14.04.2016 | Hintergrund

Tschernobyl, Fukushima und die Risiken der Atomenergie

Grundschule, Sekundarstufe

Die Katastrophen von Tschernobyl und Fukushima markieren jeweils Wendepunkte in der Umweltpolitik und in der Diskussion über die Nutzung der Atomenergie. Was passierte bei den Unfällen? Welche Folgen hatten sie für Umwelt, und welche Konsequenzen wurden daraus gezogen?

Gehört zu:

Thema des Monats: Tschernobyl und Fukushima: Wie gefährlich ist Radioaktivität?
Unterrichtsvorschlag: Was ist Radioaktivität? (GS)
Unterrichtsvorschlag: Atomenergie: die Bedeutung von Fukushima und Tschernobyl (SEK)
Unterrichtsvorschlag: Was ist Radioaktivität und wie wirkt sie auf die Gesundheit? (SEK)

Am 26. April 1986 explodierte ein Block des Atomkraftwerks Tschernobyl in der Ukraine. Rund 25 Jahre später schmolzen die Reaktorkerne dreier Reaktoren im Atomkraftwerk Fukushima Daiichi in Japan, nach einem Erdbeben und einem nachfolgenden Tsunami am 11. März 2011.

Zwar sind die Abläufe der beiden Katastrophen nicht vergleichbar, doch sowohl in Tschernobyl als auch in Fukushima wurden massiv radioaktive Stoffe freigesetzt. Die beiden Unfälle sind bisher die einzigen, denen die höchste Stufe auf der internationalen Meldeskala INES zugeordnet wurde. Mit der INES (International Nuclear Event Scale) werden Störfälle in kerntechnischen Anlagen bewertet.

Die Katastrophen von Tschernobyl und Fukushima markieren jeweils Wendepunkte in der Umweltpolitik und in der Diskussion über die Nutzung der Atomenergie. Rechnerisch kann es in jedem Reaktor weltweit zu einer unkontrollierten und langanhaltenden Freisetzung von Radioaktivität kommen, mit katastrophalen Folgen für Mensch und Umwelt. Jedoch hielt man dieses errechnete Risiko viele Jahre für zu gering um tatsächlich einzutreten. Tschernobyl und Fukushima zeigen, dass die Gefahr eines solchen Unfalls in Atomkraftwerken real ist. Beide Unfälle belegen, dass Menschen bei der umfassenden Abschätzung der Konsequenzen aller möglichen Einwirkungen auf komplexe technische Anlagen Fehler machen können.

Was passierte im Atomkraftwerk Tschernobyl?

Das Atomkraftwerk Tschernobyl liegt im Norden der heutigen Ukraine, die 1986 ein Teil der Sowjetunion war. Die Entfernung zur ukrainischen Hauptstadt Kiew beträgt etwa 130 Kilometer. In der Nacht vom 25. auf den 26. April 1986 führte die Betriebsmannschaft im Block 4 des Atomkraftwerks ein Versuchsprogramm durch. Dabei sollte nachgewiesen werden, dass der Reaktor auch bei einem Störfall beherrschbar bleibt. Getestet wurde der Fall, dass Kühlmittel verloren geht und gleichzeitig die Stromversorgung ausfällt.

Weil die Betriebsmannschaft Fehler machte und Sicherheitsvorschriften unberücksichtigt ließ, kam es zu einer unkontrollierten Freisetzung von Energie in den Brennelementen des Reaktors. Das Kühlmittel verdampfte und der Reaktor explodierte. Das im Reaktor enthaltene Graphit begann zu brennen. Durch den Brand und die Explosion wurden große Mengen radioaktiver Stoffe in die Höhe geschleudert.

Bei dem Unfall wurden massiv Kernbrennstoffe und radioaktive Spaltprodukte freigesetzt. Erst nach zehn Tagen konnte die Freisetzung beendet werden, nachdem unter anderem etwa 5.000 Tonnen verschiedener

Materialien wie Sand, Lehm, Blei und Bor aus Hubschraubern über der Anlage abgeworfen worden waren.

