

**Untersuchungen zur
Behandlung
naturbedingter
übergreifender
Einwirkungen von
außen**

FE-Vorhaben 3607R02604

Abschlussbericht

Untersuchungen zur Behandlung naturbedingter übergreifender Einwirkungen von außen

Dr. Gernot Thuma
Eva Hartwig-Thurat

August 2010

Auftrags-Nr.: 813060

Anmerkung:

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben 3607R02604 wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 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.

Kurzfassung

Ziel des Vorhabens war es, mit dem Stand von Wissenschaft und Technik abgeglichenes Wissen zu Einwirkungen von außen in einem Informationssystem aufzubereiten. Das Vorhaben sollte dem Identifizieren von Kenntnislücken dienen und Informationen sollten derart aufbereitet und verfügbar gemacht werden, dass hierauf aufbauend sicherheitstechnische Bewertungskriterien erarbeitet und der internationalen Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich des Schutzes von Kernkraftwerken gegen naturbedingte Einwirkungen von außen effizient weiterentwickeln werden kann.

Mit dem Informationssystem sollen für diese sicherheitsrelevanten Themengebiete zu Einwirkungen von außen alle erforderlichen Informationsquellen schnell und in strukturierter Form zugänglich gemacht werden. Als Grundlage für die zukünftige Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik im Hinblick auf den Schutz von Kernkraftwerken gegen naturbedingte Einwirkungen von außen sollte es möglich sein, auf der Basis dieses Informationssystems insbesondere die bestehenden, in Gesetzen und technischen Regeln definierten relevanten Anforderungen herauszuarbeiten und hinsichtlich ihrer Aktualität zu bewerten. Des Weiteren sollten erste Vorschläge zur Anpassung der Anforderungen an den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik abgeleitet werden.

Die Wissensbasis ist in drei Haupt-Bereiche untergliedert worden. Der 'Allgemeine Teil' enthält vor allem generische Informationen, Basiswissen und weiterführende Literatur. Der zweite Teil, der Hauptteil der Wissensbasis, beinhaltet das breite Spektrum der naturbedingten Einwirkungen von außen. Für die im dritten Teil behandelten zivilisatorischen Einwirkungen von außen wurden ebenfalls Ordnerstrukturen für ausgewählte Einwirkungen, wie Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz und gefährliche Stoffe, angelegt. Insgesamt wurden für die Wissensbasis 2.343 Ordner erstellt, in denen bis zum Ende des Vorhabens 1.161 Dokumente eingestellt wurden.

Mit der Wissensbasis wurde eine gut strukturierte Grundlage für die Zuordnung und Auswertung von Informationen zu Einwirkungen von außen geschaffen. Der gewählte Aufbau erlaubt auch die zukünftig erforderlichen Erweiterungen durchzuführen.

Abstract

The objective of this project was to develop an information system that provides easy and fast access to up-to-date information on external hazards available within GRS. The newly developed information system should provide the basis for safety evaluations and for future research and development projects. In particular, based on a cursory review of the requirements defined in the relevant standards and regulations, it should be possible to identify the necessity of amendments to these standards and regulations.

In the course of the development of the information system, areas were identified where additional information is needed to be able to reach the aforementioned aims. Whereas there is a lot of generic information available on the external hazards themselves (geoscience aspects), the site and plant specific information (in particular engineering aspects) is in general not sufficient for detailed evaluations.

In its current form the information system developed in this project consists of three major parts: The first part contains generic information, basic knowledge, and further reading. The second part provides information on a broad spectrum of natural hazards. This is the main part of the present version of the information system. The third part provides the structure for the inclusion of man-made external hazards which were actually not a subject of the current project. In total the information system comprised 2.343 folders and 2.161 documents at the end of this project.

In its current form the information system can be considered a prototype. The developed structure provides a good starting point for future extensions of the information system which would make it a practical and efficient tool for the GRS experts working in the field of external hazards.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vorhabensziele	3
3	Entwicklung der Wissensbasis.....	4
3.1	Planung und Durchführung der Arbeiten.....	4
3.2	Datensichtung und Datenstrukturierung.....	7
3.3	MS ACCESS®-Datenbank.....	7
3.4	Ordnerstruktur	9
3.5	Informationsaufbereitung	11
4	Ergebnisse	13
4.1	Struktur der Wissensbasis	15
4.2	Auswertung des Teils I 'Allgemeiner Teil' der Wissensbasis'	23
4.3	Auswertung des Regelwerks	25
4.3.1	Regelwerksanforderungen.....	27
4.3.2	IAEA-Regelwerk zu EVA.....	27
4.3.3	Deutsches kerntechnisches Regelwerk zu EVA.....	29
4.4	Exemplarische Darstellung der eingestellten Dokumente für ein Beispiel-Kernkraftwerk.....	32
4.5	Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik	35
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	37
5.1	Erkenntnisse aus dem Aufbau der Wissensbasis.....	37
5.2	Erzielte Ergebnisse.....	38
5.3	Ausblick	39
6	Literatur.....	40

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Schematischer Projektablauf	6
Abb. 3-2: Ursprünglicher Aufbau der Datenbank.....	8
Abb. 3-3: Grobstruktur der Wissensbasis.....	10
Abb. 4-1: ‘Allgemeiner Teil, der Wissensbasis‘	16
Abb. 4-2: Naturbedingte Einwirkungen von außen	17
Abb. 4-3: Detaillierte Untergliederung der naturbedingten Einwirkungen von außen..	19
Abb. 4-4: Spektrum der zivilisatorischen Einwirkungen von außen	19
Abb. 4-5: Detaillierte Untergliederung der zivilisatorischen Einwirkungen von außen.	20
Abb. 4-6: Struktur der Ordner für anlagenbezogene Informationen.....	21
Abb. 4-7: Anzahl der für die Wissensbasis angelegten Ordner und Dateien	22
Abb. 4-8: Allgemeiner Teil der Wissensbasis	23
Abb. 4-9: Nationales und internationales Regelwerk zu Einwirkungen von außen	27
Abb. 4-10: IAEA-Regelwerkspyramide.....	27
Abb. 4-11: Deutsches kerntechnisches Regelwerk	30
Abb. 4-12: Generelle Anlageninformationen zur Beispielsanlage	33
Abb. 4-13: Naturbedingte Einwirkungen - Informationen zur Beispielsanlage	34
Abb. 4-14: Zivilisatorische Einwirkungen - Informationen zur Beispielsanlage	35

1 Einleitung

Einwirkungen von außen (EVA) spielen bei der Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken eine besondere Rolle: Aufgrund des anlagenübergreifenden Charakters dieser Einwirkungen besteht die Möglichkeit, dass durch die selbe Einwirkung einerseits ein auslösendes Ereignis (Transiente oder Leckstörfall) verursacht wird und andererseits eine Beeinträchtigung der zur Beherrschung des Ereignisses benötigten Sicherheitsteilsysteme stattfindet.

Die GRS ist bei der Ausübung ihrer Aufgaben als technische Sachverständigenorganisation im Zusammenhang mit der sicherheitstechnischen Bewertung naturbedingter Einwirkungen von außen auf Kernkraftwerke, wiederholt auf das Problem gestoßen, dass nicht alle benötigten Informationen zum Stand von Wissenschaft und Technik sowie zum Ist-Zustand der Kernkraftwerke in dem erforderlichen Detaillierungsgrad kurzfristig verfügbar waren. Da das Schließen der Kenntnislücken in der Regel mit einem nicht unerheblichen Zeitaufwand verbunden ist, konnten sicherheitstechnische Bewertungen entsprechender Ereignisse oft nicht zeitnah, d. h. also erst längere Zeit nach dem Ereignis selbst, oder nicht in der gebotenen Tiefe erfolgen.

Um eine schnellere und umfassendere Aussagefähigkeit der GRS bezüglich EVA zu erreichen, wird eine Wissensbasis zum Themengebiet naturbedingte EVA als geeignetes Mittel angesehen. Im Rahmen des Vorhabens 3608R02604 des BMU sollte der Prototyp einer solchen Wissensbasis erarbeitet werden.

Da das Spektrum der naturbedingten EVA sehr groß ist und allein die Strukturierung einen entsprechend hohen Aufwand erfordert, wurde die in der Anfangsphase des Vorhabens favorisierte Form der Wissensbasis als MS ACCESS®-Datenbank in einer späteren Entwicklungsphase wieder verworfen. Die in der ersten Projektphase entwickelte Grundstruktur wurde jedoch zum größten Teil beibehalten und weiterentwickelt.

Über die gesamte Laufzeit des Vorhabens wurden gezielt geeignete Inhalte in die Wissensbasis eingefügt, die als unabhängig nebeneinander stehende Teilstücke zu betrachten sind und je nach Verfügbarkeit an Informationen ein mehr oder weniger vollständiges Bild zu bestimmten Einwirkungen geben.

Zusätzlich wurde die Wissensbasis im Verlauf des Vorhabens um zwei weitere übergeordnete Themenbereiche ergänzt: Neben einer Grundstruktur für die Verwaltung von Informationen zu zivilisatorischen EVA wurde auch ein 'allgemeiner Teil' integriert, in dem übergeordnete, einwirkungsunabhängige Informationen abgelegt werden können.

Mit den durchgeführten Arbeiten ist man dem Ziel einer besseren und schnelleren Aussagefähigkeit deutlich näher gekommen. Allerdings ist es zum endgültigen Erreichen dieser Zielsetzung erforderlich, die als Prototyp entwickelte Wissensbasis in Folgevorhaben weiter mit (insbesondere anlagenspezifischen) Informationen zu füllen und langfristig kontinuierlich zu pflegen.

2 Vorhabensziele

Ziel des Vorhabens war es, eine Grundlage für die sicherheitstechnische Bewertung von Kernkraftwerken im Hinblick auf naturbedingte EVA zu schaffen. Hierdurch soll die kurzfristige Aussagefähigkeit der GRS verbessert werden, damit u. a. auch das BMU bei entsprechenden aktuellen Fragestellungen und Ereignissen schnellstmöglich ziel führend unterstützt werden kann. Zur Erreichung dieser Zielsetzung sollten die entsprechenden, in der GRS vorliegenden Informationen zusammengetragen und aufbereitet werden. Gleichzeitig sollten für die sicherheitstechnische Bewertung relevante Aspekte herausgefiltert werden.

Es war vorgesehen eine Struktur zu schaffen in welcher sowohl allgemeine als auch anlagenspezifische Informationen zu einem breiten Spektrum naturbedingter EVA systematisch abgelegt werden können.

Zu Beginn des Vorhabens wurden folgende Einzelziele für die weitere Bearbeitung definiert:

- Erstellung eines Wegweisers durch die vorhandenen Informationen zum jeweiligen Themengebiet,
- Zugriff auf die in der GRS verfügbaren relevanten Arbeitsergebnisse, wie z. B. Auswertungen von Länderumfragen und GRS-A Berichte sowie auf Stellungnahmen und Gutachten, Prüfung der technischen Umsetzbarkeit,
- Einbindung von Erfahrungen aus dem Betrieb der Anlagen, speziell im Hinblick auf generische Erkenntnisse und die Übertragbarkeit spezieller Ereignisse bzw. Ereignisabläufe,
- Einbeziehung von Ergebnissen aus Organisationen, bei denen in Form von Beratungen technisch-wissenschaftliche Bewertungen erfolgen bzw. Empfehlungen entwickelt werden, wie z. B. RSK, VdTÜV, CSNI (sofern die Ergebnisse der GRS unmittelbar zugänglich sind),
- Einbeziehung von wissenschaftlich-technischen Arbeiten, deren Ergebnisse der GRS unmittelbar zugänglich sind (z. B. Ergebnisse aus nationalen Forschungsvorhaben, EU-Vorhaben),

- Benennung fachbezogener Ansprechpartner, um bei Bedarf Kompetenz außerhalb der GRS sachgerecht einbeziehen zu können,
- zielgenaue Bezugnahme zum geltenden nationalen kerntechnischen Regelwerk (u. a. KTA) sowie zu Entwicklungen im internationalen Rahmen (z. B. IAEA).

Die genannten Ziele sollten u. a. durch die Entwicklung einer geeigneten hierarchischen Datenzugriffsstruktur erreicht werden.

Ein weiteres Ziel des Vorhabens war es, die Wissensbasis als Grundlage für die Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik in Bezug auf den Schutz von Kernkraftwerken gegen naturbedingte EVA nutzen zu können und die Eignung hierfür exemplarisch für das Ereignis 'Erdbeben' zu prüfen.

Da zu erwarten war, dass der GRS nicht alle notwendigen Informationen - insbesondere zum Ist-Zustand der Kernkraftwerke - vorliegen und die Kenntnisse im In- und Ausland kontinuierlich anwachsen, war vorgesehen, die Wissensbasis, die im Rahmen dieses Vorhabens als Prototyp entwickelt werden sollte, in einem iterativen Prozess, d. h. im Rahmen eines Folgevorhabens, fortzuschreiben.

3 Entwicklung der Wissensbasis

3.1 Planung und Durchführung der Arbeiten

Für die Umsetzung des Projektes musste man sich zunächst einen Überblick verschaffen, um eine hierarchische Struktur aufzubauen und daran anschließend Informationen systematisch ablegen zu können.

