

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	77 (1986)
Heft:	18
Artikel:	Technische und betriebliche Gesichtspunkte des Unfalls Tschernobyl
Autor:	Zünd, Hans / Fuchs, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-904270

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Technische und betriebliche Gesichtspunkte des Unfalls Tschernobyl

H. Zünd und H. Fuchs

Mitte August übergab die Sowjetunion der internationalen Atomenergie-Organisation IAEA einen umfangreichen Bericht zum Unfallgeschehen, der anlässlich eines internationalen Seminars der IAEA vom 25. bis zum 29. August in Wien von Fachleuten erörtert wurde. Der nachstehende Kurzbericht fasst die Ereignisse und Erkenntnisse über den Unfall zusammen und erläutert, weshalb Tschernobyl nicht überall ist.

Mi-août, l'URSS a remis à l'Agence internationale de l'énergie atomique AIEA un rapport très détaillé sur l'accident de Tchernobyl, rapport qui a été discuté par des experts lors d'un séminaire international de l'AIEA fin août. L'article ci-après résume les événements et les enseignements et explique pourquoi Tchernobyl n'est pas partout.

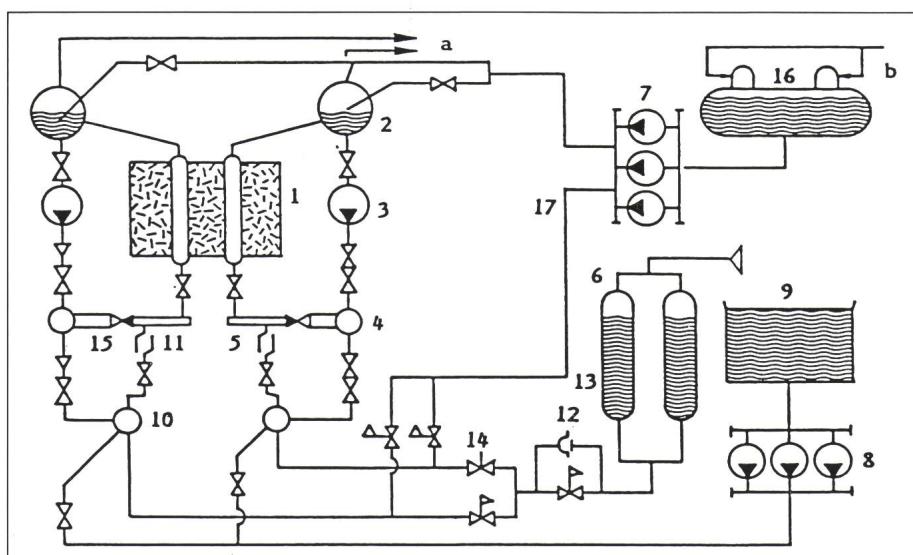
1. Der RBMK-Reaktor des KKW Tschernobyl

In den letzten Monaten wurde der Unglücksreaktor verschiedentlich in den Medien beschrieben. Daher werden hier nur die für den Unfallablauf wichtigsten Eigenschaften wiederholt. Der RBMK-Reaktor Tschernobyl, Block IV, bestand aus einer Grosszahl von Brennstoffbündeln (1659 Bündel), die in vertikalen Kühlkanälen (Druckröhren) angeordnet waren. Jedes Bündel enthielt 18 Uran-Brennstäbe in Zirkonhüllen mit einer U-235-Anreicherung von 2%. Die maximale Ausleistungsleistung pro Kanal betrug 3250 kW.

Die Kühlkanäle sind beim RBMK-Reaktor in einer Matrix von Graphit als Neutronen-Moderator eingebettet.

Der eigentliche Reaktor hat einen Durchmesser von 11,8 m und eine Höhe von 7 m und ist auf eine thermische Gesamtleistung von 3200 MW ausgelegt. Die Brennelementbündel werden mit Wasser gekühlt, wobei das Wasser zum Sieden kommt. Der Dampf aus den Kühlkanälen wird in Rohrbündeln zu Dampftrommeln geführt und von dort zu den zwei Turbinen geleitet, die je eine elektrische Bruttolleistung von 550 MW abgeben.

