

Karlheinz Orth  
Leithenstraße 10  
91080 Marloffstein

## Tschernobyl - 15 Jahre danach

Am 26. April 1986 ereignete sich der Reaktorunfall im Reaktorblock 4 des Kernkraftwerkes Tschernobyl in der Ukraine. Am 15. Dezember 2000 wurde der letzte noch betriebene Reaktorblock 3 des Kernkraftwerkes Tschernobyl endgültig abgeschaltet.

### Gibt es mit der Stilllegung aller 4 Reaktorblöcke in Tschernobyl diesen Reaktortyp überhaupt noch?

Hierzu einige Fakten:

<b>Berlin</b> → <b>Vilnius</b> (Litauen) (580.000 Einwohner)	<b>800 km</b>
<b>Berlin</b> → <b>Smolensk</b> (340.000 Einwohner)	<b>1300 km</b>
<b>Berlin</b> → <b>St. Petersburg</b> (4.900.000 Einwohner)	<b>1400 km</b>
<b>Berlin</b> → <b>Kursk</b> (440.000 Einwohner)	<b>1600 km</b>

### Was haben all diese ostwärts gerichteten Wegweiser gemeinsam?

Richtig: in der **Nähe** dieser Städte befinden sich **Kernkraftwerke des gleichen Typs wie in Tschernobyl** (der sog RBMK-Typ) und zwar jeweils mehr als eines! Hier sind sie:

Ignalina 1-2 (bei Vilnius in Litauen)	2 Reaktoren mit je 1300 MW Leistung
Smolensk 1-2-3 (in Russland)	3 Reaktoren mit je 1000 MW Leistung
Kursk 1-2-3-4 (in Russland)	4 Reaktoren mit je 1000 MW Leistung
Sosnowi Bor 1-2-3-4 (bei St. Petersburg)	4 Reaktoren mit je 1000 MW Leistung

also **13** Reaktoren mit zusammen 13.600 MW, das entspricht etwa der gesamten Kraftwerkskapazität von Belgien!

Diese Kernkraftwerke vom Tschernobyl-Typ sind - mit Ausnahme von Smolensk 3 - seit **15** und mehr **Jahren** in Betrieb, der erste Block in Sosnowi Bor seit 1973, also seit über 10 000 Tagen! Smolensk 3 hat immerhin schon 10 Betriebsjahre hinter sich. Demnächst wird der Tschernobyl-Typ Zuwachs bekommen: Kursk 5 ist weitestgehend fertiggestellt.

Tagaus, tagein arbeiten  $13 \cdot 3 = 39$  **Schichtleiter** mit **Hundertern** von **Mitarbeitern** für die Versorgung mit elektrischer Energie der über 6 Millionen Menschen, die in den Großräumen um diese Kernkraftwerksstandorte leben – und das unter den sicher nicht immer einfachen Verhältnissen in Litauen und in der Russischen Föderation von heute.

Was folgt daraus?

Es ist möglich, über **fünftausend Tage** lang nicht nur einen, sondern 13 Reaktoren des Tschernobyl-Typs zu betreiben, ohne daß dies in den Medien besonders aufgefallen wäre.

Es zeigt weiterhin, daß solche Reaktoren - trotz ihrer Unzulänglichkeiten - passabel betrieben werden können, wenn die Betriebsvorschriften beachtet werden, die Sicherheitseinrichtungen (es gibt sie auch bei diesen Kraftwerken!) nicht ausgeschaltet werden und Versuche nur nach sorgfältiger Vorbereitung durchgeführt werden.

Wie aber konnte es zu dem Unfall in Tschernobyl kommen?

Dazu mehr auf den folgenden Seiten →

Zunächst eine Übersicht über die wesentlichen Unterschiede zwischen dem Tschernobyl-Reaktor und Druckwasser- und Siedewasser-Reaktoren:

	Besondere Merkmale und Umstände in Tschernobyl vor 15 Jahren:	Besondere Merkmale der weltweit am häufigsten betriebenen Kernkraftwerke:
1	Ungenügende Vorbereitung eines Tests im Kraftwerk, Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten unter den Beteiligten nicht klar definiert	Tests (z.B. Wiederholungsprüfungen) nur nach Freigabe detaillierter Pläne und deren Durchführung unter behördlicher Aufsicht
2	Unzureichende Information des Schichtpersonals über den Stand des Tests; grobe Verstöße gegen Betriebsvorschriften; das Schichtpersonal hatte nur unzulängliche Informationen über den Zustand der Systeme im Kraftwerk	Umfangreiche und detaillierte Schulung des Personals für den Alltagsbetrieb und für Störfälle an nachgebildeten Steuerzentralen (Simulatoren), wie auch in der Luftfahrt üblich
3	Die Kombination von Fehlbedienung durch das Personal und unzureichenden Sicherheitseigenschaften führte zu äußerst schnellem und nicht mehr kontrollierbarem Leistungsanstieg	Der Betrieb ist weitestgehend automatisiert; automatisch ablaufende Maßnahmen geben dem Personal genügend Zeit zu überlegtem Handeln. Der perfekte Mensch ist auch hier nicht erforderlich!
4	Graphit-Bausteine ermöglichen die Kettenreaktion der Uranspaltung; ein Gemisch aus Wasser und Dampf (das die Kettenreaktion behindert) transportiert die dabei entstehende Wärme aus dem Kern;	Mit dünnerem Wasser-Dampfgemisch wird die Mitwirkung an der Kettenreaktion schwächer, das System stabilisiert sich selbst
5	wird dieses Gemisch dünner (heißer, weil dann mehr Dampf und weniger Wasser im Gemisch ist), steigt die Leistung und der Kühleffekt sinkt	Bei Wasserverlust entfällt auch die Unterstützung der Kettenreaktion, der Reaktor geht aus
6	Manipulationen an den Sicherheits-Einrichtungen führten nicht zur automatischen Abschaltung des Reaktors	Ist der Reaktor in Betrieb, führen Eingriffe in Sicherheitseinrichtungen zur Abschaltung der Anlage
7	Die Abschalteinrichtungen wirken nur sehr langsam	Schnell wirkende Bremsen
8	Wegen unzulässiger Stellbereiche der Abschalteinrichtungen unzulängliche Bremswirkung	Automatische leittechnische Maßnahmen sichern ausreichende Bremswirkung bei allen Betriebszuständen
9	Kein einigermaßen dichtes Gebäude um den Kern herum, dadurch Freisetzung von Radioaktivität ins Freie	Druckfestes Gebäude mit Überwachung der Dichtheit
10	Hohe Temperaturen und Luftzutritt setzen die Graphit-Bausteine des Kerns in Brand; der so erzeugte Auftrieb bringt Radioaktivität in große Höhen und führt zur weiträumigen Verteilung	Kein brennbares Material im Kernbereich, somit auch kein zusätzlicher Auftrieb

Wenn Sie das in Fach-Chinesisch lesen möchten, dann gehen Sie zu den nächsten Seiten. →

# Ist ein Reaktorunfall wie in Tschernobyl auch in Deutschland möglich ?

Der Reaktorunfall im Block 4 des Kernkraftwerkes Tschernobyl am 26. April 1986, 1.23 Uhr Ortszeit, war die **Folge eines ungenügend vorbereiteten Experimentes** an einem **unzulänglich ausgelegten Kernkraftwerk**. Das Experiment wurde von einem **unzureichend informierten Betriebspersonal** unter **Verstoß gegen Betriebsvorschriften, bei teilweise abgeschalteten Sicherheitseinrichtungen** und **außerhalb zulässiger Betriebszustände** in einem mit den Kernkraftwerken in Deutschland **nicht vergleichbaren Reaktortyp** durchgeführt.

Die Fehlbedienung konnte sich allerdings nur wegen **gravierender Mängel in der Reaktorauslegung** so katastrophal auswirken:

- Keine Selbststabilisierung des Reaktorkerns,
- Möglichkeit ungewollter Leistungssteigerungen,
- Keine automatische Verhinderung unzulässiger Betriebszustände,
- unzulängliches Abschaltssystem,
- keine druckfeste Sicherheitsumschließung.

Ein solcher Reaktor hätte **in Deutschland niemals gebaut und betrieben** werden können !

