





Kernkraft hält die Welt zusammen: Ohne sie würden Atome, die Bausteine jeder Materie, einfach auseinander fliegen. Die Kräfte, die hier wirken, sind gewaltig. Bringt man Atomkerne – etwa im Kernkraftwerk – gezielt zur Spaltung, werden daher enorme Energiemengen freigesetzt: Bezogen auf die Menge des notwendigen „Brennstoffs“ ist Kernkraft also eine effiziente Energiequelle, auf die bis heute viele Länder setzen.

Andererseits verbinden viele Menschen mit Kernkraft vor allem eines: Bedrohung, Angst und Unsicherheit. Jedem im Gedächtnis geblieben ist die Katastrophe, die sich vor fast genau 20 Jahren im Reaktor von Tschernobyl ereignete. Doch was genau geschah in den letzten Minuten vor dem Unfall? Quarks & Co rekonstruiert die Vorgänge vor und nach der Katastrophe – und zeigt Ihnen, was in Nahrung und Umwelt bis heute noch mit Strahlen belastet ist.

Die zerstörerischste Variante der Kernkraft lagert indes ganz im Verborgenen: Trotz Atomwaffensperrvertrag gibt es immer noch so viele Atombomben auf der Welt, dass ihre Sprengkraft die Erde gleich mehrfach vernichten könnte. Lernen Sie mit diesem Quarks-Script nun die verschiedenen Seiten der geheimnisvollen Kraft aus den Kernen kennen – und entscheiden Sie selbst, wo für Sie das Risiko, und wo der Nutzen überwiegt.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihr Quarks-Team!



Weitergehende Informationen zu diesem Thema, sowie Link- und Lesetipps, finden Sie auf unserer Homepage unter: www.quarks.de

Strahlendes Erbe – Tschernobyl und seine Folgen

Inhalt

| | |
|-------|--|
| S. 4 | Leitwarte Tschernobyl: Was geschah in Block 4? |
| S. 7 | Die Aufräumarbeiten: Tschernobyl nach dem GAU |
| S. 10 | Die Ruine von Tschernobyl |
| S. 14 | Strahlung in Deutschland |
| S. 17 | Radioaktive Strahlung im Alltag |
| S. 21 | Was ist Strahlung? |
| S. 23 | Strahlend weißes Pulver |
| S. 24 | Der Weg zur Bombe |
| S. 27 | Lesetipps |

Impressum

Text: Reinhart Brüning, Heinz Greuling, Vera Pfister, Jan-Henner Reitze, Silvio Wenzel

Redaktion und Koordination: Wolfgang Lemme

Copyright: WDR, April 2006

Gestaltung: Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Der Einleitungstext und die Reportage „Strahlend weißes Pulver“ entstanden in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Wissenschaftsjournalismus Dortmund

Bildnachweise

alle Abbildungen WDR außer:

| | |
|-------|--|
| S. 15 | Karte Bodenkontamination, Rechte: bga – Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene |
|-------|--|

Leitwarte Tschernobyl: Was geschah in Block 4?

Schichtwechsel im Kernkraftwerk Lenin, Tschernobyl



Anatolij Djatlow (r.) ist im April 1986 stellvertretender Chefingenieur des Kernkraftwerks

Der Schichtleiter hatte seinen Posten in der Leitzentrale des Reaktorblocks 4 schon bezogen. Neben ihm am Schaltpult stand an diesem 25. April 1986 der junge Reaktoroperator Leonid Toptunow, das Oberkommando der Nachtschicht hatte Chefingenieur Anatolij Djatlow. Djatlow will einen Sicherheitstest durchführen. Der Test soll zeigen, was passiert, wenn im Kraftwerk der Strom ausfällt: funktioniert die Kühlung des Reaktors dann noch? Können die auslaufenden Turbogeneratoren noch so lange genügend Strom für die Kühlpumpen liefern, bis die Notstromaggregate bereit sind? Denn bis diese Dieselgeneratoren anspringen, vergehen immerhin fast 50 Sekunden, in denen der Reaktor noch in Betrieb ist und gekühlt werden muss. Doch der Test hätte eigentlich am Tag vorher stattfinden sollen, die Nachtschicht ist kaum darauf vorbereitet. Und so beginnt am 25. April 1986 kurz vor Mitternacht der Countdown zum ersten Super-GAU in der Geschichte der Kernkraft.

Freitag, 25. April 1986 – 23:10 Uhr



Die Leitwarte des Reaktorblocks 4, 20 Jahre nach der Katastrophe. Ranga Yogeshwar steht neben dem Schalter für die Notabschaltung

Das Versuchsprogramm schreibt vor, dass die Reaktorleistung zunächst auf 20 bis 30 Prozent heruntergefahren werden soll. Das geschieht durch das Ein- und Ausfahren so genannter Absorberstäbe; damit kann der Reaktoroperator die Kernspaltungsrate regulieren. Bei jeder Spaltung eines Urankerns entstehen zwei bis drei weitere Neutronen, die – durch umgebendes Graphit abgebremst – weitere Kerne spalten können. Zu Beginn des Tests fährt jetzt Techniker Toptunow die Absorberstäbe in den Reaktorkern. Die Anzahl der Kernspaltungen verringert sich, denn die Absorberstäbe fangen die frei werdenden Neutronen ab. Die Leistung des Reaktors sinkt.

Samstag, 26. April 1986 – 0:28 Uhr

Es kommt zu unerwarteten Schwierigkeiten: Die Reaktorleistung fällt zu weit ab – sie ist praktisch gleich Null. Die Mannschaft ist entsetzt. Der Reaktor müsste jetzt abgeschaltet werden, denn ein Wiederaufstart ist laut Betriebsvorschrift nicht zulässig. Doch Chefingenieur Djatlow will den Test trotzdem durchführen. Er ordnet an, die Leistung wieder zu steigern und weiterzumachen. Toptunow entfernt Absorberstäbe aus dem Kern – zu viele, um einen sicheren Weiterbetrieb zu gewährleisten.

Samstag, 26. April 1986 – 0:43 Uhr

Der Reaktor ist in einem schwer steuerbaren Zustand. Doch Anatolij Djatlow fühlt sich sicher. Entgegen der Vorschrift setzt er die automatische Notabschaltung außer Kraft, um seinen Versuch wiederholen zu können.

Samstag, 26. April 1986 – 1:03 Uhr

Die Leistung beträgt jetzt sieben Prozent und scheint stabil. Das Versuchsprogramm fordert aber mindestens eine Leistung von 20 Prozent.

Samstag, 26. April 1986 – 1:22 Uhr

Die Anzeigetafel liefert keinen Grund zur Beunruhigung. Doch der Schein trügt: Der Betriebszustand des Reaktors ist äußerst instabil, zu viele Absorberstäbe wurden entfernt. Nur noch sechs von insgesamt 211 Stäben sind eingefahren – viel weniger als die zulässige Minimalgrenze von 28 Stäben. Die Leistung ist in weiten Bereichen zu niedrig, dafür an einigen Brennstäben zu hoch. Der Test müsste sofort gestoppt werden. Aber Djatlow erteilt den Befehl, das Experiment zu starten.

Samstag, 26. April 1986 – 1:23 Uhr 4 Sekunden

Jetzt unterbrechen die Ingenieure die Dampfzufuhr zum Turbogenerator und simulieren den Stromausfall. Die Turbine läuft langsam aus; die angeschlossenen Kühlmittelpumpen ebenso. Dadurch verringert sich die Kühlwasserzufuhr – im Reaktorkern steigt die Temperatur an. Die Folge: Im Kühlwasser bilden sich vermehrt Dampfblasen. Dadurch beschleunigt sich die Kettenreaktion im Reaktor,

Die Aufräumarbeiten: Tschernobyl nach dem GAU

eine Eigenart des Reaktortyps, die sich als fatal erweisen soll. Ein Teufelskreis beginnt: Die Leistung steigt unkontrolliert, die automatische Reaktorregelung kann den Anstieg nicht stoppen.