Folgende Fragen waren vor der Umsetzung zu klären:

- Welche technische Struktur für die Wissensbasis ist denkbar, realisierbar und auch praxistauglich?
- Welche Informationen sind in der GRS verfügbar?
- Wie können die Informationen sinnvoll und übersichtlich strukturiert werden?

- Wie müssen Informationen aufbereitet werden, um unmittelbar nutzbar zu werden?

Das Vorhaben ist in vier Arbeitspakete unterteilt. Im Rahmen des ersten Arbeitspakets (AP 1) erfolgte die Aufarbeitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik. Im zweiten Arbeitspaket (AP 2) ging es um die Entwicklung einer geeigneten Struktur für die Wissensbasis, im Arbeitspaket AP 3 wurden Inhalte für die Wissensbasis bereitgestellt und schließlich lag bei dem letzten Arbeitspaket (AP 4) der Schwerpunkt auf der Erprobung und Optimierung der Wissensbasis.

Für das Arbeitspaket AP 1 zur Aufarbeitung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik war die Einbeziehung folgender Informationsquellen geplant:

- bisherige Arbeiten der GRS (Methoden, Daten, Vorgehensweisen und Ergebnisse),
- wichtige Untersuchungen und Ergebnisse anderer Institutionen (insbesondere auch des BfS),
- aktuelle relevante Informationssysteme (z. B. Internet, INES-Datenbank und IRS),
- Ergebnisse aktueller Beratungen in nationalen und internationalen Gremien, sofern zielführend ,
- Aufführen bewährter Vorgehensweisen („Best Practices“) aus veröffentlichten Berichten oder Handbüchern.

Im Arbeitspaket AP 2 war es für die Entwicklung einer geeigneten Struktur für die Wissensbasis auch notwendig zu klären, welche Informationen für die mögliche Bewertung der Sicherheit eines Kernkraftwerks vor dem Hintergrund naturbedingter EVA benötigt werden könnten. Gleichzeitig stand die Aufgabe im Vordergrund einen schnellen und gezielten Zugriff auf Informationen zu ermöglichen. So wurde zunächst eine grobe Struktur entwickelt, die anschließend immer weiter detailliert wurde und auch aktuell noch die Möglichkeit für Weiterentwicklungen lässt.

Parallel zum AP 2 erfolgten im Arbeitspaket AP 3 Arbeiten für die Bereitstellung von Inhalten für die Wissensbasis. Hieraus ergaben sich einige Anregungen, die mit in die zu gestaltende Struktur der Wissensbasis eingeflossen sind. Des Weiteren wurden

Vorbereitungen für die Sammlung von Informationen zu solchen Themengebieten getroffen, die in der GRS derzeit nicht voll abgedeckt sind, um auch hier schnell fachlich fundierte Aussagen treffen zu können. Hierzu wurde das große Themenspektrum der EVA gezielt in die Einzeleinwirkungen untergliedert. Zusätzlich wurde ein Bereich für allgemeine einwirkungsübergreifende Informationen geschaffen.

Die Erprobung und Optimierung der Wissensbasis im Arbeitspaket AP 4 fand in mehreren Phasen statt. So wurden zunächst die MS ACCESS®-Datenbank und das entwickelte Grundgerüst überprüft, um dann nochmal ein anderes Format der Bereitstellung der Daten bei weitgehender Beibehaltung der Inhalte zu wählen (siehe Kapitel 4). Inhaltliche Optimierungen der Darstellungsform wurden in der zweiten Hälfte des Vorhabens parallel zu den übrigen Arbeiten durchgeführt.

Die Praxistauglichkeit der Wissensbasis wächst mit zunehmenden Inhalten, so dass hier mit dem Prototyp ein guter Anfang geschaffen wurde, der aber noch gezielt mit weiteren systematisch aufbereiteten Informationen gefüllt werden muss. Eine endgültige Überprüfung der Praxistauglichkeit wird erst in Zukunft anhand einzelner Fragestellungen erfolgen können. In Abb. 3-1 wird schematisch der Projektverlauf dargestellt.

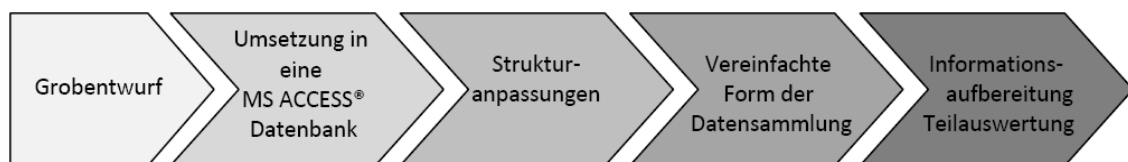


Abb. 3-1: Schematischer Projektverlauf

3.2 Datensichtung und Datenstrukturierung

Zunächst wurde ein Überblick über die der GRS vorliegenden Dokumente und Informationen erarbeitet, um daraufhin erste Zuordnungen zu einer Grobstruktur für eine Wissensbasis vorzunehmen.

Hierzu wurden die verfügbaren Informationen nach passenden Kriterien gefiltert und dann in einer geeigneten Dokumentenform aufbereitet. Die Beschaffung neuer Informationen war im Rahmen des Vorhabens 3607R02604 nicht vorgesehen. Damit war von Anfang an abzusehen, dass nicht vermeidbare inhaltliche Lücken bleiben, die ggf. zu einem späteren Zeitpunkt schrittweise gefüllt werden können.

Zusätzlich wurden in der Wissensbasis Ereignissammlungen relevanter Ereignisse, die in den letzten Jahren zu beobachten waren, angelegt. Den Schwerpunkt aller Einwirkungen bildet entsprechend ihrer Bedeutung als führende naturbedingte Einwirkung auf Kernkraftwerke in Deutschland die Einwirkung Erdbeben. Aber auch für weitere Einwirkungen konnten erste Beispiele gefunden werden.

Es wurde damit begonnen, andere Arbeitsergebnisse mit einzubinden, die für die Wissensbasis sinnvolle Informationen enthalten. Dies konnte aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Mittel nur sehr punktuell durchgeführt werden. Um alle für die Wissensbasis 'Einwirkungen von außen' potentiell in der GRS zur Verfügung stehenden Arbeitsergebnisse systematisch zu erfassen und an passender Stelle in geeigneter Form einzubinden, wäre es aufgrund des erheblichen zeitlichen Aufwands notwendig, diese Arbeiten im Rahmen eines Folgevorhabens neu zu beauftragen.

3.3 MS ACCESS®-Datenbank

Am Anfang der Projektumsetzung stand neben der inhaltlichen Auswahl relevanter Informationen und deren Systematisierung die Aufgabe an, der zukünftigen Wissensbasis eine geeignete äußere Form zu geben. Diese sollte nach Möglichkeit mehrere Funktionen erfüllen: Sie sollte übersichtlich und optisch ansprechend sein, hierarchische Ebenen beinhalten und einen gezielten schnellen Zugriff auf Informationen gewährleisten.

Aufgrund überaus positiver Erfahrungen der GRS mit der Entwicklung einer Brand-PSA-Datenbank, welche in MS ACCESS® erzeugt wurde, wurde zunächst versucht, die Wissensbasis für naturbedingte Einwirkungen von außen auch auf einer solchen Plattform aufzubereiten (Abb. 3-2). Vorteile einer solchen Darstellung waren die Übersichtlichkeit, das optische Erscheinungsbild und die vielfältigen Möglichkeiten zur Verknüpfung von Informationen.

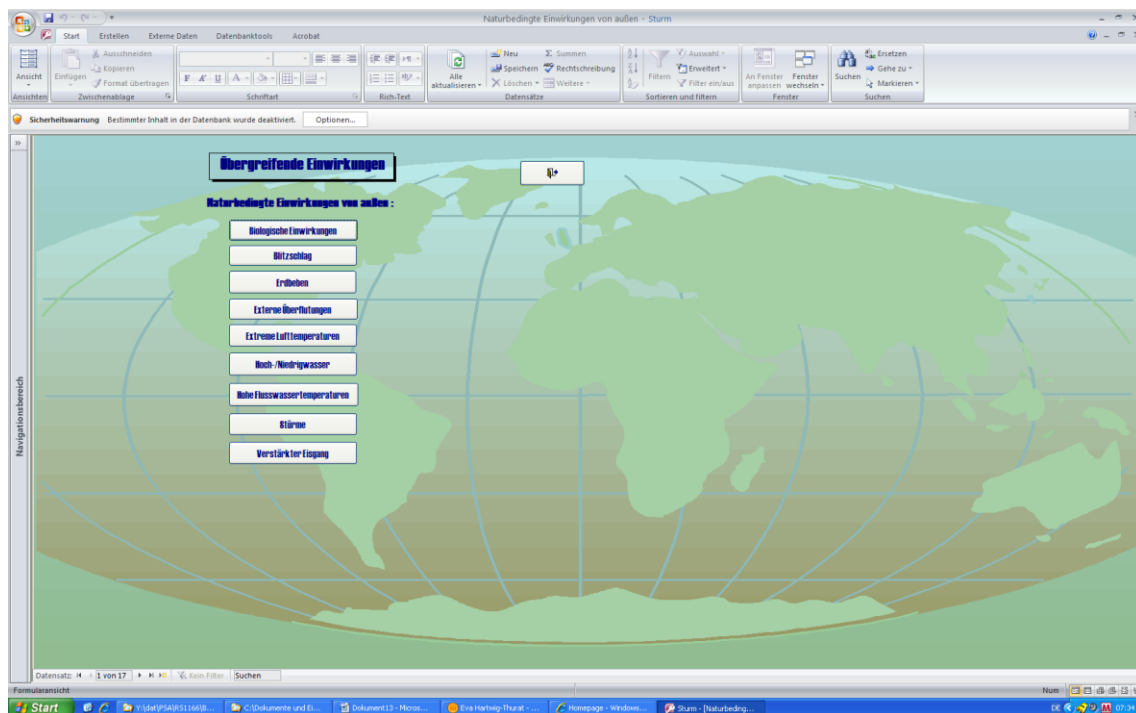


Abb. 3-2: Ursprünglicher Aufbau der Datenbank

Allerdings zeigten sich schnell Nachteile bei der Festlegung auf diese Form der Wissensbasis. Es wurden vertiefte Kenntnisse mit dem Programm MS ACCESS® für den Aufbau der Wissensbasis zusätzlich zur Fachkenntnis hinsichtlich EVA und sicherheitstechnischen Aspekten bei Kernkraftwerken benötigt, da nicht selbsterklärend ist, welche Informationen sinnvoll verknüpft werden können.

Da die Wissensbasis als Prototyp erstellt wurde und parallel zum Aufbau der Datenbank die Erzeugung der Grob- und später der Feinstruktur erfolgte, war der Zeitaufwand auch bei kleinen Änderungen unverhältnismäßig groß. Eine MS ACCESS® Datenbankstruktur für den Aufbau der Wissensbasis zu nehmen, erwies sich zu diesem Zeitpunkt als zu unflexibel und aufwändig, so dass eine neue Form für die Informationsverwaltung gesucht und gefunden wurde.

Dennoch ist es vorstellbar, die Wissensbasis, sofern dies gewünscht wird, zu einem späteren Zeitpunkt, nachdem die strukturellen Anpassungen abgeschlossen sind, in eine Datenbank auf Basis von MS ACCESS® zu überführen. Allerdings wären weitere strukturelle Änderungen und Ergänzungen danach mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden.

3.4 Ordnerstruktur

Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, haben die Erfahrungen bei der Umsetzung der Vorhabenziele in Form einer MS ACCESS®-Datenbank dazu geführt, dass diese als Grundlage für die Wissensbasis zunächst aufgegeben wurde. Es wurde dementsprechend entschieden, für die weitere Entwicklung des Prototyps der Wissensbasis auf eine ganz einfache Form der Informationsspeicherung unter MS Windows® zurückzugreifen. Damit ist es möglich, auch in kurzer Zeit größere Informationsmengen in die Wissensbasis einzubinden. In dieser Form ist es auch leichter, die Wissensbasis nach entsprechender Aufbereitung ggf. in andere Datenbanken einzubinden. Die Überführung der gesammelten und geordneten Informationen in eine klassische Datenbankstruktur ist somit auch zu einem späteren Zeitpunkt noch gut umsetzbar, sofern dies als erforderlich erachtet wird.

In Abb. 3-3 wird der grundsätzliche Aufbau der Wissensbasis dargestellt. Es ist zu erkennen, dass diese aus drei Teilbereichen besteht, wobei der zweite Teil entsprechend dem Spektrum der naturbedingten EVA in die diversen Einwirkungen untergliedert ist.

