vier technische Arbeitspakete unterteilt. Zwei der vier Arbeitspakete wurden von der GRS geleitet.

Der Projektbeginn war am 01.07.2013, das Ende am 31.12.2016. Zwischenzeitlich war die Projektdauer um ein halbes Jahr verlängert worden.

Während des Projektes sind insgesamt 24 veröffentlichte Dokumente erarbeitet worden /ASA17/. Der vorliegende Abschlussbericht ist gleich gegliedert wie die Arbeitspakete des EU-Projektes. Es handelt sich um die Arbeitsthemen:

- General issues for PSA
- External hazards and PSA
- L2 PSA and severe accident management strategies
- PSA End-users survey learnings

Mit diesen Dokumenten sind sämtliche im ASAMPSA_E-Projekt der EU geplanten Berichte erstellt worden. Da das Ziel des BMWi-Vorhabens der Ko-Finanzierung dieser Arbeiten diente, und da die Dokumente auch dem BMWi zugänglich sind, ist damit zugleich auch das Ziel der BMWi-Förderung erreicht worden.

Auf der Website von ASAMPSA_E werden zudem vier bibliographische Dokumente aufgeführt, die vor allem zur Unterstützung der Arbeiten innerhalb des Projektes dienen und hier nicht weiter beschrieben werden.

Ferner wurden zahlreiche interne Dokumente und Entwurfsfassungen erarbeitet, die aber nicht zur Veröffentlichung bestimmt sind. Aus diesem Grunde haben die Nummern der in den nachfolgenden Abschnitten genannten veröffentlichten Berichte keine fortlaufende Nummerierung.

2 Allgemeine Aspekte zur PSA

In diesem Arbeitspaket (englisch: „general issues for PSA“), das von der GRS geleitet wurde, sind sieben Berichte erstellt worden /ASA17/:

- D30.2: Lessons of the Fukushima Dai-ichi accident for PSA
- D21.2: List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E
- D30.7 vol. 1: Extended PSA and its use in decision making (summary)
- D30.7 vol. 2: Methodology for selecting initiating events and hazards for consideration in an extended PSA
- D30.7 vol. 3: Risk metrics for extended PSA
- D30.7 vol. 4: The link between the defense-in-depth concept and extended PSA
- D30.7 vol. 5: The PSA assessment of defense-in-depth – memorandum and proposals

Nachfolgend werden die genannten Berichte kurz charakterisiert.

D30.2:

Lessons of the Fukushima Dai-ichi accident for PSA:

Dieser Bericht befasst sich mit Erkenntnissen, die sich aus den Unfällen in Fukushima-Dai-ichi für PSA ergeben. Es wurde untersucht, ob und ggf. welche Lücken in PSA der Stufe 1 und 2 vorliegen und in welchen Bereichen bestehende PSA-Modelle für Kernkraftwerke vordringlich überprüft und ggf. verbessert werden sollten.

Eine der zentralen Fragen ist die Berücksichtigung externer auslösender Ereignisse bei den verschiedenen Stufen des Defense-in-Depth Konzepts. Die Autoren geben entsprechende Empfehlungen für die verschiedenen Elemente einer PSA, die zum Teil in nachfolgenden Projektberichten aufgegriffen worden sind. Wesentliche Punkte sind Verbesserungen bei der Analyse seltener (externer) Einleitungsereignisse sowie die Berücksichtigung aller Betriebszustände und der Brennelementlagerbecken.

D21.2:

List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E:

Dieser Bericht enthält eine umfassende Liste potenziell relevanter externer Gefährdungen aus naturbedingten Gründen und aus zivilisatorischen Einwirkungen. Es wurde eine Matrix mit möglichen Korrelationen dieser Gefährdungen erstellt (z. B. Sturm verbunden mit starkem Schneefall). Insgesamt wurden 73 natürliche Phänomene und 23 zivilisatorische Beiträge zusammengestellt, für die insgesamt 577 Korrelationen vorliegen.

D30.7 vol. 1:

Extended PSA and its use in decision making (summary):

Dieser Bericht fasst die Aktivitäten im zugehörigen Arbeitspaket (WP30) zusammen. Das Hauptaugenmerk liegt darauf, wie ein Entscheidungsprozess durch eine erweiterte („extended“) PSA unterstützt werden kann.