**Der Tschernobyl-Reaktor kann mit Kernkraftwerken in Deutschland nicht verglichen werden!**

## 10 Fakten zur Nichtvergleichbarkeit:

### Tschernobyl - nicht in Deutschland !

#### Unfallursache Fehlbedienung:

	Tschernobyl	Deutschland
1.)	Der Unfall ereignete sich im Laufe eines ungenügend vorbereiteten Experiments, nicht während des „normalen“ Leistungsbetriebs.	Versuche dürfen nur nach vorheriger umfassender sicherheitstechnischer Analyse unter Kontrolle des TÜV durchgeführt werden.
2.)	Unfallauslösende Ursache waren Fehlbedienungen eines unzureichend informierten Betriebspersonals, grobe Verstöße gegen Betriebsvorschriften und der Betrieb des Reaktors außerhalb sicherheitstechnisch zulässiger Betriebsbereiche und bei teilweise abgeschalteten Sicherheitseinrichtungen.	Das Betriebspersonal wird umfassend fachlich und fundiert in Theorie und Praxis ausgebildet, erhält klare Betriebsanweisungen und wird auch während des Betriebs laufend geschult, u.a. am Simulator in der KSG (Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft in Essen). Unabhängig davon wird durch konstruktive technische Maßnahmen sichergestellt, dass der Reaktor nur innerhalb sicherheitstechnisch zulässiger Bereiche betrieben werden kann.
3.)	Die Fehlbedienungen konnten nur im Zusammenwirken mit gravierenden sicherheitstechnischen Mängeln der Reaktorkonstruktion zur Leistungsexkursion führen.	Fehlbedienungen werden durch Automaten und Verriegelungen verhindert oder durch eine fehlerverzeihende Reaktortechnik mit einem mehrstufigen Sicherheitssystem in ihren Folgen begrenzt.

#### Unfallursache Auslegungsmängel:

4.)	Graphit-moderierter*) und leichtwasser-gekühlter Reaktor mit instabilen Regeleigenschaften: positiver Dampfblasen-Effekt der Reaktivität, Leistungsexkursion möglich.	Leichtwasser-moderierter*) und leichtwasser-gekühlter Reaktor mit selbststabilisierenden Regeleigenschaften: Negativer Dampfblasen-Effekt der Reaktivität, Leistungsexkursion naturgesetzlich unmöglich.
5.)	Bei Kühlmittelverlust wird die Kernspaltung verstärkt, weil der Graphit-Moderator*) erhalten bleibt und das neutronen-absorbierende Kühlmittel verloren geht.	Bei Kühlmittelverlust wird die Kernspaltung naturgesetzlich von selbst unterbrochen, weil mit dem Kühlwasser auch der Moderator*) verloren geht.

6.)	Trotz versuchsbedingter Eingriffe in das automatische Abschaltssystem und trotz teilweiser Blockade von Sicherheitssystemen blieb der Reaktor voll betriebsfähig.	Der Reaktor kann nur mit funktionsfähigen Sicherheitssystemen, bestimmungsgemäß arbeitendem Reaktorschutzsystem und betriebsbereiten Abschalteinrichtungen betrieben werden. Handeingriffe sind nur bei bestimmten Anlagenzuständen und nur unter den im Betriebshandbuch festgelegten und genehmigten Prozeduren möglich.
7.)	Motorbetriebene, relativ langsam wirkende Abschaltstäbe.	Unter Schwerkraft selbsttätig einfallende oder hydraulisch betriebene schnell wirksame Abschaltstäbe.
8.)	Ungenügende Abschaltwirkung wegen konstruktiver Mängel der Abschalteinrichtungen und infolge unzulässiger Stellbereiche der Abschaltstäbe.	Steuerstäbe können bauartbedingt nur so verfahren werden, dass die erforderliche Abschaltreserve erhalten bleibt.
9.)	Kein druckfester Sicherheitsbehälter, sofortige Freisetzung eines hohen Anteils des freisetzbaren Radioaktivitäts-Inventars.	Druckfester Sicherheitsbehälter, wirksamer Einschluss und Rückhaltung der Radioaktivität, Schutz der Umgebung.
10.)	Durch den Graphitbrand thermischer Auftrieb der radioaktiven Spaltprodukte in die Atmosphäre und weiträumige Verteilung je nach Windrichtung.	Kein vergleichbarer thermischer Auftrieb wegen fehlender Brandlasten.

\*) ein Moderator ist ein Material zur Abbremsung „schneller“ Spaltungsneutronen auf niedrige „thermische“ Energien, um eine effektive Kernspaltung mit schwach angereichertem Uran zu ermöglichen.

**Die 10 Fakten zur Nichtvergleichbarkeit zwischen dem Reaktor in Tschernobyl und den Kernkraftwerken in Deutschland zeigen, dass der Unfall in Tschernobyl nicht der „Super-GAU der (deutschen) Kerntechnik“ war, es war vielmehr ein Ereignis einer ganz anderen Technik**

- bei einem Reaktor völlig anderer Konzeption mit gravierenden sicherheitstechnischen Defiziten,
- mit einem unzureichend informierten Betriebspersonal,
- in einem Land mit fehlender Sicherheitskultur.

**Die Voraussetzungen und Umstände, die zur Zerstörung des Reaktors in Tschernobyl führten, sind bei den Kernkraftwerken in Deutschland definitiv ausgeschlossen !**

## **Die 10 Fakten zur Nichtvergleichbarkeit zwischen Tschernobyl und den Kernkraftwerken in Deutschland werden nachfolgend näher erläutert:**

Der sog. RBMK-Reaktor in Tschernobyl ist eine spezielle sowjetische Baulinie, die ursprünglich für die Produktion von waffenfähigem Plutonium entwickelt wurde und die nur in der damaligen Sowjetunion an fünf Standorten gebaut wurde: Sosnowi-Bor 1-4 (bei Leningrad), Kursk 1-4, Smolensk 1-3 (jeweils Russland), Ignalina 1+2 (Litauen) und Tschernobyl 1-4 (Ukraine).

In der westlichen Welt ist dieses unübliche Konzept eines Druckröhren-Siedewasser-Reaktors mit Graphit-Moderator (Material zur Abbremsung „schneller“ Spaltungsneutronen auf niedrige „thermische“ Energien zur Ermöglichung der Kernspaltung mit leicht angereichertem Uran) und Wasserkühlung bereits in den fünfziger Jahren aus Sicherheitsgründen ausgeschlossen worden, weil bei diesem Reaktortyp ungewollt schnelle Leistungssteigerungen möglich sind. Des Weiteren haben RBMK-Reaktoren im Gegensatz zu westlichen Kernkraftwerken keine druckfeste Sicherheitsumschließung, überdies sind einige wesentliche Sicherheitseinrichtungen nicht vorhanden oder in zu geringer Redundanz (Mehrfachauslegung) ausgeführt.

Weitere Informationen zur Anlagenkonstruktion siehe Literaturangabe [1].

Das Grundkonzept sowie die sicherheitstechnische Auslegung der RBMK-Reaktoren sind also völlig verschieden von den in der westlichen Welt üblichen Reaktoren. Ein RBMK-Reaktor hätte weder in Deutschland, noch in Westeuropa, USA, Japan und einer Vielzahl anderer Länder jemals eine Genehmigung zum Bau und Betrieb erhalten.

### **Fakt 1.):**

**Der Unfall in Tschernobyl ereignete sich im Laufe eines ungenügend vorbereiteten Experimentes, nicht während des „normalen“ Leistungsbetriebs.**

Bei dem während des Abfahrvorganges für eine planmäßige Revision vorgesehenen Test sollte geprüft werden, wie weit die Rotationsenergie des auslaufenden Turbosatzes zur Notstromversorgung des Reaktors genutzt werden kann.

Der Funktionsnachweis dieser in der Auslegung des Reaktors vorgesehenen Maßnahme hätte durch Prüfungen während der Inbetriebsetzung erbracht werden müssen; die Anlage hatte aber den Betrieb ohne diesen Nachweis aufgenommen. Die zuverlässige Funktion der Maßnahme sollte jetzt mit dem Versuch nachgewiesen werden.

**In Deutschland müssen Funktionsprüfungen zum Nachweis sicherheitstechnischer Eigenschaften im Zuge der Inbetriebsetzung durchgeführt werden; ohne vollständigen Nachweis des vom TÜV geprüften und von der zuständigen Behörde genehmigten Prüfprogramms darf der Reaktor nicht in Betrieb gehen.**

**Während des Leistungsbetriebs dürfen Versuche nur nach vorheriger umfassender sicherheitstechnischer Analyse durch den Betreiber und nach unabhängiger Kontrolle durch den TÜV und nach Genehmigung durch die zuständige Behörde durchgeführt werden.**

### **Fakt 2.):**

**Unfallauslösende Ursache in Tschernobyl waren Fehlbedienungen eines unzureichend informierten Betriebspersonals, grobe Verstöße gegen Betriebsvorschriften und der Betrieb des Reaktors außerhalb sicherheitstechnisch zulässiger Bereiche und bei teilweise abgeschalteten Sicherheitseinrichtungen.**

Der Versuch war nur als „elektrotechnischer Test“ eingestuft, bei dem keine Rückwirkung auf den Reaktor erwartet wurde; obwohl zur Durchführung des Versuchs Eingriffe in das Schutz- und Verriegelungssystem erforderlich waren, blieben Sicherheitsaspekte unberücksichtigt [7].

