

Strahlungs-Wichtungsfaktoren. Seit den ersten Versuchen, den Schadensmechanismus bei Auger-Elektronen aussendenden Radioisotopen zu erklären, wird auch die Möglichkeit einer sogenannten Coulomb-Explosion erwogen – zusätzlich zu den Auger-Elektronen: Wird das Jod-Atom in einer inneren Schale ionisiert, bewirkt das in gleicher Weise eine Elektronen-Kaskade, wie sie durch Elektronen-Einfang etwa im Falle des instabilen Jod-125 hervorgerufen wird.

Statt der erwarteten lediglich größenmäßigen strahlentoxischen Unterschiede zwischen den beiden Jod-Isotopen, so berichten nun die Autoren, zeigte sich aber, daß offensichtlich nicht die Dosis für

Auswirkungen mit deutlich qualitativen Unterschieden in den biologischen Reaktionen verantwortlich war. Die an menschlichen Nieren-Zellkulturen mit einer Reihe verschiedener Methoden zum Teil erstmals mit Auger-Elektronen-Emittern durchgeführten Untersuchungen deuteten unter anderem darauf hin, daß DNA-inkorporiertes Jod-123 eher zu einem apoptischen, durch genetische Informationen programmierten Zelluntergang führt, während der Zerfall von Jod-125 vorwiegend nekrotische Prozesse nach Ausfall der Zellfunktionen (Zelltod) nach sich zieht.

In gleicher Weise sei auch die im theoretischen Teil der Untersuchung behandelte Coulomb-Explosion einzustufen,

erklären die Autoren weiter. Die mit semi-empirischen quantenmechanischen Methoden durchgeführten Berechnungen ergaben demnach, daß nahezu jeder Zerfall eines Jod-123- beziehungsweise Jod-125-Nuklids eine Coulomb-Explosion und damit eine Zerstörung des Joddesoxyuridin-Moleküls (IUdR-Molekül) bewirkt, bei dem die Methylgruppe des Thymidins in der DNA durch eines der Jod-Isotope ersetzt ist. Der dieser Explosion zugrunde liegende Mechanismus, für dessen Eintreten innerhalb der DNA es bisher keinen experimentellen Nachweis gebe, könne weder einer Strahlenwirkung zugeordnet werden, noch sei er dosisabhängig. Darüber hinaus sei zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch nicht klar,

welchen molekular- beziehungsweise zellbiologischen Schaden eine solche Explosion hervorrufe. In jedem Fall müsse die Coulomb-Explosion aber als ein schwerwiegender Effekt angesehen werden, der zusätzlich zur Schädigung durch die Auger-Elektronen auftritt und deren Wirkung an der DNA verstärke.

Th.D.

F. A. H. Schneeweiss, A. Turtoi, E. Pomplun, G. Sutmann: Untersuchungen der Auger-Emitter abhängigen biologischen Wirksamkeit zur Ermittlung des Strahlungs-Wichtungsfaktors für Auger-Elektronen, Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben StSch 4421 am Forschungszentrum Jülich, Mai 2008, BMU-Schriftenreihe RS, BMU-2008-712, ISSN 1612-6386, [www.bmu.de/41499](http://www.bmu.de/41499).

## Slowakei

# Havarien ohne Ende im KKW A1 in Jaslovske Bohunice

**Das KKW A1 in Jaslovske Bohunice in der Slowakei sollte als erstes tschechoslowakisches Atomkraftwerk ein Prototyp werden. Nach fast 16 Jahren Bauzeit ging es im Dezember 1972 ans Netz und lief kaum sieben Jahre. Die Geschichte dieses KKW ist eine Kette von Havarien, aber selbst heute – 31 Jahre nach der endgültigen Abschaltung – wird über diese Havarien und ihre Auswirkungen nicht offen geredet. Insofern ist der Beitrag von Michal Pisko in der slowakischen Zeitung SME vom 12. Mai 2008, über den wir hier berichten, bemerkenswert.**

Das KKW Bohunice A1 war eine Entwicklung der Skodawerke. Vom Reaktortyp her handelte es sich um einen mit CO<sub>2</sub>-Gas gekühlten schwerwassermoderierten Reaktor, in

dem auch Graphit eingesetzt wurde. Als Kernbrennstoff wurde Natururan eingesetzt. Insgesamt stellte er eine Initiative dar, das sowjetische Atommonopol zu unterlaufen, die von den Russen mit Mißfallen beäugt wurde. Der Reaktor wies eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Tschernobylreaktor RBMK auf: auch im KKW A1 gab es Druckröhren und die Brennelemente konnten auch bei ihm im laufenden Betrieb ausgewechselt werden.

