

Fachliche Hintergrund- Informationen zum Reaktorunfall in Tschernobyl

Aktualisierte Version

Darmstadt, April 2006

Christoph Pistner

Öko-Institut e.V.
Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt

Tel.: 06151/81 91-0
Fax: 06151/8191-33

info@oeko.de
www.oeko.de

Fachliche Hintergrund-Informationen zum Reaktorunfall in Tschernobyl

Übersicht

Am 26. April 1986 kam es im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl in der Ukraine zum bisher schwersten Unfall in der Geschichte der zivilen Kerntechnik. Durch einen massiven Anstieg der nuklearen Leistungsfreisetzung wurde der Reaktor zerstört und bei den anschließenden Bränden des im Reaktor verwendeten Graphits ein großer Anteil des radioaktiven Inventars des Reaktors weiträumig in die Umwelt freigesetzt. Der Unfall geschah im Laufe eines beim Abfahren des Reaktors durchgeführten sicherheitstechnischen Versuches. Fehlhandlungen des Personals im Zusammenspiel mit Mängeln in der Planung des Versuchs und Fehlern in der sicherheitstechnischen Auslegung des Reaktors verursachten dabei diesen schweren Reaktivitätsunfall.

Grundlagen: Reaktivität und Reaktivitätskontrolle in Kernreaktoren

In einem Kernreaktor wird die Energie durch die Spaltung von Uran mittels Neutronen erzeugt. Bei der Spaltung von Uran werden neben der zur Stromerzeugung gewünschten Energie außerdem zwei bis drei Neutronen aus jedem Urankern freigesetzt. Die Neutronen lösen weitere Spaltvorgänge aus, wenn sie auf andere Urankerne treffen. Ein Aufrechterhalten dieser Kettenreaktion ist notwendig, um damit kontinuierlich Energie zu produzieren.

Die Reaktivität des Reaktors wird dadurch bestimmt, wie viele Neutronen aus einer Spaltung jeweils wieder zu einer neuen Spaltung führen. Man kann sie beeinflussen, indem man ein Absorbermaterial gezielt in den Reaktor einbringt, das Neutronen einfängt und damit die Kettenreaktion ganz oder teilweise unterbricht. Dies geschieht in der Regel durch Einfahren von Abschalt- oder Steuerstäben. In einem Kernreaktor muss die Reaktivität soweit kontrolliert werden, dass die bei der Spaltung der Urankerne freigesetzte Energie aus dem Reaktor abgeführt werden kann.

Bei einer geringen positiven Reaktivität, das heißt einem geringen Neutronenüberschuss, kommt es zu einem langsamen Anstieg der Leistung im Reaktor. Die Kettenreaktion kann kontrolliert werden. Wird jedoch ein gewisses

Maß an Reaktivität überschritten, so geschieht die Leistungsfreisetzung extrem schnell, die Kettenreaktion wird praktisch unkontrollierbar.

RBMK-Reaktoren und ihre Besonderheiten

Beim Kernkraftwerk Tschernobyl handelte es sich um einen so genannten RBMK-Reaktor. Diese Abkürzung steht für die russische Bezeichnung eines graphitmoderierten Siedewasser-Druckröhrenreaktors. Dieser Kraftwerkstyp wurde in der ehemaligen UdSSR entwickelt und ausschließlich dort eingesetzt, heute sind noch elf Blöcke dieses Typs in Russland und ein Block in Litauen in Betrieb.

Dieser Reaktortyp verwendet einen Uran-Brennstoff, der vergleichbar ist mit dem für deutsche Kernkraftwerke. Um damit eine stabile Kettenreaktion aufzubauen, ist es notwendig, die bei der Kernspaltung entstehenden „schnellen“ Neutronen mit einem so genannten Moderator abzubremesen. Dazu wird in den Druck- und Siedwasserreaktoren deutscher Bauart Wasser eingesetzt. In RBMK-Reaktoren wird dagegen Graphit als Moderator verwendet.