Unzulänglichkeiten des Versuchsprogramms, unzureichende Beteiligung des Betriebspersonals an der Versuchsvorbereitung, unerwartete Bedingungen während der Versuchsdurchführung und ungeplante Eingriffe führten dazu, dass die Anlage vor der Einleitung des Versuchs in einen äußerst instabilen Betriebszustand gebracht wurde. **Der Reaktor hätte abgefahren und der Versuch verschoben werden müssen.**

Statt dessen wurde durch manuelles Ausfahren der Steuerstäbe aus dem Reaktor die Leistung etwas angehoben und darüber hinaus ein Signal, das bei Einleitung des Versuchs zu einer automatischen Abschaltung des Reaktors geführt hätte, unwirksam gemacht, um den Versuch eventuell wiederholen zu können [1].

Obwohl die vorgeschriebene Mindestwirksamkeit der Abschaltvorrichtungen (für eine ausreichend schnelle Abschaltwirkung ist es erforderlich, dass eine bestimmte Anzahl der Steuer- und Abschaltstäbe immer im reaktivitätswirksamsten Bereich des Reaktorkerns stehen müssen) nicht mehr vorhanden war, wurde trotzdem der Versuch durchgeführt. Offenbar war dem Betriebspersonal die sicherheitstechnische Bedeutung der erforderlichen Abschaltreserve nicht bekannt.

Die versuchsbedingte Verringerung des Kühlmitteldurchflusses durch den Reaktorkern führte zu einer Zunahme des Dampfblasengehalts, und über den „positiven Dampfblasen-Effekt der Reaktivität“ (s. Fakt 4) stieg die Leistung an. Höhere Leistung führt aber zu noch mehr Dampfblasen. Durch diesen selbstverstärkenden Prozeß (s. Fakt 4) stieg die Leistung stark an.

Daraufhin wurde von Hand eine Reaktorabschaltung ausgelöst; diese wurde aber nicht mehr wirksam; **im Gegenteil: aufgrund einer untauglichen Konstruktion der Abschaltstäbe** (s. Fakt 8) **wurde durch diese „Abschaltung“ die Kettenreaktion zunächst nicht beendet, sondern weiter verstärkt!**

Damit kam es innerhalb weniger Sekunden zu einer („prompt überkritischen“) Leistungsexkursion.

Weitere Informationen zu Entstehung, Ursachen und Ablauf des Unfalls siehe [1],[5].

**In Deutschland erhält das Betriebspersonal eine fachlich fundierte theoretische und praktische Ausbildung und auch während des Betriebs laufend eine sorgfältige Schulung, u.a. auch am Simulator. Dazu besteht in der KSG (Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft in Essen) für jedes deutsche Kernkraftwerk eine originalgetreue Nachbildung der Kraftwerks-Leitwarte, wobei die Reaktoranlage mit allen für den Betrieb und die Sicherheit wichtigen Einrichtungen durch einen Computer simuliert wird, ähnlich wie dies auch in der Luftfahrt üblich ist.**

Die WANO (World Association of Nuclear Operators) ermöglicht, dass der Erfahrungsrückfluss aus *allen* Anlagen bei der Aktualisierung der Ausbildungsprogramme genutzt werden kann.

Über diese administrativen Maßnahmen hinaus wird durch konstruktive anlagentechnische Maßnahmen sichergestellt, dass der Reaktor nur innerhalb sicherheitstechnisch zulässiger Bereiche und nur mit bestimmungsgemäß betriebsbereiten Sicherheitssystemen betrieben werden kann.

### **Fakt 3.):**

**Die Fehlbedienung in Tschernobyl konnte nur im Zusammenwirken mit gravierenden sicherheitstechnischen Mängeln der Reaktorkonstruktion zu einer Leistungsexkursion führen.**

Nach der Inbetriebsetzung des ersten RBMK-Blockes bestätigte sich frühzeitig, dass der Dampfblasen-Effekt der Reaktivität (s. Fakt 4) entgegen der Annahme bei der Auslegung im Laufe des Betriebs hohe positive Werte annahm. Ein im Jahre 1975 beim Reaktor Sosnowi-Bor 1 aufgetretener lokaler Reaktivitätsstörfall war ein Vorläuferereignis („precursor“) für den Tschernobyl-Unfall. **Obwohl schon damals wesentliche Auslegungsschwächen sichtbar wurden und alle für den Unfall in Tschernobyl maßgeblichen Faktoren bereits vor dem Unfall bekannt waren, sind notwendige Gegenmaßnahmen zur Beseitigung der Auslegungsmängel unterblieben** – ein Zeichen mangelnder Sicherheitskultur [6]. Ein entscheidender Grund für die Geringschätzung der Probleme war, dass es keine unabhängige Sicherheitsbehörde gab, die darüber wachte, dass Planer, Errichter und Betreiber ihrer Verantwortung für die Reaktorsicherheit in vollem Umfang nachkamen. Die kurzfristige Planung und Durchführung von Änderungen nach dem Unfall in Tschernobyl beweisen, dass wichtige Gegenmaßnahmen bereits bekannt waren. **Hätte man die Gegenmaßnahmen vor dem 26. April 1986 durchgeführt und umgesetzt, wäre es nicht zu dem Unfall gekommen! [1]**

Weitere Informationen zur Bewertung der Unfallursachen siehe Literaturangabe [1].

Dagegen sorgt bei den deutschen Kernkraftwerken das Eigeninteresse der Betreiber an einem sicheren Betrieb ihrer Anlagen und am Schutz ihrer Investitionen – auch unabhängig von der staatlichen Inspektion – dafür, dass der Erfahrungsrückfluss aus dem Betrieb *aller* Anlagen sowie neue Erkenntnisse der weltweiten sicherheitstechnischen Forschung zu notwendigen Verbesserungen führen.

Darüber hinaus ist es ein besonderes Merkmal der deutschen Kernkraftwerke, dass die Betriebsführung durch anlagen- und leittechnische Automatisierungsmaßnahmen unterstützt wird. Dies bewahrt das Betriebspersonal vor Überforderung und Fehlhandlungen.

**Bei Kernkraftwerken in Deutschland sorgen sicherheitsgerichtete Auslegung sowie Automaten und Verriegelungen dafür, dass die Anlage nur innerhalb betrieblich und sicherheitstechnisch zulässiger Bereiche betrieben werden kann. Fehlbedienungen werden dadurch entweder verhindert oder von einer „fehlerverzeihenden“ Reaktortechnik mit mehrstufigem Sicherheitskonzept in ihren Folgen begrenzt.**

**Fakt 4.):**

**Der graphit-moderierte und leichtwasser-gekühlte RBMK-Reaktor zeigt instabiles Verhalten: positiver Dampfblasen-Effekt der Reaktivität, Leistungsexkursion möglich.**

Bei den RBMK-Reaktoren führt die Trennung von Moderator (Graphit) und Kühlmittel (Wasser bzw. Wasserdampf) dazu, dass der Dampfblasen-Effekt der Reaktivität positiv werden kann, d.h. der RBMK hat eine positive Dampfblasen („void“)-Rückwirkung auf die Reaktivität. Im RBMK-Reaktor hat die Absorptionswirkung des Kühlmittels einen stärkeren Einfluss als die Moderatorwirkung, die zum größten Teil im Graphit stattfindet (ein Moderator ist ein Material, mit dem „schnelle“ Spaltungs-Neutronen auf „niedrige“ Energie „abgebremst“ werden). Daher kann eine Vergrößerung des Dampfgehaltes insbesondere wegen der damit verbundenen geringeren Absorption zu einem Reaktivitätsanstieg und damit zu einem Leistungsanstieg führen, der wiederum eine Vergrößerung des Dampfblasengehaltes zur Folge hat – also ein „circulus vitiosus“, ein wahrer Teufelskreis!

**Dies bewirkt prinzipiell ein instabiles (sich aufschaukelndes) Verhalten des Reaktors.** Auch andere auslösende Ereignisse, die zu einer Erhöhung des Dampfblasengehaltes führen (Druckabsenkung, Durchsatzrückgang, Anstieg der Kühlmitteltemperatur), können eine Leistungssteigerung einleiten, die sich weiter verstärkt, sofern sie nicht rechtzeitig durch die Reaktorregelung bzw. durch eine Reaktorabschaltung begrenzt wird.

Dagegen **muß** bei Kernkraftwerken **in Deutschland** der Reaktorkern so ausgelegt werden, dass der **Reaktor ein selbststabilisierendes („inhärent sicheres“) Verhalten** zeigt. So ist z.B. die Dampfblasenrückwirkung bei deutschen Kernkraftwerken immer negativ. **Eine Leistungsexkursion – ein „Durchgehen“ des Reaktors – ist naturgesetzlich** auch ohne Eingriff der Regel- und Abschaltvorrichtungen – **unmöglich**.

Weitere Informationen zur Reaktivitätsrückwirkung siehe Literaturangabe [1].