Samstag, 26. April 1986 – 1:23 Uhr 40 Sekunden

36 Sekunden nach Versuchsbeginn betätigt Schichtleiter Akimow per Hand den Schalter für die Notabschaltung. Alle Regelstäbe werden eingefahren, um den außer Kontrolle geratenen Reaktor zum Stillstand zu bringen. Doch statt die Kettenreaktion zu stoppen, beschleunigen die eingefahrenen Regelstäbe kurzfristig die Reaktion – eine zweite fatale Eigenschaft des Reaktortyps. Die Bremse wird so zum Gaspedal: innerhalb von Millisekunden erreicht der Reaktor das Hundertfache seiner maximalen Leistung. Der Brennstoff erhitzt sich weit über 1000 Grad. Das Kühlwasser verdampft, es entsteht enormer Druck – Röhren bersten. Die 3.000 Tonnen schwere Abdeckplatte des Reaktorkerns wird empor geschleudert, das Dach der Reaktorhalle komplett zerstört. Sekunden später erfolgt eine zweite Explosion. 40 Tonnen radioaktives Material und brennendes Graphit gelangen ins Freie.

Das Schlimmste ist eingetreten – der nukleare Super-Gau. 28 Menschen sterben 1986 an den unmittelbaren Folgen der Strahlenkrankheit. Wie hoch die Gesamtzahl der Opfer ist, die noch an den Auswirkungen der radioaktiven Strahlung sterben werden, ist ungewiss. Die Vereinten Nationen schätzen die Zahl auf etwa 4.000 – einige Wissenschaftler halten diese Angaben für viel zu niedrig. Auch Leonid Toptunow und Alexander Akimow sterben im Mai 1986 an den Folgen des Strahlenunfalls. Anatolij Djatlow wird 1987 als einer der Hauptverantwortlichen der Katastrophe zu 10 Jahren Gefängnis verurteilt. 1995 erliegt auch er der Strahlenkrankheit.

Die Katastrophe

Es war die Nacht zum letzten Aprilwochenende 1986. Die meisten der 45.000 Einwohner des ukrainischen Städtchens Pripjat lagen in tiefem Schlaf, als im nur zwei Kilometer entfernten Kernkraftwerk Wladimir Iljitsch Lenin bei Tschernobyl der Reaktor außer Kontrolle gerät: Um halb zwei Uhr zerreißen zwei Explosionen die Stille – brennendes Graphit und Reaktorbrennstoff werden aus dem zerstörten Block 4 geschleudert. Mehr als 30 Brände brechen auf dem Gelände des Atomkraftwerkes aus, noch weiß niemand, was wirklich passiert ist. Doch den Verantwortlichen ist bewusst, dass massiv Strahlung austritt und der noch glühende Reaktor so schnell wie möglich gesichert werden muss. Nach der Katastrophe beginnt daher ein historischer Großeinsatz: Aufräumen nach dem Super-Gau.



Schon kurz nach dem Unfall sind die Aufräumarbeiten in vollem Gange

Feuerwehrlaute sind unter den ersten Opfern

Direkt nach der Explosion rücken die Feuerwehren aus den umliegenden Städten und der ganzen Region Kiew aus. Bis morgens halb sieben kämpfen 186 Feuerwehrlaute gegen die Flammen. Sie alle sind schlecht ausgerüstet – ihre Anzüge schützen sie nicht vor der radioaktiven Strahlung. Deshalb werden viele von ihnen bei den Löscharbeiten so schwer verstrahlt, dass sie wenige Tage nach dem Einsatz sterben. Von den Überlebenden erkranken noch Jahre später viele schwer an den Folgen der Strahlenbelastung.

Über eine halbe Million Helfer

In den Tagen, Wochen und Monaten nach dem Unfall kommen insgesamt 800.000 Menschen aus allen Teilen der Sowjetunion zum Einsatz. Es sind Soldaten, Bergleute, Strahlenexperten und viele andere Helfer. Man nennt sie Liquidatoren – Schadensabwickler. Das passt zu ihrer Aufgabe, denn der Schaden ist in der Tat nicht mehr zu beheben. Es geht nur noch darum, die Auswirkungen der Katastrophe so stark wie möglich zu begrenzen. Der noch brennende Reaktor muss abgeschirmt werden, so schnell es geht, damit sich



Insgesamt werfen die Einsatzkräfte in nur sechs Tagen 5.000 Tonnen Chemikalien von oben in den Reaktor

nicht weiter radioaktive Stoffe ausbreiten. Nur einen Tag nach den Explosionen beginnen Soldaten damit, aus Hubschraubern verschiedene Chemikalien über dem Reaktor abzuwerfen. Innerhalb einer Woche werden insgesamt 5.000 Tonnen Sand, Lehm, Blei und andere Stoffe aus der Luft in den Krater gekippt. Das soll eine erneute Kettenreaktion verhindern und den Unglücksort provisorisch abdecken. Die Besatzungen der Hubschrauber arbeiten unter einer extremen Strahlenbelastung und großem Zeitdruck. So kommt es beim Abwurf der Säcke und Fallschirme auch zu gefährlichen Fehlern: Aus Versehen werden einzelne Ladungen über dem benachbarten Block 3 ausgeschüttet. Dort durchschlagen sie das Dach. Die Trümmer der radioaktiven Explosion brechen ein und verseuchen auch den dritten Reaktorblock.

Mit einem Tunnel unter den Reaktor

Die Liquidatoren versuchen auch, dem strahlenden Reaktor von unten zu Leibe zu rücken. Ohne schweres Gerät, sondern nur mit Schaufeln und Spitzhacken ausgerüstet, graben sie einen langen Tunnel – bis direkt unter den Reaktor. Dort wollen Sie den Reaktor von unten kühlen. Denn man befürchtet, dass sonst ein radioaktives Leck entstehen könnte, weil die fortgesetzte Kettenreaktion immer noch große Hitze erzeugt und der Reaktor sich durch das Fundament des Kraftwerks in den Boden schmelzen könnte. Dann würde das Grundwasser verseucht und die gesamte Region noch stärker gefährdet werden – die Folgen sind nicht auszudenken. Beim Tunnelbau kommen auch erfahrene Bergleute zum Einsatz. Doch sie erliegen einem folgenschweren Irrtum: In ihren Bergwerken dürfen sie unter Tage nicht rauchen, weil sich dort häufig explosive Gase sammeln. Und so gehen sie aus Gewohnheit auch in Tschernobyl in ihren Zigarettenpausen nach draußen. Doch die Luft dort ist gefährlich: Außerhalb es Tunnels ist die radioaktive Belastung um ein Vielfaches höher als in der Röhre. So atmen die Bergleute beim Rauchen auch radioaktive Partikel ein.

Eine gefährliche Mission

Über der Erde wartet aber die größte Herausforderung: Der havarierte Reaktor strahlt noch, und das endgültige Ziel der Arbeiten ist es, die Ruine in einen Mantel aus Stahl und Beton einzuschließen. Im Juni 1986 beginnen Fachleute damit, die Außenwände dieses Sarkophags hochzuziehen. Doch bevor er geschlossen werden kann, wartet auf die Liquidatoren der vielleicht gefährlichste Teil ihres Einsatzes: Von den Dächern des Reaktorgebäudes müssen noch 150 Tonnen radioaktiver Schutt entfernt werden, der bei der Explosion weggeschleudert wurde. Zunächst sollen ferngesteuerte Roboter diese Aufgabe erledigen. Doch die radioaktive Strahlung auf dem Dach ist so hoch, dass die Maschinen schon nach kurzer Zeit nicht mehr funktionieren. Und so müssen viele junge Soldaten diese Arbeit erledigen – nur provisorisch mit einem Bleianzug geschützt, der einen halben Zentner wiegt und jede Bewegung schwer macht. Jeder Einzelne darf nur einmal auf das Dach des Reaktors – und nur für kurze Zeit: aufs Dach klettern, zum Schutt laufen, mit einer Schaufel oder den Händen einige Brocken in die Tiefe werfen und so schnell wie möglich wieder herunter. Erst nachdem alles weggeräumt ist, kann der Sarkophag geschlossen werden.



5.000 Männer mussten für 90 Sekunden auf das havarierte Kraftwerk

Ewiges Erbe

Was ist aus den ersten Hilfsmannschaften geworden? Viele von ihnen sind inzwischen gestorben oder krank, leben zurückgezogen und von der Öffentlichkeit vergessen. Offizielle Zahlen der UNO sprechen von insgesamt 4.000 Toten als direkte und zukünftige Folge des Reaktorunfalls. Allerdings glauben Kritiker, dass allein 200.000 Liquidatoren der ersten Aufräumphase hohe Strahlendosen abbekamen. Die genauen Zahlen werden nie zu ermitteln sein. Dabei haben die ersten Helfer unter Einsatz ihres Lebens Schlimmeres verhindert.