Nach dem Unfall waren vor allem Werksangehörige, Feuerwehrleute, Rettungskräfte und Aufräumarbeiter – sogenannte Liquidatoren – einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt. Über 130 Werksangehörige und Feuerwehrleute erlitten ein akutes Strahlensyndrom, 28 starben daran. Weitere 19 der Notfallhelfer verstarben bis 2004, jedoch kann die Todesursache nicht eindeutig der Strahlenbelastung zugeordnet werden.

Evakuierungen aus der Sperrzone

Im Frühjahr und Sommer 1986 wurden 116.000 Menschen aus der Umgebung von Tschernobyl evakuiert, in den Jahren darauf weitere 220.000. In einem Radius von 30 Kilometern um den Reaktor wurde eine Sperrzone eingerichtet. Mehr als fünf Millionen Menschen lebten zum Zeitpunkt des Unfalls in Gebieten, die als kontaminiert gelten. In der Ukraine, in Weißrussland und den am meisten betroffenen Gebieten Russlands wurde ein erheblicher Anstieg an Schilddrüsenkrebserkrankungen festgestellt. Neben der Strahlenbelastung führten auch Katastrophenschutzmaßnahmen wie die Evakuierungen zu einer zusätzlichen Belastung der Bevölkerung.

Die Angaben zu den gesundheitlichen Folgen von Tschernobyl sind je nach Quelle sehr unterschiedlich, insbesondere die Abschätzung der zu erwartenden Krebsfälle. Das liegt an unterschiedlichen Annahmen und Datengrundlagen zur tatsächlichen Umweltbelastung und den betroffenen Bevölkerungsgruppen. Krebserkrankungen, die durch Strahlenschäden verursacht werden, können lange Zeit nach der Strahlenbelastung auftreten. Sie sind nicht von Erkrankungen unterscheidbar, die eine andere Ursache haben.

Die Belastung in Deutschland

In den Tagen nach dem Reaktorunfall veränderten sich die Wetterbedingungen mehrmals. Die anfangs vorherrschenden Windströmungen transportierten eine radioaktive Wolke über Polen nach Skandinavien. Eine zweite Wolke zog über die Slowakei, Tschechien und Österreich nach Deutschland. Eine dritte Wolke zog nach Rumänien, Bulgarien und Griechenland und erreichte die Türkei. Wie stark die verschiedenen Gebiete belastet wurden, hing besonders davon ab, wie stark es während des Durchzugs der Wolken regnete. In Deutschland wurde der Süden wesentlich stärker belastet als der Norden.

Die Strahlenbelastungen in Deutschland waren so gering, dass sich akute Strahlenschäden ausschließen lassen. Insgesamt ließen sich bisher keine Gesundheitsschäden nachweisen. Es wird davon ausgegangen, dass es außerhalb der ehemaligen Sowjetunion keinen Anstieg der Krebshäufigkeit gab.

Jedoch sind vor allem Gebiete im Süden Deutschlands bis heute radioaktiv belastet. Hier werden in manchen Pilzen und beim Fleisch von Wildtieren noch immer erhöhte Werte an Radioaktivität gemessen. Die Belastung ist beim Verzehr in üblichen Mengen vergleichsweise gering, so das Bundesamt für Strahlenschutz. Die Behörde rät jedoch Personen, die ihre persönliche Strahlenbelastung gering halten möchten, auf den Verzehr von selbst gesammelten Pilzen und selbst erlegtem Wild zu verzichten. In den Handel gelangen die belasteten Lebensmittel nicht.

Die Konsequenzen aus dem Unfall von Tschernobyl

Durch den Unfall von Tschernobyl waren nicht nur in der Sowjetunion, sondern auch in Deutschland und anderen europäischen Ländern große Teile der Bevölkerung zutiefst verunsichert darüber, welche Gefahren von Atomkraftwerken ausgehen können.

Zunächst herrschte Unsicherheit darüber, was genau passiert war und wie darauf zu reagieren sei. Die Sowjetunion informierte nur zögerlich und verspätet über den Unfall. In Deutschland gaben verschiedene staatliche Stellen zunächst unterschiedliche Empfehlungen darüber heraus, wie die Bürgerinnen und

Bürger sich verhalten sollten.

Tschernobyl machte damit deutlich, dass der Notfallschutz verbessert werden musste. Dazu gehörten unter anderem Mess- und Informationstechnik zur Beurteilung der Lage sowie eine effektive Organisation mit klaren Zuständigkeiten, um der Bevölkerung die Situation verständlich zu machen.

Zudem warf der Unfall die Frage auf, wie sicher die deutschen Atomkraftwerke seien. Das damals zuständige Bundesinnenministerium beauftrage die Reaktor-Sicherheitskommission, den Unfall von Tschernobyl zu analysieren. Es sollte geprüft werden, ob er auf deutsche Kraftwerke übertragbar sei. Die Kommission kam zu dem Ergebnis, dass ein solcher Unfall wegen der unterschiedlichen Bauart und der technischen Ausrüstung in Deutschland ausgeschlossen sei. Dennoch wurden auch eine Sicherheitsüberprüfung aller Kraftwerke durchgeführt und die Sicherheitsmaßnahmen weiterentwickelt.

Als Konsequenz aus der Erfahrung mit Tschernobyl wurde noch im Jahr 1986 das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [https://www.bmuv.de/] gegründet. Drei Jahre später wurde das Bundesamt für Strahlenschutz [https://www.bfs.de/DE/home/home_node.html] eingerichtet. Es ist unter anderem dafür zuständig, in nuklearen Notfällen die Lage zu beurteilen. Das Bundesamt baute ein Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) auf, das bei erhöhter Radioaktivität Warnungen auslöst.

Gibt es sichere Reaktortechnik?

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl führte zu einer intensiven gesellschaftlichen Diskussion über die Gefahren durch Atomkraftwerke.

Tschernobyl hat gezeigt, dass es in einem Atomkraftwerk zu einem nicht mehr beherrschbaren Unfall kommen kann. Dafür wurde häufig die Bezeichnung "Super-GAU" verwendet, wobei "GAU" eine Abkürzung für "größter anzunehmender Unfall" ist. Ein GAU ist der größte Störfall, für den die Technik eines Atomkraftwerks ausgelegt ist – den ein Kraftwerk "aushalten" muss. Ein "Super-GAU" galt bei Befürwortern der Atomenergie vor Tschernobyl als praktisch ausgeschlossen. Das Risiko eines solchen Unfalls galt als verschwindend gering und wurde oft als "Restrisiko" bezeichnet.

Zwar hatten die Bilder und Nachrichten aus Tschernobyl weltweit Unsicherheit über die Nutzung der Atomenergie ausgelöst, doch in der Folgezeit verebbte die Diskussion und verlagerte sich. Zwar sahen Kritiker und Kritikerinnen sich nach Tschernobyl in ihrer Forderung bestätigt, aus der Atomkraft auszusteigen. Doch bei der Bewertung des Unfalls wurden immer wieder auch Unterschiede zwischen verschiedenen Reaktortypen thematisiert. Befürworterinnen und Befürworter der Atomenergie hoben hervor, dass westliche Atomkraftwerke wegen ihrer anderen Bauart und besserer Sicherheitsvorkehrungen sicherer seien als die Anlagen aus der Sowjetunion. Ein Super-GAU wie in Tschernobyl sei deshalb in Deutschland und anderen westlichen Industrieländern nicht möglich.

Was passierte in Fukushima?

25 Jahre nach Tschernobyl machte die Reaktorkatastrophe in Fukushima erneut deutlich, dass die Gefahr katastrophaler Unfälle in Atomkraftwerken real ist. Zwar war ein Brand wie in Tschernobyl aufgrund der Bauart in den japanischen Reaktoren nicht möglich. Dennoch gerieten gleich mehrere Reaktoren außer Kontrolle.

Auch in Japan wurde deutlich, dass Menschen immer wieder unzulänglich planen und handeln: Die Atomkraftwerke in Fukushima waren nicht dafür ausgelegt, alle in der Region möglichen Folgen eines Erdbebens zu überstehen. Kühl- und Sicherheitssysteme mehrerer Reaktoren fielen aus, die Brennelemente schmolzen. Auch die Sicherheitsbehälter um die Reaktoren wurden beschädigt, so dass massiv Radioaktivität freigesetzt wurde. Anders als in Tschernobyl kam es nicht zu einem Brand. Doch auch in Fukushima ging im Verlauf des Unfalls die Kontrolle über die betroffenen Reaktoren verloren.

Der Verlauf des Unfalls in Fukushima

Wie war es zu dem Unfall gekommen? Am 11. März 2011 erschütterte ein Erdbeben der Stärke 9,0 auf der Momenten-Magnitudenskala den Norden der japanischen Hauptinsel Honshu. Es löste einen Tsunami aus, der an der nördlichen Ostküste der Insel große Schäden anrichtete. Ganze Städte wurden zerstört, rund 20.000 Menschen verloren ihr Leben.

Das Beben und die Flutwellen trafen auch das Atomkraftwerk Fukushima Daiichi, das etwa 250 Kilometer nordöstlich von Tokio direkt an der Pazifikküste liegt. Das Kraftwerk hat sechs Reaktorblöcke. Die Blöcke 1 bis 3 waren zum Zeitpunkt des Erdbebens in Betrieb. Die nukleare Kettenreaktion in diesen Blöcken wurde durch Schnellabschaltung gestoppt.

Jedoch wurde durch das Beben die Anbindung des gesamten Kraftwerks an das Stromnetz unterbrochen. Der nachfolgende Tsunami führte dazu, dass in den Blöcken 1 bis 4 auch die Notstromversorgung ausfiel. Auch die weiteren Kühlsysteme und Notkühlsysteme fielen in den Blöcken 1 bis 3 im Laufe von etwa drei Tagen vollständig aus. Damit fehlte dort die Energieversorgung für die Kühlung in den Reaktorkernen und den Brennelement-Lagerbecken. In den Blöcken 1 bis 3 kam es zur Überhitzung der Reaktorkerne. Erst nach einiger Zeit konnte eine Notkühlung durch die Einspeisung von Süß- und später Meerwasser eingerichtet werden.

Es wird angenommen, dass wegen der Überhitzung in allen drei Blöcken Kernmaterial geschmolzen ist, in unterschiedlichem Ausmaß. Das Kernmaterial in Fukushima befindet sich in sogenannten Reaktordruckbehältern, die jeweils von einem Sicherheitsbehälter umschlossen sind. In allen drei Blöcken sind die Druckbehälter beschädigt, in zwei Blöcken ist Kernmaterial in die Sicherheitsbehälter ausgetreten. Wie weit die Sicherheitsbehälter beschädigt sind, ist noch nicht geklärt (Stand: März 2016). Bei den Reaktoren in Fukushima handelt es sich um Siedewasserreaktoren. Eine schematische Darstellung ihres Aufbaus findet sich beim Bundesamt für Strahlenschutz [http://www.bfs.de/DE/themen/kt/kta-deutschland/kkw/swr/swr_node.html].