In Leichtwasserreaktoren deutscher Bauart befinden sich alle Brennelemente in einem gemeinsamen Reaktordruckbehälter, in dem die Energie aus den Brennelementen an das Wasser übertragen wird. Zusätzlich sind der Reaktordruckbehälter und die wesentlichen Radioaktivität führenden Einrichtungen in einem Sicherheitsbehälter untergebracht. Damit sollen bei Störfällen Freisetzungen von Kühlmittel und Radioaktivität im Gebäude zurückgehalten werden.

RBMK-Reaktoren besitzen keinen Sicherheitsbehälter. Es gibt eine große Anzahl von einzelnen Druckröhren, in denen sich jeweils eine kleine Anzahl Brennelemente befindet. Durch diese Druckröhren wird zur Kühlung der Brennelemente Wasser geführt, welches beim Durchlaufen des Reaktors siedet. Der entstandene Dampf leitet die erzeugte Energie an die Turbinen weiter.

Das Wasser wirkt dabei allerdings nicht nur als Kühlmittel, sondern auch als Neutronenabsorber, ähnlich wie die Steuerstäbe. In RBMK-Reaktoren kann es dadurch zu unerwünschten Rückkopplungen kommen: Bei einer

Leistungssteigerung wird mehr Wasser verdampft, dadurch ist weniger Wasser im Kern vorhanden und es werden weniger Neutronen absorbiert, die Reaktivität steigt. Dies führt wiederum zu einer weiteren Leistungssteigerung, die entsprechend noch mehr Wasser verdampfen lässt. Damit dieser Effekt beherrschbar bleibt, muss immer eine gewisse Anzahl an Steuerstäben im Reaktor verbleiben, ansonsten sahen die Betriebsvorschriften eine sofortige Abschaltung vor.

Neben dieser ungünstigen Eigenschaft wiesen die RBMK-Reaktoren zum damaligen Zeitpunkt noch eine weitere wichtige Auslegungsschwäche auf. Unter bestimmten, sehr seltenen Bedingungen, konnte das Einbringen von Abschalt- bzw. Steuerstäben in den Kern die Reaktivität zunächst noch weiter ansteigen lassen, das heißt statt den Reaktor abzuschalten wurde die Leistungserzeugung weiter verstärkt. Auch dieser Effekt trat bevorzugt dann auf, wenn sich nur noch wenige Steuerstäbe im Kern befanden.

Der Unfallablauf

Am 25. April 1986 sollte der Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl zu einer geplanten Revision abgefahren werden. Dabei sollte ein sicherheitstechnisch wichtiger Versuch durchgeführt werden. Dieser war bei der Inbetriebnahme des Kraftwerks nicht erfolgreich gewesen, stellte jedoch eine Voraussetzung für den weiteren Betrieb des Kernkraftwerks war. Es sollte demonstriert werden, dass bei einem Störfall mit Ausfall der elektrischen Energieversorgung in der Anlage die Energiebereitstellung der auslaufenden Turbinen ausreichen würde, um die zur Kühlung des Reaktors benötigten Pumpen solange mit Energie zu versorgen, bis die Notstromerzeugungsanlage in Betrieb wäre.

Zur Durchführung dieses Versuchs sollte der Reaktor zunächst bis auf etwa 20 bis 30 Prozent seiner Leistung herab gefahren und dann durch eine Schnellabschaltung ganz abgeschaltet werden. Am 25. April wurde daher ab 1:00 Uhr die Reaktorleistung zunächst auf etwa die Hälfte gesenkt. Entgegen den ursprünglichen Planungen wurde dann die Stromerzeugung des Kraftwerks noch im Netz benötigt, so dass der Reaktor noch ca. weitere 20 Stunden bei dieser Leistung in Betrieb blieb. In diesem Zeitraum fand auch ein Wechsel des Betriebspersonals statt. Erst danach wurde, der Reaktor weiter abgefahren. Durch Bedienfehler wurde dabei jedoch der für den Versuch vorgesehene Leistungsbereich unterschritten. Kurz nach Mitternacht am 26. April fiel die Leistung praktisch auf Null ab. Um den Versuch dennoch durchführen zu

können, sollte die Leistung wieder angehoben werden. Dazu wurden unter klarem Verstoß gegen die Betriebsvorschriften Steuerstäbe aus dem Reaktor ausgefahren, um die Reaktivität zu erhöhen. Es gelang damit, den Reaktor bei einer Leistung von etwa 200 MW zu stabilisieren.

