

# Entwicklung, Erprobung und Validierung eines erweiterten Pyrolysemodells für Kabelbrandlasten

## Development, trial and validation of an advanced pyrolysis model for cables

Siemon, Matthias; Hosser, Dietmar; Zehfuß, Jochen

### Abstract

In the context of reactor safety research of the BMWi, the application of fire simulations and performance-based methods is an important point in determining the safety of present nuclear power plants. The main goal of this project is the comparison and adjustment of the actual code of FDS\_NIST with the code of FDS\_HC3D, developed at the iBMB, and the extension of the pyrolysis model for combustible solids by using the three-dimensional heat conduction of FDS\_HC3D as basis. An accurate prediction of the heat release rate of burning cable trays as the dominant fire load in nuclear power plants is essentially important for a realistic assessment of fire-induced hazards on safety-relevant systems. The developments in this projects should then be validated with the experimental results of the OECD-PRISME 2 project which is in operation since August 2011.

### 1. Einführung

Im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung des BMWi ist der Einsatz von Brandsimulationsrechnungen und rechnerischen Nachweisverfahren für sicherheitsrelevante Objekte vor allem im Zusammenhang mit der Überprüfung der Brandsicherheit in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt. Ziel des Vorhaben ist einerseits ein Abgleich des im iBMB entwickelten FDS\_HC3D-Codes mit dem Quellcode der aktuellen Version FDS\_NIST und andererseits die Erweiterung des Pyrolysemodells für Festkörper durch Kopplung mit dem 3D-Wärmetransportmodell. Die möglichst genaue Kenntnis des zeitlichen Verlaufs der Wärmefreisetzungsrates von brennenden Kabeltrassen als den wesentlichen Brandlasten in Kernkraftwerksgebäuden ist von entscheidender Bedeutung für eine realistische Ermittlung der Brandwirkungen auf sicherheitsrelevante Systeme.

Die hiermit verbundenen Entwicklungen werden mit den Ergebnissen einzelner Versuche des seit August 2011 laufenden OECD-Projekts PRISME 2 /1/ validiert. Aus diesem Grund sind die durchgeführten Validierungsrechnungen eng mit den einzelnen Versuchskampagnen

des Forschungsvorhabens OECD / PRISME-2 verknüpft.

### 2. Pyrolysemodell

Arbeiten im iBMB an der Entwicklung eines Brandausbreitungsmodells für Kabel haben gezeigt, dass die derzeit vorhandenen Ansätze mit einer Kopplung von Wärmetransport- und Pyrolysemodell noch nicht in der Lage sind, einen Kabelbrand ausreichend genau voraus zu berechnen. In der aktuellen FDS\_NIST Version ist ein verbessertes Pyrolysemodell auf Grundlage des Arrhenius-Gesetzes enthalten. Dieses Pyrolysemodell ist aber „nur“ mit einem eindimensionalen Wärmetransportmodell für Festkörper gekoppelt.

Exemplarisch ist in Bild 1 der Massenverlust und die Massenverlustrate eines Polymers unter Temperaturbeanspruchung und für unterschiedliche Sauerstoffgehalte der Atmosphäre abgebildet.

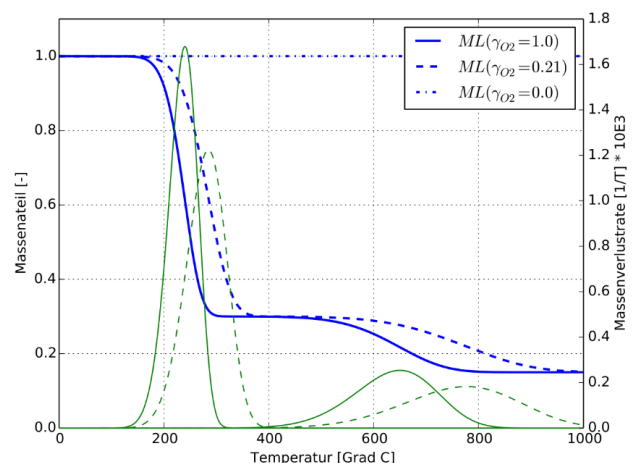


Bild 1 Massenverlust und –verlustrate eines Polymers unter Temperaturbeanspruchung

Eine geometrische Abbildung von komplexen Kabeln mit mehreren Adern oder Kabeltrassen mit unterschiedlichen Kabeln ist zudem nur in starker Vereinfachung möglich. Eine entscheidende Verbesserung der Prognosefähigkeit soll erreicht werden, indem das Pyrolysemodell mit dem im iBMB entwickelten dreidimensionalen

Wärmetransportmodell gekoppelt wird. Anhand der großmaßstäblichen Brandversuche des OECD / PRIS-

ME-2 Projektes wird das weiterentwickelte Simulationsmodell validiert werden.