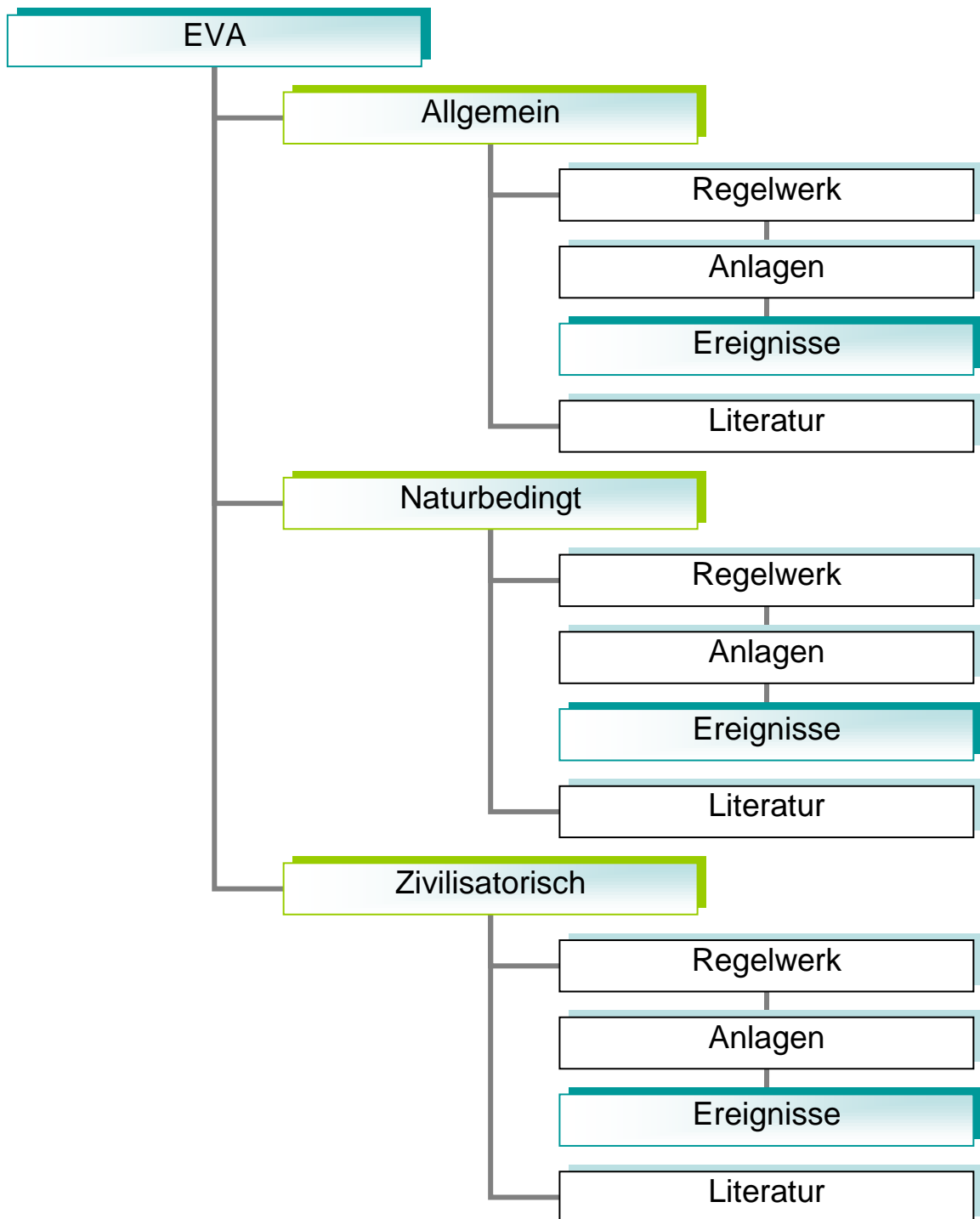


Abb. 3-3: Grobstruktur der Wissensbasis

Ein weiterer positiver Aspekt der derzeitigen Form der Wissensbasis ist, dass sie für jeden MS Windows[®]-Anwender in der Nutzung selbsterklärend ist und keiner weiteren technischen Datenbankkenntnisse bedarf.

Die GRS hat damit eine pragmatische Lösung gefunden, mit der die Nachteile der Verwendung einer MS ACCESS[®]-Datenbank zur Erstellung der Wissensbasis behoben werden konnten. Dadurch ließ sich die Effektivität des Vorhabens erheblich verbessern, und wertvolle Zeit konnte für die Bereitstellung von Inhalten für die Wissensbasis genutzt werden.

3.5 Informationsaufbereitung

Soweit es der zeitliche Rahmen des Vorhabens erlaubte, wurden in der GRS verfügbare Informationen und Dokumente zu EVA systematisch zusammengetragen und aufbereitet.

Dabei wurde je nach Verfügbarkeit und deren Thematik unterschiedlich vorgegangen. Für einige Spezialthemen wurden sehr spezielle Aufarbeitungen und Informationen mit hohem Detaillierungsgrad zusammengestellt, während für andere Themen hauptsächlich Übersichten und weiterführende Verknüpfungen auf Informationen zusammengestellt wurden, die generischen Charakter haben.

Neben der Aufbereitung der Informationen waren vor allem die vorausgehenden Recherchen sehr zeitintensiv, da die in der GRS zur Verfügung stehenden Informationen zunächst ausführlich gesichtet werden mussten. Erst auf dieser Grundlage konnten sinnvolle Verfahren zur Auswahl relevanter Themen angewendet werden, mit Hilfe derer diese Informationen gefiltert und ggf. für die Wissensbasis zugänglich gemacht wurden.

Bei der Informationsaufbereitung wurden auch viele Themenkomplexe identifiziert, für die nur unzureichende oder gar keine Informationen in der GRS verfügbar sind und die zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen anderer Vorhaben bereit gestellt werden sollen, um eine praxistaugliche Wissensbasis für sicherheitsrelevante Themen in Bezug auf EVA zu erhalten.

Für etliche Themengebiete zeigte sich, dass sie im Umfang des Vorhabens nur gestreift werden konnten, da das Spektrum der EVA zu weit gefächert ist.

Um der Fülle der Informationen und dem Thema gerecht zu werden, ist zusätzlich zu den naturbedingten Einwirkungen von außen auch ein allgemeiner Teil zusammengestellt worden, der u. a. Begriffe klärt und generische Informationen zu den Kernkraftwerken in Deutschland, weiterführende Literatur sowie eine Übersicht zu diesem Themengebiet verfügbarer Gesetze, Verordnungen, Regeln und Richtlinien enthält.

Systematisch aufbereitet wurden Übersichten der in der GRS-Datenbank TECDO /GRS 09/ verfügbaren Dokumente, sowie die nationalen und internationalen kerntechnischen Regelwerke zu EVA.

Die Wissensbasis enthält weiterhin eine große Sammlung an weltweit aufgetretenen Ereignissen, vor allem für die Einwirkung 'Erdbeben'. Hier wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, sondern diese Ereignisse sind vielmehr als Referenzbeispiele für naturbedingte EVA zu betrachten.

Die Wissensbasis wurde in diesem Vorhaben als Prototyp erstellt. Dementsprechend wurden die Informationen auch nur exemplarisch ausgewählt und aufbereitet. Verschiedene Formen der Zusammenstellung und Aufbereitung wurden getestet und weiterentwickelt. Es konnte nur für wenige ausgewählte Aufgabengebiete eine systematische Auswertung durchgeführt werden, da dies den zeitlichen Rahmen des Vorhabens sonst überschritten hätte.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden kurz die Einzelziele des Vorhabens aufgegriffen und erläutert, inwieweit diese vorab formulierten Ziele im Vorhaben umgesetzt werden konnten. Ausgewählte Themen und deren Bearbeitung werden in nachfolgenden Kapiteln ausführlich erläutert.

Erstellung eines Wegweisers durch die vorhandenen Informationen zum jeweiligen Themengebiet

Als Wegweiser dient die erstellte 'Ordnerstruktur' der Wissensbasis. In diese Ordner sind Informationen von übergeordnetem Charakter bis hin zu speziellen Inhalten eingefügt worden.

Für die ursprünglich begonnene MS ACCESS®-Datenbank wäre es zwingend notwendig gewesen eine 'Leseanleitung' zu schreiben, für die derzeit gewählte Form der Wissensbasis kann dies jedoch vernachlässigt werden, da die Struktur selbsterklärend ist. Zusätzlich wird der Aufbau der Wissensbasis im Abschlussbericht erläutert (siehe Kapitel 4.1 zur Struktur der Wissensbasis) und zum Teil in Abbildungen verdeutlicht.

Zugriff auf die in der GRS verfügbaren relevanten Arbeitsergebnisse, wie z. B. Auswertungen von Länderumfragen und GRS-A Berichten sowie auf Stellungnahmen und Gutachten; Prüfung der technischen Umsetzbarkeit

Hierzu waren die technischen Möglichkeiten der Umsetzung zu prüfen. Für die Wissensbasis wurde entschieden, zunächst Übersichten und Verweise auf in der GRS vorhandene Dokumente und Datenbanken aufzunehmen, um Mehrfachablagen und Doppelungen von Datenbanken möglichst zu vermeiden. Verlinkungen mit anderen Datenbanken wurden bisher jedoch nicht vorgenommen, da dem einerseits technische Probleme entgegen standen und andererseits Fragen des Datenschutzes und der Vertraulichkeit von Informationen nicht abschließend geklärt werden konnten.

Einbindung von Erfahrungen aus dem Betrieb der Anlagen, speziell im Hinblick auf generische Erkenntnisse und die Übertragbarkeit spezieller Ereignisse bzw. Ereignisabläufe

Für diese Aufgabe war zu klären, welche Informationen vorliegen und ob diese verlinkt werden könnten. In diesem Zusammenhang trat die Frage auf, wem diese Informationen zugänglich gemacht werden dürfen. Die GRS hat sich im Rahmen dieses Projektes dazu entschieden, keine Verlinkungen mit der GRS-Datenbank TECDO vorzunehmen und hat stattdessen Verweise und Übersichten zu dort vorliegenden Dokumenten in der Wissensbasis eingestellt und zu speziellen Themen Textauszüge zusammengestellt. Da der Auftraggeber Zugang zur Datenbank TECDO hat, sollte diese Vorgehensweise zielführend sein.

Einbeziehung von Ergebnissen aus Organisationen, bei denen in Form von Beratungen technisch-wissenschaftliche Bewertungen erfolgen bzw. Empfehlungen entwickelt werden, wie z. B. RSK, VdTÜV, CSNI (sofern die Ergebnisse der GRS unmittelbar zugänglich sind)

Die Einbeziehung von Ergebnissen anderer Organisationen erfolgte nach den gegebenen Möglichkeiten. Im Rahmen des Vorhabens konnte keine systematische und in die Tiefe gehende Sichtung der in der GRS verfügbaren Informationen durchgeführt werden. Punktuell sind Einzelarbeiten in die Wissensbasis eingebunden worden. Diese Arbeiten können ggf. in einem Folgevorhaben weiter fortgeführt werden.

Einbeziehung von wissenschaftlich-technischen Arbeiten, deren Ergebnisse der GRS unmittelbar zugänglich sind (z. B. Ergebnisse aus nationalen Forschungsvorhaben, EU-Vorhaben)

Auch hier wurden in Anbetracht der zur Verfügung stehenden Stunden im Vorhaben nur punktuell Informationen in die Wissensbasis eingebunden.

Benennung fachbezogener Ansprechpartner, um bei Bedarf Kompetenz außerhalb der GRS sachgerecht einbeziehen zu können

Zur Umsetzung dieses Ziels wurde im 'Allgemeinen Teil' der Wissensbasis eine Kontaktliste im Ordner 'Kontakte' angelegt. Dort ist die Benennung von einzelnen Kontakt-

möglichkeiten zum Teil erfolgt und könnte weiter ausgebaut werden. Aus datenschutzrechtlichen Gründen ist jedoch eine Bereitstellung dieser Informationen außerhalb der GRs nicht möglich. Zusätzlich hilfreich bei der Suche nach weiterführenden Informationen und Organisationen ist eine im Ordner 'Links' abgelegte Linkliste.

Zielgenaue Bezugnahme zum geltenden nationalen kerntechnischen Regelwerk (u. a. KTA) sowie zu Entwicklungen im internationalen Rahmen (z. B. IAEA)

Relevante Regelwerke wurden zusammengestellt und entsprechend ihrer Inhalte und Geltungsbereiche auch, soweit es möglich und sinnvoll war, einzelnen EVA zugeordnet. Entsprechende Übersichtslisten zum Regelwerk sind einmal im 'Allgemeinen Teil' und dann bei den entsprechenden EVA verfügbar. Verlinkungen auf die Seiten der entsprechenden aktuellen Regelwerke gewährleisten auch zukünftig deren Aktualität in der Wissensbasis.

In den nachfolgenden Kapiteln werden nun einige ausgewählte Themen (Datenbank-Struktur und Inhalte, Regelwerk, Erläuterung des Teils 1 'Allgemeiner Teil' der Wissensbasis, exemplarische Darstellung der Dokumentablage für einen Standort, Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik) und deren Bearbeitung ausführlicher erläutert.

4.1 Struktur der Wissensbasis

In diesem Kapitel werden die Grob- und Feinstruktur der Wissensbasis, also deren Aufbau, und die zugehörigen Inhalte vorgestellt.

