

Teil II - Fragen zur PSA Methodik (teilweise gibt es wohl zwei Antworten: eine für aktuelle PSA, eine für geplante zukünftige PSA):

12. erachtet das ENSI die Ergebnisse von PSA (CDF/LERF) als realistische Abschätzungen für solche Ereignisse in der "echten Welt" oder doch eher nur im Sinne einer "virtuellen Vergleichszahl"?

Antwort ENSI: Mit der PSA soll das Risiko so realistisch wie entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik möglich abgeschätzt werden.

13. absehbare Fehler werden vermieden, nicht absehbare Fehler werden modelliert? Wie kann man "nicht Absehbares" modellieren? (Diskussion)

Antwort ENSI: Soweit möglich werden grundsätzlich alle relevanten Fehlerarten, die auftreten können, modelliert. Folgendes Beispiel sei hier vermerkt: Obwohl ein Lottogewinn nicht absehbar ist, kann seine Wahrscheinlichkeit ermittelt werden. Eine kleine Wahrscheinlichkeit bedeutet nicht, dass es keine Methodik zu ihrer Bestimmung gäbe.

14. Fehlerauslösung: ist diese in Fehlerbaumknoten konservativ abgebildet? (Diskussion)

Antwort ENSI: Die Frage ist unklar. (Falls Fehlerauslösungen gemeint sind: Fehlerauslösungen werden zumindest über die Auswertung der Betriebserfahrung zur Quantifizierung von Häufigkeiten berücksichtigt.)

15. positive Erfahrungen werden oft quer über die weltweite "Reaktorflotte" in Anspruch genommen und mit summierten Betriebsjahren unterlegt. Negative Vorkommnisse in anderen KKWs hingegen, werden meist als "nicht übertragbare Spezialfälle" klassiert. Das mag ja für eine deterministische Analyse zutreffen. Aber probabilistisch gesehen müssten diese Fehler trotzdem einfließen, richtig? Tun sie das?

Antwort ENSI: Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Relevanz und von Interesse in KKWs des In- und Auslands werden beim ENSI erfasst und ausgewertet. Dies hat insbesondere eine Bedeutung für „Lessons learnt“. Solche Auswertungen erfolgen auch im Ausland und wesentliche Ergebnisse werden über die Landesgrenzen hinaus ausgetauscht.

Die Bestimmung der Komponentenfehlerraten soll (mit Hilfe des Bayesverfahren) auf werkspezifischen wie auch auf der internationaler Betriebserfahrung basieren. (Die Verwendung der internationalen Betriebserfahrung ist u.a. auch deshalb angezeigt, weil es in den CH-KKW Komponenten gibt, für die noch nie ein Ausfall verzeichnet wurde.) Ziel ist die Abschätzung einer realistischen Fehlerrate auf Basis aller relevanten Vorkommnisse. Hierbei wird sowohl bei Vorkommnissen als auch bei positiver Betriebserfahrung auf deren Übertragbarkeit geachtet.

16. gibt es in vorliegenden PSAs Komponenten welche nicht mit einer konstanten Fehlerwahrscheinlichkeit (exponentialverteilter Lebenserwartung) modelliert sind? Falls ja, welche Reliability-Modelle werden für welche Komponenten eingesetzt?

Antwort ENSI: Im Allgemeinen wird in der PSA von konstanten Fehlerraten ausgegangen. Die Fehlerraten werden jedoch regelmässig neu bestimmt.

17. gibt es abgesehen von den Dieselgeneratoren weitere PSA-Komponenten, welche sowohl mit einer Start- als auch mit einer Laufzeit-Fehlerwahrscheinlichkeit modelliert sind? Falls ja, welche?

Antwort ENSI: Ja, zum Beispiel für alle Standby-Pumpen wird jeweils ein Start- und ein Laufversagen modelliert.

18. gibt es abgesehen von CCFs für gleichartige, redundante Komponenten, im Modell andere probabilistische Dependent Faults (d.h. nicht vom auslösenden Ereignis und nicht durch funktionale Abhängigkeit deterministisch ausgehende abhängige Fehler)?

Antwort ENSI: Mit CCFs werden im Allgemeinen alle Abhängigkeiten, die nicht explizit modelliert werden, berücksichtigt. Neben den von Ihnen explizit genannten Abhängigkeiten sind auch mögliche Abhängigkeiten von nacheinander folgenden menschlichen Handlungen zu erwähnen.

19. ist es richtig, dass Fehlerwahrscheinlichkeiten für die PSA-Komponenten unabhängig vom auslösenden Ereignis immer gleich sind?