Freisetzung von Radioaktivität

Zwischen dem 12. und 15. Mai ereigneten sich anschließend mehrere Explosionen im Atomkraftwerk Fukushima, die Aufsehen und große Besorgnis auslösten. Es handelte sich jedoch nicht um nukleare Explosionen oder Explosionen der Druckbehälter, sondern vielmehr um Wasserstoffexplosionen in den äußeren Gebäudehüllen um die Reaktorblöcke.

Wasserstoff kann sich bei Beschädigungen des Reaktorkerns bilden. Im Verlauf des Unfalls waren größere Mengen Wasserstoff in die Reaktorgebäude gelangt und hatten dort mit dem Luftsauerstoff explosionsfähige Gemische gebildet. Durch die Explosionen wurden die Reaktorgebäude der Blöcke 1, 3 und 4 weitreichend zerstört.

Zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen kam es in Fukushima vor allem durch Druckentlastungen und Lecks der Sicherheitsbehälter. Im Verlauf des Unfalls wurden ungefiltert Gase in die Außenluft abgeleitet, um den Druck in den Sicherheitsbehältern zu reduzieren. Zudem gab es wahrscheinlich Lecks in den Sicherheitsbehältern, denn während des Unfallverlaufs wurden die zulässigen Werte für Druck und Temperatur deutlich überschritten. Neben der Freisetzung in die Atmosphäre kam es zur Freisetzung von Radioaktivität in Wasser. Kontaminiertes Wasser, das zur Notkühlung eingesetzt wurde, floss ins Meer.

Insgesamt wurden derart große Mengen Radioaktivität freigesetzt, dass die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) das Unglück von Fukushima auf die höchste Stufe 7 der INES-Skala eingestuft hat.

Das wichtigste Ziel nach dem Unfall war, die Kühlung der Blöcke 1 bis 3 wieder sicherzustellen. Das wurde nach Angaben der japanischen Regierung im Dezember 2011 erreicht. Die Betreiberfirma des Kraftwerks arbeitet weiterhin daran, die Freisetzung radioaktiver Stoffe zu reduzieren. Unter anderem soll verhindert

werden, dass radioaktives Wasser ins Meer oder Grundwasser gelangt. Die zerstörten Reaktorgebäude werden abgedeckt (Stand März 2016).

Langfristig soll die Anlage abgebaut werden, was wegen der geschmolzenen Reaktorkerne mit herkömmlichen Methoden nur schwer möglich ist. Es wird geschätzt, dass der gesamte Rückbau noch 30 bis 40 Jahre dauern wird.

Welche Gebiete sind durch den Unfall in Fukushima betroffen?

In Folge des Unfalls wurden radioaktive Stoffe mit dem Wind verbreitet. In einem Umkreis von bis zu 40 Kilometern um das Atomkraftwerk wurde im März 2011 die Bevölkerung evakuiert, etwa 160.000 Menschen. In den ersten Wochen entstanden Strahlenbelastungen für Menschen durch die radioaktiven Stoffe in der Luft, später nur noch durch den belasteten Boden und belastete Nahrung. Bislang konnten 100.000 der Evakuierten nicht endgültig an ihre Wohnorte zurückkehren (Stand: März 2016).

Radioaktive Stoffe aus Fukushima wurden durch Luftströmungen über die gesamte nördliche Erdhalbkugel verteilt. In Deutschland und Europa war die gemessene Strahlung jedoch so gering, dass sie keine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellte. Grund ist, dass die Konzentration der Stoffe mit der Entfernung vom Unfallort kontinuierlich abnahm. Ein Teil wurde ausgewaschen und zusätzlich verringerte sich die Strahlung durch radioaktiven Zerfall.

Konsequenzen aus Fukushima: Ausstieg aus der Atomenergie in Deutschland

Wenige Tage nach dem Unfall in Fukushima wurde die aus anerkannten Expertinnen und Experten bestehende unabhängige Reaktor-Sicherheitskommission beauftragt, die Sicherheit aller Atomkraftwerke in Deutschland vor dem Hintergrund der Ereignisse in Japan zu überprüfen.