**Leichtwasser-moderierte und leichtwasser-gekühlte Reaktorsysteme in Deutschland haben einen negativen Dampfblasen-Effekt und selbststabilisierende Regeleigenschaften; der Reaktorkern ist „inhärent sicher“, Leistungsexkursionen sind naturgesetzlich nicht möglich, der Reaktor kann nicht „durchgehen“.**

#### **Fakt 5.):**

**Beim RBMK-Reaktor wird nach einem Kühlmittelverlust die Kernspaltung verstärkt, weil der Graphit-Moderator erhalten bleibt, aber das neutronenabsorbierende Kühlmittel verloren geht.**

Obwohl beim Unfall in Tschernobyl das auslösende Ereignis kein Kühlmittelverlust war, wird dieses Ereignis angesprochen, weil Kühlmittelverlust-Störfälle in Sicherheitsanalysen als Auslegungsstörfall (s. Fakt 6) zu betrachten sind.

Beim RBMK-Reaktor wird bei einem Verlust von Kühlmittel (z.B. infolge eines Rohrbruches oder nach Ausfall von Speisewasserpumpen) die Kettenreaktion nicht gestoppt, sondern durch den nach wie vor bestehenden Graphit-Moderator noch verstärkt, sofern nicht rechtzeitig das verlorene Kühlmittel nachgespeist wird oder die Reaktorregelung gegensteuert bzw. das Abschaltssystem eingreift.

Bei einem Leichtwasserreaktor, bei dem das Wasser gleichzeitig als Kühlmittel und als Moderator wirkt, wird bei einem Kühlmittelverlust oder bei Bildung von Dampfblasen im Kühlmittel die Kettenreaktion **von selbst, d.h. naturgesetzlich**, „inhärent“ gestoppt, weil nicht mehr genügend „schnelle“ Spaltneutronen zu langsamen „thermischen“ Neutronen abgebremst werden, um die Kettenreaktion aufrecht zu erhalten – diese **Unterbrechung der Kernspaltung erfolgt selbsttätig ohne jeglichen Eingriff von Regel-, Steuer- oder Abschaltvorrichtungen.**

**Bei einem deutschen Kernkraftwerk wird nach einem Kühlmittelverluststörfall die Kernspaltung naturgesetzlich von selbst unterbrochen, weil mit dem Kühlwasser auch der Moderator verloren geht.**

**Fakt 6.):**

**Der RBMK-Reaktor blieb trotz Eingriffen in das automatische Abschaltssystem des Reaktors und trotz teilweiser Blockade von Sicherheitssystemen voll betriebsfähig, wengleich außerhalb zulässiger Bereiche.**

Um den Test gemäß Versuchsprogramm durchführen und ggfs. bei Misserfolgen wiederholen zu können, waren Eingriffe in das automatische Abschaltssystem und die teilweise Blockade (Freischaltung) von Sicherheitssystemen erforderlich, die nicht mit den für die kerntechnische Sicherheit verantwortlichen Fachleuten abgestimmt waren. Die Tatsache, dass der Reaktor trotz dieser Eingriffe weiter betrieben werden konnte, zeigt eine Auslegungsphilosophie, die den Betrieb möglichst nicht durch „unnötige“ Abschaltungen unterbrechen wollte und daher Abschaltungen nur „bei äußerster Notwendigkeit“ vorsah [1] – **ein klarer Verstoß gegen die Sicherheitskultur!** [6]

Weitere Informationen siehe Literaturangabe [1].

Dagegen kann bei Kernkraftwerken in Deutschland ein Reaktor nur bei funktionsfähigen Sicherheitssystemen und Abschaltvorrichtungen betrieben werden. **Insbesondere das Reaktorschutzsystem muß bestimmungsgemäß betriebsbereit sein, da sich andernfalls die Steuerstäbe nicht bewegen lassen und in der Abschaltposition verbleiben.** Handeingriffe in das

Reaktorschutzsystem sind nur bei bestimmten Anlagenzuständen und nur unter den im Betriebshandbuch festgelegten und genehmigten Prozeduren zulässig.

Bei Auslegungsstörfällen (als solche werden in Kernkraftwerken postulierte Ereignisse bezeichnet, die zu den höchsten für die Auslegung zu berücksichtigenden Störfällen führen) werden zur Entlastung des Betriebspersonals und zur Vermeidung von Fehlbedienungen die erforderlichen Gegenmaßnahmen vom Reaktorschutz automatisch ausgelöst, so dass weitere Maßnahmen des Betriebspersonals erst nach 30 Minuten erforderlich werden.

**In Deutschland kann ein Reaktor nur mit funktionsfähigen Sicherheitssystemen und Abschaltvorrichtungen betrieben werden. Handeingriffe sind nur bei bestimmten Anlagenzuständen und nur unter den im Betriebshandbuch festgelegten und genehmigten Prozeduren möglich.**

#### **Fakt 7.):**

**Der RBMK-Reaktor hat motorbetriebene, relativ langsam wirkende Abschaltstäbe.**

In den RBMK-Reaktoren gab es nur *ein* System zur Abschaltung. Die größte Einfahrtgeschwindigkeit der Steuerstäbe betrug nur 0,4 m/s, d.h., **auch bei einer Abschaltung im Störfall benötigten die Steuerstäbe 10 bis 20 Sekunden bis zum vollständigen Einfahren!**

Weitere Informationen siehe Literaturangabe [1].

Bei Kernkraftwerken in Deutschland gibt es dagegen neben dem ersten, innerhalb 1 bis 2 Sekunden wirkenden Abschaltsystem ein zweites, unabhängig wirkendes System. Bei einer vom Reaktorschutzsystem oder von Hand ausgelösten Reaktorschnellabschaltung fallen die (beim Druckwasserreaktor auf dem Reaktordruckbehälterdeckel „oben“ angeordneten) Steuer- und Abschaltstäbe entweder selbsttätig **in kurzer Zeit** aufgrund der Schwerkraft in den Reaktorkern, oder sie werden (beim Siedewasserreaktor von „unten“) hydraulisch betrieben **in kurzer Zeit** in den Reaktorkern „eingeschossen“. Als zweite, unabhängige Abschaltung wird beim Druckwasserreaktor neutronenabsorbierendes Bor in den Reaktor eingespeist; beim Siedewasserreaktor werden die Steuer- und Abschaltstäbe zusätzlich elektromotorisch in den Reaktorkern eingefahren.

Bei Kernkraftwerken in Deutschland sind entweder unter Schwerkraft selbsttätig einfallende oder hydraulisch betriebene schnell wirkende Steuer- und Abschaltstäbe vorhanden. Zusätzlich gibt es eine zweite, unabhängig wirkende automatische Abschaltung.

**Fakt 8.):**

**Der RBMK-Reaktor hat, zusätzlich zu der geringen Einfahrgeschwindigkeit, infolge unzulässiger Stellbereiche und wegen konstruktiver Mängel der Abschaltstäbe eine ungenügende Abschaltwirksamkeit.**

Aus sicherheitstechnischen Gründen dürfen nicht zu viele Steuerstäbe aus dem Reaktorkern ausgefahren werden, weil eine zu geringe Reaktivitätsreserve (im Fachjargon „Operational Reactivity Margin“ – ORM genannt) den positiven Dampfblasen-Effekt verstärkt und die Abschaltwirksamkeit zu Beginn des Einfahrens der Abschaltstäbe vermindert. Die sicherheitstechnische Bedeutung des ORM-Wertes war zwar vor dem Unfall im Prinzip bekannt, wurde aber nicht ausreichend beachtet. Das Betriebspersonal sah diese Größe offensichtlich fast ausschließlich unter betrieblichen Gesichtspunkten, um die für Lastwechsel erforderliche Reaktivitätsreserve verfügbar zu haben [1].

Weitere Informationen zur Abschaltreserve siehe Literaturangabe [1].

Eine Besonderheit beim RBMK waren Verdrängungskörper im unteren Teil der Abschalt- und Steuerstäbe. Durch diese zur Erhöhung der betrieblichen Reaktivität vorgesehene Konstruktion wird bei einer Abschaltung zunächst das Gegenteil der beabsichtigten Wirkung erreicht: Die Reaktorleistung wird nicht durch das Einbringen negativer Reaktivität verringert, sondern durch einen positiven Reaktivitätseintrag in den unteren Teil des Reaktorkerns erhöht! **Dadurch wurde die Leistungsexkursion, die sich im Laufe des Versuchs allmählich entwickelte, mit der Auslösung der „Schnellabschaltung“ verstärkt und konnte nicht mehr rechtzeitig begrenzt werden.** Der durch das Einfahren zu weit ausgefahrener Steuerstäbe bewirkte positive Reaktivitätseffekt wird auch als „positiver Abschalteffekt“ bezeichnet.

Weitere Informationen zum „positiven Abschalteffekt“ siehe Literaturangabe [1].