In kurzer Folge ereigneten sich zwei schwere Unfälle. 1976 schoß während des Brennelementewechsels bei laufendem Betrieb ein Brennelement aus dem Reaktorkern und tötete einen Arbeiter. Es trat radioaktives Kohlendioxid in den Reaktorraum aus. Dabei konnten sich zwei weitere Mitarbeiter des Kernkraft-

werks nicht mehr retten und erstickten, da die Notausgänge versperrt waren. „Es kam zu einer Bestrahlung von Mitarbeitern im Bereich der Grenzwerte und eine radioaktive Freisetzung an die Umwelt. Das Gelände des KKW war belastet.“ – so Dusan Viktory von der Gesundheitsbehörde heute. Während des Unfalls hatten die zuständigen Ämter geschwiegen. Das KKW schrammte haarscharf an einer Kernschmelze vorbei.

Am 22. Februar 1977 wurde die Anlage beim Wiederbefüllen mit Brennstäben schwer beschädigt und ist seit 1979 dauerhaft abgeschaltet. Bei dem Unfall schmolzen einige Brennelemente, weil das Verpackungs- und Feuchtigkeitsabsorptionsmaterial Silikagel nicht von einem Brennelement entfernt worden war und dann den Kühlkanal verstopfte. Es wurden 4 GBq (Giga-Becquerel) radioaktive Strahlung mit dem Wasserdampf in die Umgebung freigesetzt. Der Unfall wird in der internationalen Unfallstatistik als Stufe 4 der INES-Skala geführt.

„Durch die Beschädigung ist Schwerwasser (D<sub>2</sub>O) in den

Kühlkreislauf gekommen. Die rasante Feuchtigkeitserhöhung hat alle Brennstäbe beschädigt“, beschreibt das staatliche Unternehmen JAVYS, das sich mit der Dekontamination des KKW befaßte, den Unfall. Bei diesem Unfall gaben die Gesundheitsbeamten ernste Folgen zu: „Die radioaktiven Stoffe sind in die Atmosphäre entwichen und auch in die Oberflächengewässer gelangt. Nachdem man radioaktive Stoffe in den Abwasserkanal abgelassen hat, war die Radioaktivität auch im Fluß Dudvah gemessen worden“, sagte Dusan Viktory. Er meint aber, daß eine ernste radioaktive Belastung dank der Winterszeit vermieden worden wäre: „Die Vegetation ruht, die Menschen bewegen sich nicht in Flussnähe und Wasser wird nicht zur Bewässerung benutzt.“

Trotz der erheblichen Schäden bemühte sich die Regierung, das Prestige-KKW reparieren zu lassen. „Infolgedessen waren weitere große Mengen an hochradioaktiven Materialien geschaffen worden“, sagte Lubica Kupke-Siposova von der Umweltschutzorganisation Za Matku Zem.

Die dritte Havarie geschah lange nach der Stilllegung des KKW A1. Nachdem die Regierung zwei Jahre lang vergeblich versucht hatte, das KKW wieder instand zu setzen, ließen sie es einfach ganz bleiben. Der kritische Zustand des KKW und das in ihm vorhandene radioaktive Material haben am 12. Mai 1991 die dritte ernste Havarie verursacht. Zu diesem Zeitpunkt war das KKW schon 14 Jahre außer Betrieb. Beim Herauslösen der schadhaften Brennstäbe wurden die Reaktorhalle und die Umgebung kontaminiert. „Die Havarie hatte eine Erhöhung der Strahlendosis des bei der Beseitigung (der Brennstäbe) tätigen Personals zur Folge“, sagte Miroslava Pirozekova von der Atomaufsicht UJD.

Objektive offizielle Berichte über die Ereignisse im KKW A1 gibt es nicht. Frantisek Hezoucky, der 1976 Abtei-

lungsleiter für technische Entwicklungen am A1 war, hat vor einiger Zeit in der tschechischen Tageszeitung Pravo geschrieben, daß es keine Bedrohung gegeben hätte, die mit dem Tschernobylszenarium vergleichbar wäre. „Leider war es damals üblich, Mißerfolge nicht zu veröffentlichen und so entstehende Legenden. Die Fachleute, die die Ursachen und die Folgen der Havarie untersuchten, sind der Öffentlichkeit objektive Berichte zu dem Geschehen schuldig geblieben.“

Die Nichtregierungsorganisation „Energia 2000“ hat 2006 eine umfangreiche Studie über die Belastungen durch das havarierte KKW A1 veröffentlicht. Sie ist überzeugt, daß die Folgen bis heute weiterwirken. Lubica Kupke-Siposova meint, daß die Behörden die Unfälle bagatellisieren würden. Die Umweltschutzorganisation Za Matku Zem in-

formiert auf ihrer Website, daß nach den Unfällen „an einigen Stellen des Flusses Dudvah Werte festgestellt worden waren, die von der Höhe mit den Werten vergleichbar waren, die während der Evakuierungen nach der Tschernobylkatastrophe gemessen worden sind.“ Aus der Gesundheitsbehörde erklärte Dusan Viktory dagegen, daß die freigesetzte Radioaktivität die genehmigte Belastung nicht überschritten habe: „Die gemessene Belastung war unmittelbar nach den Ereignissen im atmosphärischen Staub, in Aerosolform festgestellt worden, im Wasser des Abwasserkanals, in Sedimenten des Flussbodens der Dudvah und im Abwasserkanal, in Wasserpflanzen und in Uferpflanzen. Die gemessene Milchbelastung war vorwiegend durch Kontamination nach der Havarie in Tschernobyl bedingt.“