Im Einzelnen werden zusammengefasst:

- Erfahrungen für PSA aus den Unfällen in Japan
- Maßzahlen („metrics“) zur Quantifizierung von Risiko
- Auswahl von relevanten einleitenden Ereignissen für eine PSA („screening“)
- Verbindung zwischen erweiterter PSA und dem gestaffelten Sicherheitskonzept (defense-in-depth).

D30.7 vol. 2:

Methodology for selecting initiating events and hazards for consideration in an extended PSA:

Der Bericht schlägt ein Vorgehen in vier Schritten vor, wie aus der großen Vielzahl denkbarer Ereignisse für eine PSA mit erweitertem Betrachtungsumfang diejenigen identifiziert werden können, die für die Anlage am jeweiligen Standort Relevanz haben:

- Grobauswahl (qualitative screening) der Ereignisse und Gefährdungen
- Erste (möglicherweise pessimistische) Abschätzung von Häufigkeiten der ausgewählten Ereignisse

- Abschätzung der Einwirkungen der identifizierten Ereignisse auf die Anlage. Dies kann dazu führen, dass die Ereignisse nicht mehr betrachtet zu werden brauchen, oder dass sie einer Gruppe zugeschlagen werden, oder dass für sie eine detaillierte Analyse vorgenommen werden muss.
- Quantitative PSA für die nicht ausgeschlossenen Einwirkung(-sgruppen)

D30.7 vol. 3:

Risk metrics for extended PSA:

Dieser Bericht gibt einen Überblick über die in Stufe 1 und Stufe 2 der PSA verwendeten Risikomaße. Er erläutert ihre Vorteile und Beschränkungen. Der Bericht schlägt ferner einige präzisere Risikomaße vor, um Entscheidungsprozesse besser zu unterstützen. Im Allgemeinen hängt das geeignete Risikomaß vom Zweck der PSA ab und es ist oft sinnvoll mehr als ein Maß zu verwenden. Der Bericht empfiehlt, in allen PSA – ggf. zusätzlich – folgende Risikomaße auszuweisen:

- In PSA der Stufe 1 Häufigkeit von Brennstoffschäden und ein Maß für die Mobilisierung von Radionukliden,
- In PSA der Stufe 2 die Häufigkeit für Verlust der Sicherheitsbehälterfunktion und ein integrales Risikomaß als Produkt aus den freigesetzten Aktivitäten und der Häufigkeit der Freisetzungen.

D30.7 vol. 4:

The link between the defense-in-depth concept and extended PSA

sowie

D30.7 vol. 5:

The PSA assessment of defense-in-depth – memorandum and proposals:

Diese Berichte gehen ein auf den Zusammenhang zwischen dem gestaffelten Sicherheitskonzept („Defense-in-Depth“ - DiD) und PSA. Grundsätzlich ist die PSA geeignet, das DiD-Konzept zu überprüfen und gegebenenfalls Schwachstellen in diesem Konzept aufzuspüren.

In der Praxis sind die bestehenden PSA jedoch nicht so strukturiert, dass diese Aufgabe unmittelbar geleistet werden kann, weil die Einordnung von Sicherheitsfunktionen in die Ebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts nicht berücksichtigt wird.

Die Berichte empfehlen, die Methoden, die beide bewährt sind, in ihren Eigenheiten weiterhin zu entwickeln und anzuwenden, um durch diese Diversität einen Sicherheitsgewinn zu erzielen.

Weiterhin werden Vorschläge gemacht, wie PSA Modelle zu strukturieren sind, so dass sie einfacher für Bewertungen des DiD-Konzepts genutzt werden können.

3 **Äußere Einwirkungen in der PSA**

Ursprünglich waren zwei Arbeitspakete zu diesem Themenbereich vorgesehen:

- Initiating events (internal and external hazards) modeling
- How to introduce hazards in L1 PSA and all possibilities of event combination

Im Verlauf der Arbeiten hat sich jedoch herausgestellt, dass es wesentlich effizienter ist, diese Aspekte gemeinsam zu behandeln.

Daher wurden die erstellten Berichte nun gemeinsam unter dem englischen Titel „External Hazards and PSA“ herausgegeben /ASA17/:

- D50.15 vol. 1, Report 1:
Guidance document on practices to model and implement EARTHQUAKE hazards in extended PSA (final version)
- D50.15 vol. 2, Report 1:
Guidance document on practices to model and implement EARTHQUAKE hazards in extended PSA (final version)
- D50.16 Report 2:
Guidance document on practices to model and implement FLOODING hazards in extended PSA (final version)
- D50.17 Report 3:
Guidance document on practices to model and implement EXTREME WEATHER hazards in extended PSA (final version)
- D50.18 Report 4:
Guidance document on practices to model and implement LIGHTNING hazards in extended PSA (final version)
- D50.19 Report 5:
Guidance document on practices to model and implement BIOLOGICAL hazards in extended PSA (final version)
- D50.20 Report 6:
Guidance document on practices to model and implement MAN-MADE HAZARDS AND AIRCRAFT CRASH in extended PSA (final version)

Wie aus den Titeln zu ersehen, befasst sich jeder der Berichte mit einem bestimmten Phänomen, das auf eine Anlage einwirken kann.

Jeder Bericht hat folgende Elemente:

- Abschätzung (Screening), ob das Phänomen am Anlagenstandort relevant ist
- Quantitative Ermittlung von Ausmaß und Häufigkeit des Phänomens
- Bewertung von Gegenmaßnahmen
- Auswirkung des Phänomens auf die Anlagenkomponenten und Systeme
- Struktur und Aussagefähigkeit einer entsprechenden PSA

Generell ist festzustellen, dass die Ermittlung von Häufigkeiten für seltene äußere Einwirkungen in Abhängigkeit von der Einwirkungsintensität die Hauptschwierigkeit ist. Falls diese ermittelt sind, können die weiteren Arbeitsschritte der PSA mit den bestehenden Methoden durchgeführt werden – auch wenn dazu ggf. ein erheblicher Aufwand erforderlich sein kann.

4 PSA der Stufe 2 und Notfallmaßnahmen

In diesem Arbeitspaket (englisch: „L2 PSA and severe Accident Management strategies“) sind unter der Federführung der GRS vier Berichte erstellt worden /ASA17/:

- D40.7 vol. 1:
ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Summary
- D40.7 vol. 2:
ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Implementing external events in L2 PSA
- D40.7 vol. 3:
ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Guidance on the verification and improvement of SAM strategies with L2 PSA
- D40.7 vol. 4:
Complement of existing ASAMPSA2 guidance for shutdown states of reactors, spent fuel pool and recent R&D

Nachfolgend werden die genannten Berichte kurz charakterisiert.

D40.7 vol. 1:

ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Summary:

Dieser Bericht fasst die an verschiedenen Stellen des Projektes verfügbaren Informationen zu PSA der Stufe 2 einheitlich zusammen. Diese Themen werden an anderer Stelle des vorliegenden Berichtes bearbeitet, so dass sie hier nur erwähnt werden.

Der Bericht behandelt folgende Aspekte:

- Einfluss externer auslösender Ereignisse auf PSA der Stufe 2
- Problematik von mehreren Anlagen an einem Standort
- Verifikation und Verbesserung von Notfallmaßnahmen mittels PSA
- PSA der Stufe 2 für Anlagenzustände mit offenem RDB
- Unfälle im Brennelementlagerbecken
- Neuere Forschungsergebnisse mit Bezug auf PSA der Stufe 2

D40.7 vol. 2:

ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Implementing external events in L2 PSA:

Dieser Bericht stellt fest, dass aus Sicht der Stufe 2 einer PSA das methodische Werkzeug zur Behandlung von äußeren Einwirkungen im Wesentlichen verfügbar ist.

Besonderes Augenmerk ist auf folgende Aspekte zu richten:

- Menschliche Handlungen unter dem Einfluss extremer äußerer Ereignisse
- Ergebnisdarstellung sollte ein integrales Risikomaß enthalten
- Für Mehrblockanlagen fehlt eine praktisch anwendbare Methode

D40.7 vol. 3:

ASAMPSA_E Guidance for L2 PSA – Guidance on the Verification and Improvement of SAM Strategies with L2 PSA:

Dieser Bericht stellt zunächst Beispiele zu Notfallmaßnahmen aus 12 Ländern zusammen. Anhand dessen werden für 11 Themenbereiche, z. B.

- Qualifizierung der Ausrüstung,
- Sicherheitsbehälterdruck,
- brennbare Gase ...

Vorschläge gemacht, wie PSA der Stufe 2 für eine Optimierung von Notfallmaßnahmen eingesetzt werden können.

D40.7 vol. 4:

Complement of existing ASAMPSA2 guidance for shutdown states of reactors, spent fuel pool and recent R&D:

Dieser Bericht ergänzt die vor den Unfällen in Japan abgeschlossenen Berichte des ASAMPSA2-Projektes um neuere Entwicklungen und Forschungsergebnisse sowie um spezifische Fragen für den Nichtleistungsbetrieb und das Brennelementlagerbecken.

Ein wesentlicher Anteil des Berichtsumfanges besteht aus Anhängen, in denen neuere Entwicklungen der teilnehmenden Organisationen beispielhaft dargestellt werden.

5 Erkenntnisse aus der Begleitung der Arbeiten durch PSA-Nutzer

In diesem Arbeitspaket (englisch: „PSA end-users survey learnings“) sind zwei Berichte erstellt worden /ASA17/:

- D10.2: Synthesis of the initial survey related to PSAs End-Users needs
- D10.5: Synthesis report of the End-Users survey and review of ASAMPSA_E guidance, and final workshop conclusions. Identification of follow-up useful activities after ASAMPSA_E

Das ASAMPSA_E-Vorhaben war gehalten, seine Arbeiten mit PSA-Praktikern und PSA-Nutzern abzustimmen. Zu diesem Zweck fanden mehrere Aktivitäten statt:

Im November 2013 wurde eine allgemeine Befragung durchgeführt, um die Bedürfnisse und Erwartungen der Nutzer an erweiterte PSA zu erheben. Der daraufhin verfasste vorläufige Entwurf des Berichtes D10.2 wurde der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt und in einem Workshop im September 2014 diskutiert. Daraufhin entstand dann die Endfassung von D10.2.

Im Laufe von 2016 wurden alle Berichte als Entwurfsfassungen öffentlich zugänglich gemacht, und es wurde zur Kommentierung eingeladen /ASA17a/.

Die Entwürfe und die Kommentare wurden daraufhin in einem Workshop im September 2016 diskutiert. Dieser Prozess ist im Bericht D10.5 beschrieben.

Generell ist festzustellen, dass die Beteiligung von Partnern mit deutlich unterschiedlichem Hintergrund (Forschungseinrichtungen, TSOs, Betreiber, Hersteller) zu einem intensiven Austausch führte. Insbesondere der Unterschied zwischen dem theoretisch Möglichen und Wünschbaren und dem praktisch Leistbaren wurde deutlich.

Dokument D10.5 enthält seinem Titel gemäß auch Überlegungen zu sinnvollen Nachfolgearbeiten. Auch dies war auch Gegenstand der Erörterungen mit den PSA-Nutzern.

Folgende Themen wurden dabei genannt, für die über die Dokumentation in ASAMPSA_E hinaus weiterer Entwicklungsbedarf gesehen wird:

- Parallele Unfallentwicklung im Reaktorkern und im Brennelementlagerbecken
- Ungleicher Grad an Pessimismus in Arbeitsgebieten mit unterschiedlich gut abgesichertem Wissensstand (z. B. bei der Integration von internen und externen auslösenden Ereignissen)
- Notfallmaßnahmen mit Nutzung mobiler Hilfsmittel
- Jahreszeitliche Unterschiede äußerer Einwirkungen
- Überlagerung äußerer Einwirkungen
- PSA-Methoden für Mehrblockanlagen
- Langfristige Entwicklungen nach einem Kernschaden
- Brand-PSA
- Radionuklidfreisetzungen in das Oberflächen- und Grundwasser
- Risiko-informierte Entscheidungsprozesse
- Verknüpfung einer PSA mit dem defense-in-depth-Konzept

Bisher gab es über diese Nennung von Themen hinaus keine konkreten Aktivitäten von Seiten der ASAMPSA_E-Teilnehmer. Möglicherweise wird das IRSN zu einer entsprechenden Folgeaktivität einladen.

6 Beiträge der GRS

Innerhalb des EU-Projektes wurde eine „description of work“ mit einem Umfang von 161 Seiten vereinbart, die u. a. auch die Beiträge der einzelnen Partner nach Thema und Aufwand festschreibt. Das Controlling der EU am Ende des EU-Projektes hat bestätigt, dass die GRS diese Verpflichtungen erfüllt hat.

Im Einzelnen hat die GRS folgende Arbeiten geleistet:

Arbeitspaket	Aufwand (Mann-Monate)	Beiträge der GRS
10 „relationship with end-users“	2,00	<ul style="list-style-type: none"> – Teilnahme an zwei End-user-meetings – Vorbereitung und Auswertung von Fragebogen an end-user – Mitarbeit an Berichtserstellung
21 „initiating events modelling“	2,75	<ul style="list-style-type: none"> – Teilnahme an Arbeitsgruppen – Berichtsbeiträge zur Praxis in Deutschland
22 „introducing hazards in L1 PSA“	2,75	<ul style="list-style-type: none"> – Teilnahme an Arbeitsgruppen – Berichtsbeiträge zur Praxis in Deutschland
30 „general issues“	7,00	<ul style="list-style-type: none"> – Leitung des Arbeitspaketes (21 teilnehmende Organisationen), – Organisation von und Teilnahme an den Arbeitsgruppen, – Strukturierung der Zusammenarbeit in der Gruppe, – Sechs Berichte (D30.2, D30.7 vol. 1 bis vol. 5) zum Arbeitspaket: <ul style="list-style-type: none"> – Berichtsbeiträge zur Praxis in Deutschland – Übergeordnete Berichtsabschnitte – Erstellung der jeweiligen Berichtsentwürfe und Abstimmung innerhalb der Gruppe – Erstellung der Endberichte und Abstimmung mit der Projektleitung IRSN
40 „specific issues related to L2 PSA“	10,00	<ul style="list-style-type: none"> – Leitung des Arbeitspaketes (21 teilnehmende Organisationen) – Organisation von und Teilnahme an den Arbeitsgruppen – Strukturierung der Zusammenarbeit in der Gruppe – Vier Berichte (D40.7 vol. 1 bis vol. 4) zum Arbeitspaket: <ul style="list-style-type: none"> – Berichtsbeiträge zur Praxis in Deutschland – Übergeordnete Berichtsabschnitte – Erstellung der jeweiligen Berichtsentwürfe und Abstimmung innerhalb der Gruppe – Erstellung der Endberichte und Abstimmung mit der Projektleitung IRSN
50 „project management“	1,5	Abstimmung des Projektverlaufes mit der Projektleitung IRSN und den anderen Arbeitspaketleitern.

Es ist hervorzuheben, dass insbesondere die Leitung der beiden Arbeitspakete mit jeweils 21 teilnehmenden Organisationen und der Erstellung von insgesamt 11 Endberichten (sowie weiteren Zwischenberichten) einen erheblichen Aufwand verursacht hat.

Sowohl die Art der Beiträge, als auch das Engagement und die Motivation der Teilnehmer waren deutlich unterschiedlich, so dass die Erstellung einheitlicher Berichte schwierig war.

7 Allgemeine Zusammenfassung zum Vorhaben ASAMPSA_E

Auch beim heutigen fortgeschrittenen Stand haben PSA für den Nichtleistungsbetrieb, für das Brennelementlagerbecken, oder für Ereignisse nach externen auslösenden Ereignissen noch keinen abgesicherten, allgemein anerkannten Stand erreicht.

Das Vorhaben ASAMPSA_E sollte für solche erweiterten PSA zusammenstellen,

- was der Stand der Technik ist,
- ob es Möglichkeiten der Harmonisierung gibt,
- welche Defizite bestehen,
- und wie diese ggf. zu beheben sind.

Mit einer Beteiligung von 28 Organisationen und weiteren sogenannten PSA-Nutzern war zwar eine breite Wissensbasis gegeben, aber der Stand der einzelnen Organisationen war deutlich unterschiedlich.

Die Arbeiten im Vorhaben und letztlich auch die erzeugten Berichte bilden daher nicht nur den bisher erreichten Stand der Methoden- und Modellentwicklung ab, sondern geben auch Einblicke in die Praxis, die oft von vielfältigen Beschränkungen geprägt ist.

Aus Sicht der GRS war es sehr wertvoll, nahezu den gesamten europäischen Kontext bei fortgeschrittenen PSA konsistent erfahren zu können. Dies umso mehr, als die GRS in zwei der vier Arbeitspakete die Leitung innehatte. Die Arbeitsatmosphäre innerhalb des Projektes war offen und konstruktiv, so dass auch nach Projektende kollegiale Kontakte bestehen bleiben.