Bei Kernkraftwerken in Deutschland sind diese das absorbierende Kühlmittel verdrängenden Konstruktionsteile nicht vorhanden. **Die Abschalt- und Steuerstäbe sind so konstruiert, dass sie beim Einfallen oder „Einschießen“ in den Reaktorkern immer Reaktivität binden und nicht freisetzen.** Außerdem wird durch leittechnische Maßnahmen innerhalb des Reaktorschutzsystems dafür gesorgt, dass die Abschalt- und Steuerstäbe nur innerhalb sicherheitstechnisch zulässiger Grenzen verfahren werden können. Damit bleibt in jedem Betriebszustand die für die Abschaltung erforderliche Reaktivitätsreserve immer verfügbar.

**Bei Kernkraftwerken in Deutschland können die Steuerstäbe nur so verfahren werden, dass die erforderliche Abschaltreserve immer erhalten bleibt.**

**Fakt 9.):**

**Der RBMK-Reaktor hat keinen druckfesten Sicherheitsbehälter, so dass im Störfall eine sofortige Freisetzung eines hohen Anteils des Radioaktivitäts-Inventars erfolgt.**

Wie unter Fakt 2.) näher beschrieben, endete der „Versuch“ in einer (prompt überkritischen) Leistungsexkursion **mit mehr als der einhundertfachen Nennleistung.** Diese Leistungsexkursion führte zu einem rapiden Anstieg der Wärmefreisetzung in den Brennelementen, zur Zerstörung der Brennelementhüllrohre und zur Zerlegung der keramischen Brennstofftabletten. Die im Brennstoff gespeicherte Wärme wurde dabei sehr schnell in das umgebende Kühlmittel übertragen, welches praktisch spontan verdampfte. Der resultierende explosionsartige hohe Druckanstieg zerstörte die Druckrohre und den nicht druckfest ausgelegten Sicherheitseinschluß. Bei den hohen Temperaturen reagierte der Graphit mit dem Kühlwasser unter Bildung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Dieses Gemisch ist leichter als Luft und brennbar; es entzündete sich beim Kontakt mit der Luft und führte zu Explosionen, bei denen der obere Bereich des Reaktorgebäudes zerstört und radioaktives Kern-Material aus dem Reaktorgebäude geschleudert wurde.

Weitere Informationen siehe Literaturangabe [1].

Kernkraftwerke in Deutschland haben einen druckfesten Sicherheitsbehälter, der die infolge eines Störfalles aus dem Reaktorkühlkreislauf austretenden radioaktiven Spaltprodukte einschließt und zurückhält. Kurzlebige Spaltprodukte können zerfallen, schwer flüchtige Spaltprodukte können sich innerhalb des Sicherheitsbehälters ablagern. Selbst bei unterstelltem Versagen der Notkühlung werden Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes zur gefilterten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters erst langfristig nach einigen Tagen erforderlich.

Die **Wirksamkeit der Sicherheitsumschließung des Reaktors** („Containment“) hat sich beim Reaktorunfall am 28. März 1979 mit teilweiser Kernschmelze im Kernkraftwerk TMI (Three Mile Island) in der Nähe von **Harrisburg** (PA, USA) **erwiesen**. Zwar wurde der Reaktorkern zerstört und das Kraftwerk unbrauchbar; aber die Bevölkerung und die Umwelt wurden vor Schäden bewahrt.

**Bei Kernkraftwerken in Deutschland sorgt ein druckfester Sicherheitsbehälter für wirksamen Einschluss und Rückhaltung der radioaktiven Spaltprodukte und somit für den Schutz der Umgebung.**

**Fakt 10.):**

**Beim RBMK-Reaktor in Tschernobyl bewirkten der Graphitbrand und die chemische Reaktion zwischen dem heißen Graphit und dem Löschwasser einen thermischen Auftrieb der radioaktiven Spaltprodukte in die Atmosphäre und eine weiträumige Verteilung je nach Windrichtung.**

Um einen weiteren Austrag hochradioaktiver Stoffe zu verhindern, wurde vom Mai bis Oktober 1986 eine als „**Sarkophag**“ bezeichnete Konstruktion aus Beton und Stahl um den zerstörten Reaktor herum errichtet [1].

Weitere Informationen zur Ausbreitung der freigesetzten Spaltprodukte [1],[3].

**Bei Kernkraftwerken in Deutschland ist ein vergleichbarer thermischer Auftrieb wegen fehlender Brandlasten nicht möglich.**

Am 15. Dezember 2000 wurde der letzte noch betriebene Block 3 des Kernkraftwerkes Tschernobyl endgültig abgeschaltet [9].

Weitere Informationen zu den Verhältnissen am Standort, zu Tschernobyl heute und im Vergleich zu anderen Katastrophen siehe Literaturangabe [10].

Die vorangegangenen Erläuterungen haben deutlich gemacht, dass der Reaktorunfall in Tschernobyl keine Rückschlüsse auf die Sicherheit der deutschen Reaktoren erlaubt.

Es mag jetzt die **Frage** aufkommen: Könnte nicht ein ganz anderer, bei deutschen Kernkraftwerken möglicher Unfallablauf ähnlich schlimme Auswirkungen haben wie in Tschernobyl ?

**Antwort: Nein**, denn unsere Sicherheitsauslegung ist so, dass nach den in der Technik erprobten und allgemein akzeptierten Regeln ein schwerer Unfall ausgeschlossen ist. Unterstellt man trotzdem, dass ein schwerer Unfall stattfinden würde, so zeigen die bei uns und weltweit durchgeführten umfangreichen Forschungsarbeiten, dass gravierende Auswirkungen mit Todesfolgen in der Umgebung nicht zu erwarten sind. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Reaktoranlage umgebende druckfeste Reaktorsicherheitsbehälter.

## **Schlussfolgerung:**

**Die 10 Fakten zur Nichtvergleichbarkeit zwischen dem Reaktor in Tschernobyl und den Kernkraftwerken in Deutschland zeigen, dass der Unfall in Tschernobyl nicht der „Super-GAU der (deutschen) Kerntechnik“ war; es war vielmehr ein Ereignis einer ganz anderen Technik**

- bei einem Reaktor völlig anderer Konzeption mit gravierenden sicherheitstechnischen Defiziten,
- mit einem unzureichend ausgebildeten Betriebspersonal,
- in einem Land mit fehlender Sicherheitskultur.

**Ein Unfall wie in Tschernobyl ist bei den Kernkraftwerken  
in Deutschland definitiv ausgeschlossen !**

# Welche radiologischen Folgen hatte der Reaktorunfall in Tschernobyl ?

Die Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl wurden und werden aufgrund unterschiedlicher, teilweise sehr widersprüchlicher und auch missverständlicher Aussagen in den Medien häufig verzerrt dargestellt und politisch instrumentalisiert.

Bei dem Unfall wurden verhältnismäßig große Mengen radioaktiver Stoffe (etwa 1/1000 der Mengen von Atombombenversuchen) freigesetzt und je nach Windrichtung europaweit verbreitet.

2 Betriebsangehörige sind infolge der Reaktorexlosion, 1 Person ist an Herzversagen verstorben, also nicht infolge der Strahlenbelastung. Von 134 mit „**akuter Strahlenkrankheit**“ diagnostizierten Personen sind 28 innerhalb der ersten drei Monate nach dem Unfall, 14 weitere in den Jahren danach verstorben.

Infolge hoher Radiojod-Exposition sind bisher rund 1800 **Schilddrüsen-Krebsfälle** bei Kindern unter 15 Jahren diagnostiziert worden.

Darüber hinaus gibt es bisher **keine Hinweise auf erhöhtes Auftreten von Leukämie oder anderen Krebserkrankungen** und **keine statistisch erfassbare Erhöhung der Erbschäden- oder Missbildungsraten**. Gegenteilige Meldungen sind nach internationalen wissenschaftlichen Untersuchungen entweder falsch oder unzulässige Verallgemeinerungen.

Die aus den vom Reaktorunfall betroffenen Gebieten berichtete **allgemeine Zunahme von Krankheiten und psychischer Belastung der Bevölkerung** beruhen nach bisherigen Erkenntnissen **nicht unmittelbar auf einer Strahlenwirkung**, sie werden aber dennoch **als mittelbare Folge** des Unfalls und der damit verbundenen Umsiedlung vieler Menschen und der Vertreibung aus ihrer gewohnten Umgebung angesehen. Ein Teil dieser Krankheiten mag auch auf der allgemeinen Verschlechterung der Lebensqualität und der damit verbundenen Unsicherheit, und nicht zuletzt auf der **mangelhaften ärztlichen Versorgung** in den betroffenen Gebieten beruhen.