Die Wissensbasis ist in drei Haupt-Bereiche untergliedert:

- I. Allgemeiner Teil
- II. Naturbedingte Einwirkungen von außen
- III. Zivilisatorische Einwirkungen von außen

Der 'Allgemeine Teil' enthält vor allem generische Informationen, Basiswissen und weiterführende Literatur. In Abb. 4-1 sind die Hauptordner aufgezeigt, in die dieser erste Teil der Wissensbasis gegliedert ist. Detaillierter wird dieser Teil der Wissensbasis im nächsten Kapitel 'Auswertung des Teils I „Allgemeiner Teil“ der Wissensbasis' be-

schrieben, da dieser einen Großteil der während des Projektes aufbereiteten Dokumente und Informationen enthält.

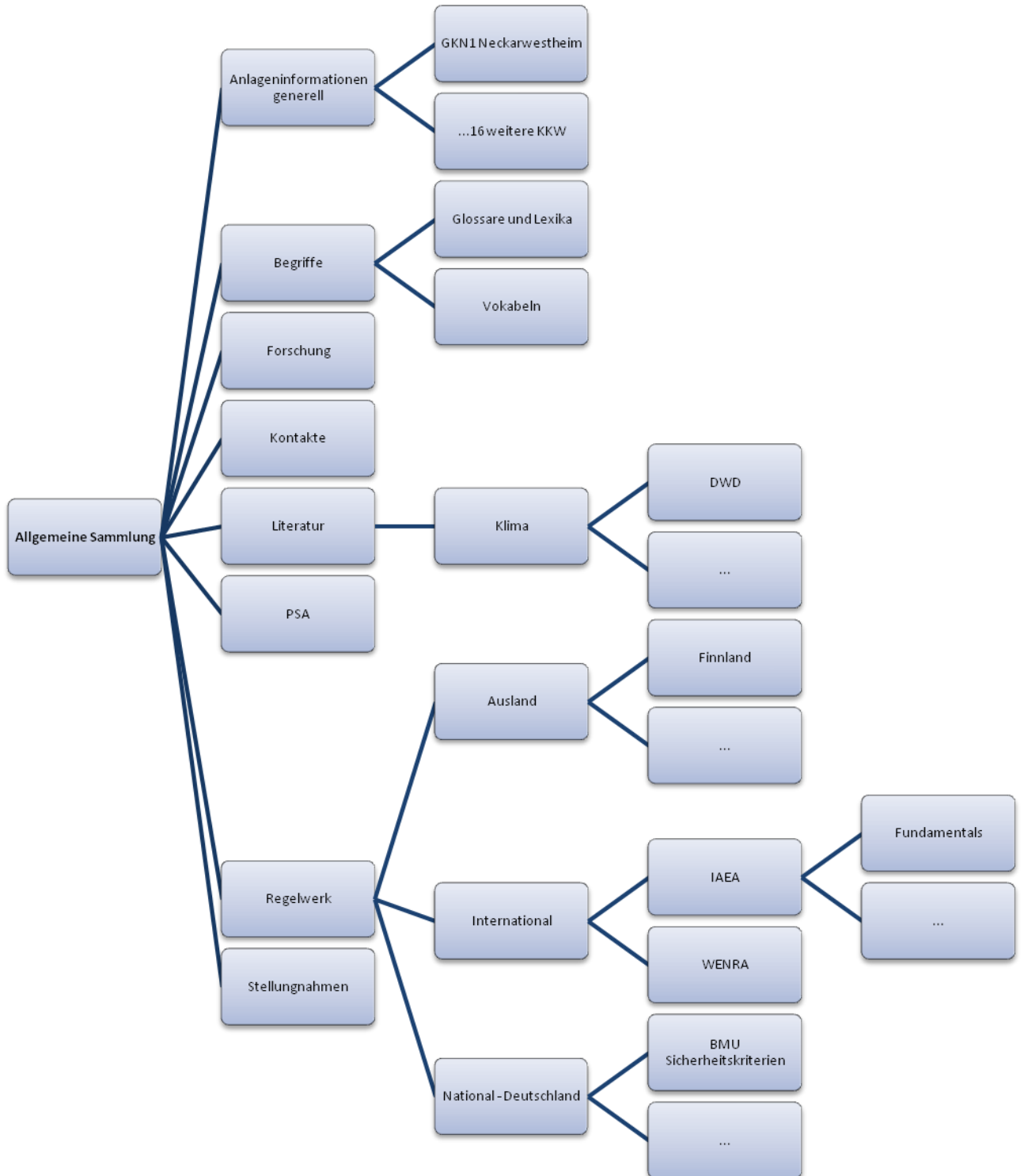


Abb. 4-1: 'Allgemeiner Teil, der Wissensbasis'

Den zweiten Hauptteil der Wissensbasis bildet das breite Spektrum der naturbedingten Einwirkungen von außen. Diese wurden in elf Einwirkungen untergliedert (Abb. 4-2), die dann jeweils die gleiche Feinstruktur erhalten haben.



Abb. 4-2: Naturbedingte Einwirkungen von außen

Die Feingliederung der Naturbedingten Einwirkungen von außen ist der Abb. 4-3 zu entnehmen. Hier wird bereits deutlich, welchen Umfang allein die Strukturierung dieser Einwirkungen einnimmt und wie aufwändig es wäre, alle Ordner mit Inhalten zu füllen. Es zeigt sich anschaulich, dass in diesem Vorhaben nur Teilaspekte behandelt werden konnten und auch zukünftig ggf. immer nur Teilaspekte detaillierter bearbeitet werden können.

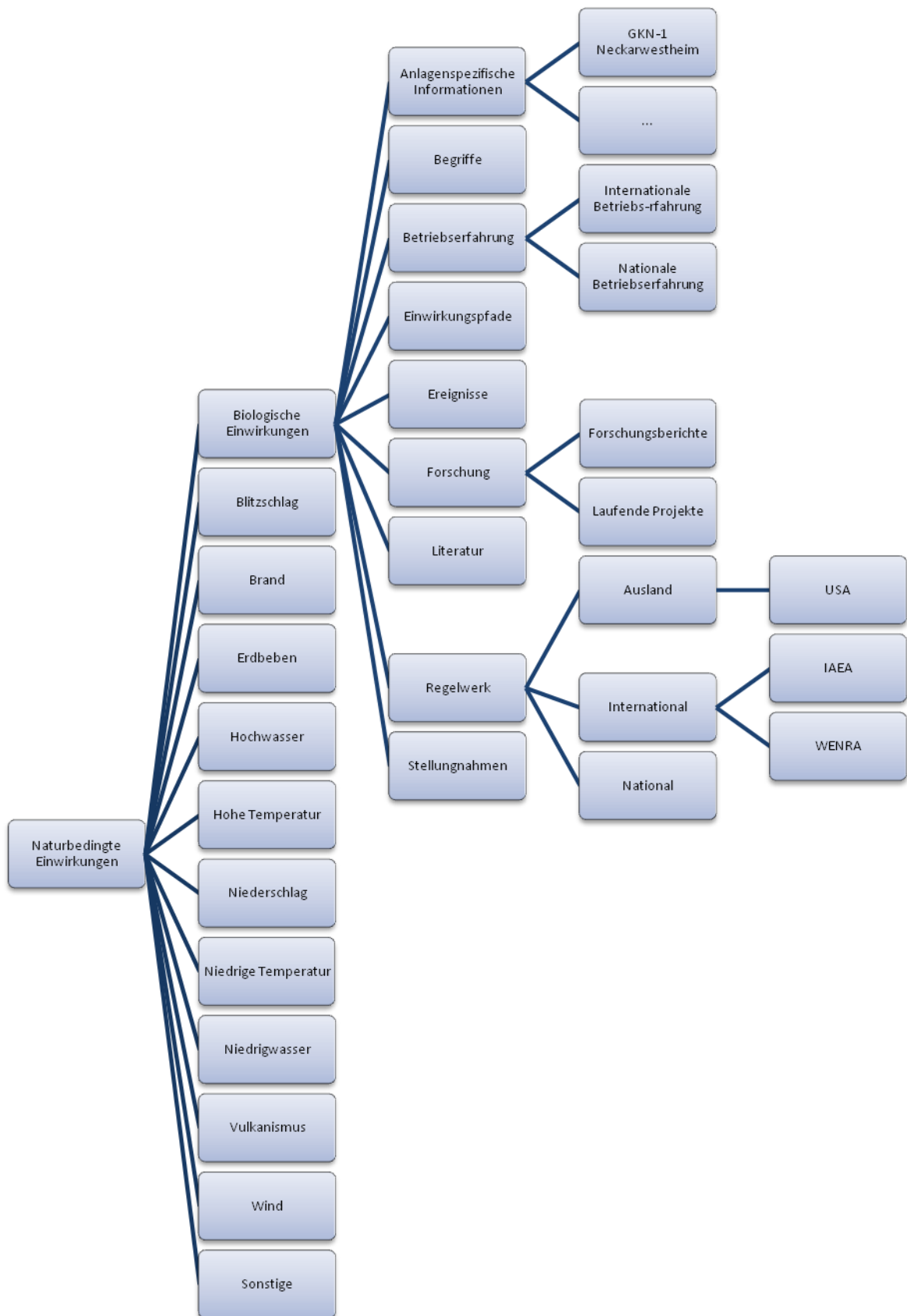


Abb. 4-3: Detaillierte Untergliederung der naturbedingten Einwirkungen von außen

Für die zivilisatorischen Einwirkungen (Abb. 4-4) 'Explosionsdruckwelle', 'Flugzeugabsturz' und 'gefährliche Stoffe' wurden die gleichen Ordnungsstrukturen angelegt, wie für die naturbedingten EVA und punktuell mit Inhalten gefüllt.

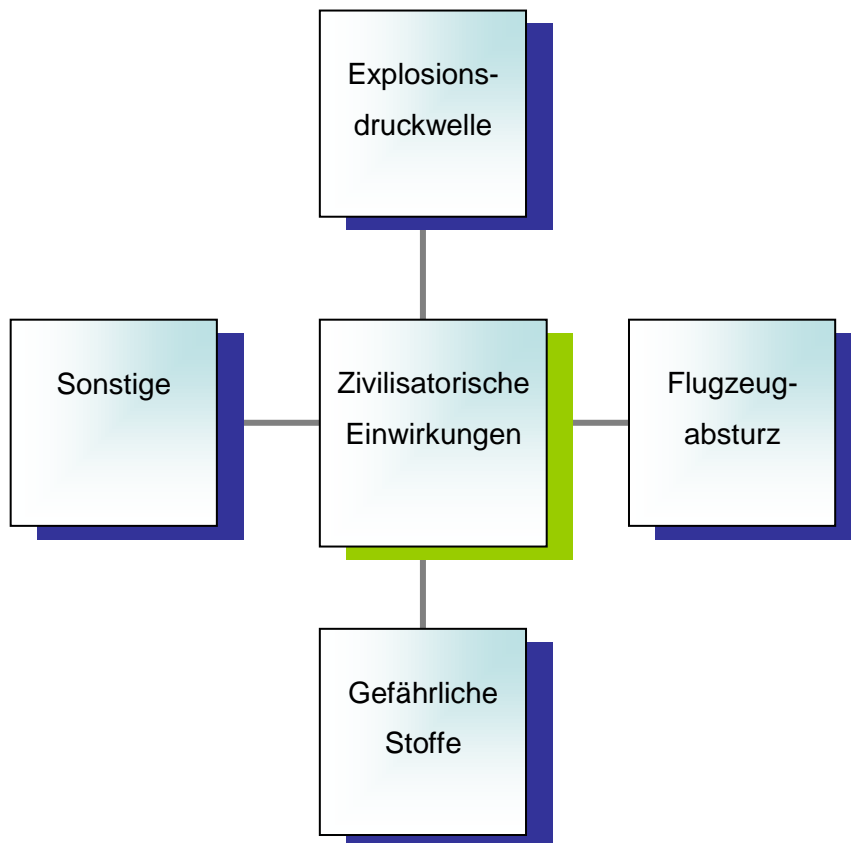


Abb. 4-4: Spektrum der zivilisatorischen Einwirkungen von außen

Die zivilisatorischen Einwirkungen von außen sind analog zu den naturbedingten Einwirkungen von außen detailliert untergliedert worden (Abb. 4-5). In diesen Teil der Wissensbasis wurden jedoch nur sehr begrenzt solche Informationen eingestellt, die während der Laufzeit des Vorhabens 3607R02604 als Nebenprodukt der Arbeiten zu naturbedingten EVA anfielen.