Das Reaktorkühlwasser wird in 2 parallelen Systemen mittels je 3 Hauptkühlmittelpumpen (+ je 1 Reservepumpe pro System) umgewälzt und über komplexe Verteilsysteme auf die 1660 Kühlkanäle geleitet (vgl. Fig. 1).



- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 Reaktorkern | 10 Notkühlwasser-Verteilrohr |
| 2 Trommel-Abscheider | 11 Begrenzungssutzen |
| 3 Hauptkühlmittelpumpen ($n = 2 \times 4$) | 12 Drossel-Ventil |
| 4 Verteilrohr ($n = 9$, ND 1 000 mm) | 13 Abschlussventil |
| 5 Gruppenverteilrohr ($m = 44$, ND = 300 mm) | 14 Schnellschlussarmatur |
| 6 Notkühl-Druckwasserbehälter | 15 Begrenzer für Gruppen-Verteiler |
| 7 Speisewasserpumpen (el.) | 16 Entgaser |
| 8 Notkühlpumpen | a) Dampf zu Turbinen |
| 9 Notkühlwasserbehälter | b) Speisewasser-Rücklauf |
| | 17 Notspeisewasserzuleitung |

Fig. 1 Notkühlungssystem RBMK-Reaktor

Adresse der Autoren

Hans Zünd, Direktor Bereich Nuklear- und Verfahrenstechnik, und
Dr. U.H. Fuchs, Chef Abt. Nukleare Sicherheit und Umweltschutz, Motor Columbus
Ingenieurunternehmung AG, Parkstrasse 27,
5401 Baden

Das Kernnotkühlsystem ist über die 44 Gruppenverteilrohre auf das Hauptkühlungssystem aufgeschaltet. Das Notkühlwasser wird kurzfristig einerseits von Druckspeichern und anderseits von den (auslaufenden) Speisewasserpumpen geliefert und längerfristig über notstrombetriebene Notkühlpumpen eingespeist. Das am 26. April durchgeführte Experiment diente zur Überprüfung einer speziellen Generatorerregung, die in einem Notkühlfall die Energie der noch drehenden Turbine in Strom für die genannten Speisewasserpumpen umwandeln sollte – jedenfalls bis zum Start der (langsam) Notstromdiesel.

Im sowjetischen Bericht wird bestätigt und als Schwachpunkt des Reaktors bezeichnet, dass die nukleare Kettenreaktion im Reaktor bei Verlust oder Verdampfung des Kühlmittels ansteigt (sog. «positiver Void-Koeffizient»). Eine Zunahme der Kettenreaktion heißt aber Zunahme der Reaktorleistung und damit der Dampfbildung, womit der Teufelskreis der positiven Rückkopplung geschlossen ist. Der Reaktor ist also für sich *instabil*. Er kontrolliert sich nicht selbst, sondern eine gleichmäßig kontrollierte Kettenreaktion muss laufend durch komplexe Regelsysteme (teils automatisch, teils von Hand) aufrechterhalten werden. Dies ist um so schwieriger, als wegen der Größe des Reaktors bereits Teile für sich eine kritische Masse erreichen können. Daraus ergeben sich – ohne besondere Massnahmen – zeitlich und örtlich stark schwankende Reaktorleistungen.

Der Reaktor wird durch 211 Regelstäbe (Neutronenabsorber), die gruppenweise in den Reaktor eingefahren werden können, geregelt. Die maximale Einfahrgeschwindigkeit beträgt (nur) 0,4 m/s. Die örtlich und zeitlich starken lokalen Schwankungen der Kettenreaktion werden durch lokale Regelsysteme stabilisiert, um die einzelnen Brennelemente vor unzulässigen Überhitzungen zu schützen. Diese Systemen sind mehrere spezielle Überwachungssysteme zugeordnet.

Für den Fall, dass ein Kühlkanal im Reaktor brechen sollte, kann der austretende Dampf durch eine Überströmleitung aus dem Reaktor in eine Wasservorlage geleitet und dort kondensiert werden. Dieses Schutzsystem ist aber nur ausgelegt für den Bruch eines einzigen Kühlkanals (von total 1660). Brechen mehrere Kühlkanäle gleichzeitig, entsteht ein Überdruck in der Reaktorkaverne. Ein komplexes

Leck-Überwachungssystem erlaubt es, Leckagen in den Kühlkanälen zu orten. Ein ähnliches Überström- und Lecküberwachungssystem existiert im Bereich der grossen Rohrleitungen und Sammler, jedoch fehlt ein Containment in unserem Sinn. Der Reaktorkern selbst, der fast alle Radioaktivität enthält, ist nicht von einem druckfesten Containment umgeben.