In der **Bundesrepublik Deutschland** waren die radioaktiven Niederschläge wesentlich geringer; die **zusätzliche unfallbedingte** Strahlenexposition der Bevölkerung war **im ersten Jahr nach dem Unfall kleiner als die normale Schwankung der jährlichen Strahlenexposition** durch unterschiedlichen Aufenthalt in Deutschland, und sie bleibt **für die gesamte Lebenszeit maximal etwa gleich einem zusätzlichen Jahr an natürlicher Strahlenexposition**. Die Auswirkungen in unserem Lande waren weder eine ökologische noch eine radiologische Katastrophe, sondern eine **Informationskatastrophe mit verheerenden Folgen** für die öffentliche Meinung, für die Energiepolitik und für die Lage der Kernenergie in Deutschland. Die Tatsache, dass ein so schwerer Unfall tatsächlich eintreten konnte, die aufgrund der sowjetischen Informationsblockade herrschende Ungewißheit über Art und Umfang des Unfalls und verwirrende Informationen über Schutzmaßnahmen und Verhaltensempfehlungen bewirkten hierzulande bei vielen Menschen Verängstigungen und eine Abneigung gegen *die* Kernenergie, wobei die grundlegenden Unterschiede zwischen dem Tschernobyl-Reaktor und deutschen Kernkraftwerken häufig außer Acht blieben oder teilweise bewusst verschwiegen wurden.

## **Die Folgen des Unfalls in der Umgebung von Tschernobyl**

In der Folge des Unfalls wurden große Mengen radioaktiver Spaltprodukte (die in den 50er und 60er Jahren durchgeführten Atomwaffentests haben insgesamt schätzungsweise das Hundert- bis Tausendfache betragen) überwiegend während der ersten zehn Tage in die Atmosphäre freigesetzt und je nach Windrichtung weitertransportiert. Dabei handelte es sich vor allem um strahlendes Jod, das zwar schnell zerfällt (Halbwertszeit 8 Tage), sich aber in der Schilddrüse anreichert, sowie um Caesium, das nur allmählich zerfällt (Halbwertszeit 30 Jahre); es wird im Boden gespeichert und kann über die Nahrungskette - Milch dort grasender Kühe - in den menschlichen Körper gelangen.

Die Ausbreitung der freigesetzten radioaktiven Stoffe, die Kontamination (Verunreinigung durch radioaktive Stoffe) in der Ukraine, in Weißrussland und in Russland, die Vorsorgemaßnahmen für die Bevölkerung (Evakuierung, Umsiedlung) und die ökologischen Folgen sind zusammenfassend in [1] und [3] dargestellt.

Über die Folgen des Reaktorunfalls für das mit der Unfallfolgenbekämpfung befasste Betriebspersonal, für die Feuerwehrleute, Armeeangehörigen und „Liquidatoren“, sowie über die Auswirkungen auf die Umgebung gab und gibt es unterschiedliche, teilweise sehr widersprüchliche und auch missverständliche Aussagen und Daten, die in den Medien häufig verzerrt dargestellt und politisch instrumentalisiert wurden und immer noch werden. Daher sollen hier die Ergebnisse der von der Internationalen Atomenergie-Behörde, der Welt-Gesundheits-Organisation und der Europäischen Gemeinschaft organisierten Konferenz „**One Decade after Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident**“ im April 1996 in Wien mit 800 Sachverständigen aus 71 Ländern sowie der **UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly of the United Nations** (130 Wissenschaftler aus 21 Ländern) vom 9. Juni 2000 zitiert werden [4]:

Die radiologischen Folgen des Unfalls in Tschernobyl werden im UNSCEAR-Report wie folgt referiert:

*The accident at the Chernobyl nuclear power plant was the most serious accident involving radiation exposure. It caused the deaths , within a few days or weeks, of 30 workers and radiation injuries to hundred others. It also brought about the immediate evacuation, in 1986, of about 116,000 people from areas surrounding the reactor and the permanent relocation, after 1986, of about 220,000 people from Belarus , the Russian Federation, and the Ukraine. It caused serious social and psychological disruption in the lives of those affected and vast economic penalties over the entire region. Large territories of those three countries were contaminated, and deposition of released radionuclides was measurable in all countries of the northern hemisphere. There have been about 1,800 cases of thyroid cancer in children who were exposed at the time of the accident, and if the current trend continues, there may be more cases during the next decades. Apart from this increase, there is no evidence of a major public impact attributable to radiation exposure fourteen years after the accident. There is no scientific evidence of increases in overall cancer incidence or mortality or in non-malignant disorders that could be related to radiation exposure. The risk of leukaemia, one of the main concerns owing to its short latency time, does not appear to be elevated, not even among the recovery operation workers. Although those most highly exposed individuals are at an increased risk of radiation-associated effects, the great majority of the population are not likely to experience serious health consequences from radiation from the Chernobyl accident.*

Im einzelnen ergibt sich folgendes:

- insgesamt 237 zur unmittelbaren Bekämpfung des Brandes und zur Abdeckung des offenen Reaktorkerns eingesetzte Personen wurden zur Untersuchung in Krankenhäuser gebracht, davon wurden **134 mit „akuter Strahlenkrankheit“** (Schwäche, Schwindel, Erbrechen) und Hautverbrennungen diagnostiziert. Von diesen starben 28 während der ersten drei Monate nach dem Unfall, zwei weitere Personen starben infolge der Explosion, eine an Herzversagen, insgesamt 31 Personen. Darüber hinaus sind von den akut Strahlenkranken bis 1995 weitere 14, **also insgesamt 45 Personen verstorben.**
- Schätzungsweise 200 000 Personen von der örtlichen Polizei und Feuerwehr, Armeeangehörige und Freiwillige, als „Liquidatoren“ bekannt, wurden noch während des Unfalls und in den folgenden Monaten bis 1987 für erste Maßnahmen zur Begrenzung der Katastrophe, später bei der Dekontamination und für den Bau des sog. „Sarkophags“ um die Trümmer des Unglücksreaktors eingesetzt. Später wurde dieser Personenkreis mit überhöhter, aber begrenzter, überwachter und registrierter Strahlenexposition auf 600 000 bis 800 000 erhöht; dabei soll es allerdings vorgekommen sein, dass Personen sich nur wegen der damit verbundenen Vorteile registrieren ließen. Von den Liquidatoren erhielten **etwa 50 000 Strahlendosen oberhalb des für beruflich Strahlenexponierte international festgesetzten Grenzwertes** (z.Zt. 50 mSv).
- **Erst am zweiten Tag** nach dem Unfall wurde die dem Unglücksreaktor nächstgelegene Stadt Pripjat mit **45 000 Einwohnern total evakuiert** und für die Werksangehörigen eine neue Stadt Slavutich außerhalb der Sperrzone errichtet.
- Eine „**Sperrzone**“ von anfangs 30 km Radius um den Reaktor wurde eingerichtet, etwa **116 000 Personen** wurden in den Monaten nach dem Unfall in weniger kontaminierte Gebiete **evakuiert**. Die Sperrzone wurde später ausgedehnt und umfasst jetzt 4300 km<sup>2</sup> Gebiet mit der höchsten Radioaktivität.

- In den Jahren nach dem Unfall wurden **weitere 210 000 Personen** in der Ukraine, in Weißrussland und in Russland auf Anweisung der Behörden in weniger kontaminierte Gebiete **umgesiedelt**.

- Während des Unfalls waren Schutzmaßnahmen – **Ausgabe von Jodtabletten** zum Schutz der Schilddrüse und Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich der Nahrungsaufnahme - **versäumt** worden. Es kam daher **zu hohen Schilddrüsen-Belastungen**, insbesondere bei Kindern, und vor allem in Weißrussland. Bis Ende 1998 wurden **rund 1800 Schilddrüsenkrebsfälle** bei Kindern unter 15 Jahren diagnostiziert; wenn der derzeitige Trend anhält, können weitere Fälle während der kommenden Jahre auftreten.

Glücklicherweise ist Schilddrüsenkrebs ganz überwiegend heilbar. Rund 100 Kinder wurden zunächst in Deutschland erfolgreich behandelt (Projekt „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“, wissenschaftlich unterstützt vom Gemeinschaftsausschuss Strahlenforschung. (GAST) und von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke maßgeblich finanziell getragen). Weißrussische Ärzte haben mehrere Hundert weitere Kinder mit Erfolg operiert, z. T. mit Nachbehandlung in Deutschland. Drei Tote waren zu beklagen.

Somit sind unterschiedliche Strahlenbelastungen auseinander zu halten:

- **Erhöhte Ganzkörperdosen** erhielten **während des Unfalls oder unmittelbar danach** das zur Brandbekämpfung eingesetzte Reaktor- und Feuerwehrpersonal sowie die Gruppe der „Liquidatoren“ und die Menschen, die aus der Stadt Pripjat und aus den umliegenden ländlichen Gebieten umgesiedelt wurden. Auch große Teile der Bevölkerung in den drei betroffenen Staaten Weißrußland, Ukraine und Rußland waren in den ersten Tagen des Unfalls hohen Expositionen von Radiojod (Jod 131, Halbwertszeit 8 Tage) ausgesetzt, wovon vor allem Kinder mit **Schilddrüsenkrebs** betroffen wurden.
- Diese kurzfristigen, später in ihrem Ausmaß nicht mehr zu beeinflussenden Expositionen sind zu trennen von **langfristig anhaltenden** erhöhten Expositionen

der nicht umgesiedelten Bevölkerung durch Radiocaesium (Caesium 137, Halbwertszeit 30 Jahre) in den kontaminierten Regionen; hierbei handelt es sich zwar um eine geringere Dosis, jedoch sind große Bevölkerungsgruppen über lange Zeiträume betroffen.