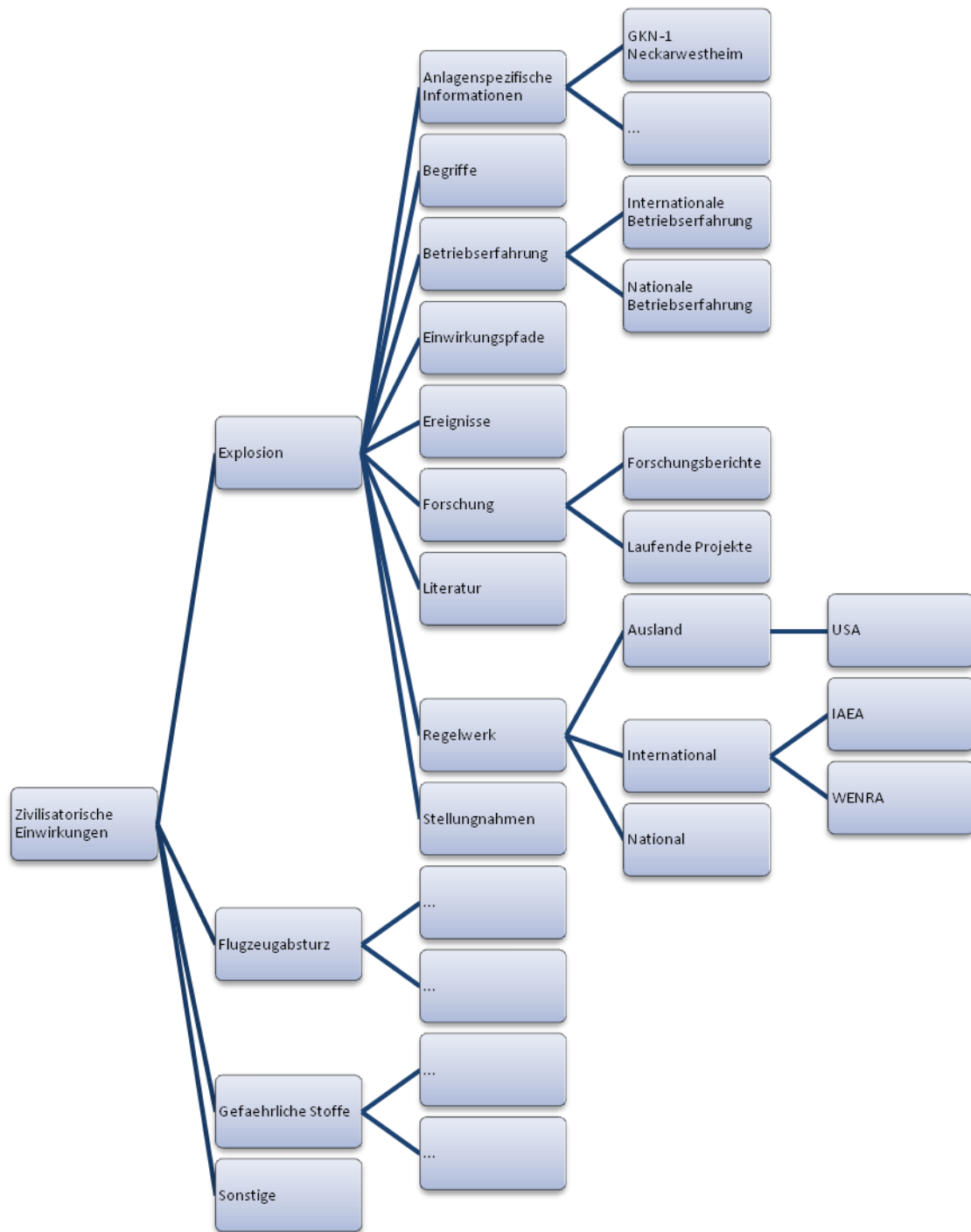


Abb. 4-5: Detaillierte Untergliederung der zivilisatorischen Einwirkungen von außen

In den beiden Hauptteilen 'naturbedingte EVA, und 'zivilisatorische EVA, der Wissensbasis sind die anlagenbezogenen Ordner der 17 in Deutschland in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke weiter unterteilt. In ihnen sind den Einwirkungen zugeordnete spezielle Informationen abgelegt, sofern diese verfügbar waren oder zugänglich gemacht werden konnten. Sie sind alle gleich nach in dem Abb. 4-6 aufgezeigten Schema struktu-

riert. An dieser Stelle ergibt sich bereits rechnerisch eine große Fülle an Teilaspekten, welches verdeutlicht, warum die systematische Bearbeitung der Wissensbasis einen erheblichen Aufwand erfordert. Bei den naturbedingten EVA sind dies für 11 Einwirkungen und 17 Kernkraftwerke jeweils 8 Unterordner, also insgesamt 1496 Ordner. Für die zivilisatorischen Einwirkungen kommen weitere $3 \times 17 \times 8 = 408$ Ordner hinzu. Viele Ordner sind derzeit noch als Platzhalter zu verstehen, die dann gezielt aktiviert werden, wenn Informationen anfallen.

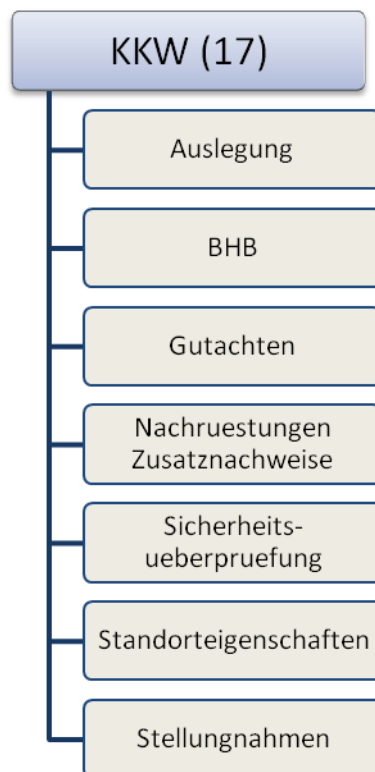


Abb. 4-6: Struktur der Ordner für anlagenbezogene Informationen

Die in der Laufzeit des Vorhabens verwirklichten inhaltlichen Schwerpunkte der Wissensbasis umfassen:

- Das deutsche und internationale kerntechnische Regelwerk mit entsprechenden Zuordnungen zu den jeweiligen EVA,
- Übersichten und Teilauszüge von Unterlagen aus der GRS-eigenen Datenbank TECDO zu den in Deutschland in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken, soweit verfügbar und in der Vorhabenslaufzeit zusammenstellbar,

- Informationen und Arbeiten für die Einwirkung 'Erdbeben'.

Es zeigt sich immer wieder, dass es für EVA kaum aktuelle Dokumente gibt, denen sich die nötigen gesuchten Informationen kurzfristig und zeitnah entnehmen lassen. EVA wurden in der Geschichte deutscher Kernkraftwerke nicht systematisch und übersichtlich behandelt. In das deutsche Regelwerk wurden erst nach und nach Einwirkungen von außen aufgenommen und spezielle Regelungen für Einwirkungen aufgestellt. Die Anfangsauslegungen der Kernkraftwerke beinhalteten explizit nur die Auslegungen gegen Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz und Erdbeben. Der GRS standen zur anlagenspezifischen Informationsgewinnung einige Länderumfragen, die Sicherheitsberichte der Kernkraftwerke mit den jeweiligen Standortbeschreibungen sowie die umfangreichen Betriebshandbücher zur Auslegung von Anlagen (ohne gesonderte Kapitel zu EVA) und wenige ältere probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) zur Verfügung, die zum Teil systematisch hinsichtlich der Einwirkung 'Erdbeben' ausgewertet wurden.

In Zahlen ausgedrückt, stellt sich der Umfang der für die Wissensbasis angelegten Ordner und Dateien wie folgt dar:

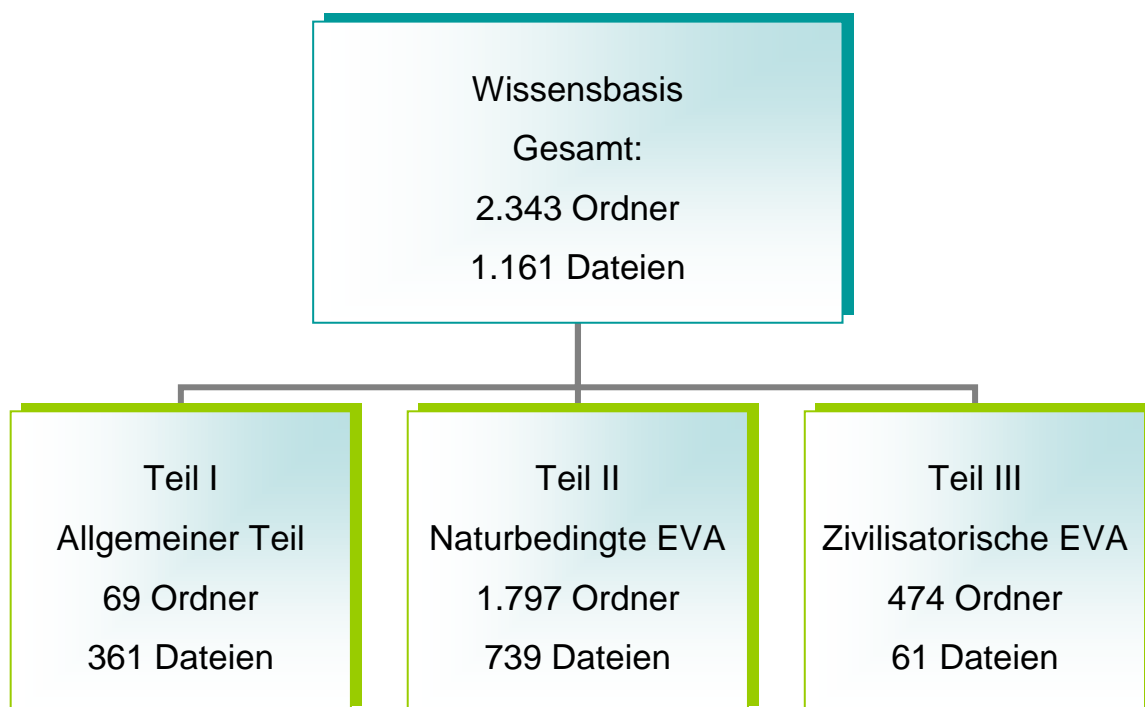


Abb. 4-7: Anzahl der für die Wissensbasis angelegten Ordner und Dateien

4.2 Auswertung des Teils I 'Allgemeiner Teil' der Wissensbasis'

Während der Bearbeitung des Vorhabens hat es sich als nützlich erwiesen, zusätzlich zur Unterteilung der naturbedingten Einwirkungen von außen und der zivilisatorischen Einwirkungen einen allgemeinen Teil der Wissensbasis aufzubauen (vgl. Abb. 4-8). Dort finden sich generische Informationen, Basiswissen, weiterführende Literatur, sowie Anlageninformationen, die oft nicht einer speziellen EVA zuzuordnen sind, aber trotzdem für generelle Ableitungen von Aussagen wesentlich sein können. Auch ist dort das gesamte relevante Regelwerk zu EVA eingestellt worden.

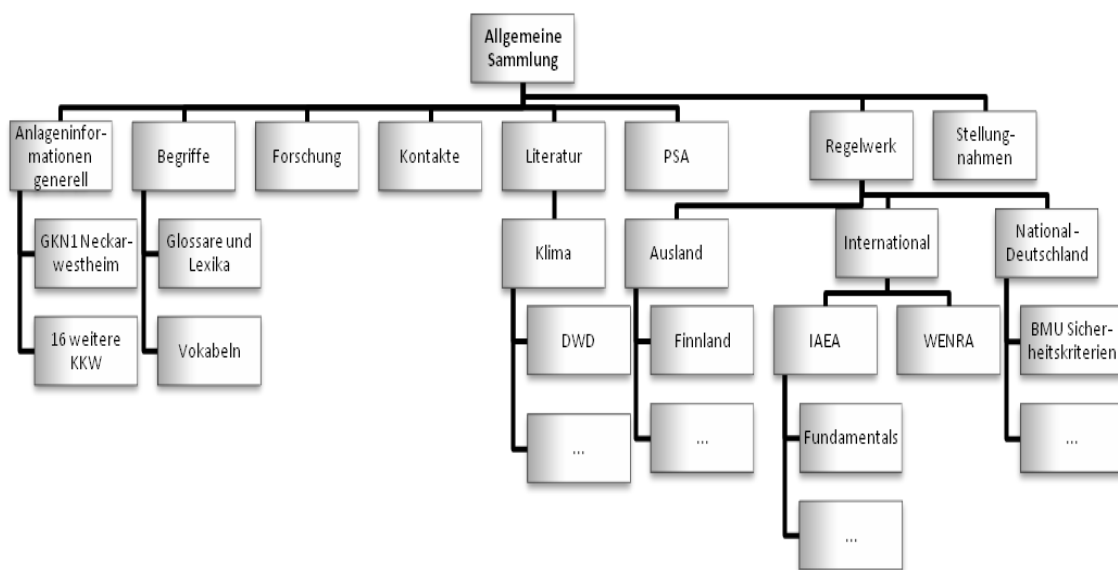


Abb. 4-8: Allgemeiner Teil der Wissensbasis

In diesen allgemeinen Teil der Wissensbasis sind viele Dokumente und Informationen eingeflossen, die der GRS aus früheren Arbeiten vorliegen. Für eine systematische Aufbereitung der einzelnen Dokumente bzw. Ordner stand allerdings nicht ausreichend Zeit zur Verfügung. Eine umfassende Aufbereitung konnte dementsprechend nicht durchgeführt werden. Dennoch sind für diesen Teil der Wissensbasis punktuell sehr umfangreiche Informationen aufbereitet worden. Grundsätzlich ist es wünschenswert, diese Arbeiten auch zukünftig fortführen zu können.

Es wurde eingehend geprüft, welche anlagenbezogenen Dokumente mit Blick auf EVA in der GRS zur Verfügung stehen. Daraufhin sind zum Teil systematische Auswertungen von Dokumenten aus der GRS Datenbank TECDO vorgenommen worden, um

standortspezifische Informationen zu einzelnen Kernkraftwerken herauszufiltern. Mit den Ressourcen des Vorhabens konnten so etwa für die Hälfte der Kernkraftwerke in Deutschland standortspezifische Informationen aus vorliegenden Gutachten und Sicherheitsberichten zusammengestellt werden. Parallel dazu sind diese Informationen gezielt für die Einwirkung 'Erdbeben' komprimiert und an den entsprechenden Stellen in die Wissensbasis eingestellt worden, da im Laufe des Vorhabens die Bearbeitung dieser 'Einwirkung' als einer der inhaltlichen Schwerpunkte zusätzlich zur Erstellung der Struktur der Wissensbasis festgelegt wurde.

Als nicht realisierbar hat es sich herausgestellt, gezielt aktuelle anlagenspezifische Auslegungsdaten in Bezug auf die verschiedenen EVA herauszufiltern. Hier liegen der GRS nicht in ausreichendem Maße Informationen seitens der Betreiber und der Aufsichtsbehörden vor. Zwar wäre es von großem Vorteil, gerade hier auf aussagekräftige Daten zugreifen zu können, dies ist jedoch nach derzeitigem Stand nicht möglich. Um zukünftig dennoch zumindest generische Aussagen treffen zu können, ist zum Teil der Umweg über allgemeine Auslegungsanforderungen aus dem Regelwerk bzw. Aussagen aus den Sicherheitsberichten, den Betriebshandbüchern und den Sicherheitsüberprüfungen möglich. Alternativ bzw. ergänzend besteht nur die Möglichkeit, Expertenwissen heranzuziehen, das sich aus der Berufserfahrung und aus Arbeiten in unterschiedlichen Gremien sowie dem persönlichen Austausch mit Experten anderer Fachinstitutionen bei unterschiedlichen Veranstaltungen herangebildet hat.

In der GRS sind die Sicherheitsberichte für alle Kernkraftwerke in Deutschland verfügbar. Ihnen können Standorteigenschaften für jedes Kernkraftwerk mit dem entsprechenden Stand entnommen werden, wie er zur Zeit der Errichtung und Genehmigung aktuell war. Aktualisierungen dieser Standortbeschreibungen sind nicht vorhanden, da Sicherheitsberichte in Deutschland nicht fortgeschrieben werden, sondern eine Bestandsaufnahme hinsichtlich des Schutzes gegen EVA im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung erfolgen (soll). Auch die Gutachten auf die sich die Sicherheitsberichte teilweise beziehen sowie die entsprechenden Gefährdungsanalysen liegen der GRS im Allgemeinen nicht vor.

Im Rahmen des BMU-Vorhabens 3608R02615 'Erfassung, Aufbereitung und Auswertung von im Rahmen der SÜ erstellten, deterministischen Sicherheitsstatusanalysen und probabilistischen Sicherheitsanalysen von Kernkraftwerken in Deutschland' wurde parallel zum Vorhaben 3607R02604 unter anderem auch die Darstellung naturbedingter EVA untersucht. In diesem Vorhaben wurde die Auswertung aber nur für ein Kern-

kraftwerk durchgeführt. Auch hier hat es sich als mühsam und zeitintensiv herausgestellt, die Aussagen zu EVA zu sichten, da es sich dabei um keine aktuelle Sicherheitsüberprüfung handelte und die EVA in ihrer Gesamtheit nicht geschlossen und vollständig in der Sicherheitsstatusanalyse (SSA) betrachtet wurden. Aktuelle Sicherheitsüberprüfungen lagen der GRS im Rahmen des Vorhabens 3607R02604 nicht vor. Die Sicherheitsüberprüfungen scheinen jedoch eine gute Quelle für anlagenspezifische Informationen zu EVA darzustellen, so dass im Falle der Bereitstellung weiterer Sicherheitsüberprüfungen ein großer Wissenszuwachs in Bezug auf Informationen zu EVA zu erwarten ist, mit denen die Informationstiefe der Wissensbasis bei angemessenem Zeit- und damit Kostenaufwand deutlich verbessert werden könnte.

Im 'Allgemeinen Teil' der Wissensbasis wäre es, falls die erforderlichen Unterlagen und Mittel bereitgestellt werden, zukünftig auch möglich, PSA zu EVA einzustellen und ggf. aufzubereiten, die entsprechend dem PSA-Leitfaden /BMU 05/ und seiner Fachbände /FAK 06/ und /FAK 05a/ seit 2005 von den Anlagen zu erstellen sind.

Die Bearbeitung des Aspekts 'Anlagenspezifische Informationen' hat das Problem aufgezeigt, dass kaum schnell verwertbare, anlagenspezifische Informationen verfügbar sind. Speziell für den umfangreichen Themenkomplex EVA liegen fast keine geeigneten kurzfristig aufbereitbare Dokumente vor. Hier wären zusätzliche Informationen dringend erforderlich, deren Beschaffung aber voraussichtlich nicht durch die GRS selbst erfolgen kann.

4.3 Auswertung des Regelwerks

Die Zusammenstellung und Auswertung des nationalen wie international geltenden kerntechnischen Regelwerks in Hinblick auf seine Relevanz für EVA stellte einen Schwerpunkt des Vorhabens dar. Im Rahmen der Wissensbasis liegt das relevante Regelwerk jetzt in übersichtlicher, gut strukturierter und aktueller Form vor, so dass hierauf bei Bedarf schnell zugegriffen werden kann.

Für die Auswertung wurden - soweit verfügbar und relevant - die nationalen und internationalen Regeln und Richtlinien zunächst gesichtet und anschließend thematisch geordnet in der Wissensbasis abgelegt.

Die Regeln und Richtlinien wurden dabei nach den folgenden beiden Kriterien sortiert:

- Internationales Regelwerk ↔ Nationales Regelwerk
- Allgemeine Anforderungen zum Schutz von KKW gegen EVA ↔ Spezielle Anforderungen für ausgewählte EVA

Im 'Allgemeinen Teil' der Wissensbasis wurde eine tabellarische Übersicht zum Regelwerk erstellt, in der auch Verlinkungen zu den Dokumenten umgesetzt wurden. Das Regelwerk der IAEA (*International Atomic Energy Agency*) und die Dokumente des KTA (Kerntechnischer Ausschuss) wurden mit Hyperlinks auf entsprechende externe Seiten verbunden, so dass zu jedem Zeitpunkt aus der Übersichtstabelle heraus auf die aktuellste Version zugegriffen werden kann.

Dort wo Regelwerke gezielt einer spezifischen naturbedingten EVA zugeordnet werden können, wurden diese zusätzlich zur Ablage im 'Allgemeinen Teil' bei dieser EVA in die Wissensbasis eingestellt und auch hier wurden tabellarische Übersichtslisten erstellt.

Das heißt, der Überblick über das gesamte Regelwerk mit den entsprechenden Dokumenten ist im Teil I der Wissensbasis zu finden. Zusätzlich sind die einzelnen, den speziellen Einwirkungen zugeordneten Dokumente auch nochmals unter der entsprechenden Einwirkung abgelegt, um einen schnellen Zugriff auf das einwirkungsspezifische Regelwerk zu ermöglichen.

In der nachfolgenden Abb. 4-9 wird die gewählte Struktur zur Ablage der verfügbaren Regelwerke aufgezeigt.

International	Ausland	Deutschland
<ul style="list-style-type: none"> • IAEA <ul style="list-style-type: none"> • Safety Fundamentals • Safety Requirements • Safety Guides • INSAG Series • TECDOCS • WENRA 	<ul style="list-style-type: none"> • Finnland • Frankreich • Japan • Schweiz • USA <ul style="list-style-type: none"> • Regulatory Guides • Standard Review Plan • NUREG 	<ul style="list-style-type: none"> • Gesetze und Verordnungen • BMU Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke • BMI Sicherheitskriterien • RSK Leitlinien • KTA • SÜ Leitfäden • Sonstige

Abb. 4-9: Nationales und internationales Regelwerk zu Einwirkungen von außen

4.3.1 Regelwerksanforderungen

International wird zwischen Anforderungen zur Standortwahl ('Siting'), zur Auslegung neuer Anlagen ('Design') und zur Bewertung bestehender Anlagen ('Evaluation') unterschieden. Im deutschen Regelwerk wird diese Unterscheidung nicht in allen Bereichen konsequent angewandt. Insbesondere werden die Regeln und Richtlinien zur Auslegung auch für die deterministische Bewertung bestehender Anlagen herangezogen. Des Weiteren wird der Aspekt der Standortwahl teilweise im Rahmen der Auslegung abgehandelt.

4.3.2 IAEA-Regelwerk zu EVA

Neben den individuellen Regelungen in Ländern mit Kernenergienutzung, die hier nicht im Einzelnen behandelt werden, stellen die Dokumente der IAEA das gemeinsame Verständnis der Mitgliedsstaaten hinsichtlich des kerntechnischen Regelungsbedarfs dar. Die IAEA Safety Requirements und Safety Guides sind somit als Richtlinie auf dem jeweils behandelten Themengebiet zu verstehen.

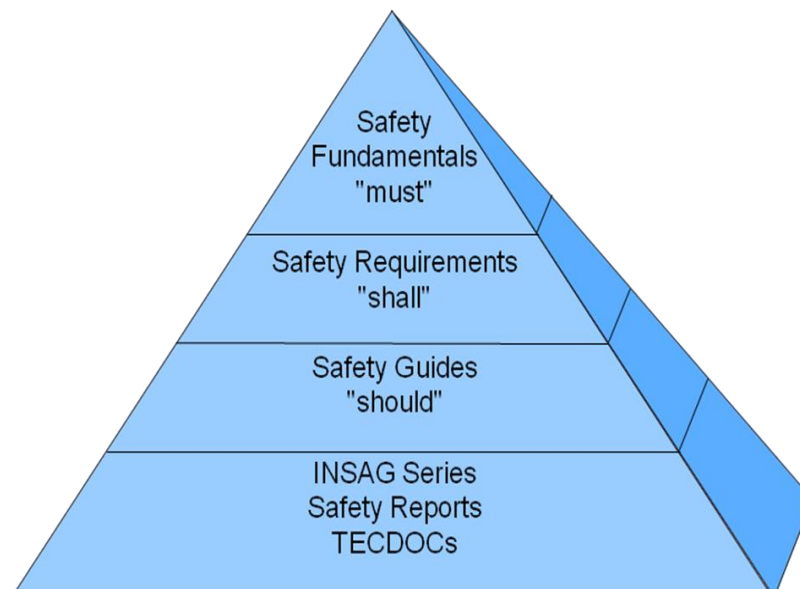


Abb. 4-10: IAEA-Regelwerkspyramide

Erste spezifische Anforderungen hinsichtlich des Schutzes von Kernkraftwerken gegen Einwirkungen von außen finden sich im Regelwerk der IAEA auf der Ebene der 'Safety Requirements'. Hier werden in NS-R-1 'Safety of Nuclear Power Plants: Design, /IAE 00/ Auslegungsanforderungen beschrieben und in NS-R-3 'Site Evaluation for Nuclear Installations',/IAE 03a/ Anforderungen an die Standortwahl und an die Ermittlung der zu berücksichtigenden Einwirkungen:

- NS-R-1: Safety of Nuclear Power Plants: Design
- NS-R-2: Safety of Nuclear Power Plants: Operation /IAE 00a/
- NS-R-3: Site Evaluation for Nuclear Installations

Weitergehende detaillierte Ausführungsempfehlungen finden sich in den Safety Guides NS-G-3.1 /IAE 02/ 'External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants', NS-G-3.3 /IAE 02a/ 'Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants', NS-G-3.4 /IAE 03/ 'Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants', NS-G-3.5 /IAE 03d/ 'Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites', NS-G-3.6 /IAE 04/ 'Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants' sowie in NS-G-1.5 /IAE 03b/ 'External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants' und NS-G-1.6 /IAE 03d/ 'Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants'.

NS-G-3.4 und NS-G-3.5 werden derzeit (Stand: Juni 2010) überarbeitet und zu einem Guide zusammengefasst (DS417) /IAE 10a/.

Während in NS-R-2 bisher nicht explizit auf EVA eingegangen wird, werden im Rahmen der Neustrukturierung des IAEA-Regelwerks jedoch auf der nachgeordneten Ebene der Safety Guides auch Dokumente zur Bewertung des Schutzes gegen EVA erstellt.