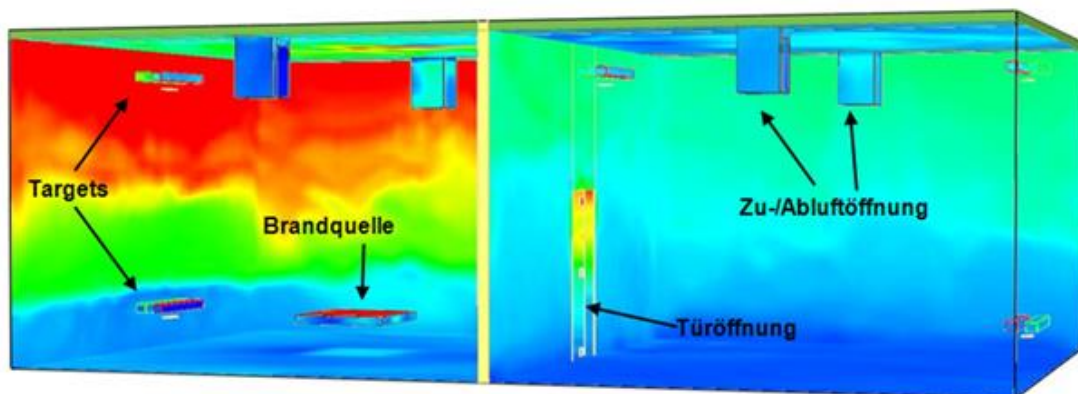


Bild 2 Brandsimulationsmodell eines OECD-PRISME Brandversuchs

### 3. Validierung

Die Validierung unterschiedlicher Typen von Brandsimulationscodes zur Berechnung der Wärme- und Rauchausbreitung und der damit verbundenen Wirkungen in kerntechnischen Anlagen ist eine grundlegende Voraussetzung für deren Anwendung bei der Brandschutzbewertung. Die Ergebnisse einer Validierungsberechnung sind in Bild 2 als PEAK-PEACOCK-Plot dargestellt.

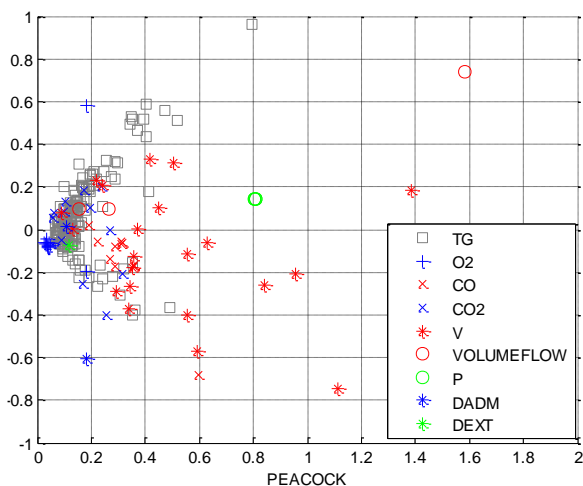


Bild 2 Übereinstimmungen der Kenngrößen eines Brandversuchs mit der Brandsimulation

Nur so kann bei unterschiedlichen Fragestellungen der jeweils am besten geeignete Typ von Simulationsprogramm eingesetzt werden. Am iBMB werden umfangreiche offene und blinde Simulationsrechnungen zu einzelnen Versuchen des OECD / PRISME-2 Projekts mit

dem Brandsimulationsprogramm FDS zu dessen Validierung durchgeführt.

### 4. Trassenversuche

Außerdem wurden Trassenversuche als zusätzliche Validierungsgrundlage durchgeführt. In drei Versuchen wurden dabei die Einflüsse der

- Belegungsdichte
- Trassenabstände

auf das Abbrandverhalten untersucht. Der erste Versuch wurde so geplant, dass er hinsichtlich der Trassenbreite, den Abmessungen und den weiteren Randbedingungen möglichst genau dem in Frankreich vom IRSN durchgeführten Versuch CORE-1 entspricht, bei dem das gleiche Kabel in gleicher Belegung verwendet wurde. Die Ergebnisse beider Versuche erlauben dann eine Aussage über den Einfluss der Versuchsrandbedingungen und bilden außerdem eine Verknüpfung der am iBMB durchgeführten Trassenversuche mit den Versuchen aus OECD / PRISME2. In den beiden anderen Versuchen wurden die Belegungsdichte und Trassenabstände entsprechend variiert und der Einfluss auf die Wärme- freisetzungsrates untersucht.

### 5. Literatur

- /1/ OECD PRISME2 Vorhaben,  
<https://www.oecd-nea.org/jointproj/prisme-2.html>