Die umfangreiche öffentliche Dokumentation der Arbeitsergebnisse im Internet /ASA17/ ergibt auch einen Nutzen für nicht am Projekt Beteiligte.

Aus fachlicher Sicht sind folgende Aspekte abschließend besonders hervorzuheben:

- Die Häufigkeit von seltenen heftigen Naturereignissen ist sehr schwierig ausreichend genau zu ermitteln, weil PSA i. d. R. mit Größenordnungen von $10^{-6}/a$ operieren, die Geowissenschaften jedoch über Beobachtungszeiten von bestenfalls wenigen hundert Jahren verfügen.
- Mehrblockanlagen sind weltweit gesehen sehr häufig. Es fehlt jedoch ein praktisch durchführbarer methodischer Ansatz, um die Kopplung zwischen den Blöcken in PSA effizient abzubilden.
- Ungeplante menschliche Handlungen in Notfallsituationen können entscheidend sein, aber eine Modellierung solcher Maßnahmen in einer PSA stößt an methodische und aufwandsbedingte Grenzen.
- Verglichen mit den potenziellen Risikobeiträgen ist der Nichtleistungsbetrieb in PSA noch besser zu entwickeln.
- PSA sind sehr gut zur risiko-informierten Entscheidungsfindung geeignet. Ob und inwieweit PSA tatsächlich dafür genutzt werden, hängt jedoch vom Einzelfall ab. Insbesondere im aufsichtlichen Kontext haben sich keine allgemein akzeptierten Kriterien und Verfahren herausgebildet, so dass in der Regel länderspezifisch vorgegangen wird. Übereinstimmend wird betont, dass PSA während der Entwicklung von Systemen oder Prozeduren häufig herangezogen werden, um die Sicherheit effizient zu optimieren.

Der persönliche Eindruck des Berichtserstellers geht dahin, dass Organisationen mit großer Erfahrung in Entwicklung und Nutzung von PSA eher zurückhaltend sind, wenn es um die Erweiterung des Anwendungsspektrums von PSA geht. Dies mag daran liegen, dass solchen Organisationen der dafür erforderliche Aufwand besonders bewusst ist.

Dokument D10.5 (siehe Abschnitt 6) enthält auch Überlegungen zu sinnvollen Nachfolgearbeiten aus Sicht der ASAMPSA_E-Teilnehmer.

Aus deutscher Sicht können folgende Punkte hervorgehoben werden:

Parallele Unfallentwicklung im Reaktorkern und im Brennelementlagerbecken:

Bereits vor einem Schaden an den Elementen im Brennelementlager trägt Sieden im Lagerbecken zur Belastung des Sicherheitsbehälters in DWR bei. Sollte eine gefilterte Druckentlastung vorgenommen werden, so ist die zusätzliche Belastung aus Dampf des Lagerbeckens auch für das Druckentlastungssystem zu betrachten. Dieses ist in der Regel nicht gegen die Überlagerung solcher Belastungen ausgelegt.

Notfallmaßnahmen mit Nutzung mobiler Hilfsmittel:

Hier kann ganz allgemein festgestellt werden, dass die Bewertung neuerer Notfallmaßnahmen, die nach den Unfällen in Japan eingeführt wurden, meist nicht mithilfe von PSA vorgenommen wurde. Eine Bestätigung des Sicherheitsgewinns, oder ggf. die Optimierung der Maßnahmen, sollte mittels PSA vorgenommen werden.

Langfristige Entwicklungen nach einem Kernschaden:

Die Unfallanalysen enden meist, sobald keine erheblichen Radionuklidfreisetzungen in die Umgebung mehr zu erwarten sind. Die Unfälle in Japan haben jedoch gezeigt, dass sehr langfristige Freisetzungen möglich sind, und dass Unklarheiten über die langfristigen Bedingungen und über sinnvolle Maßnahmen zur Minimierung der Folgen herrschen.

Brand-PSA:

Diese sind zwar routinemäßiger Bestandteil von PSA, aber eine weitgehend vollständige PSA erfordert einen sehr hohen Aufwand, der durch Methodenentwicklungen eventuell reduziert werden kann.

Literaturverzeichnis

/ASA17/ <http://asampsa.eu/deliverables-library/>

/ASA17a/ http://asampsa.eu/asampsa_e-2nd-end-users-workshop/

**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