Die Ruine von Tschernobyl

Strenge Kontrolle am Sperrgebiet



Von Ferne sehen wir bereits das Kraftwerk vor uns liegen. Darum herum eine wundervolle, schneebedeckte und scheinbar unberührte Landschaft. Kaum zu glauben, dass sich hier vor 20 Jahren einer der schrecklichsten Unfälle des Industriezeitalters ereignet hat. Uns interessieren die Nachwirkungen der Katastrophe: Reinhard Lennartz vom Forschungsinstitut Jülich und Ranga Yogeshwar wollen in der Umgebung des Kraftwerks von Tschernobyl Strahlungsmessungen durchführen. Wie viel Aktivität ist im Jahr 2006 noch nachzuweisen? Mit dem Kamerateam kommen wir zur Schranke der 30-Kilometer-Sperrzone. Unsere Sondergenehmigung für die Dreharbeiten wird genau kontrolliert, denn die Sperrzone ist streng bewacht – Unbefugte sollen draußen bleiben. Auf den Straßen hier ist die Strahlenbelastung etwa 10 Mal höher als die natürliche Erdstrahlung in Deutschland. Dabei besteht noch keine Gesundheitsgefahr, wir können uns in dem großen Areal also ohne besondere Schutzanzüge bewegen.

Der Rote Wald



Unser erstes Ziel ist ein Waldstück, das etwa zwei Kilometer vom Kraftwerk entfernt liegt. Hier färbten sich nach dem Unglück die Bäume von der Strahlenbelastung rot und starben ab, seitdem heißt die Stelle „Roter Wald“. Die toten Bäume wurden inzwischen abgeholzt, der Boden neu bepflanzt. Nichts Rotes ist zu sehen, der Wald sieht ganz normal aus. Wir wollen wissen, wie viel Strahlung hier noch nachzuweisen ist, dafür haben wir ein Dosisleistungsmessgerät dabei. Wir messen 17 Mikrosievert pro Stunde. Das ist etwa 300 Mal höher als der Normalwert von 0,05 Mikrosievert. Diese Belastung an den Bäumen ist enorm, wenn man bedenkt, dass sie erst nach dem Unglück gepflanzt worden sind. Mit einem Spaten stechen wir ein Stück Waldboden ab und messen erneut. Ein paar Zentimeter tief ist die Radioaktivität am geringsten, doch je näher man zur obersten Humusschicht kommt, desto mehr steigt sie an. Dass sich das aktive Material

Die 30-Kilometer-Sperrzone wird streng bewacht. Ohne Sondergenehmigung kommt niemand hinein

Im Roten Wald messen wir an den Bäumen eine erhebliche Strahlenbelastung, die 300 Mal höher liegt als der Normalwert

oben sammelt, liegt an den Wurzeln der Pflanzen: Sie befördern es mit dem Wasser immer wieder nach oben. Denn das radioaktive Cäsium, um das es sich hier handelt, ist wasserlöslich. Es ist mit dem Regen nach dem Unglück in den Boden gelangt. Cäsium ist chemisch eng verwandt mit Kalium, und Kalium ist knapp. Deshalb haben sich die Wurzeln der Pflanzen darauf spezialisiert, diesen Mineralstoff wieder aus dem Humus herauszusaugen. Auf diesem Weg reichern sie sich aber auch mit dem radioaktiven Cäsium an. Die Pflanzen sterben, verrotten und neue Pflanzen nehmen das Cäsium wieder auf – ein Teufelskreis, der noch lange so weitergehen wird, denn die Halbwertszeit von Cäsium beträgt 30 Jahre.

Der Schrottplatz der Erinnerungen

Unser nächstes Ziel ist ein Schrottplatz, und zwar kein gewöhnlicher. Hier verrotten Hubschrauber, Schützenpanzer, Feuerwehrautos, Krankenwagen und Busse. Sie alle haben eines gemeinsam: Sie strahlen und waren am 26. April 1986 und den Tagen darauf im Einsatz. Am Eingang des abgeäunten Platzes messen wir eine Strahlenbelastung von 0,13 Mikrosievert pro Stunde. Zum Vergleich: in Nordrhein Westfalen ist die Belastung im Freien etwa 0,06 Mikrosievert pro Stunde. An den Fahrzeugen liegt der Wert deutlich höher. Vor allem dort, wo viel Luft zirkuliert: bis zu 32 Mikrosievert pro Stunde. Was wir hier messen, ist so etwas wie das Echo der Belastung, der die Menschen vor 20 Jahren beim Katastropheneinsatz ausgesetzt waren.



Ein Schrottplatz der besonderen Art: Jedes Fahrzeug hier ist verstrahlt

Wilde Siedler in der Sperrzone

Viele Kilometer kämpfen wir uns danach auf kleinen, teilweise ungeräumten Straßen durch den Schnee. Unser Führer kennt sich gut aus und nach fast einer Stunde Fahrt sind wir tatsächlich da: ein Bauerngehöft, ärmlich sieht es aus, aber sonst ganz normal. Wenn wir nicht wüssten, dass wir uns in der 30-Kilometer-Sperrzone befinden, wäre das nichts Besonderes. Doch hier wohnen tatsächlich wieder Menschen. Viele der zwangsausgesiedelten Dorfbewohner aus der Umgebung des Kraftwerks haben es in der Fremde nicht ausgehalten



Einige hundert Siedler leben im Sperrgebiet

und wollten zurück in die Heimat. Weil es keinen anderen Platz gab, gingen sie heimlich ins Sperrgebiet. Inzwischen werden sie von der ukrainischen Regierung zumindest geduldet. Viele der wilden Siedler wissen jedoch nicht, wie hoch das Risiko ist, dem sie sich durch die Strahlenbelastung aussetzen. Deshalb freut sich die Familie, dass wir Messgeräte mitbringen. An der Haustüre messen wir zum ersten Mal: 0,1 Mikrosievert pro Stunde. Das ist erstaunlich gering, wenn man bedenkt, dass wir uns dicht an der Kraftwerksruine befinden. Wir untersuchen auch eine Kuh, der wir das Messgerät ans Fell halten. Das Gerät zeigt: im Muskelgewebe des Hinterbeins hat sich offenbar Radioaktivität eingelagert. Die Bewohner freuen sich über unseren Besuch und sind erleichtert, dass wir bei ihnen keine große Strahlenbelastung finden. Angesichts der ärmlichen Verhältnisse beschämt uns ihre Gastfreundschaft geradezu. Doch wir sind beruhigt, dass die Menschen hier einen Ort gefunden haben, an dem vergleichsweise wenig radioaktiver Niederschlag herunterging.

Der Sarkophag



Der Sarkophag aus Stahl und Beton ist baufällig

Jetzt nähern wir uns der Ruine des Kraftwerks – dem Sarkophag. Sarkophag wird sie genannt, weil der explodierte Reaktor noch im Jahr 1986 mit einem dicken Betonmantel eingehüllt wurde. Das Wrack strahlt immer noch extrem und die Hülle hat schon Risse, sie könnte bald einstürzen. Deshalb muss der Sarkophag jetzt von außen und innen gesichert werden, was für die Bauarbeiter ein erhebliches Strahlenrisiko bedeutet. Wenn der alte Schutzmantel einstürzt, droht eine neue massive Strahlenbelastung – das muss auf jeden Fall verhindert werden. Deshalb planen Ingenieure einen gigantischen neuen Sarkophag. Der soll über dem alten Sarkophag errichtet werden, ein Gebäude der Superlative. Es muss Anforderungen erfüllen, wie sie an kein anderes Bauwerk auf der Welt gestellt werden: 150 Meter lang und 92,5 Meter hoch; Lebensdauer: mindestens hundert Jahre. Um die Arbeiter beim Bau nicht zu sehr zu gefährden, soll der neue Sarkophag außerhalb vorgefertigt und dann über die Ruine geschoben werden. Wenn die neue Hülle über dem alten Sarkophag liegt, dringt kein Staub mehr nach außen, egal was innen passiert. Das ist auch nötig, denn drinnen geht die Arbeit weiter: Experten gehen davon aus, dass wohl noch 100 Jahre vergehen werden, bis der Reaktor samt altem Schutzmantel endgültig demontiert und dekontaminiert ist.