Die in dieser Kurzbeschreibung hervorgehobenen Eigenschaften des Reaktorsystems, zusammen mit gravierenden Fehlern des Betriebspersonals, führten zum katastrophalen Unfall, dessen Ablauf nachstehend zusammengefasst wird.

2. Ablauf des Unfalls am 26. April 1986

Nachstehend die wichtigsten chronologischen Ereignisse gemäss Bericht des sowjetischen Expertenteams, mit einigen Erläuterungen und Anmerkungen:

Nachdem das Kraftwerk im Dezember 1983 in Betrieb genommen worden war, sollte es am 25. April 1986 zu einer planmässigen Wartung abgeschaltet werden. Dabei sollte ein Auslaufversuch mit einem der beiden Turbogeneratoren durchgeführt werden, um zu sehen, wie weit die kinetische Energie der auslaufenden Turbogruppe bei Trennung vom Netz zur vorübergehenden Eigenbedarfsdeckung herangezogen werden kann. Die dafür nötigen elektrischen Systeme waren vorhanden, allerdings zeigten analoge Experimente 1982 und 1984, dass die Spannung am Generator zu rasch absank, weshalb eine verbesserte Generatorerregung eingebaut wurde – diese sollte nun «scharf» getestet werden. Bei einem RBMK-Druckröhren-Reaktor ist die Eigenbedarfsversorgung nach einem Kühlmittelverluststörfall mit Netzausfall generell heikel, weil der gebrochene Kühlkanal innert 3,5 s wieder mit Wasser versorgt sein muss. Der Versuch war nur rudimentär vorbereitet und nicht bewilligt worden. Spezielle Sicherheitsvorkehrungen fehlten, nicht zuletzt deshalb, weil die Versuchsleitung in der Hand von auswärtigen Elektrotechnik-Spezialisten lag, die vom Reaktor herzlich wenig verstanden.

25. April:

0100 Reaktorleistung wird langsam abgefahren. Es ist Freitag vor einem verlängerten Wochenende (1.-Mai-Feiern!).

1305

1400

Eine der beiden Turbogruppen wird abgeschaltet. Die Stromversorgung für die erforderlichen Betriebsaggregate wird auf die andere Turbogruppe umgeschaltet.

Das Kernnotkühlsystem wird vom Kernkühlkreislauf getrennt, um das Experiment nicht zu stören. Auf Anweisung der Netzeleitstelle muss aber das Kraftwerk mit halber Leistung weiter betrieben werden.

Anmerkung: Diese Abkopplung des Notkühlsystems war wegen der komplexen Vermischung von Betriebs- und Sicherheitssystemen erforderlich. Ein Reaktorbetrieb mit abgeschalteten Kühlsystemen würde in unseren Kernkraftwerken durch Verriegelungen verhindert.

2310

Nach Freigabe von der Netzeleitstelle Fortsetzen der Leistungsreduktion auf angestrebte 700–1000 MW (therm.). Das lokale automatische Reaktorregelsystem wird ausgeschaltet. Der Operator stellt den Sollwert für die Gesamtleistungsregelung nicht richtig ein und ist nicht in der Lage, die örtlichen Änderungen der Kettenreaktion schnell genug von Hand zu regeln. Die Leistung fällt ungewollt auf 30 MW (therm.). Es ist 00.28 am 26. April.

26. April:
0100

Endlich gelingt es, die Reaktorleistung zu stabilisieren, jedoch nur auf 200 MW statt min. 700 MW (therm.) – obgleich beinahe alle Kontrollstäbe ausgefahren wurden.