**Abgesehen** von den 28 (+14) Todesfällen aufgrund akuten Strahlensyndroms und dem Schilddrüsenkrebs infolge hoher Radiojodexposition bei Kindern (in der ersten Gruppe) ergaben sich bisher (in der zweiten Gruppe) **keine durch Strahlung verursachten Personenschäden**, insbesondere gab es **keine Hinweise auf erhöhtes Auftreten von Leukämie** als dem bei weitem empfindlichsten Indikator für Gesundheitsschäden durch Bestrahlung **oder andere Krebserkrankungen [2]**.

Wenn Erhöhungen der Krebsraten – und primär der Leukämieraten – bisher nicht statistisch nachweisbar wurden, so bedeutet das allerdings nicht, dass kein Zusatzrisiko besteht. Die Aussage ist lediglich, dass das mögliche Zusatzrisiko nicht von einer solchen Größenordnung ist, dass es statistisch sichtbar wird. Auch besteht keinerlei Zweifel daran, dass vielerlei gesundheitliche Schäden **indirekt** durch die Reaktorkatastrophe, nämlich durch die von ihr ausgelösten Beschränkungen und das resultierende Chaos, verursacht wurde; es handelt sich zwar um **keine Strahlenwirkung**, aber doch um eine sehr reale, menschliche, wirtschaftlich und politisch kostspielige Konsequenz des Unfall **[2]**.

Die technische Katastrophe von Tschernobyl wurde in ihren Auswirkungen verstärkt durch die **Informationspolitik** unter den Bedingungen der damaligen Sowjetunion, und danach durch missverständliche **Meldungen**, die von einigen westlichen **Medien** begierig aufgegriffen und teilweise ungeprüft weiterverbreitet wurden.

Ein besonderes Beispiel war die Meldung, 125 000 der vom Reaktorunfall in der Ukraine besonders Betroffenen seien in sieben Jahren an *Strahlenwirkungen* gestorben - tatsächlich bezog sich die Angabe auf *alle Todesfälle* unter der am meisten von der Katastrophe betroffenen Bevölkerung; sie ist somit kein Hinweis auf eine durch Bestrahlung erhöhte Mortalität, sondern die natürliche Sterberate **[2]**.

Ein weiteres Beispiel ist die vom *Spiegel* verbreitete und nie korrigierte Meldung, in der weißrussischen Millionenstadt Gomel sei jedes dritte Kind an Leukämie erkrankt - dies müssten mehr als 100 000 Kinder gewesen sein!

Bei manchen Meldungen mag auch hie und da der Hinweis auf Tschernobyl ein willkommenes Argument gewesen sein, um die dringend benötigte Hilfe für das Gesundheitswesen in den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion zu mobilisieren.

Aus den vom Reaktorunfall betroffenen Gebieten wird über eine allgemeine Zunahme von Krankheiten in der Bevölkerung berichtet, insbesondere stressbezogene Krankheiten wie Depression, Ängste, psychische Unruhe , aber auch chronische Bronchitis, Bluthochdruck , Koronaerkrankungen und Diabetes. Nach bisherigen Erkenntnissen beruhen diese Erkrankungen **nicht unmittelbar auf einer Strahleneinwirkung**. Sie werden aber dennoch **als mittelbare Folgen des Unfalls und der damit verbundenen Umsiedlung** vieler Menschen und der Vertreibung aus ihrer vertrauten Umgebung angesehen. Ein Teil dieser Krankheiten mag auch auf der allgemeinen Verschlechterung der Lebensumstände nach der Auflösung der Sowjetunion und der damit verbundenen Unsicherheit beruhen. Auch der Anstieg ansteckender Krankheiten, z.B. Diphtherie und Tuberkulose, dürfte mit dieser Verschlechterung und mit der mangelhaften ärztlichen Versorgung zusammenhängen [1].

Außerhalb der ehemaligen UdSSR betrug der höchste (national ermittelte) Durchschnittswert der Dosis während des ersten Jahres nach dem Unfall 0,8 mSv, das bedeutet eine zusätzliche Dosis von etwa einem Drittel der Dosis infolge der durchschnittlichen natürlichen Umgebungsstrahlung (2,4 mSv) in diesem Jahr [4], wobei es Gebiete mit höherer natürlicher Umgebungsstrahlung auch in Deutschland gibt.

## **Die radiologischen Auswirkungen des Unfalls in Tschernobyl auf die Bundesrepublik Deutschland.**

Von der atmosphärischen Ausbreitung der freigesetzten Radioaktivität wurde auch Deutschland betroffen. Ablagerungsvorgänge, insbesondere Ausregnen und Niederschläge, führten zur Kontamination des Bodens. Über verschiedene Pfade wurden radioaktive Stoffe unterschiedlich stark in Lebensmitteln angereichert. Die Folge war eine regional unterschiedlich erhöhte Strahlenexposition der Bevölkerung.

Darüber wurde in den Medien in sehr unterschiedlicher Weise berichtet. Dies löste bei einem Teil der Bevölkerung verständlicherweise Ängste aus, die oft umso größer waren, je weniger die Ursachen und gesundheitlichen Auswirkungen verstanden wurden. Von selbst ernannten „Experten“ wurden diese Ängste durch unbegründete Vermutungen und Befürchtungen oft noch gesteigert, so dass viele Bürger einer Aufklärung der oft komplizierten Zusammenhänge skeptisch gegenüber standen. Dazu trugen auch die zum Teil sehr unterschiedlichen Empfehlungen der einzelnen Bundesländer und Kommunen bei, die in einigen Fällen von denen der Strahlenschutzkommission (SSK) und des Bundes abwichen [3].

Auch unter Berücksichtigung der Notwendigkeit von nachträglichen Vorsorgemaßnahmen zur Milderung der Aufnahme von Radioaktivität mussten Außenstehende zeitweilig den Eindruck gewinnen, dass zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen ein regelrechter „Unterbietungswettbewerb“ um den niedrigsten Grenzwert stattfand [8].

Nach der erfolgten Ablagerung von Radioaktivität veröffentlichte die Strahlenschutzkommission unter Berücksichtigung der vorliegenden Messdaten – die UdSSR hatte zunächst gar nicht und anschließend unzureichend über die Unfallsituation und die damit verbundenen Freisetzungen informiert – und unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit von Mittel und Zweck eine Reihe von Empfehlungen. Damit konnte auch in den höher belasteten Regionen der Bundesrepublik Deutschland erreicht werden, daß **die zusätzliche unfallbedingte Strahlenexposition der Bevölkerung im ersten Jahr nach dem Unfall kleiner war**

**als die normale Schwankung der jährlichen Strahlenexposition durch unterschiedlichen Aufenthalt in Deutschland;** für die gesamte Lebenszeit (75 Jahre) ist die zusätzliche unfallbedingte Strahlenexposition der Bevölkerung maximal etwa gleich einem zusätzlichen Jahr an natürlicher Strahlenexposition in Deutschland [3].

Eine der ersten Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) war die Festlegung eines Grenzwertes für die Jod-131-Aktivität in der Milch von 500 Bq/l zusammen mit der Empfehlung, die Fütterung von Frischfutter einzustellen und Milch mit höherer Aktivitätskonzentration zu lagerfähigen Milchprodukten zu verarbeiten. International war ein Grenzwert von 3700 Bq/l vorgeschrieben, der in Hessen sogar auf 20 Bq/l – weit unter der natürlichen Aktivität der Milch – reduziert wurde.

Viele von der SSK herausgegebenen Empfehlungen waren nach Meinung des (damals zuständigen) Bundesinnenministeriums oder der SSK notwendig zur objektiven Information der Bevölkerung, oder aber ihre Erfordernis ergab sich aus übertriebenen Berichten in den Medien oder aus überzogenen Anordnungen verschiedener Kommunen. Der damalige Vorsitzende der SSK hierzu wörtlich [3]: *„Jedoch weite Teile der ideologisch aufgeheizten deutschen Bevölkerung waren nicht bereit, diese Überlegungen der SSK zur Kenntnis zu nehmen. So war es nicht einmal möglich, das nur geringfügig mit Caesium-137 kontaminierte **Molkepulver** als Schweinefutter zu verwenden. In ganz Europa ist das Problem des Molkepulvers, ohne viel Aufhebens, mehr oder weniger intelligent gelöst worden; nur in Deutschland musste der Steuerzahler einen Tribut von 100 Millionen Mark an die Dummheit entrichten“.*

Eine weitere Empfehlung der SSK war notwendig geworden, weil vom Institut für Humangenetik der Freien Universität Berlin die Behauptung aufgetaucht war, dass nach dem Reaktorunfall in erhöhtem Maße Fälle von Mongolismus aufgetreten seien. Hierzu der damalige Vorsitzende der SSK wörtlich [3]: *„Es ist bis heute nicht verständlich, wie Wissenschaftler, zu deren Handwerkszeug doch eigentlich der Umgang mit Fakten und Statistiken gehört, sich zu solchen Behauptungen versteifen können.“*

Der „teure Scherz von fast 100 Millionen DM“, den sich Deutschland mit der überflüssigen „Entsorgung“ der sog. „Strahlenmolke“ leistete, rief in den Nachbarländern Verwunderung hervor und schädigte nach Ansicht von Fachleuten die internationale Reputation des deutschen Strahlenschutzes. Mit der Molke, so wird argumentiert, „verschwand der letzte Rest der Verhältnismäßigkeit in der Reaktion auf eine technische Katastrophe. Wird die Bevölkerung einmal so aufwendig vor dem millionsten Teil der natürlichen Strahlenexposition geschützt, so wird nie mehr irgendeine Technik oder auch nur die geringste Veränderung gerechtfertigt werden können“ [8].