Mit Schutzanzug und Atemmaske

Als wir die Absperrungen des Kraftwerks passieren, ist uns doch etwas mulmig zumute – bald erreichen wir die Stelle, an der die Katastrophe geschah. Dafür die Genehmigung zu bekommen, war enorm schwer, bis zuletzt blieb es unklar, ob wir tatsächlich hinein dürfen. Zuerst kommen wir in eine Art Schleuse. Hier müssen wir unsere Kleider ausziehen und stattdessen in Schutzanzüge und Stiefel schlüpfen, dazu einen Atemschutz anlegen. Unsere Kameras verpacken wir sorgfältig in Plastikfolie – die teuren Geräte sollen nicht durch radioaktiven Staub für immer unbrauchbar werden. Unser erster Weg führt uns in einen Kontrollraum. Von hier aus werden die Bauarbeiten am Sarkophag geleitet und überwacht. Auf den Monitoren sehen wir, wie die Bauarbeiter in 40 Metern Höhe daran arbeiten, die morsche Betonhülle zu stabilisieren. Unten im Kontrollraum messen wir eine Strahlenbelastung von 1,6 Mikrosievert pro Stunde. Der Raum ist gut abgeschirmt.

Leitwarte Block 4: der Ort der Katastrophe

Über lange Gänge gelangen wir schließlich ins Innere des Sarkophags. Wir betreten einen düsteren Raum. Es ist die Leitwarte des Blocks 4. Nackte Schaltpulte sind noch zu erkennen. Die Elektronik ist ausgebaut. Ranga Yogeshwar lässt sich die Stelle zeigen, an der die Kraftwerksbesetzung am 26. April 1986 um ein Uhr morgens vergeblich den Notabschaltknopf drückte. Wir messen 10 Mikrosievert pro Stunde. Das ist erstaunlich wenig, wenn man bedenkt, wie nah wir an dem zerstörten Reaktor sind. Dann gelangen wir zum Vorplatz des Sarkophags, auf dem gerade gebaut wird. Die Anzeige unseres Messgeräts schnellte in die Höhe: 470 Mikrosievert pro Stunde! Das ist der höchste Wert, den wir auf unserer Reise gemessen haben – 10.000-mal mehr als die natürliche Belastung durch Erdstrahlung. Das kommt von dem alten Reaktor, und durch die Bauarbeiten wird zusätzlich noch Strahlung freigesetzt. – wer sich hier ohne Schutzanzug und Atemmaske bewegt, läuft Gefahr, an Krebs zu erkranken. Aber auch mit Schutzausrüstung ist es auf Dauer ein riskanter Job. Wir beneiden die Arbeiter nicht, die hoch über uns auf Gerüsten die Betonwand um die Reaktor-Ruine ausbessern. Wir gehen schnell weiter, aber sie müssen bleiben. Diese Männer werden nicht die letzten sein, die sich einer Gefahr aussetzen, um den Reaktor zu sichern.



Die Leitwarte des Blocks 4. An dieser Stelle war die Notabschaltung. Hier kämpften die Ingenieure vergeblich darum, den außer Kontrolle geratenen Reaktor zu stoppen

Strahlung in Deutschland

Unvergessener Frühling

Es geschah am 26. April 1986 – der erste Super-GAU in der Geschichte der Kernkraft. Und noch 20 Jahre danach, im Frühjahr 2006, können sich viele Menschen genau daran erinnern, wo sie damals waren und was sie an diesem Samstag im April gemacht haben. Das gilt nur für ganz wenige andere historische Ereignisse, wie etwa für den Fall der Berliner Mauer im Spätherbst 1989 oder für die Anschläge auf das World Trade Center in New York im September 2001. Alle haben eines gemeinsam: An jenen Tagen wurde wahr, was bis dahin für unmöglich gehalten wurde. Und sie hatten Folgen, die die Welt tatsächlich veränderten – das gilt auch für die Katastrophe von Tschernobyl.

Strahlen über Europa

Die radioaktive Wolke, die bei dem GAU in Tschernobyl ausgestoßen wurde, zog quer über Europa. Zuerst wurden erhöhte radioaktive Messwerte in Schweden und Finnland festgestellt, später reichte das Gebiet von Irland bis in die Türkei. Außerhalb der damaligen Sowjetunion waren Österreich und Bulgarien am stärksten betroffen. Doch auch in Deutschland wurden erhöhte radioaktive Werte gemessen. Hier waren die Gebiete am stärksten belastet, in denen es wenige Tage nach dem Reaktorunfall geregnet hatte. Das galt für das südliche Bayern, Teile Frankens und einige Landstriche zwischen Magdeburg und Schwerin – und noch heute ist eine radioaktive Belastung in diesen Regionen nachweisbar. Denn neben dem radioaktiven Jod-131 fiel damals mit dem Regen auch radioaktives Cäsium-137 zu Boden. Das Jod-131 ist mit einer vergleichsweise kurzen Halbwertszeit von acht Tagen inzwischen fast vollständig zerfallen. Doch Cäsium-137 braucht dafür deutlich länger – alle 30 Jahre zerfällt die Hälfte der Cäsium-137-Atomkerne. Und so ist auch im Jahr 2006 in den oben genannten Gebieten eine erhöhte radioaktive Belastung der Böden messbar.



Bodenkontamination mit Cs 137 im Jahr 1986 (Bq/m²)

| | |
|-----------------|------------------|
| 0 - 2.000 | 15.001 - 20.000 |
| 2.001 - 4.000 | 20.001 - 30.000 |
| 4.001 - 6.000 | 30.001 - 40.000 |
| 6.001 - 8.000 | 40.001 - 50.000 |
| 8.001 - 10.000 | 50.001 - 80.000 |
| 10.001 - 15.000 | 80.001 - 120.000 |

Keine Entwarnung für Pilze und Wildfleisch

Das Bundesamt für Strahlenschutz meldete im Frühjahr 2006, dass besonders Pilze und Fleisch von Wildtieren in Bayern auch 20 Jahre nach dem Reaktorunfall noch hoch belastet sind. Das Fleisch von Wildschweinen aus dem Bayerischen Wald weist eine durchschnittliche Belastung auf, die fast elfmal höher liegt als der Grenzwert für Nahrungsmittel festlegt. Der Spitzenwert lag sogar über hundertmal höher. Auch das Fleisch von Rehen und Rothirschen aus dem Bayerischen Wald liegt nah am Grenzwert. Warum gerade Wildschweine besonders betroffen sind, liegt an ihrem Leibgericht: Sie fressen gerne Hirschrüffel, einen unterirdisch wachsenden Pilz. Unglücklicherweise ist ausgerechnet dieser Leckerbissen ganz besonders stark radioaktiv belastet. Er nimmt das im Boden abgelagerte Cäsium-137 auf, das im Laufe der Jahre langsam immer tiefer gewandert ist und sich so auch in den Pilzen anreichert. Das Bundesamt für Strahlenschutz schätzt, dass die Belastung des Wildschweinfleisches bis ins Jahr 2030 nicht spürbar zurückgehen wird.



Einige Pilzsarten sind auch 20 Jahre nach dem Unfall noch besonders belastet

Auch der Genuss anderer Pilze aus dem Bayerischen Wald und Südbayern ist noch kritisch. Bei etlichen Pilzarten werden Werte für Cäsium-137 gemessen, die den Grenzwert überschreiten. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung rät,

generell nicht mehr als 250 Gramm Wildpilze pro Woche zu essen. Allerdings berücksichtigt diese Empfehlung nicht nur eine radioaktive Belastung, sondern auch die Gefahr durch Schwermetalle, die die Pilze aus dem Boden aufnehmen und speichern.

Streit um die gesundheitlichen Folgen

Seit vielen Jahren streiten sich Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen darüber, ob das Reaktorunglück in der Ukraine in Deutschland direkte gesundheitliche Auswirkungen hatte. Diese Diskussion kann man beinahe als Glaubenskrieg bezeichnen. Auf der einen Seite stehen Mediziner und Statistiker, nach deren Interpretation der GAU mächtige Auswirkungen hatte. Auf der anderen Chemiker und Physiker. Sie stellen zwar nicht die Zahlen in den Studien ihrer Kontrahenten in Frage, bezweifeln aber, dass der Zusammenhang mit Tschernobyl eindeutig bewiesen werden kann. Nur einige nüchterne Fakten: in Berlin und Südbayern wurden exakt neun Monate nach dem Unfall deutlich mehr Kinder mit dem Down-Syndrom geboren als zuvor. In der Millionenmetropole kamen normalerweise in jedem Monat zwei bis drei Kinder mit dieser Krankheit auf die Welt, Anfang 1987 waren es plötzlich zwölf. In der ehemaligen DDR und in Bayern kamen nach Tschernobyl fast zehn Prozent mehr Neugeborene mit einer Gaumenspalte auf die Welt. In Bayern stieg die Zahl der Totgeburten und der Kinder mit körperlichen Fehlbildungen deutlich an.

Wissenschaftler aus der Fraktion der Zweifler bringen diese Fehlentwicklungen eher mit psychischen Folgen und Auswirkungen auf den Lebensstil in Verbindung – ihrer Meinung nach könnte es durchaus sein, dass die Frauen in den betroffenen Regionen angesichts der Nachricht vom GAU in Russland stärkere Ängste auszustehen hatten und deshalb ungesünder lebten, dass sie mehr rauchten, weniger schliefen, einfach mehr Stress bewältigen mussten. Dies hätte dann durchaus negative Auswirkungen auf ihren ungeborenen Nachwuchs haben können, hängt aber nicht mit der radioaktiven Belastung direkt zusammen. Dass hierzulande in Folge der Reaktorkatastrophe bestimmte Krebsarten häufiger auftreten, wurde oft befürchtet, kann aber nicht geklärt werden. In Deutschland gibt es kein zentrales Krebsregister und das Statistische Bundesamt sammelt erst seit 1993 Daten über Krebsfälle. So gibt es keinen Vergleich mit der Zeit vor 1986.

Radioaktive Strahlung im Alltag

Wir alle sind ständig radioaktiver Strahlung ausgesetzt. Jeder von uns – überall. Diese energiereiche Strahlung entsteht beim Zerfall instabiler chemischer Elemente im Boden, im Wasser und in der Luft, ja selbst in unserem Körper.

Grundsätzlich wird zwischen verschiedenen Strahlenbelastungen unterschieden. Die natürliche setzt sich aus dem kosmischen und dem terrestrischen Bestandteil zusammen, sowie aus der Belastung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung. Hinzu kommt eine Komponente, die die Fachleute die „zivilisatorisch veränderte natürliche Radioaktivität“ nennen. Den wichtigsten Anteil dabei hat das Einatmen radioaktiver Teilchen in unseren Wohnungen. Dort reichert sich vor allem Radon an, ein chemisches Element, das unter Aussendung radioaktiver Strahlung zerfällt. Die dritte Kategorie der Belastung entsteht durch die sogenannte „zivilisatorische Strahlenexposition“. Hierunter fallen die Belastungen durch medizinische Untersuchungen, die Auswirkungen auf Menschen mit speziellen Berufen (z. B. Piloten, Stewardessen, Bergarbeiter) und die Belastungen durch Kernkraftwerke.

Kosmische Strahlung

Es ist tatsächlich nicht ganz unwesentlich, in welcher Höhe über dem Meeresspiegel sie sich aufhalten. Je höher sie kommen, desto stärker wird Ihre Belastung durch die kosmische Komponente der Strahlenbelastung. In Meereshöhe wird eine effektive Dosis von 0,24 mSv pro Jahr gerechnet. In 3.000 Metern Höhe steigt diese Belastung an bis auf 1,1 mSv pro Jahr. Somit steigt auch Ihre Strahlenbelastung, wenn Sie sich häufig zum Skifahren oder Wandern in größeren Höhen aufhalten. Allerdings ist der Einfluss so gering, dass Sie sich wegen ihres Urlaubes keine Sorgen machen müssen.



Die Strahlenbelastung ist besonders hoch für Pilotinnen und Piloten, Stewardessen und Flugbegleiter

In großen Höhen ist der menschliche Körper der kosmischen Strahlung in besonderem Maße ausgesetzt. Die Erdatmosphäre ist in größerer Höhe dünner und schützt nicht mehr so effektiv gegen die Strahlung. Deshalb spielen bei Reisen mit dem Flugzeug vor allem die Flughöhe, die Flugdauer und die Flugroute eine wichtige Rolle. Die radioaktive Belastung bei Langstreckenflügen ist am höchsten. Flüge über die Pole bzw. in deren Nähe sind wesentlich strahlenbelasteter als ein Flug, der diese Regionen ausspart. So ist die Strahlenexposition bei einem Flug von Europa nach New York doppelt so hoch wie bei einem Flug nach Südamerika.

Die Strahlenbelastung ist natürlich besonders hoch für Pilotinnen und Piloten, Stewardessen und Flugbegleiter. Die durchschnittliche Jahresdosis für diese Berufsgruppen liegt bei etwa 1,9 mSv pro Jahr. Bei maximal 875 Flugstunden pro Jahr kann es immerhin zu Belastungen bis zu 8 mSv in diesem Zeitraum kommen. Allerdings wird dieser Wert tatsächlich nicht erreicht. Insgesamt werden in Deutschland knapp 30.000 Menschen in fliegenden Berufen auf ihre Strahlenbelastung getestet. Die höchste Jahresdosis des Jahres 2004 lag bei 5,7 mSv. Der Grenzwert liegt, wie bei allen beruflich besonders exponierten Menschen, bei 20 mSv – also ein Vielfaches höher.

Terrestrische Strahlung

Die jährliche Strahlendosis durch terrestrische Strahlung variiert in Deutschland stark. Durchschnittlich wird sie mit 0,41 mSv angegeben. Jedoch ist es sehr wichtig, wie sich die geologische Zusammensetzung des Untergrundes gestaltet. So ist die natürliche Belastung im Erzgebirge und im Schwarzwald am höchsten. In diesen Regionen gibt es besonders reiche Vorkommen bestimmter Erze, die erhöhte Konzentrationen radioaktiver Elemente aufweisen. Dem größten Teil der jährlichen terrestrischen Strahlenbelastung sind wir allerdings in unseren Wohnungen ausgesetzt. Aus zwei Gründen: zum einen gibt es in den Baumaterialien unserer Häuser radioaktive Elemente. Besonders sticht dabei Granit hervor.

Eine große Rolle für die terrestrische Belastung spielt Radon-222. Dabei handelt es sich um ein radioaktives Edelgas, das beim Zerfall der verschiedensten anderen Elemente entsteht. Es ist sehr gut wasserlöslich und wird deshalb gut im Boden und im Grundwasser gespeichert. In Häusern mit feuchten und schlecht abgedichteten Kellern ist die Radon-Belastung deshalb besonders hoch. Das Gas sickert mit dem Wasser in die entsprechenden Keller. Das Wasser verdunstet und zurück bleibt das radioaktive Gas. In Häusern mit trockenen Kellern und in den oberen Etagen eines Hauses ist somit die Belastung durch Radon am geringsten.

Strahlenbelastung in der Medizin

Der Einsatz radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin macht einen ganz beträchtlichen Teil der jährlichen Strahlenbelastung aus. Praktisch die gesamte zivilisatorische Strahlenbelastung geht auf medizinische Anwendung zurück. Und das sind immerhin 1,9 mSv pro Jahr. Den größten

Anteil daran hat die Untersuchung mit Röntgenstrahlung. Jeder Bundesbürger wird im Durchschnitt 1,8 mal pro Jahr geröntgt. Der Trend ist dabei leicht rückläufig. Eigentlich müsste damit auch die jährliche Strahlenbelastung durch medizinische Anwendungen zurückgehen. Dies ist aber nicht der Fall, denn in den letzten Jahren bekommt eine andere medizinische Untersuchungsmethode immer mehr Bedeutung, die auch mit Röntgenstrahlen arbeitet: die Computertomografie. Zwar wird weit weniger mit dieser Methode untersucht als mit herkömmlicher Röntgenuntersuchungen. Doch bei der Computertomografie erfahren die Patienten eine wesentlich höhere Strahlenbelastung als beim Röntgen. Somit blieb also die durchschnittliche Dosis in den letzten Jahren weitgehend stabil. Auffällig ist dennoch, dass der Einsatz von Röntgenuntersuchungen im Bauchraum – in dem die meisten lebenswichtigen Organe liegen – seltener wurde. Hier geht der Trend schon seit längerem zu Methoden, die ohne ionisierende Strahlen auskommen, wie etwa Ultraschall, Magnetresonanztomografie und Endoskopie. Besonders hohe radioaktive Belastungen werden den Patienten bei der Anwendung radioaktiver Arzneimittel zugemutet. Besonders bei der Diagnose von Krebserkrankungen sind derartige Substanzen unverzichtbar. In Deutschland werden etwas mehr als 300.000 Menschen überwacht, da sie in ihrem Beruf einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt sein könnten. Der größte Teil von ihnen arbeitet in medizinischen Berufen – gut 240.000.



Jeder Bundesbürger wird im Durchschnitt 1,8 mal pro Jahr geröntgt

Strahlenbelastung in der Nahrung

Die Aufnahme radioaktiver Stoffe durch die Nahrung führt zu einer durchschnittlichen Strahlenbelastung von 0,3 mSv pro Jahr. Sie wird zur natürlichen Strahlenbelastung gezählt. Nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl waren einige Grundnahrungsmittel kurzfristig stärker belastet als sonst. So wurden die Grenzwerte für Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch damals teilweise erreicht oder kurzfristig sogar überschritten. Heute ist die zusätzliche Belastung der Nahrungsmittel durch den Unfall in der Ukraine nur noch sehr gering. Ausnahmen gibt es dennoch: so ist das Fleisch von Wildtieren aus dem Bayerischen Wald zum Teil noch erheblich belastet. Besonders gilt dies für das Fleisch von Wildschweinen. Außerdem sind im gleichen Gebiet noch einige Pilzsorten stärker belastet. Nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz sei nicht damit zu rechnen, dass die Belastung des Wildfleisches und bestimmter Pilze im Bayerischen Wald in den nächsten 20 Jahren erheblich zurückgeht.

Strahlenbelastung durch Kernkraft



Bei deutschen Kernkraftwerken wird genau darauf geachtet, wie viel Radioaktivität über die Luft und über Abwasser aus den Anlagen austritt

Hier fassen wir für Sie drei verschiedene Belastungen zusammen: spielt es eine Rolle, wenn Sie in der Nähe eines deutschen Kernkraftwerkes wohnen? Hat die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl noch Auswirkungen auf unsere Strahlenbelastung? Und, wie groß sind die Auswirkungen von Kernwaffentests?

Die deutschen Kernkraftwerke und ihre direkte Umgebung werden sehr aufmerksam überprüft und auf mögliche Strahlenbelastungen vermessen. Dabei wird genau darauf geachtet, wie viel Radioaktivität über die Luft und über Abwasser aus den Anlagen austritt. Auch Brennstoff-Zwischenlager und Nuklear-Forschungszentren stehen dabei immer unter besonderer Beobachtung.

Die durchschnittliche Belastung liegt nach dem Parlamentsbericht „Umwelt-radioaktivität und Strahlenbelastung 2004“ bei 0,01 mSv pro Jahr.

Die heute noch messbaren Strahlenbelastungen durch den Reaktorunfall in Tschernobyl beschränken sich inzwischen ausschließlich auf die Bodenverunreinigungen mit Cäsium-137. Dieses Element hat eine Halbwertszeit von 30 Jahren und wurde 1986 in den Tagen nach der Katastrophe von Tschernobyl in großem Maßstab über ganz Europa verteilt. In Deutschland ist die Belastung in Südbayern, im Bayerischen Wald, in einigen Teilen Frankens und wenigen Gebieten zwischen Magdeburg und Schwerin am höchsten. Die Belastung geht in jedem Jahr um 2,3 Prozent zurück; immerhin liegen aber noch über 60 Prozent des 1986 verteilten Cäsium-137 in den Böden. Die Strahlenbelastung durch den Reaktorunfall für die Menschen in Deutschland beträgt heute 0,01 mSv pro Jahr. Direkt nach dem Unfall lag sie bei 0,07 mSv pro Jahr.

Zwischen 1946 und 1980 wurden unzählige Atomwaffen oberirdisch getestet. Die USA, Großbritannien, Frankreich, die Sowjetunion, China und Indien nutzten in diesem Zeitraum die Abgeschiedenheit von Wüsten, Atollen und Steppen, um die vernichtenden Waffen zu erproben. Bei jedem dieser Tests wurde auch immer radioaktives Material in die Atmosphäre getragen und verteilte sich von dort aus über weite Bereiche des Globus. Der auf diese Tests zurückzuführende Teil der Umweltradioaktivität geht immer weiter zurück und beträgt zur Zeit 0,01 mSv pro Jahr. Inzwischen dürfen Atomwaffen nur noch unterirdisch getestet werden.

Was ist Strahlung?

Das kleine Strahlenlexikon

Alpha, beta, gamma... - Fachchinesisch für Anfänger

Sicherlich sind Sie bei der Lektüre unserer Seiten auf viele Fachbegriffe gestoßen, die Ihnen entweder noch nie begegnet sind oder von denen Sie nicht genau wissen, was sie bedeuten. Wir möchten ein wenig Licht ins Dunkel bringen: In der folgenden Liste haben wir Erklärungen zu den wichtigsten Begriffen aus dem Bereich Strahlung und Atomkraft gesammelt.

Was ist radioaktive Strahlung?

Radioaktivität ist eine physikalische Eigenschaft bestimmter Atome: die Kerne dieser Atome zerfallen spontan ohne äußere Einwirkung. Es gibt solche Atome in verschiedenen chemischen Elementen, zum Beispiel in Uran, Cäsium und Radon. Beim Zerfallen geben die Atomkerne Energie als Strahlung ab. Das ist die so genannte radioaktive Strahlung. Es gibt davon drei verschiedene Arten:

Alpha-Strahlung

Bei der Alpha-Strahlung handelt es sich um doppelt positiv geladene Heliumkerne. Die ausgesendeten Alpha-Teilchen können einfach mit einem Blatt Papier abgeschirmt werden – sie haben also ein geringes Durchdringungsvermögen. In der Luft haben sie eine Reichweite von vier bis zu sechs Zentimetern.

Beta-Strahlung

Beta-Strahlung wird ausgesandt, wenn ein Atomkern unter Aussendung eines Elektrons oder eines Positrons zerfällt. Sie durchdringen Papier mühelos, aber eine einen Millimeter dicke Aluminiumfolie kann Beta-Strahlen zurückhalten.

Gamma-Strahlung

Die energiereichste radioaktive Strahlung ist die Gamma-Strahlung, eine sehr energiereiche elektromagnetische Strahlung. Sie kann auch durch zentimeterdickes Blei nicht abgeschirmt, sondern nur auf die halbe Intensität abgeschwächt werden. Das Durchdringungsvermögen von Gamma-Strahlen ist einhundertmal größer als das von Beta-Strahlung und sogar 10.000 Mal größer als das der Alpha-Strahlung. Übertragen auf die Wirkung auf den menschlichen Körper heißt das: Alpha-Strahlung durchdringt kaum die Haut, Beta-Strahlung wird im Gewebe aufgenommen, während Gamma-Strahlung nur teilweise abgefangen wird und den menschlichen Körper sogar durchdringt.

Alle drei Strahlenarten können Veränderungen in lebenden Zellen hervorrufen und bei hoher Dosierung zu Strahlenschäden und sogar zum Tod führen. Besonders gefährlich ist eine kurzzeitige hohe Belastung. Die Schäden wirken sich nicht immer nur auf die bestrahlte Person aus, sondern können, wenn Ei- oder Samenzellen betroffen sind, zu genetischen Defekten bei den Nachkommen führen.

Strahlend weißes Pulver

Zu Besuch in Deutschlands einzigem Uran-Anreicherungswerk

Hinter den Mauern der Urenco Deutschland GmbH liegt ein gut gehütetes Geheimnis: Die Anlage in Gronau ist die einzige in Deutschland, in der Uran angereichert werden kann – mit Hilfe von Zentrifugen, deren Bauplan unter Verschluss liegt. Aus gutem Grund: Mit dieser Technik kann neben Brennstoff für Kernkraftwerke auch Material für Atombomben produziert werden. Für Quarks & Co hat das Gronauer Werk seine Türen geöffnet – bis zu einem bestimmten Punkt...

Bei aller Kernkraft geht es bei Urenco nicht ohne Muskelkraft: Die Mitarbeiter legen mit dem Fahrrad die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände zwischen den riesigen Hallen zurück. Neben den vielen Fahrrädern fällt noch etwas anderes auf: LKW und Güterzüge liefern Stahlcontainer an, gefüllt mit einem weißen Pulver. Auf den ersten Blick lässt sich dieses kaum vom fertigen Endprodukt unterscheiden: Beides sind Uranverbindungen – mit ein wenig geänderter Zusammensetzung. Aber sie ist entscheidend.

Wer den Weg des Pulvers verfolgen will, darf sich an der ersten Tür nicht abschrecken lassen. Hier warnt ein Schild vor Radioaktivität. Heinz-Jürgen Abt, Leiter der Abteilung Analytik, verteilt blaue Kunststoffkittel an die Besucher und streift sich selbst einen weißen Kittel über. Vor Radioaktivität schützen sie nicht. „Die Kittel sind ein Relikt aus der Anfangsphase“, erklärt Abt.

In der fast fußballfeldgroßen Halle herrscht leichter Unterdruck. Bei einem Störfall soll so Luft von außen nach innen strömen, damit möglichst keine strahlenden Substanzen entweichen. Diese befinden sich fest verschlossen in Behältern von drei Metern Durchmesser, die mit ihren Luken an U-Boote erinnern. In diesen Autoklaven wird das weiße Pulver – eine Uran-Fluor-Verbindung – erhitzt, bis daraus ein Gas wird. Der Grund: Bei einem Gas reichen schon minimale Gewichtsunterschiede aus, um es in seine Bestandteile zu zerlegen, und nur aus dem Uran-Isotop Uran-235 kann durch Kernspaltung Energie gewonnen werden. Im natürlichen Uran kommt neben Uran-235 jedoch vor allem das schwerere Uran-238 vor. Durch den Umweg über Gas wird in Gronau der Anteil des leichteren Uran-235 erhöht – es wird angereichert.

Dies geschieht in der nächsten Halle, dem Herzstück des Werks. Als Heinz-Jürgen Abt die Tür öffnet, wird ein ohrenbetäubendes Piepsen laut. Reihe an Reihe drehen sich zehntausend deckenhohe, glänzende Metallzylinder – die Zentrifugen. Das penetrante Piepsen entsteht durch ihre schnellen Rotationen. Wie schnell sie sich genau drehen, ist jedoch geheim.

Einheiten der Radioaktivität

Radioaktive Strahlung muss man mit Spezialgeräten messen, Menschen haben kein Wahrnehmungsorgan dafür. Die Maßeinheiten sind meist benannt nach Wissenschaftlern, die sich erstmals mit der entsprechenden Strahlenart beschäftigt haben. Hier die wichtigsten:

Becquerel (Bq): Einheit der Aktivität; gibt die Anzahl der radioaktiven Zerfälle pro Sekunde an. Ein Gramm Radium hat eine Aktivität von 37 Milliarden Bq.

Gray (Gy): Einheit der Energiedosis; gibt an, wie viel Energie ein Kilogramm eines Stoffes durch Strahlung aufnimmt; 1 Gy = 1 Joule pro Kilogramm. Beim Menschen führt eine Bestrahlung von 6 Gy zum Tode.

Sievert (Sv): Einheit der Äquivalentdosis; kennzeichnet die von einem Körper aufgenommene Energiedosis unter Berücksichtigung biologischer Wirkungen. Die biologischen Wirkungen hängen im Wesentlichen von der Art der radioaktiven Strahlung ab. Zugleich ist wichtig, welche Körperteile bestrahlt werden und über welchen Zeitraum. 1 Sv = 1 Joule pro Kilogramm (also wie bei Gy). Meist begegnen uns Zahlen mit der Abkürzung „mSv“. Dies ist die Abkürzung für „Millisievert“ und bedeutet „ein Tausendstel Sievert“. Bei Menschen treten schon nach kurzzeitiger Belastung ab 250 mSv Schäden auf – eine Belastung von 5.000 mSv ist tödlich. Der Grenzwert für Menschen, die beruflich radioaktiver Strahlung ausgesetzt sind, liegt bei 20 mSv. In Deutschland beträgt die durchschnittliche Belastung durch natürliche und medizinische Quellen 4 mSv pro Jahr. Genauer hierzu finden Sie im Kapitel „Radioaktive Strahlung im Alltag“ (Seite 17).

Gelegentlich findet man noch die Einheiten Rem und Curie in älteren Texten, diese Einheiten sind aber veraltet. Curie ist benannt nach dem französischen Forscherehepaar Marie und Pierre Curie und wurde 1985 durch die Bezeichnung „Becquerel“ abgelöst. „Rem“ stand für „röntgen equivalent man“, übersetzt bedeutet das so viel wie: Menge der Strahlung, die von einem Menschen aufgenommen wurde. Rem wurde ebenfalls 1985 als Einheit der Äquivalentdosis abgelöst, die Angaben erfolgen heute in Sievert.

Halbwertszeit

Die Halbwertszeit gibt an, in welcher Zeit die Hälfte aller Atomkerne einer bestimmten Sorte zerfallen ist. Sie ist für alle radioaktiven Stoffe unterschiedlich: Jod-131 zum Beispiel, eines der beiden Elemente, die beim Unfall in Tschernobyl hauptsächlich freigesetzt wurden, hat eine Halbwertszeit von acht Tagen. Dann ist die Hälfte aller Jod-Kerne zerfallen, nach 16 Tagen liegt noch ein Viertel der Ausgangsmenge vor, nach 24 Tagen nur noch ein Achtel. So ist leicht zu verstehen, dass die Jod-131-Kontamination in Europa 20 Jahre nach dem Reaktorunglück keine Rolle mehr spielt. Anders ist das bei Cäsium-137. Seine Halbwertszeit liegt bei rund 30 Jahren. Also steckt heute noch mehr als die Hälfte des damals über Europa abgeregneten Cäsiums im Erdboden.

Während kein Besucher diese Räume betreten darf, gelangt die gasförmige Uranverbindung über Rohre in die Zentrifugen. Darin werden die schweren Uran-Isotope durch die schnelle Umdrehung nach außen gedrängt. Saugt man das Gasgemisch aus der Mitte ab, ist der Anteil des leichteren Uran-235 im abgesaugten Gemisch also ein wenig höher als im Ausgangsprodukt. Damit das Endprodukt ein Kernbrennstoff wird, muss der Vorgang oft wiederholt werden: 1.000 Zentrifugen sind dazu hintereinander geschaltet. Danach liegt der Anteil des Uran-235 zwischen 4 und 5 Prozent; bei natürlichem Uranerz aus Bergwerken ist er nur 0,7 Prozent hoch.

Zum Bau einer Atombombe müsste das Uran-235 jedoch zu über 80 Prozent angereichert werden, was prinzipiell mit der gleichen Technik wie hier in Gronau möglich wäre – ein Grund dafür, warum Atomanlagen in Ländern wie dem Iran aktuell so umstritten sind. Das Produkt, das das Urenco Werk wieder verlässt, eignet sich jedoch nur für Kernkraftwerke. Das Quarks-Team muss vor dem Verlassen des Werkes indes noch eine letzte Kontrolle über sich ergehen lassen: Die Hände werden dazu auf ein Messfeld gedrückt. Zehn Sekunden später leuchten die erlösenden Worte auf: „Keine Kontamination“.

Der Weg zur Bombe



6. August 1945 – der Atomschock:
Die Uran-Bombe „Little Boy“
detoniert über Hiroshima und
tötete 45.000 Menschen

Atomtechnik: friedlich oder tödlich?

Die Welt streitet um Atombomben: Wer hat sie, wer bastelt dran, wer kontrolliert wen? Hintergrund für die Diskussion ist die Befürchtung, dass ein Atomkraftwerk, das Energie liefert, ganz leicht auch zur Rüstungsfabrik werden kann. Uran oder Plutonium, etwas Sprengstoff und eine Neutronenquelle – fertig ist die Atombombe, zumindest theoretisch. Praktisch ist es allerdings nicht ganz so einfach, eine Kernwaffe zu bauen, denn ein enormer technischer Aufwand ist dazu nötig.

Uran ist nicht gleich Uran

Das geeignete Uranisotop-235 kommt in der Natur nur in extrem geringen Mengen vor. In natürlichem Uran befinden sich gerade mal 0,7 Prozent waffentaugliches Uran-235. Bei den restlichen 99,3 Prozent handelt es sich um nicht-spaltfähiges Uran-238. Dieses Natururan eignet sich weder für ein Atomkraftwerk noch für eine Atombombe. Doch beide Uranisotope kommen in der Natur nur gemischt vor. Uran-235 muss daher angereichert werden. Das bedeutet, dass zunächst beide Uranarten voneinander getrennt werden und anschließend ein Urangemisch mit einem ausreichend hohen Anteil von spaltbarem Uran-235 hergestellt wird. Dieser Prozess des Anreicherns erfolgt in speziellen Anlagen.

Durch verschiedene Trennverfahren wird hier der Gehalt des spaltfähigen Urans Schritt für Schritt erhöht. Besitzt ein Land erst einmal eine solche Anlage, kann es nicht nur Spaltmaterial für den Betrieb eines Kernkraftwerks produzieren, sondern auch genügend waffentaugliches Uran für eine Bombe herstellen. Allerdings ist das Anreichern der schwierigste Schritt beim Bombenbasteln, es ist teuer und aufwändig. Während das Kraftwerk Uran nur mit etwa drei Prozent Uran-235 angereichert sein muss, benötigt man für eine Atombombe hochangereichertes Uran mit einem Gehalt von über 80 Prozent an spaltfähigem Uran. Längst nicht jedes Land, das Kernkraftwerke hat, besitzt auch Anlagen zur Anreicherung von Uran. Ist diese Hürde allerdings genommen, steht dem Bau der gefürchteten Waffe nichts mehr im Weg.

Auch ein Umweg führt zum Ziel

Es gibt aber noch einen Trick, um an waffenfähiges Material für eine Atombombe zu kommen. Dazu lässt sich ein Nebenprodukt aus dem Betrieb eines Atomkraftwerks missbrauchen. Atomkraftwerke erzeugen neben Wärme und Strom nämlich auch noch Plutonium. Dieses für den Menschen giftige Schwermetall entsteht während des Kraftwerkbetriebs in den Uran-Brennstäben der Kernkraftwerke. Es ist hoch radioaktiv und spaltbar. In einem Reaktor mit einer elektrischen Leistung von 1.300 Megawatt fallen jährlich insgesamt mehr als 100 Kilo waffenfähiges Plutonium (Pu-239) an. Dieses gefährliche Spaltmaterial wird dann in Wiederaufbereitungsanlagen aus den abgenutzten Brennelementen isoliert, und kann direkt wieder als neuer Spaltstoff verwendet werden – nicht nur für Kernkraftwerke. Bei einem entsprechenden Aufbau der Atombombe reichen schon sechs Kilogramm

Plutonium aus, um eine Sprengkraft von 20 Kilotonnen zu erreichen – das entspricht fast der doppelten Sprengkraft der 64 Kilogramm schweren Uran-Bombe, die am 6. August 1945 über Hiroshima detonierte.

Im kalten Krieg lieferten Kernkraftwerke waffenfähiges Material

Nach dem zweiten Weltkrieg, als der Rüstungswettlauf zwischen den politischen Blöcken begann, entwickelten sowjetische Wissenschaftler einen speziellen Reaktortyp – den RBMK-Reaktor. Die Besonderheit dieser Reaktorlinie ist der Austausch von Brennelementen während des Betriebs, womit lästige Stillstands- und Wartungszeiten entfallen. Doch der Wechsel einzelner Brennstäbe bei laufendem Reaktor hat noch einen anderen entscheidenden Vorteil: Waffenfähiges Plutonium ist zu jeder beliebigen Zeit ohne größere Schwierigkeiten verfügbar. Der Aufrüstung sind keine Grenzen gesetzt.

Ein Ausweg – der Ausstieg?

Die RBMK-Reaktoren gibt es auch heute noch. Allerdings verpflichtete sich die Sowjetunion 1970 zusammen mit den anderen Atommächten USA, Großbritannien, später auch Frankreich und China, im Atomwaffensperrvertrag zur Abrüstung ihrer Kernwaffen. Den Vertrag haben mittlerweile auch Staaten unterzeichnet, die keine Atomwaffen besitzen, damit verzichten sie von vornherein auf nukleare Rüstung. In regelmäßigen Abständen führt die Internationale Atomenergiebehörde Kontrollen durch und prüft die Einhaltung des Vertrags. Es gibt eindeutig Fortschritte in der Abrüstung – aber trotzdem werden noch immer Atomwaffen gebaut. Im Jahr 2006 dreht sich eine erregte Debatte um den Iran, der bestrebt ist, Nuklearwaffen zu entwickeln – zumindest wird das vermutet. Eine absolute Kontrolle über die strikte Trennung von militärischer und ziviler Nutzung der Atomtechnik ist nicht möglich. Will man die Verbreitung von Atomwaffen stoppen, müsste die logische Konsequenz daher ein Ausstieg aus der Kernenergie sein.

Lesetipps

ZU: LEITWARTE TSCHERNOBYL: WAS GESCHAH IN BLOCK 4?

Der Tschernobyl-Schock. Zehn Jahre nach dem Super-GAU

Herausgeber: Karl-Heinz Karisch / Joachim Wille
Verlagsangaben: Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main 1996, ISBN 3-596-13301-7

10 Jahre nach der Katastrophe sind ein Anlass, Bilanz zu ziehen. Der Band enthält eine Sammlung kleinerer Experten-Artikel, u.a. zu folgenden Themen: Tschernobyl und die Folgen, die Wahrnehmung der Katastrophe in Deutschland, Kernenergie in Osteuropa, Atomausstieg und nukleare Sicherheit; enthalten ist auch ein Serviceteil mit Adressen von Hilfsorganisationen und Initiativen.

Tschernobyl – eine Chronik der Zukunft

Autorin: Swetlana Alexijewitsch
Verlagsangaben: Berlin Verlag, Oktober 2001, ISBN 3827002990

Über mehrere Jahre hinweg hat Swetlana Alexijewitsch mit Menschen gesprochen, für die die Tschernobyl-Katastrophe zum zentralen Ereignis ihres Lebens wurde. Herausgekommen ist ein aufwühlendes Buch mit eindringlichen psychologischen Porträts.

ZU: DIE AUFRÄUMARBEITEN – TSCHERNOBYL NACH DEM GAU

Tschernobyl: Nahaufnahme

Autor: Igor Kostin
Verlagsangaben: Kunstmann Verlag, ISBN 3-88897-435-6
Sonstiges: 240 Seiten, 24,90 Euro

Dieses Buch baut vor allem auf seine unglaublich intensiven Schwarz-Weiß-Fotografien. Igor Kostin war schon wenige Stunden nach Unfall vor Ort und begleitete die Hilfsmannschaften dort über viele Monate. Kurze Textpassagen führen in die jeweiligen Szenarien ein. Durch ihre Nähe zum Geschehen lassen die Fotos eine beklemmende Ahnung von der Arbeit am und um den havarierten Reaktor entstehen. Absolut empfehlenswert, aber nicht leicht verdaulich.

Das Vermächtnis von Tschernobyl

Autor: Zhores Medwedjew
Verlagsangaben: Daedalus Verlag, ISBN 3-89126-030-X
Sonstiges: 366 Seiten, 19,95 Euro

Medwedjew beschreibt in diesem Buch die Folgen der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl. Er beginnt mit einer detaillierten Beschreibung des Unfalls, verrät viele Details über die Aufräumarbeiten und die Schwierigkeiten der Helfer, setzt fort mit den Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt in der Umgebung des Reaktors. Ein Kapitel widmet er auch der Geschichte der Atomunfälle in der ehemaligen Sowjetunion. Ihm geht es darum, den Unfall auch als politisches Versagen zu begreifen. Spannend geschrieben und aufrüttelnd.

Tschernobyl: Die Wahrheit

Autor: Wladimir Tschernousenko
Verlagsangaben: Rowohlt Verlag, ISBN 3-49806-505-X
Sonstiges: 352 Seiten

„Die Wahrheit“ über den GAU erscheint in den Gesichtern der Menschen: Tschernousenko lässt in seinem Buch immer wieder die verschiedensten Protagonisten ausführlich zu Wort kommen: den Schichtarbeiter, der bei der Explosion im Reaktorgebäude ist, den Feuerwehrmann, der als einer der Ersten zu den Löscharbeiten antritt, den Kommandeur, der die Verantwortung für Tausende junge Rekruten trägt, den Liquidator, der das Dach des Reaktors räumen soll. Dadurch entsteht ein sehr persönlicher Blick auf die Katastrophe und die betroffenen Menschen; ein fesselndes Buch.