Außerdem berief die Bundesregierung die Ethikkommission "Sichere Energieversorgung" ein. Die Kommission empfahl Ende Mai 2011, die Nutzung der Atomenergie solle so weit wie möglich beschränkt und innerhalb eines Jahrzehnts beendet werden. Der Ausstieg sei nötig, um in Zukunft Risiken auszuschließen. Möglich sei dies, weil es risikoärmere Alternativen gebe.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Untersuchungen, Diskussionen und Berichte sowohl der Reaktor-Sicherheitskommission als auch der Ethikkommission beschloss der Bundestag am 30. Juni 2011 das "13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes". Mit Inkrafttreten dieses Gesetzes am 6. August 2011 ist für acht Atomkraftwerke die Berechtigung zum Leistungsbetrieb erloschen. Die verbliebenen Kernkraftwerksblöcke sind nachfolgend abgeschaltet worden (2015 Grafenrheinfeld) beziehungsweise werden schrittweise bis zum Jahr 2022 endgültig abgeschaltet (2017 Gundremmingen B, 2019 Philippsburg 2, 2021 Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf sowie 2022 Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2).

Mittlerweile hat die Atomenergie noch einen Anteil von rund 14 Prozent an der Bruttostromerzeugung in Deutschland (Daten für 2015). Im Jahr 2010, vor der Bundestagsentscheidung zur Energiewende, waren es noch 22 Prozent. Weltweit sind noch rund 440 Atomkraftwerke in 31 Ländern in Betrieb (Stand Dezember 2014). In Europa sind 185 Atomkraftwerke in Betrieb, sie erzeugen rund 27 Prozent des Stroms in der EU.

Weiterführende Links

Bundesamt für Strahlenschutz: Nukleare Unfälle
https://www.bfs.de/DE/mediathek/multimedia/video/kt/kt_node.html
[http://www.bfs.de/DE/themen/ion/notfallschutz/unfaelle/unfaelle_node.html]

Bundesamt für Strahlenschutz: Der Reaktorunfall 1986 in Tschernobyl
https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/bro-tschernobyl.html

[https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/bro-tschernobyl.html]

Bundesumweltministerium: Fukushima Folgemaßnahmen
http://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/fukushima-folgemassnahmen/
[http://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/fukushima-folgemassnahmen/]

[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/]*Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.* *[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/]*

Sie dürfen diesen Text unter anderem ohne besondere Genehmigung verwenden und bearbeiten, z.B. kürzen oder umformulieren, sowie weiterverbreiten und vervielfältigen. Dabei müssen www.umwelt-im-unterricht.de [http://www.umwelt-im-unterricht.de/] als Quelle genannt sowie die oben genannte Creative Commons-Lizenz verwendet werden. Details zu den Bedingungen finden Sie auf der Creative Commons-Website [http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/].

[http://www.unesco.de/oer-faq.html] *Umwelt im Unterricht unterstützt die Erstellung von Bildungsmaterialien unter offenen Lizenzen im Sinne der UNESCO [http://www.unesco.de/oer-faq.html].*

Material herunterladen

Tschernobyl, Fukushima und die Risiken der Atomenergie - GS / SK (PDF - 0 B)

Unterrichtsvorschläge

Was ist Radioaktivität? - GS (PDF - 183 KB)
Atomenergie: die Bedeutung von Fukushima und Tschernobyl - SK (PDF - 222 KB)
Was ist Radioaktivität und wie wirkt sie auf die Gesundheit? - SK (PDF - 224 KB)

Zielgruppe

Grundschule | Sekundarstufe

Fächer

Chemie | Physik | Politik, SoWi, Gesellschaft | Fächerübergreifend | Sachunterricht | Deutsch

---

Schlagwörter

Radioaktivität | Dosis | Kontamination | Strahlung | Kernkraftwerk | Atomenergie | Energiewende | Kernkraft

---