Um 1:23 Uhr am Morgen des 26. April wurde dann der Versuch eingeleitet. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Reaktor aber aufgrund der vorherigen Betriebsweise in einem extrem instabilen Zustand. Schon bei relativ geringen Störungen des Gleichgewichts waren große Reaktivitätsänderungen möglich.

Das durch den Versuch bedingte Auslaufen der Kühlmittelpumpen verringerte den Wasserdurchsatz im Reaktorkern. Dadurch stieg die Reaktivität, was zu einer Leistungserhöhung, einem Temperaturanstieg mit Verdampfen von Kühlmittel und damit einer weiteren Abnahme der vorhandenen Kühlwassermenge im Reaktorkern führte.

Nach etwa 40 Sekunden wurde aufgrund der stark steigenden Leistung eine automatische Abschaltung des Reaktors ausgelöst. Diese bewirkte das Einfahren der Abschaltstäbe. Aufgrund der falschen Auslegung dieser Stäbe wurde jedoch zunächst die Reaktivität noch weiter erhöht, es kam damit endgültig zu einem unkontrollierbaren Leistungsanstieg, bei dem in wenigen Sekunden die normale Leistung des Reaktors um einen Faktor von mehreren hundert überschritten wurde.

Durch diese massive Energiefreisetzung wurden die Druckrohre aufgerissen, die Deckelplatte des Reaktors mit einem Gewicht von 3000 Tonnen angehoben und verdreht und das Reaktorgebäude zerstört, wodurch Radioaktivität unmittelbar in die Umwelt gelangen konnte. In der Folge kam es zu schweren Bränden des bei dem Unfall freigelegten Graphits im Reaktor, welche nur mit erheblichem Aufwand gelöscht werden konnten. Durch die entstehende Thermik wurde Radioaktivität hoch in die Atmosphäre getragen und dadurch sehr weiträumig verteilt. Noch Tage später gelangte Radioaktivität aus dem Kern in die Umwelt, erst ein Zuschütten der Reaktorrüine mit unterschiedlichen Materialien führte bis zum 6. Mai 1986 zu einer weitgehenden Beendigung der Freisetzungen. Offiziell wurde der Unfall erst am 28. April 1986 bekannt gegeben.

Fazit

Für den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl waren das Zusammenspiel von Mängeln in der Organisation bzw. der Planung des Versuchs, menschlichem Fehlverhalten und auslegungstechnischen Fehlern der Anlage sowie spezielle ungünstige Charakteristika der RBMK-Reaktoren verantwortlich. Bereits bei der Planung wurden die sicherheitstechnischen Auswirkungen des geplanten Versuches nicht in vollem Umfang erkannt und berücksichtigt.

Auch bei der Durchführung dieses Versuches kam es zu einer Anzahl von Verstößen gegen die Betriebsvorschriften. Grundlegend waren jedoch auch Mängel in der sicherheitstechnischen Auslegung des Reaktors ausschlaggebend, wie zum Beispiel die mögliche positive Rückkopplung beim Verlust von Kühlwasser, welche bereits vor der Katastrophe von Tschernobyl bekannt waren, gegen die jedoch keine ausreichenden Maßnahmen ergriffen worden waren.

Am Beispiel dieses Unfalls wird grundsätzlich deutlich, dass in einem so komplexen System, wie es ein Kernreaktor darstellt, durch eine Verkettung von Umständen Situationen auftreten können, die so nicht vorhergeplant waren und die dann letztlich nicht beherrscht werden können.

Auch wenn dieser konkrete Unfallablauf so in Deutschland nicht stattfinden könnte, zeigen umfangreiche Sicherheitsuntersuchungen jedoch, dass auch in deutschen Reaktoren Unfälle mit vergleichbaren Auswirkungen, das heißt einer massiven Freisetzung von Radioaktivität in die Umwelt, möglich sind.

Quellen:

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH:
Der Unfall und die Sicherheit der RBMK-Anlagen. GRS-121, Februar 1996.

International Atomic Energy Agency: INSAG-7 – The Chernobyl Accident:
Updating of INSAG-1. Safety Series No. 75-INSAG-7, Wien 1992.