Antwort ENSI: Dies gilt nicht für alle auslösenden Ereignisse (z.B. Erdbeben).

20. ist es richtig, dass die auslösenden Ereignisse untereinander als statistisch unabhängig angenommen werden?

Antwort ENSI: Die Aussage ist nur teilweise richtig. Korreliert sind zum Beispiel Erdbeben mit dadurch induzierten Kühlmittelverlusten, internen Überflutungen oder Bränden. Ein weiterer Aspekt ist, dass gewisse Systeme einerseits bei Ausfall als auslösendes Ereignis berücksichtigt sind und andererseits bei allen anderen auslösenden Ereignissen als Hilfssysteme modelliert sind. Als statistisch unabhängig werden gewisse Kombinationen angenommen (z.B. ein zufälliger Flugzeugabsturz in Kombination mit einem schweren Erdbeben) die dann auch so unwahrscheinlich sind, dass sie keinen relevanten Einfluss auf das Resultat haben und deswegen nicht modelliert werden.

21. ist es richtig, dass Komponenten, deren Ausfall separat als auslösendes Ereignis modelliert wird (namentlich LOCA-Komponenten), in allen anderen Ereignisbäumen als „unfehlbar“ modelliert werden?

Antwort ENSI: Nein (siehe Frage 20)

22. ist es richtig, dass Verfügbarkeit/Ausfall von Komponenten stets als „binär“ betrachtet wird? (ganz verfügbar oder ganz ausgefallen)

Antwort ENSI: Eine Komponentenunverfügbarkeit wird mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit und zugehöriger Unsicherheitsverteilung beschrieben.

23. ist es richtig, dass die Verfügbarkeit von Komponenten stets als „final“ betrachtet wird? (für die ganze Anforderungsdauer verfügbar oder von Anfang an ausgefallen)

Antwort ENSI: Nein

24. ist es richtig, dass die Zeitachse in vorliegenden PSA nach wie vor höchstens statisch ("early", "late", etc.) modelliert ist (kein "Dynamic Event Tree")?

Antwort ENSI: Die Annahmen, welche Massnahmen zum Erfolg führen, basieren auf thermohydraulischen (zeitabhängigen) Analysen. Das PSA-Modell selber ist ein statisches Modell.

25. ist es richtig, dass der Bruch des RPV im Sinne eines auslösenden Ereignisses ausgeschlossen wird?

Antwort ENSI: Nein

26. ist es richtig, dass der Bruch des Torus sowohl im Sinne eines auslösenden Ereignisses, als auch im Sinne eines Folgeschadens ausgeschlossen wird?

Antwort ENSI: Nein.

27. ist es richtig, dass die Software bzw. Prozesssteuerung als logisch "unfehlbar" modelliert werden?

Antwort ENSI: Nein

28. wie viele Knoten hat der MUSA2005 Fehlerbaum ungefähr?

Antwort ENSI: Es ist nicht klar, was Sie mit „Knoten“ meinen. Ein Fehlerbaum besteht aus Basisereignissen (engl. Basic Events) und logischen Verknüpfungen, den so genannten Gattern (engl. Gates). Da in der Informatik bei einer Baumstruktur die Basisereignisse Blätter und die Gatter Knoten genannt werden, wird davon ausgegangen, dass nach der Anzahl der Gatter gefragt ist. Das MUSA2005-Modell ist ein so genanntes „One Top Modell“. Der entsprechende Fehlerbaum hat etwa 8700 Gatter.

29. wie viele Knoten hat der MUSA2005 Ereignisbaum (im Fehlerbaum) ungefähr?

Antwort ENSI: Bei der Entwicklung des MUSA2005-Modells wurden als Zwischenschritt diverse Ereignisbäume und Fehlerbäume erstellt. Diese wurden zum so genannten „One Top Modell“ (siehe Frage 28) zusammengeführt.

30. wie viele CCFs wurden in MUSA2005 gerechnet?

Antwort ENSI: Die Fragestellung ist nicht eindeutig. Es ist unklar, ob nach der Anzahl der Komponenten, für die CCF modelliert wurden, gefragt ist oder nach der Anzahl der Komponententypen oder Komponentengruppen oder nach der Anzahl der Basic Events im Modell, die CCF beschreiben. Grundsätzlich entspricht der Umfang der CCF-Modellierung in der MUSA 2005 dem Stand von Wissenschaft und Technik, wie er in der Richtlinie ENSI-A05 präzisiert ist.