Anmerkung: Der Grund dafür ist der «Neutronenfresser» Xenon, der als Folge der Beinahe-Abschaltung stark ansteigt. Es ist hochgradig verboten, den Reaktor auf diese Weise, d.h. mit deutlich weniger als 30 eingefahrenen Kontrollstäben weiter

	zu betreiben - er hätte schon mit nur noch 30 eingefahrenen Stäben abgeschaltet werden müssen.			
0103 und 0107	Zusätzlich zu den sechs laufenden Hauptkühlpumpen werden (aus experimentellen Gründen) die beiden Reservehauptkühlpumpen zugeschaltet. Der Reaktorkern wird dadurch überspeist und so stark gekühlt, dass die Dampfproduktion zurückgeht. Es entstehen thermohydraulische Instabilitäten und damit erhebliche Regelprobleme. Um zu verhindern, dass der Reaktor wegen zu niedrigem Dampfdruck bzw. Wasserniveau in den Dampftrommeln von selbst abschaltet, blockiert die Betriebsmannschaft die entsprechenden Reaktorschutzsignale und beginnt, das Wasserinventar und z.T. die Leistung manuell zu regeln. <i>Anmerkung:</i> Dieses Verhalten der Betriebsmannschaft ist eindeutig vorschriftswidrig. Ausgelöst wurde es allerdings (und wohl kaum zum erstenmal!) durch die schwierige Regelbarkeit des Reaktors. In den Schweizer Kernkraftwerken würden Verriegelungen solche Eingriffe der Betriebsmannschaft verunmöglichen bzw. sofort eine Reaktorschnellabschaltung auslösen.		zu langsam verläuft. Westliche Reaktoren weisen ein unabhängiges, schnelles Notabschaltsystem auf, das gegen Fehlmanipulationen vielfältig abgesichert ist.	tive Rückkopplung ausgelegt, d.h. bei steigender Dampfproduktion wird die Kettenreaktion gebremst, und die Leistung nimmt ab. Der Reaktor regelt sich selbst.
		0123:04	Beginn des eigentlichen Experimentes. Die Einlassventile zur Turbine werden geschlossen, das damit verbundene Reaktorabschaltsignal aber überbrückt, weil man die Möglichkeit offen lassen will, das Turbinenexperiment notfalls zu wiederholen - sonst wäre das erst in einem Jahr wieder möglich gewesen... (Plansoll?) Der Druck in den Dampftrommeln steigt an - im Reaktor wird fast kein Dampf mehr produziert; die Austrittstemperatur nimmt aber zu.	0123:40
		0123:21	Verzögert durch die langen Rohrleitungen gelangt nun wärmeres Wasser in den Reaktor, die Verdampfung steigt. Die Pumpenleistung der Hauptkühlpumpen sinkt.	etwa 0123:44
		0123:31	Infolge des grösseren Dampfgehalts im Reaktor steigt dessen Leistung an, die Regelung vermag dies nicht mehr zu kompensieren. <i>Erklärung:</i> Der Reaktor ist bei Beginn des Experiments bei einer Leistung von etwa 200 MW in einem instabilen Zustand; der durch den Versuch ausgelöste Druckanstieg bzw. Abfall des Kühlmitteldurchflusses führt nach einer gewissen Verzögerungszeit zu erhöhter Dampfproduktion im Kern. Wegen der positiven Rückkopplung des RBMK-Reaktors steigt deshalb die Leistung und damit wieder die Dampfproduktion an usw. Die Leistungsregelung kann den zunehmend rascher werdenden Anstieg nicht mehr bremsen. <i>Anmerkung:</i> Ein Leichtwasserreaktor ist auf nega-	Innert etwa 2 s steigt die Reaktorleistung um etwa das Hundertfache an. Bei dieser «nuklearen Exkursion» werden etwa 30% des Brennstoffs auf über 3000 °C erhitzt. Das führt zu einer thermisch-mechanischen «Explosion» (Dampfexplosion). Die obere Abdeckplatte des Reaktors wird abgehoben, die Kühlkanäle abgerissen, der Oberteil des Reaktorgebäudes total zerstört. Der Reaktor steht «nackt auf der Wiese». <i>Erklärung:</i> Der Dampfanteil im Reaktor war so rasch angestiegen, dass der Reaktor wegen des positiven Void-Koeffizienten «prompt überkritisch» wurde; in diesem Zustand steigt die Leistung schlagartig an. <i>Anmerkung:</i> Unsere Leichtwasserreaktoren vermeiden eine «prompte Überkritikalität», sowohl durch die Grundauslegung als auch durch zahlreiche feste Absicherungen gegen Fehlmanipulationen.
0122:30	Zur Kontrolle des Reaktorzustands werden die Leistungsverteilung und die Kontrollstabpositionen ausgedruckt: nur noch 6-8 Stäbe sind eingefahren statt der mindestens erforderlichen 30. Nach den Vorschriften musste der Reaktor sofort abgeschaltet werden - die Mannschaft hat aber nur das Turbinenexperiment im Kopf! <i>Anmerkung:</i> 30 eingefahrene Kontrollstäbe sind beim RBMK vorgeschrieben, weil sonst eine Reaktorabschaltung im Notfall			Beobachter im Freien stellen im Abstand von 2 bis
			etwa 0124	