kennt, um welche Mengen und um welche Art von radioaktivem Material es sich handelte. Die nun neben dem Dorffriedhof von Palomares entdeckten Gruben sollen 30 Meter lang, 10 Meter breit und 3 Meter tief sein und waren offenbar nach dem Unglück von den US-Militärs kurz vor deren Abzug ausgehoben worden, um dort radioaktive Materialien zu vergraben.

Daß die Gruben erst jetzt gefunden wurden, führt El País auf die Untätigkeit der Behörden zurück. Da die Gegend bis vor kurzem nur dünn besiedelt gewesen sei, habe sich niemand darum gekümmert. Bis 2004 seien auf den Gruben Salatköpfe angepflanzt worden, die ohne Beanstandungen in den Handel gelangt seien. Erst der Bauboom seit Ende der 1990er Jahre habe dazu geführt, daß neue Bodenanalysen vorgenommen worden seien. Bei den Bewohnern von Palomares seien bislang keine Gesundheitsschäden festgestellt worden. ●

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Reaktor A1 wurden zwischenzeitlich wieder nach Rußland zurückgebracht. Das Reaktorgebäude stellt eine bisher nicht sanierte Altlast auf dem Kraftwerksgelände dar.

Das zuständige Amt für Hygiene hat gleichgültig zugegeben, daß es für eine epidemiologische Studie zu Krebs und Leukämie, die möglicherweise durch den Betrieb des KKW verursacht wurden, kein Geld gibt. Nach Meinung der Atomaufsicht UJD waren jedoch Aufklärung der Öffentlichkeit und Methoden der Untersuchung der Unfälle „adäquat der politischen Wetterlage und dem Zeitgeist“ angepaßt. S.P.

Michal Pisko: SME (Slovakische Tageszeitung) vom 12.5.2008, S.3 ●

## Atomwaffenunfall

# Radioaktiv verseuchtes Erdreich in Spanien entdeckt

Mehr als 42 Jahre nach dem schwersten Unfall mit amerikanischen Atomwaffen sind in Spanien größere Mengen von radioaktiv verseuchtem Erdreich gefunden worden. Sie befinden sich in zwei Gruben, die Bedienstete der US-Streitkräfte an der Unglücksstelle nahe des Dorfes Palomares im Südosten Spaniens ausgehoben hatten. Wie die Deutsche Presseagentur unter Berufung auf die Madrider Zeitung El País vom 10. April 2008 berichtete, wollen Spanien und die USA das Erdreich nun gemeinsam analysieren und anschließend entsorgen.

Bei dem Dorf in der Provinz Almería war am 17. Januar

1966 ein B-52-Bomber der US-Luftwaffe mit vier nicht scharf gemachten Atombomben abgestürzt. Die Maschine soll beim Auftanken in der Luft mit einem Tankflugzeug zusammengestoßen sei. Drei der vier Atombomben an Bord seien auf die Erde geprallt, jedoch nicht explodiert, heißt es. Zwei der Bomben seien jedoch aufgeplatzt und hätten 220 Hektar Felder mit radioaktivem Plutonium verseucht. Die US-Regierung habe damals über eine Million Tonnen Erdreich abtragen und in die USA bringen lassen. Die vierte Bombe soll ins Mittelmeer gestürzt und 80 Tage nach dem Unglück geborgen worden sein.

Die US-Behörden hatten damals behauptet, alles verseuchte Erdreich abgetragen zu haben. Dies stellte sich jedoch später als unwahr heraus. Vor zwei Jahren kam Washington mit Madrid grundsätzlich überein, verbliebene radioaktive Rückstände gemeinsam zu beseitigen. Damals war aber noch nicht be-

## Atomwirtschaft

# AKW-Bau an der Grenze zu Brandenburg

Polen forciert offenbar den Bau von Atomkraftwerken. Das neue Strategiepapier „Energiepolitik Polens zum Jahr 2030“ sehe konkrete Projekte vor, meldete die Märkische Allgemeine Zeitung (MAZ) am 8. April 2008 unter Berufung auf die polnische Zeitung „Rzeczpospolita“. Diese beruft sich auf inoffizielle Quellen aus dem polnischen Wirtschaftsministerium. Demnach soll das Papier noch in der ersten Jahreshälfte 2008 publiziert werden. In dem alten Programm der Regierung habe es lediglich vage geheißt, daß die Möglichkeit für die Errichtung solcher Anlagen frühestens nach 2020 bestehe. Nun rücke der Zeitpunkt näher, die ersten Anlagen dürften in zwölf Jah-