Somit bleibt festzustellen: **Unfallbedingte Erkrankungen oder gar Todesfälle sind in Deutschland nicht aufgetreten** – der Unfall hatte jedoch schwerwiegende psychologische Folgen. Viele Menschen wurden verunsichert durch - teilweise parteipolitisch motivierte - widersprüchliche Anordnungen und Hinweise der Behörden, durch Profilierungsversuche einiger Politiker und selbsternannter Experten, und dies alles verstärkt durch Sensationsmeldungen einiger Medien.

**Die gravierendste Folge** des Reaktorunfalls von Tschernobyl waren in Deutschland **die Informationskatastrophe** und die **Auswirkungen auf die öffentliche Meinung, die Energiepolitik und die Kernenergie in Deutschland** [8].

Die Problematik wird zutreffend vom Leiter der bayerischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde wie folgt geschildert [2]: *Heute... können wir feststellen, dass wir die radiologische und sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses in seinen Auswirkungen auf Bayern – trotz der damals spärlichen Informationen vom Ort des Geschehens – bereits von Beginn der flächenhaften Kontamination an so zutreffend eingeschätzt haben, dass wir auch heute davon keine Abstriche zu machen brauchen. Wir müssen allerdings einräumen, dass es uns damals **nicht gelungen ist, diese Bewertung dem Großteil der Bevölkerung zu vermitteln und sie dementsprechend zu einem rationalen Verhalten zu veranlassen.** Oder anders ausgedrückt: Die **Auswirkungen** des Reaktorunfalls von Tschernobyl auf Deutschland **waren weder eine ökologische noch eine radiologische Katastrophe, sie führten jedoch zu mentalen Irritationen großen Ausmaßes.***

Die damals bestehenden Rechtsgrundlagen...erwiesen sich...als nicht ausreichend, um den Auswirkungen eines solchen Ereignisses mit globaler Dimension für Deutschland mit angemessenen, international harmonisierten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen begegnen zu können. Diesem Defizit stand in der Öffentlichkeit ein **extrem ausgeprägtes Informationsbedürfnis über zweifelsfreie Bewertungsgrundlagen für Schutzmaßnahmen mit den Merkmalen einer kollektiven Hysterie** gegenüber.

In diesem Spannungsfeld fühlten sich neben kompetenten Experten und Gremien auch **viele selbsternannte Fachleute** berufen, aus eigener Einschätzung heraus mit Hinweisen und Verhaltensempfehlungen an die Öffentlichkeit zu treten. Die so an die Bevölkerung gerichteten Handlungsempfehlungen und Verhaltenshinweise haben **häufig mehr zur Verwirrung als zur Aufklärung beigetragen**. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass unter diesen Voraussetzungen die **Glaubwürdigkeit auch von Aussagen tatsächlicher Experten in Zweifel gezogen wurden** und **das Verhalten vieler Bürger weitgehend von Emotionen geprägt war...**

Der Reaktorunfall von Tschernobyl, ausgelöst durch unverantwortliches Handeln Einzelner, hat zu weit mehr als den bedauerlichen Todesfolgen im Umfeld des Unfallortes und bei uns zu einer erhöhten Strahlenexposition geführt. Tschernobyl hat bei vielen Mitbürgern zu einem **großen Vertrauensverlust in die moderne Technik** geführt und gilt als **vermeintlicher Beleg dafür, dass der Mensch nicht in der Lage sei, mit Großtechnologien verantwortlich umzugehen**. Wir haben zwar vielfältige Lehren aus Tschernobyl gezogen und werden, so hoffe ich, einen vergleichbaren Unfall künftig vermeiden können. Wir werden aber **deutlicher als bisher gegenüber der Bevölkerung verständlich machen** müssen, was wir alles unternehmen, um das fremdbestimmte Risiko um mehrere Größenordnungen unter das durch den Menschen eigenbestimmte Risiko abzusenken. Gleichzeitig müssen wir aber **auch deutlich machen, dass wir nicht in der Lage sein werden, jemals eine Null-Risiko-Technik zu realisieren**.

Dem ist nichts hinzuzufügen – allenfalls vielleicht die Frage, was von der Politik und den für die Nutzung der Kernenergie in unserem Lande Verantwortlichen bisher in dieser Richtung getan und erreicht wurde.

## Verwendete Literatur:

- [1] Tschernobyl – Zehn Jahre danach  
Der Unfall und die Sicherheit der RBMK-Anlagen  
GRS – 121, Februar 1996, ISBN 3-92 3875-74-6  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
- [2] Reaktorsicherheit und Energiepolitik in Osteuropa  
Gefahrenpotentiale und Handlungsmöglichkeiten  
Vorträge und Diskussionen anlässlich der Expertentagung vom 26. Juni bis  
1. Juli 1995 in Tutzing  
Herausgeber: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit  
Akademie für politische Bildung, Tutzing  
Deutsches Ostforum, München e.V.  
GRS – 131, Juli 1996, ISBN 3 – 92 3875-82-7  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Köln,
- [3] Zehn Jahre nach Tschernobyl. Die Bilanz  
Seminar des Bundesamtes für Strahlenschutz und der  
Strahlenschutzkommission, München, 6.-7. März 1996  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm  
ISBN 3 – 437-251 98-8
- [4] Ten Years after Chernobyl: What do we really know ?  
Based on the proceedings of the IAEA/WHO/EC International Conference,  
Vienna, 8.-12. April 1996  
International Atomic Energy Agency, Division of Public Information  
February 1997 97/00467 IAEA/PI/A51E
- UNSCEAR  
The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation  
Report to the General Assembly  
Vienna, 6 June 2000
- [5] International Atomic Energy Agency,  
International Nuclear Safety Advisory Group  
Safety Series No.75 - INSAG – 1: Summary Report on the Post-Accident  
Review Meeting on the Chernobyl Accident  
IAEA, Vienna, 1986
- Safety Series No.75.- INSAG – 7:  
The Chernobyl Accident, Updating of INSAG - 1  
IAEA, Vienna, 1992

- [6] International Atomic Energy Agency,  
International Nuclear Safety Advisory Group  
Safety Series No.75 – INSAG – 3:  
Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants  
IAEA, Vienna, 1988
- Safety Series No.75 – INSAG – 4: Safety Culture  
IAEA, Vienna, 1991
- [7] International Atomic Energy Agency  
Safety Series No.50 – C – O:  
Safety in Nuclear Power Plant Operation – A Code of Practice  
IAEA, Vienna, 1988
- [8] M. Czakainski et. al.  
Tschernobyl: Der Reaktorunfall  
Unfallhergang, mittel- und langfristige Folgen, Perspektiven für die Stilllegung  
Herausgeber: Informationskreis Kernenergie, 1996  
Verlag: INFORUM Verlags- und Verwaltungs-GmbH, Heussallee 10,  
53113 Bonn
- [9] NEW – Nuclear European Worldscan 11-12/2000 Seite 21  
ENS-Secretariat PO Box 5032, CH-3001 Bern
- atw 46. Jg. (2001) Heft 1 (Januar 2001), Seite 65  
Internationale Zeitschrift für Kernenergie, ISSN 1431-5254.
- [10] Ludwig Lindner, Marl  
Tschernobyl heute und im Vergleich zu anderen Katastrophen  
atw 45. Jg. (2000) Heft 5 (Mai 2000), Seite 282 – 285  
Internationale Zeitschrift für Kernenergie, ISSN 1431-5254

Weitere Informationen sind zu finden in:

10 Jahre Tschernobyl

Materialsammlung, herausgegeben von der KTG (Kerntechnische Gesellschaft e.V.), Bonn, 1996

dort auch Hinweise auf einschlägige Veröffentlichungen in den Jahren 1986 bis 1995

Veröffentlichungen in atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie

März 1996, Seite 151 – 180

ISSN 0365 – 8414 AWAKAG: 41(3)

in Zusammenfassung enthalten in

Jahrbuch der Atomwirtschaft 1997, S. 283 – 293

Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf