

Kühlen, kühlen, kühlen

Was in den Reaktoren in Fukushima bisher genau geschah. Und was jetzt getan wird, um den GAU abzuwenden.

Von Guido Santner

Zuerst läuft alles wie geplant: Das Sendai-Erdbeben löst bei den Atomreaktoren in Fukushima eine Notabschaltung aus. Steuerstäbe unterbrechen die Kernreaktion, Ventile schliessen sich. Weil das Hochspannungsnetz ausfällt, starten Dieselgeneratoren. Die Kühlpumpen müssen weiterarbeiten, da die Brennstäbe immer noch heizen. Die Spaltprodukte, die im Betrieb entstanden sind, zerfallen und geben Wärme ab, die abgeführt werden muss.

Zunächst funktioniert alles. Dann aber folgt der Tsunami. Eine Stunde nach dem Erdbeben überflutet eine meterhohe Welle das Kraftwerksgelände direkt am Meer, die Dieselgeneratoren fallen bei drei Reaktoren in Fukushima Daiichi aus.

Die Energie reicht nicht

Für die Operateure des Atomkraftwerks wird die Lage dramatisch. Batterien liefern zwar den Strom, um den Leitstand und die Messgeräte zu versorgen und Ventile zu steuern; für die Kühlpumpen reicht die Energie aber nicht. Das Wasser im Reaktor erwärmt sich. Der Druck steigt, und es bildet sich immer mehr Dampf. Damit das Reaktordruckgefäss nicht reisst, lassen die Operateure Dampf ab. Dies hat zur Folge, dass der Wasserstand sinkt, die Brennstäbe werden nicht mehr gekühlt.

Die Operateure müssen nun dringend neues Wasser in den Reaktorkern pumpen, damit die Brennstäbe wieder bedeckt sind. In einem der drei Reaktoren, im Block 2, gelingt es vorerst, ein Notkühlsystem in Gang zu nehmen. Dampf aus dem Reaktor treibt eine Hilfsturbine an, die ihrerseits direkt eine Kühlwasserpumpe antreibt.

In Block 1 und 3 gelingt dies nicht oder nur kurz. Operateure versuchen, mobile Dieselgeneratoren auf das Gelände zu bringen und anzuschliessen. Offensichtlich ohne Erfolg. Ein Grund könnte sein, dass die Stromanschlüsse nach dem Tsunami überflutet sind.

Wasserstoff explodiert

Am Samstag spitzt sich die Lage in Block 1 zu. Der Druck im sogenannten Containment, einer Stahlhülle um den Reaktor, ist so stark angestiegen, dass die Operateure Dampf in die Umgebung ablassen müssen. Das Containment ist eine 1,5 cm dicke Stahlwand, die den Reaktorkern als eine zweite Sicherheits hülle umschliesst.

Das Ablassen des Überdrucks hat zur Folge, dass Wasserstoff ins Gebäude strömt. Dieser bildet sich, wenn die Brennstäbe nicht mehr mit Wasser bedeckt sind und über 1000° C heiss werden. Das Rohr, in dem die Urantabletten eingehüllt sind, besteht aus Zirkonium, das dann oxidiert. Dabei wird Wasserstoff freigesetzt. Im Reaktor kann der Wasserstoff nicht explodieren, da es hier keinen Sauerstoff hat. In der Gebäudehülle vermischt er sich aber mit der Raumluft. Am frühen Samstagmorgen mitteleuropäischer Zeit kommt es zu einer gewaltigen Explosion im Block 1. Die Gebäudehülle wird weggesprengt. Das Containment hält.

Für Martin A. Zimmermann, Leiter des Labors für Reaktorphysik am Paul-Scherrer-Institut, ist klar, dass grosse Teile der Brennstäbe beschädigt sind. Oxidiert, verbogen oder sogar zerbrochen. Ein Teil des Urans wird sich am Boden des Reaktorgefässes sammeln. Einzelne Zonen seien sehr wahrscheinlich auch geschmolzen.

«Die Operateure kämpfen nach wie vor um die Kühlung der Brennelemente», sagt Zimmermann. Am Montag zerstört eine weitere Wasserstoffexplosion die Gebäudehülle von Reaktorblock 3. Die Betreiber versuchen, die Reaktoren mit Meerwasser zu füllen. Dieses versetzen sie mit Borsäure. Das Bor bremst die Neutronen ab, die bei der Kernspaltung entstehen. Es soll verhindern, dass eine neue Kernreaktion beginnt.

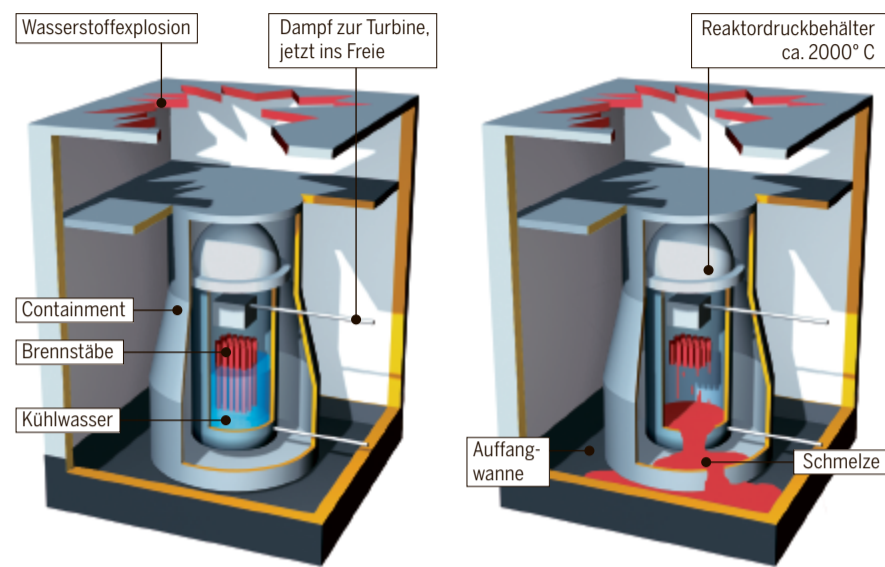
Es scheint, dass die Japaner auch versuchen, das Reaktorgefäss zu kühlen, indem sie das Containment mit Meerwasser füllen. Dieses würde zudem die Kernschmelze kühlen, wenn sie aus dem Reaktorgefäss austreten sollte. Noch ist die Hülle aber intakt. Allerdings, so gibt Zimmermann zu bedenken, könne man nach den gegenwärtig zugänglichen Informationen nicht beurteilen, ob das Reaktorgefäss und die Schutzhülle halten werden.

Block 2 ist ausser Kontrolle

Für die Operateure geht der Kampf um die Kühlung der Brennelemente weiter. Mittlerweile ist in Block 2 die Notkühlung ausgefallen, die Brennstäbe ragen komplett aus dem Wasser. Block 2 scheint nun dieselbe Havarie durchzugehen wie die Blöcke 1 und 3.

Der schlimmstmögliche Fall, der bei diesem Typ von Reaktor eintreten könnte, wäre, wenn die Kernschmelze bei extrem hohen Temperaturen aus dem Reaktorgefäss in die Wanne unter dem Reaktor fliesst und dort mit dem angesammelten Kühlwasser reagieren würde. Eine gewaltige Druckwelle könnte dann das Containment zerstören und radioaktive Stoffe in die Atmosphäre freisetzen.

Der Reaktordruckbehälter von Fukushima 1 droht zu bersten



Noch ist der Reaktordruckbehälter intakt

Der Reaktordruckbehälter scheint dicht, ob das Containment zur Kühlung mit Wasser gefüllt werden konnte, ist unklar.

Um eine Kernschmelze zu verhindern, gilt es, die Brennstäbe zu kühlen. Dazu wird aus dem überhitzten Reaktordruckbehälter kontaminierter Dampf abgelassen und laufend mit Bor versetztes Meerwasser eingeführt. Das Bor bindet Neutronen und soll so eine nukleare Kettenreaktion verhindern.

TA-Grafik mt/Quelle: TA

Möglicher Austritt von radioaktivem Material

Falls es nicht gelingt, Temperatur und Druck zu reduzieren, drohen die Brennstäbe zu schmelzen. Wenn der Reaktordruckbehälter dann bricht, kann die radioaktive Schmelze zuerst in die Auffangwanne und dann unter Umständen in das Gestein und das Grundwasser unter dem Reaktor gelangen. Bei hohen Temperaturen kann Wasserstoff entstehen. Es kommt zu Wasserstoffexplosionen.



Strahlungsmessung an Menschen aus der Umgebung von Fukushima. Foto: EPA, Keystone

Abhängigkeit Trotz des nuklearen Traumas hat Japan voll auf Kernenergie gesetzt. Von Christoph Neidhart, Tokio

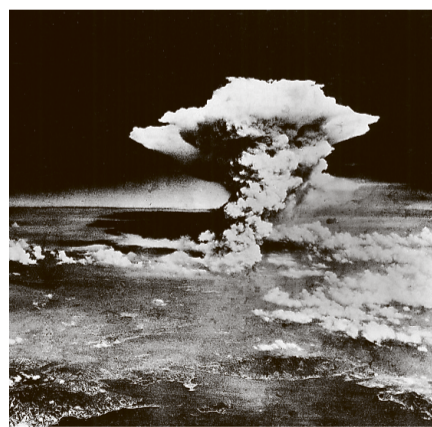
Böses Erwachen im Atomstaat

Kein Staat bemüht sich so entschlossen um nukleare Abrüstung wie Japan. Zugleich jedoch setzt keiner so sehr auf Atomkraft. Und keine andere Regierung versucht so aggressiv, ihre Atomtechnik ins Ausland zu verkaufen. Das offizielle Tokio erkennt darin keinen Widerspruch. Es hält die Kernkraft für eine grüne Energie, weil sie kein CO₂ produziert. Auf deren Gefahren angesprochen, reagierte man bisher entrüstet: Die Atomkraftwerke seien sicher. Die meisten Japaner haben das akzeptiert. Vielen scheint nicht bewusst zu sein, dass eine Verstrahlung eine Gegend für Jahrhunderte unbewohnbar machen kann.

Glauben an die Technik

Japan ist das einzige Land, das Atombombenangriffe erlitten hat. Die US-Bomben auf Hiroshima und Nagasaki töteten zusammen ungefähr 150 000 Menschen sofort. Mindestens so viele starben langsame qualvolle Tode wegen der Verstrahlung. 420 000 Japaner wurden als «Hibakusha» anerkannt, als geschädigte Überlebende der Atomangriffe. Der Horror von Hiroshima und Nagasaki hat das Selbstbild Japans als Opfer geprägt.

Trotz des nuklearen Traumas begann Japan freilich schon 1954, mit US-Hilfe Atomkraftwerke zu planen. Damals schien alles machbar, der Glaube an die Technik kannte keine Grenzen. Und Japan wollte an die



1945: Der Atompilz über der japanischen Stadt Hiroshima. Foto: Epa (Keystone)

Spitze der Technologie. 1966 ging der erste Reaktor ans Netz. Heute sind es 55, neuerdings werden einige von ihnen mit einem Gemisch von Uran und Plutonium betrieben. Dazu transportiert Japan Plutonium um die halbe Welt. Umweltschützer halten dies für grob fahrlässig - eine Zeitbombe.

Nippon deckt ein Viertel seines Elektrizitätsbedarfs mit Kernenergie. Und es soll mehr werden. Zwei neue Reaktoren sind im Bau, elf in Planung. Ein schneller Brüter arbeitet als Versuchsreaktor. Diese nächste Kernenergiegeneration wollte man schon ab 1970 kommerziell nutzen. Inzwischen heisst es, sie sei nicht vor dem Jahr 2050 bereit, so gross sind ihre Probleme. Dennoch klammert Tokio sich an



2011: Die Rauchwolke über dem Block 3 des AKW Fukushima. Foto: AP (Keystone)

die Kernkraft und fördert sie, als gäbe es keine Alternative. Derweil klagen die japanischen Windturbinenhersteller, der Staat habe noch nicht einmal Normen für Windkraftwerke festgelegt. Und Japans Solarindustrie, einst weltweit führend, hat ihren Vorsprung eingebüsst. Japan ist keine Atommacht. Aber es verfügt über die Technik, in kurzer Zeit Atomkraftwerke herzustellen, also eine zu werden. Es ist ein Atomstaat, der immer abhängiger geworden ist von der Kernenergie. Und immer fixierter ist auf sie. Seine Politik ist mit der Atomindustrie eng verbandelt.

Japans Kernkraftwerke waren ursprünglich für Erdbeben bis zur Stärke von 7,7 ausgelegt, mit Beben von 9,0 auf der Richterskala wie in Sendai hat

man einfach nicht gerechnet. Allerdings bebte die Erde vor vier Jahren in Kashiwazaki «nur» mit 6,6, und trotzdem wurde ein Atomkraftwerk bedrohlich beschädigt.

In Fukushima versagten alle drei Sicherheitssysteme zur Kühlung. Das erste ist auf Strom angewiesen, dessen Versorgung wegen des Erdbebens unterbrochen war, die beiden andern hat vermutlich der Tsunami beschädigt. Dass alle drei Systeme versagen, war nach Annahme der Konstrukteure so unwahrscheinlich, dass sie dafür nicht vorgesorgt hatten. Jetzt trat dieser Fall in mehreren Reaktoren ein. Indes sind nicht nur die Sicherheitsvorkehrungen unzureichend, die Betreibergesellschaft Tepco hat diese überdies systematisch verletzt, wie die Regierung 2002 feststellte. Mehr als 200-mal hat Tepco Sicherheitsprotokolle gefälscht.

Die Demokratie hat versagt

Japan ist eine Demokratie, aber die Kontrolle der Regierung durch die Wähler hat bisher kaum funktioniert. Keine der oft inkompetenten und korrupten Regierungen ist jemals abgewählt worden. Die Perestroika, die Japans Politik braucht, hat noch kaum begonnen.

In einer Demokratie bilden die Medien die vierte Gewalt. Japans Medien nicht. Sie kontrollieren die Machthaber so wenig wie die Wähler. Sie decken zwar Skandale auf; oft

Geldgeschichten, die ihnen ein Staatsanwalt zuspielt. Aber sie personifizieren alles. Eine kritische Öffentlichkeit, welche die Regierung und die Industrie hinterfragt und recherchiert, schaffen sie nicht. Eine solche Öffentlichkeit gibt es nur an den Rändern der Gesellschaft. Und die nimmt Japan nicht ernst.

Ein solches Randphänomen sind die engagierten, gut informierten Atomkraftgegner. Doch ihre Demonstrationen sind winzig, sie finden kein Gehör. Dennoch werden, wie das so ist in einem Atomstaat, die Gegner von der Polizei überwacht, belästigt und gelegentlich verfolgt. Eine Debatte über die Kernkraft ist in Japan nie in Gang gekommen. Und weil es keine Debatte gibt - und bisher noch keinen grossen Unfall -, hat sich der blinde Glaube an die Kernkraft aus den 1950er-Jahren bis heute erhalten. Gerade auch unter Politikern. Anders als in Europa und den USA vermochten selbst Harrisburg und Tschernobyl die Kernenergie nicht zu bremsen.

Die unpopuläre Regierung von Premier Naoto Kan stand in den letzten Wochen vor dem Kollaps. Sie wirkte gelähmt, desorientiert und zerstritten. Jetzt muss sie das Land durch die schlimmste Katastrophe seit Hiroshima und Nagasaki führen. Kann sie das?

In der Sowjetunion hat die Katastrophe von Tschernobyl den Niedergang eines kaputten, gelähmten politischen Systems beschleunigt.