3 s zwei starke Explosio-
nen fest, die das Oberteil
des Reaktors und des
Reaktorgebäudes zerstö-
ren. Ein Feuerwerk glü-
hender Metallteile sprüht
in die Luft und entfacht
eine grosse Anzahl lokaler
Brände in und ausserhalb
des Reaktorgebäudes. Ra-
dioaktive Stoffe treten di-
rekt in die Atmosphäre
aus.

Erklärung: Die erste Ex-
plosion beruhte – wie er-
wähnt – auf der nuklearen
Exkursion («Durchbren-
nen»). Bei den dadurch
ausgelösten hohen Tem-
peraturen finden Metall-
Wasser- und Graphit-Was-
ser-Reaktionen statt. Da-
bei wird Wasserstoff freigesetzt,
der mit eintretendem
Sauerstoff zu Knall-
gasexplosionen führt. Das
ist die von den Russen fa-
vorisierte Erklärung für
die zweite Explosion. Westliche Experten ver-
muten allerdings als Ursache
eher eine zweite nu-
kleare Exkursion.

Das «Feuerwerk glühen-
der Metallteile» bestand
aus Zirkon, Uran und
Eisen. Die Brandbekämp-
fung war erschwert, weil
einzelne glühende Stücke
auf die mit Bitumen ver-
sehenen Dächer des Reak-
torkomplexes fielen.

Anmerkung: Metall-Was-
ser-Reaktionen könnten
bei so hohen Temperatu-
ren auch in Leichtwasser-
reaktoren vorkommen, je-
doch keine Graphit-Was-
ser-Reaktionen. Insgesamt
wäre die Wasserstoffmenge
wesentlich kleiner und
könnte ohne Sauerstoff im
Reaktorbehälter nicht ex-
plodieren. Radioaktive Stoffe würden im druckfesten
Containment zurückgehalten (das bei Tschen-
nobyl fehlt).

Dank heroischem Einsatz
der Feuerwehr-Equipen
sind die Brände gelöscht –
der Graphit brennt aber
noch tagelang.

0500

3. Radioaktivitätsabgabe an die Umgebung und Strahlungsdosen

Während des Unfalls wurden teilweise pulverisierter Brennstoff, alle Edelgase und ein grosser Teil der flüchtigen Spaltprodukte freigesetzt und dank dem thermischen Auftrieb des Brandes anfänglich in grosse Höhen (etwa 1200 m) transportiert. Diese Emissionen nahmen in den Tagen nach dem Unfall kontinuierlich ab, jedoch wegen der zunehmenden Temperaturen im Reaktor vom 2. bis zum 6. Mai 1986 zu.

Danach fiel die Emission rasch ab, vor allem wegen des Einbringens von Stickstoff unterhalb des Reaktors (durch wurde der Graphitbrand endlich erstickt).

Insgesamt wird im Bericht eine Emission von 50 MCi angegeben (ohne Edelgase), d.h. etwa 3,5% des gesamten Inventars im Kern.

Charakteristisch für den Tschen-
nobyl-Ablauf ist der erstaunlich hohe
Anteil freigesetzter schwerflüchtiger
Nuklide. Das ist einerseits auf das
Herausschleudern von Brennstoffteilen
bei der nuklearen Exkursion und
andererseits auf den Einfluss des Gra-
phitbrandes zurückzuführen.

Über die Strahlungsdosen der Be-
völkerung und über die medizinischen
Massnahmen gibt der Bericht ausführ-
liche Angaben. So erhielten die
135 000 Evakuierungen eine (externe)
mittlere Dosis von etwa 12 rem; die
74,5 Millionen Einwohner im europä-
ischen Teil der UdSSR im Mittel 0,1
rem für 1986 (resp. 0,4 rem über 50
Jahre akkumuliert).

Wird auch die Bestrahlung durch
Nahrungsmittel berücksichtigt, liegt
die zusätzliche Dosis über 70 Jahre im
Mittel bei etwa 3 rem. In diesem Zu-
sammenhang wurde von etwa 20 000
zusätzlichen Krebstoten gesprochen.
Das entspricht aber nach russischen
Angaben nur 0,4% der natürlicherwei-
se auftretenden Fälle.

Die Konferenz zeigte, dass diese
Zahl wahrscheinlich etwa 10fach zu
gross geschätzt wurde (d.h. in Wirk-
lichkeit muss mit 2000 zusätzlichen
Toten bzw. 0,04% der natürlichen Fäl-
le gerechnet werden).

4. Zustand und Zukunft des Unglücks Kraftwerkes und dessen Umgebung

Auf dem Kraftwerksareal waren vor
dem Unfall der Doppelblock 1+2 und

der Doppelblock 3+4 in Betrieb sowie
ein weiterer Doppelblock 5+6 der glei-
chen Bauart im Bau.

Nach dem Unfall war der Reaktorkern
des Unglücksblocks 4 teilweise,
das Kühlsystem vollständig zerstört.
Das Lagerbecken für abgebrannte
Brennelemente blieb intakt, es enthielt
allerdings nur etwa 100 Brennelemen-
te. Im Reaktor wurde weiterhin im
grossen Mass Wärme erzeugt durch
Nachzerfallswärme in den Brennstä-
ben und Schmelzbrand im Graphit-
moderator. Der Reaktor wurde durch
Naturkonvektion von atmosphäri-
scher Luft gekühlt, so dass die radio-
aktiven Stoffe direkt in die Atmosphäre
austreten konnten und dank der
Hitze weit hinauf verfrachtet wurden.
Ein Zusammenschmelzen der Brennele-
mente fand nach Angaben des Be-
richts nicht statt. Infolge der Hitze traten
aber auch nichtflüchtige Spaltpro-
dukte aus, die grösstenteils an den Ge-
bäudestrukturen ausfielen. Die Reak-
tortemperatur begann erst etwa am
5. Mai 1986 zu sinken.

Der Krisenstab bemühte sich in den
ersten Tagen primär, den Austritt ra-
dioaktiver Stoffe zu begrenzen durch
Abwurf von etwa 5000 t Material (Bor,
Dolomit, Sand, Lehm und Blei) über
den Reaktor.

Zur Kühlung des Reaktors wurde
Stickstoff von unten in den Reaktora-
rum gepumpt. Unter dem Reaktorge-
bäude wurde eine Wärmeabfuhrin-
richtung eingebracht, um bei eventuel-
lem Kernschmelzen die Schmelze auf-
zuhalten. Diese Massnahme erwies
sich nachträglich als überflüssig.

Ende Mai betrug die Strahlung auf
dem Kraftwerksareal noch einige R/h,
die Temperatur im Reaktor noch eini-
ge 100 °C.

Die Blöcke 1-3 wurden nach dem
Unfall abgestellt. Nach aufwendiger
Dekontamination der Kraftwerke und
des Areals und nach Errichtung eines
Abschirmgebäudes («Sarkophag»),
um den Unglücksblock 4 sollen die
Blöcke 1+2 vor Ende 1986 wieder in
Betrieb gehen.

Umfassende Grundwasserschutz-
massnahmen sind noch im Gange. Sie
sollen das Eindringen radioaktiver
Stoffe ins Grundwasser verhindern.

Im Umkreis von 30 km um das
Kraftwerk sind langfristige und gross-
räumige Dekontaminationsarbeiten
angelaufen, wobei auch landwirt-
schaftliche Massnahmen ergriffen
werden, die die Aufnahme von Aktivi-
tät durch die Pflanzen vermindern.

5. Vorgesehene Verbesserungen der Sicherheit in den RBMK-Reaktoren

Im Bericht werden einige Schwächen der RBMK-Reaktoren erwähnt, allem voran das instabile Verhalten mit positiver Rückkopplung der Kettenreaktion. Der Bericht enthält einige unmittelbare Vorschläge zur Verbesserung der Sicherheit der RBMK-Reaktoren, die bereits eingeführt sind oder in Kürze sein werden.

Mittelfristige Massnahmen:

- Ausfahrbegrenzung für Abschaltstäbe
- Erhöhung der Mindestanzahl stets eingefahrener Kontrollstäbe von 30 auf 80
- Personelle/organisatorische Massnahmen (bessere Ausbildung, Ändern von Betriebsvorschriften)
- Begrenzen der positiven Rückkopplung durch 2,4% statt 2% Urananreicherung
- Schnelles Abschaltsystem

Die Massnahmen sind sicher geeignet, das Risiko der RBMK-Reaktoren zu vermindern. Westliche Standards für Leichtwasserreaktoren werden aber dadurch nicht erreicht.

den kommen, um einen Versuch mit der Turbogeneratoranlage unter Anleitung von reinen Elektroingenieuren und ohne Rücksicht auf die Sicherheit durchzuzwingen.

Das Personal hatte offensichtlich nicht die geringste Ahnung über die Folgen seines Tuns und war absolut unzureichend ausgebildet und informiert.

Analysiert man den Unfallbericht genauer und ergänzt man ihn durch die Informationen der sowjetischen Experten am IAEA-Seminar Ende August in Wien, bestätigen sich erhebliche sicherheitstechnische Mängel des RBMK-Reaktors, die letztlich als eigentliche Ursache des katastrophalen Unfalls zu betrachten sind und ohne die selbst beim beschriebenen, mehrfachen sicherheitstechnischen Fehlverhalten der Mannschaft kein Unfall dieser Art entstanden wäre. Die dominanten Mängel sind:

1. Die positive Rückkopplung zwischen Reaktorleistung/Dampfbildung und dem Multiplikationsfaktor der nuklearen Kettenreaktion zusammen mit der Grösse des Reaktors. Sie führte zu den enormen Instabilitäten, welche der Operator von Hand mit einem komplexen Regelsystem bewältigen sollte, und schliesslich zum plötzlichen, unkontrollierbaren Leistungsanstieg im oberen Teil des Reaktors mit Spitzentemperaturen von über 3000 °C sowie zu den Dampfexplosionen und anschliessenden chemischen Explosionen, die die Zerstörung des Reaktors und des Gebäudeoberbaus zur Folge hatten. Englische Experten hatten bereits 1976 die Gefährlichkeit dieses Reaktorkonzepts in einem ausführlichen Bericht beschrieben und

vor dessen Anwendung gewarnt.

2. Die enge Vermischung von Betriebs- und Sicherheitssystemen sowohl hydraulisch wie auch in den Regelsystemen. Sie zwang die Betriebsmannschaft – wollte sie den Versuch durchführen – zur Abkopplung der Notkühlssysteme und zur Blockierung von Reaktorschutzsignalen.
3. Der Graphit-Schmelzbrand, welcher die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Reaktor und aus dem Gebäude verstärkte.
4. Das Fehlen eines Containments um den Reaktor, wodurch die radioaktiven Stoffe direkt und ungehindert ins Freie austreten konnten.

Menschliches Versagen als primäre Unfallursache? Ja, wenn man Entwicklung und Bau dieser Reaktorbauweise mit einschliesst. Dies hat die Sowjetunion auch so zugegeben, indem sie die führenden Persönlichkeiten entliess, die für die Entwicklung und den Bau der RBMK-Reaktoren verantwortlich waren.

Unsere Leichtwasserreaktor-Kernkraftwerke weisen keine der beschriebenen unfallverursachenden Eigenschaften und Mängel auf. Der Unfall Tschernobyl ist deshalb weder nach seinem Verlauf noch nach seinen Auswirkungen auf unsere Kernkraftwerke übertragbar. Ein Kernkraftwerksunfall mit auch nur einigermassen vergleichbaren Auswirkungen kann dank unserer konsequenten, in die Tiefe gestaffelten sicherheitstechnischen Vorkehrungen ausgeschlossen werden. Trotzdem wird der Tschernobyl-Bericht im Laufe der nächsten Zeit auch bei uns noch detaillierter ausgewertet im Hinblick auf mögliche und anwendbare Lehren für unsere Kernkraftwerke.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In den offiziellen Verlautbarungen der Sowjetunion über die schwere Reaktorkatastrophe Tschernobyl wird menschliches Versagen als Ursache angeführt. Tatsächlich liess sich das Schichtpersonal erhebliche vorschriftswidrige Handlungen zuschul-