Site Evaluation:

- NS-G-3.1: External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants
- NS-G-3.3: Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants (derzeit - Stand Juni 2010- in Überarbeitung als DS422)

- NS-G-3.4: Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants
- NS-G-3.5: Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites
- NS-G-3.6: Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants
- DS405: Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations (derzeit - Stand Juni 2010 - in der Erstellung), /IAE 10a/

Design:

- NS-G-1.5: External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants
- NS-G-1.6: Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants

Operation:

- NS-G-2.13: Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations /IAE 09/

4.3.3 Deutsches kerntechnisches Regelwerk zu EVA

Das deutsche kerntechnische Regelwerk ist im Wesentlichen auslegungsorientiert. Eine Ausnahme bilden der PSA-Leitfaden /BMU 05/ und die nachgeordneten Dokumente (Fachbände zu PSA-Methoden und Daten) /FAK 05/ und /FAK 05a/.

Die Anforderungen zur Auslegung von Kernkraftwerken gegen EVA sind über verschiedene Regelwerksebenen verteilt. Es gibt übergeordnete Aussagen zur Behandlung von EVA in den Sicherheitskriterien des BMI (Bundesministerium des Inneren) /BMI 77/ sowie in den RSK-Leitlinien /RSK 96/. Konkretere Ausführungen finden sich dann in KTA Regeln und weiteren untergeordneten Dokumenten. Es ist geplant die Ebene der Sicherheitskriterien des BMI und die Ebene der RSK-Leitlinien durch die Sicherheitskriterien des BMU (Module) /GRS 09/, die sich derzeit in Erprobung befinden, zu ersetzen.

In Abb. 4-11 ist die hierarchische Struktur des kerntechnischen Regelwerks in Deutschland dargestellt.

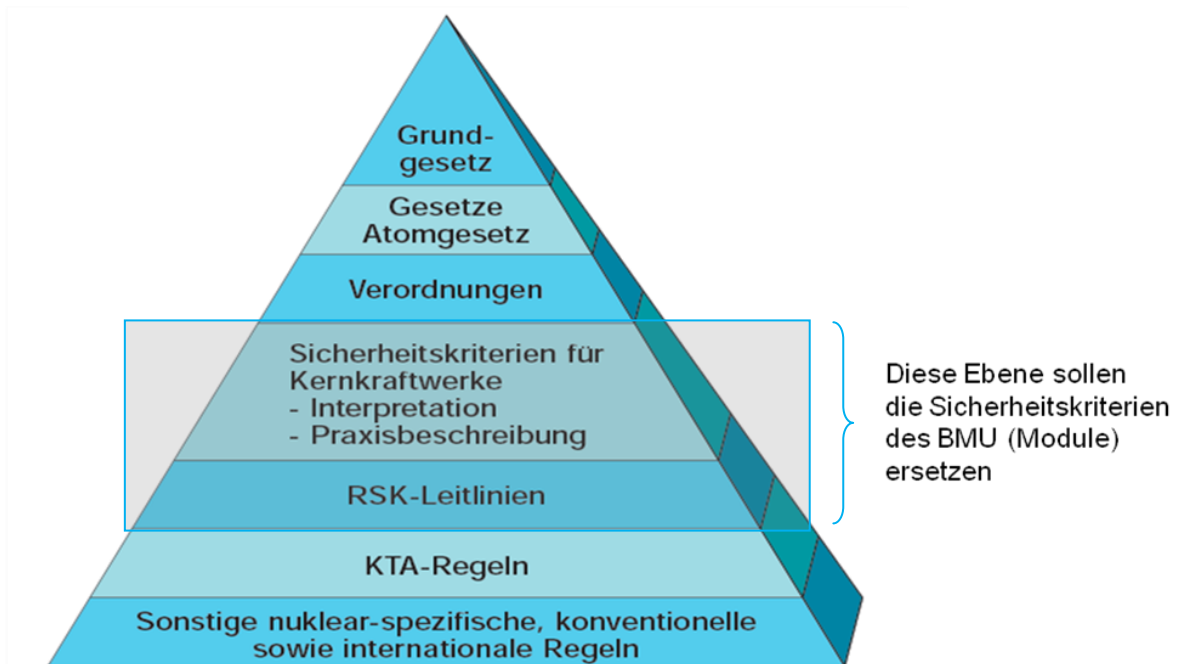


Abb. 4-11: Deutsches kerntechnisches Regelwerk

Die Sicherheitskriterien des BMI fordern im Kriterium 2.6, dass EVA zu berücksichtigen sind, aber dort stehen keine einwirkungsspezifischen Anforderungen.

In den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (Abs. 18 und 19) wird als naturbedingte Einwirkung nur „Erdbeben“ erwähnt. Für zivilisationsbedingte Einwirkungen werden allgemeine Anforderungen zum Flugzeugabsturz, zu chemischen Explosionen, zu giftigen und explosionsgefährlichen Gasen und zu Einwirkungen Dritter gegeben:

- 18. Naturbedingte Einwirkungen
 - 18.1 Erdbeben
- 19. Zivilisationsbedingte Einwirkungen
 - 19.1 Flugzeugabsturz
 - 19.2 Chemische Explosionen
 - 19.3 Giftige und explosionsgefährliche Gase
 - 19.4 Einwirkungen Dritter

Im Modul 10 der Sicherheitstriterien des BMU werden Kriterien zur Beherrschung von Einwirkungen von außen für ein wesentlich breiteres Einwirkungsspektrum behandelt:

- Allgemeine Kriterien
- Ereignisspezifische Kriterien
 - Zivilisatorische Einwirkungen (Notstandsfälle)
 - Flugzeugabsturz
 - Anlagenexterner Brand
 - Anlagenexterne Explosion
 - Eindringen gefährlicher Stoffe
 - Sonstige zivilisatorische Einwirkungen
 - Treibgut und Schiffsunfälle
 - Elektromagnetische Einwirkungen (außer Blitzschlag)
 - Naturbedingte Einwirkungen
 - Blitzschlag
 - Erdbeben
 - Überflutung
 - Extreme meteorologische Bedingungen
 - Biologische Einwirkungen

Das übergeordnete Regelwerk wird durch die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) ergänzt, die detailliertere Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb von Kernkraftwerken enthalten. Die im Folgenden aufgeführten KTA-Regeln beschäftigen sich mit EVA. Dabei bildet die KTA für Erdbeben mit sechs Teilen die ausführlichste Behandlung einer Einwirkung, da 'Erdbeben' im Allgemeinen auch die führende Einwirkung in Deutschland darstellt:

- KTA 2201: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen (alle sechs Teile dieser KTA befinden sich in Überarbeitung)

- Teil 1 „Grundsätze“ (Überarbeitung im Wesentlichen abgeschlossen, Stand: Juni 2010) /KTA 90/
- Teil 2 „Baugrund“ (Überarbeitung so gut wie abgeschlossen, Stand: Juni 2010) /KTA 90a/
- Teil 3 „Auslegung der baulichen Anlagen“ (in Überarbeitung, Stand: Juni 2010) /KTA 90b/
- Teil 4 „Anforderungen an Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit für maschinen- und elektrotechnische Anlagenteile“ (in Überarbeitung, Stand: Juni 2010) /KTA 90c/
- Teil 5 „Seismische Instrumentierung“ (Überarbeitung beginnt gerade, Stand: Juni 2010) /KTA 96/
- Teil 6 „Maßnahmen nach Erdbeben“ (Überarbeitung beginnt gerade, Stand: Juni 2010) /KTA 92/
- KTA 2206: Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen /KTA 00/
- KTA 2207: Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser /KTA 04/

Weitere Anforderungen zu einer zivilisatorischen EVA finden sich in der ‘Richtlinie für den Schutz von Kraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände’ /BMI 76/. Diese Richtlinie bezieht sich, wie der Name bereits erkennen lässt, auf die Einwirkung ‘Explosionsdruckwelle’.

Darüber hinaus kommen konventionelle Regeln und Richtlinien wie DIN-Normen (z. B. für Wind- oder Schneelasten), das Wasserrecht und anlagenspezifische Regelungen im Betriebshandbuch zur Anwendung.

4.4 Exemplarische Darstellung der eingestellten Dokumente für ein Beispiel-Kernkraftwerk

In diesem Kapitel wird exemplarisch für das ein Kernkraftwerk dargestellt, welche Informationen in der Wissensbasis verfügbar sind. Hierbei ist zu beachten, dass der Umfang der verfügbaren Informationen von Anlage zu Anlage sehr stark variiert, so dass das ausgewählte Beispiel keine grundsätzliche Verallgemeinerung zulässt.

Die meisten Anlageninformationen für den ausgewählten Standort sind im 'Allgemeinen Teil' der Wissensbasis zu finden. In diesem Fall Für sind z. B. vier Dokumente mit generellen Informationen in der Wissensbasis verfügbar.

Allgemeine Sammlung
Anlageninformationen_generell/Beispielsanlage
Beispielsanlage_Standort
Beispielsanlage_Eva_aus-Gutachten
Beispielsanlage_Allgemeine-Info_Wiki-2009

Abb. 4-12: Generelle Anlageninformationen zur Beispielsanlage

Anlagenspezifische Informationen, die einzelnen Einwirkungen zuzuordnen sind, werden in der Wissensbasis unter der jeweiligen Einwirkung im entsprechenden Unterordner abgelegt. Für die Beispielsanlage wurde in diesem Fall nur ein Dokument eingestellt, welches Textauszüge aus relevanten Gutachten zum Thema Erdbeben am Standort des Kernkraftwerks enthält (Abb. 4-13).

Naturbedingte_Einwirkungen

Biologische_Einwirkungen/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Blitzschlag/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Brand/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Erdbeben/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage /Gutachten

[TECDOSUCHE_Gutachten_Erdbeben](#)

Hochwasser/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Hohe_Temperatur/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Niederschlag/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Niedrige_Temperatur/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Niedrigwasser/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Vulkanismus/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Wind/Anlagenspezifische_Informationen/

Beispielsanlage => keine Dokumente

Abb. 4-13: Naturbedingte Einwirkungen - Informationen zur Beispielsanlage

Für zivilisatorische EVA sind derzeit keine anlagenspezifischen Informationen zur ausgewählten Beispielsanlage in der Wissensbasis verfügbar (Abb. 4-14).

Zivilisatorische_Einwirkungen Explosion/Anlagenspezifische_Informationen/ Beispielsanlage => keine Dokumente Flugzeugabsturz/Anlagenspezifische_Informationen/ Beispielsanlage => keine Dokumente Gefahrliche_Stoffe/Anlagenspezifische_Informationen/ Beispielsanlage => keine Dokumente

Abb. 4-14: Zivilisatorische Einwirkungen - Informationen zur Beispielsanlage

4.5 Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik

Zur Aufarbeitung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik im Rahmen des Vorhabens 3607R02604 war geplant, folgende Informationsquellen einzubeziehen: bisherige Arbeiten der GRS, wichtige Untersuchungen und Ergebnisse anderer Institutionen, aktuelle relevante Informationssysteme, Ergebnisse aktueller Beratungen in nationalen und internationalen Gremien, Aufführung bewährter Vorgehensweisen aus veröffentlichten Berichten oder Handbüchern. Wie sich herausgestellt hat, konnten diese Informationsquellen im vorgegebenen Stundenkontingent des Vorhabens jedoch nicht systematisch ausgewertet werden, so dass nur partiell spezielle Informationen in die Wissensbasis eingeflossen sind.

Das Themengebiet der naturbedingten Einwirkungen von außen ist so weitreichend, dass es zu jeder Einwirkung (einwirkungsseitig) eigene Geowissenschaften und weitere Hilfswissenschaften gibt (z. B. die Geologie, Klimatologie, Hydrologie, Fernerkundung, Kartografie). Mit der Wissensbasis soll eine Schnittstelle zwischen diesen verschiedenen Geowissenschaften, den dortigen Erkenntnissen und der Anwendung auf Kernkraftwerke geschaffen werden, mit dem Ziel u. a. deren Sicherheit, Auslegungsräumen sowie zukünftige Standortentwicklungen beurteilen zu können.

Ein Vergleich der deutschen und internationalen Regelwerksanforderungen ließ zwei wesentliche Unterschiede deutlich werden:

- Während international (insbesondere bei der IAEA) zwischen der Standortbewertung, also dem Bereich der Gefährdungsanalyse, der Auslegung und der Bewertung in Betrieb befindlicher Anlagen unterschieden wird, gibt es für diese drei Bereiche in Deutschland keine getrennten Regeln und Richtlinien. Eine Ausnahme stellt in gewissem Umfang der PSA-Leitfaden mit seinen nachgeordneten Dokumenten dar, in welchen zumindest für die Einwirkungen Erdbeben, Hochwasser, Explosionsdruckwelle und Flugzeugabsturz probabilistische Vorgehensweisen zur Bewertung bestehender Anlagen beschrieben werden. Für andere Einwirkungen und insbesondere für die deterministische Neubewertung muss auf die Auslegungsregeln und -richtlinien zurückgegriffen werden. Darüber hinaus fehlen für die meisten EVA Vorgaben zur Durchführung der Gefährdungsanalyse (Ausnahmen: Erdbeben und Hochwasser).
- Das deutsche kerntechnische Regelwerk beschränkt sich hinsichtlich EVA auf Anforderungen zu den Einwirkungen Erdbeben, Hochwasser, Blitzschlag, Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz und gefährliche Stoffe. Alle anderen Einwirkungen werden - wenn überhaupt - nur sehr knapp behandelt. Bei vielen Einwirkungen muss daher auf konventionelle Normen (z. B. DIN-Normen) zurückgegriffen werden. Diese Beschränkung auf ein sehr begrenztes Spektrum von Einwirkungen ist vermutlich historisch bedingt: Es wurden diejenigen Einwirkungen speziell behandelt, von denen man den größten Risikobeitrag erwartete. Ob diese Einschätzung heute noch berechtigt ist, müsste in einem zukünftigen Vorhaben geklärt werden. Teilaspekte dieser Fragestellung werden auch im Vorhaben 3609R01350 behandelt.

Für diejenigen naturbedingten EVA, für die explizite Regelungen existieren, Erdbeben, Hochwasser, Blitzschlag, entsprechen die Anforderungen des deutschen kerntechnischen Regelwerks dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik. Grundlegende Anforderungen zu anderen naturbedingten Einwirkungen von außen finden sich in den aktuellen Sicherheitskriterien des BMU, die zurzeit als Entwurf vorliegen. Diese Anforderungen haben jedoch nicht die Tiefe, wie man sie in internationalen Regelwerken, wie z. B. IAEA, oder nationalen Regelwerken anderer Länder zum Teil findet.

5 Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Erkenntnisse aus dem Aufbau der Wissensbasis

Mit der Wissensbasis wurde eine gut strukturierte Grundlage für die Zuordnung und Auswertung von Informationen zu EVA geschaffen. Sie stellt einen zweckmäßigen Ansatz dar, um kurzfristig auf verfügbare Informationen zum Thema EVA zuzugreifen. Die erarbeitete hierarchische Struktur ist hierfür sehr gut geeignet, da sowohl beim Einstellen von Dokumenten als auch bei der Nutzung dieser Informationen ein schneller Zugriff auf die passenden Ordner möglich ist. Der gewählte Aufbau erlaubt darüber hinaus auch zukünftig Erweiterungen und strukturelle Änderungen vorzunehmen sofern sich dies als sinnvoll bzw. notwendig erweisen sollte.

An die in der Wissensbasis verfügbaren Informationen kann jedoch nicht der Anspruch auf systematische Vollständigkeit und umfassende Tiefe gestellt werden, da die Ausarbeitung von Einzelthemen zu EVA mit einem erheblich höheren Zeitaufwand verbunden ist, als ursprünglich angenommen. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass die erforderlichen Informationen nur sehr verstreut in der GRS vorhanden sind. Daher sind zum jetzigen Zeitpunkt (d. h. nach Abschluss des Vorhabens 3607R02604) die wünschenswerten Inhalte zum Teil nur lückenhaft vorhanden. Dennoch wurde z. B. das Themengebiet 'Regelwerk zu Einwirkungen von außen' im Rahmen des Vorhabens umfassend abgedeckt.

Während der Erstellung der Wissensbasis zeigte sich einmal mehr wie umfangreich und breit gefächert das Thema EVA ist. Die einzelnen Themengebiete lassen sich nicht automatisch miteinander verknüpfen, so dass für die effektive und sachgerechte Nutzung entsprechende Fachkenntnis unerlässlich ist. Insbesondere die Übertragung von Erkenntnissen hinsichtlich der Einwirkungsseite (Naturphänomene) auf die Anlagen mit ihrer technischen Auslegung bedarf interdisziplinärer Kenntnisse und eines sorgfältigen Vorgehens.

Der Teil I der Wissensbasis (Allgemeine Informationen und Regelwerk, sowie die Informationen zu den Einwirkungen, sofern sie nicht spezielle Anlagen bzw. Standorte betreffen) enthält viele hilfreiche Basisinformationen und weiterführende Hinweise. Hier

konnte der größte Umfang an Inhalten für die Wissensbasis im Rahmen des Vorhabens verfügbar gemacht werden.

Die Erarbeitung von anlagenspezifischen Informationen aus dem zur Verfügung stehenden Material hat sich wiederholt als aufwändig und zum Teil nicht durchführbar erwiesen.

Um anlagenspezifischere Informationen zu erhalten, ist es denkbar, im Rahmen eines zukünftigen Vorhabens z. B. einen Katalog der noch fehlenden anlagenspezifischen Informationen zusammenzustellen, auf dessen Basis die Beschaffung der zur Vervollständigung der Wissensbasis benötigten Unterlagen organisiert werden könnte.

Zur Qualität der Ursprungsdokumente, die für die Zuordnung zu naturbedingten EVA herangezogen werden konnten muss gesagt werden, dass zu in der GRS vorhandenen Gutachten zum großen Teil die zugrundeliegenden Basisinformationen (z. B. weitere Gutachten, auf die Bezug genommen wird) nicht vorliegen. Informationen zu Einwirkungen und zur Auslegung von Kernkraftwerken sind oft nur 'versteckt' in den Sicherheitsberichten vorhanden, die zudem alle aus der Zeit der Genehmigung der Anlagen stammen. Zu den Sicherheitsüberprüfungen liegen der GRS kaum Dokumente vor. Insgesamt muss klar festgestellt werden, dass EVA in den meisten Dokumenten nur als Randthemen und dann auch meist unsystematisch behandelt werden.

5.2 Erzielte Ergebnisse

Für die Durchführung der Aufgaben der GRS (u. a. Unterstützung und Beratung der kerntechnischen Bundesaufsicht) im Hinblick auf die Bewertung von Naturereignissen und ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung für Kernkraftwerke stellt die Wissensbasis generische und (in sehr begrenztem Umfang) anlagenspezifische Informationen sowie die relevanten Regeln und Richtlinien in strukturierter, leicht zugreifbarer Form bereit. Die derzeit verfügbaren Informationen sind für die Beantwortung genereller Fragen und für anlagenübergreifende Aufgaben im Hinblick auf die Einwirkung Erdbeben geeignet.

Im Einzelnen wurde folgendes erreicht:

- Aufbau einer geeigneten Struktur für die Wissensbasis zu EVA,

- Filterung verfügbarer Daten hinsichtlich ihrer Relevanz für EVA (Schwerpunkt ‘Erdbeben’), sowie Aufbereitung dieser Daten in hierarchisch strukturierter Form für die Wissensbasis,
- schnellere Verfügbarkeit von Informationen zu naturbedingten EVA (Schwerpunkt ‘Erdbeben’) durch die Wissensbasis,
- Erkenntnisgewinn auf verschiedenen Themengebieten zu EVA während der Aufarbeitung der verfügbaren Informationen.

5.3 Ausblick

Ohne eine Fortführung der Arbeiten kann die Wissensbasis zu naturbedingten Einwirkungen von außen nur als Prototyp bestehen bleiben.

Folgende Zusammenstellung soll einen kleinen Überblick geben, welche Arbeitsschritte zukünftig noch denkbar und notwendig sind:

- Erarbeitung einer Liste der fehlenden, aber dringend benötigten, Informationen zu den Kernkraftwerken in Deutschland,
- Einbindung ausgewählter Internetseiten von ausgewählten Organisationen und Unternehmen, die für Zusammenarbeiten auf dem Themengebiet der EVA von Nutzen sein können,
- Einbindung von weiteren Ergebnissen aus der Betriebserfahrung,
- Einstellung von bzw. Verknüpfung mit GRS-A-Berichten mit Bezug zu EVA,
- Aktualisierungen vorhandener Daten,
- ggf. Überführung in eine Datenbank mit anderer Oberfläche.

Mittel- und langfristig wäre im Rahmen von Folgevorhaben eine Ausweitung und Pflege der Wissensbasis zur Unterstützung des Kompetenzerhalts der GRS auf dem Themengebiet EVA erforderlich, insbesondere da bei einigen Einwirkungen auf der geowissenschaftlichen Seite viele Forschungsarbeiten stattfinden und sich damit der Stand von Wissenschaft und Technik auf der Einwirkungsseite permanent weiterentwickelt.

6 Literatur

- /BMI 76/ Bundesminister des Innern (BMI), Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierten Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände, BAnz Nr. 179, September 1976
- /BMI 77/ Bundesministerium des Inneren (BMI), Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, Bonn, Oktober 1977
- /BMU 05/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Leitfaden zur Durchführung der 'Sicherheitsüberprüfung gemäß §19a des Atomgesetzes – Leitfaden probabilistische Sicherheitsanalyse – für Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland', Bundesanzeiger Nr. 207a vom 03.11.2005
- /FAK 05/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke. Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Stand: August 2005, BfS-SCHR-37/05, Wirtschaftsverlag NW / Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Salzgitter ISSN 0937-4469, ISBN 3-86509-414-7, Oktober 2005
- /FAK 05a/ Facharbeitskreis (FAK) Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke: Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen, Stand: August 2005, BfS-SCHR-38/05, Wirtschaftsverlag NW / Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Salzgitter; Oktober 2005
- /GRS 09/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, Revision D, Stand: April 2009,
regelwerk.grs.de

- /GRS 09a/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)mbH
Unterstützung des BMU im Rahmen bundesaufsichtlicher Fragestellungen durch Erfassung, Aufbereitung und datentechnischer Verarbeitung technischer Informationen über kerntechnische Anlagen (TECDO), GRS-A Bericht 3465, Köln, 2009
- /IAE 00/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA Safety Requirement NS-R-1, Vienna, September 2000
- /IAE 00a/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Safety of Nuclear Power Plants: Operation, IAEA Safety Requirement NS-R-2, Vienna, September 2000
- /IAE 02/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide NS-G-3.1, Vienna, May 2002
- /IAE 02a/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide NS-G-3.3, Vienna, December 2002
- /IAE 03/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide NS-G-3.4, Vienna, May 2003
- /IAE 03a/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Requirement NS-R-3, Vienna, November 2003
- /IAE 03b/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide NS-G-1.5, Vienna, November 2003
- /IAE 03c/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide NS-G-1.6, Vienna, November 2003

- /IAE 03d/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites, IAEA
Safety Guide NS-G-3.5, Vienna, December 2003
- /IAE 04/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Pow-
er Plants, IAEA Safety Guide NS-G-3.6, Vienna, December 2004
- /IAE 09/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations, IAEA Safety
Guide NS-G-2.13, Vienna, May 2009
- /IAE 10/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Draft
Safety Guide DS405
- /IAE 10a/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Hydrological and Meteorological Hazards in Site Evaluation for Nuclear In-
stallations, IAEA Draft Safety Guide DS417
- /KTA 90/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 1:
Grundsätze, KTA-Regel 2201 Teil 1, Juni 1990
- /KTA 90a/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 2:
Baugrund, KTA-Regel 2201 Teil 2, Juni 1990
- /KTA 90b/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 3:
Auslegung der baulichen Anlagen, KTA-Regel 2201 Teil 3, Juni 1990
- /KTA 90c/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 4:
Anforderungen an Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit für
maschinen- und elektrotechnische Anlagenteile, KTA-Regel 2201 Teil 4,
Juni 1990

- /KTA 92/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 6:
Maßnahmen nach Erdbeben, KTA-Regel 2201 Teil 6, Juni 1992
- /KTA 96/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen - Teil 5:
Seismische Instrumentierung, KTA-Regel 2201 Teil 5, Juni 1996
- /KTA 00/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen, KTA 2206,
Sicherheitstechnische Regel des KTA, Juni 2006
- /KTA 04/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA)
Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser, KTA-Regel 2207, Sicher-
heitstechnische Regel des KTA, November 2004
- /RSK 96/ Reaktorsicherheitskommission (RSK), RSK-Leitlinien für Druckwasserreak-
toren, November 1996

Verwendete Abkürzungen

BHB – Betriebshandbuch

BMI – Bundesminister des Inneren

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

CSNI – Committee on the Safety of Nuclear Installations

DIN – Deutsche Industrie Norm

EVA – Einwirkung von außen

GRS – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit

IAEA – International Atomic Energy Agency

KKW – Kernkraftwerk

KTA – Kerntechnischer Ausschuss

NHB – Notfallhandbuch

PSA – Probabilistic Safety Analysis

RSK – Reaktorsicherheitskommission

SSA – Sicherheitsstatusanalyse

TECDO – Technische Dokumentation

VdTÜV – Technische Überwachungs-Vereine (TÜV) in der Bundesrepublik Deutschland

WENRA – Western European Nuclear Regulators' Association

Verteiler

Druckexemplare:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

AG RS I 3 2 x

AG RS I 7 2 x

GRS

Autoren thu 1 x

Abteilung 505 row 1 x

Bibliothek Berlin, Garching, Köln je 1 x

Gesamt 9 x

PDF-Version:

Geschäftsführung lim, stj je 1 x

Bereichsleiter erv 1 x

Abteilungsleiter mem 1 x

Projektmanagement roo 1 x

Autoren thu, thv je 1 x

TECDO nit 1 x

Portal vet 1 x

Anlagen

- Gesamtstruktur der Wissensbasis
- CD der Wissensbasis

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

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

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

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

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

www.grs.de