

Bezüglich Staub wären alle bestehenden Kohlekraftwerke, die nicht innerhalb der nächsten Jahre stillgelegt werden, auf Emissionswerte, die dem Dampfkessel-Emissions-Gesetz (DKEG) entsprechen, nachzurüsten.

Auch bei Ölkraftwerken, die bei den heute vorliegenden Ölqualitäten etwa 120 bis 170 mg/m³ Staub, hauptsächlich Ölkoks, emittieren, könnte die Möglichkeit einer weiteren Reduktion des Staubausstößes durch Entstaubungseinrichtungen in Betracht gezogen werden, wobei jedoch in bezug auf Kosten und Nutzen das gleiche gilt wie bei Entschwefelungsanlagen.

Bei Staub ist durch den hauptsächlichlichen Einsatz der neuen Kohlekraftwerke und vermehrten Gaseinsatz jedenfalls eine spürbare Entlastung erreichbar.

Anders als bei SO₂ und Staub ist bei Stickoxiden (NO_x) durch die Entstickungsanlagen der neuen kalorischen Kraftwerke nur eine geringe Entlastung der Gesamtemission zu erwarten. Ein nicht zu unterschätzendes lokales Problem könnten auch die spezifisch große NO_x-Mengen emittierenden Gasturbinen darstellen, wenn sie über das derzeit gegebene Maß betrieben werden sollten. Der Anteil der Kraftwerke an den gesamten österreichischen NO_x-Emissionen ist, wie schon erwähnt, jedoch mit etwa 8% nicht so bedeutend wie der an SO₂ (ca. 23% im Jahre 1980).

Eine spürbare Verminderung der Emissionen in Ballungsgebieten wäre weiters durch vermehrte Heizwärmeauskopplung aus den kalorischen Kraftwerken, die mit hohen jährlichen Einsatzzeiten betrieben werden, erreichbar, da hiermit die insgesamt für Strom und Wärme verfeuerte Brennstoffmenge deutlich vermindert werden kann. Außerdem wird der Verbrennungsvorgang in Kraftwerken besser kontrolliert bzw. werden durch effektive Umweltschutzmaßnahmen erhebliche Verbesserungen gegenüber Einzelfeuerungen erreicht.

5.4. Kernenergie

5.4.1. Allgemeines

Sind es bei konventionellen thermischen Kraftwerken die festen und/oder gasförmigen Rückstands- bzw. Verbrennungsprodukte des eingesetzten Rohenergieträgers, deren Einwirkung auf die Biosphäre

möglichst gering zu halten ist, so sind es bei der Nutzung der Kernenergie die beim Betrieb eines Kernkraftwerkes entstehenden radioaktiven Stoffe, die in ihrer Auswirkung auf die Umwelt zu begrenzen sind.

Ohne auf Einzelheiten der Entstehung dieser Stoffe einzugehen, seien folgende Gruppen angeführt:

- Spaltstoffe aus der Spaltung der Brennstoffkerne
- Aktivierungsprodukte durch Neutroneneinfang
- Transurane durch Kernumwandlung, insbesondere Plutonium.

Der größte Teil dieser Stoffe wird im Inneren der Brennstäbe erzeugt und bleibt dort eingeschlossen. Die Aktivierungsprodukte jedoch entstehen im Reaktorwasser selbst, hauptsächlich aber in den Strukturteilen des Reaktorkerns sowie in den mit dem Reaktorwasser mitgeführten Korrosionsprodukten der Komponenten des Reaktor-Kühlkreislaufes.

Ein geringer Teil von gasförmigen und leicht flüchtigen Spaltprodukten gelangt teils durch Diffusion, teils durch praktisch unvermeidliche Undichtheiten an einzelnen Brennstäben ins Reaktorwasser. Da eine absolute Dichtheit auch der Kreisläufe nicht erreicht werden kann, müssen geringe Leckagen in Kauf genommen werden und mit ihnen die darin enthaltenen radioaktiven Stoffe, die auf diesem Wege auch in die Raumluft von Teilen des Anlagen-Kontrollbereiches gelangen können.

5.4.2. Umweltauswirkungen bei Normalbetrieb

Der Betrieb von Kernkraftwerken erfordert, geringe Mengen an gasförmigen radioaktiven Stoffen über den Abluftkamin sowie flüssige radioaktive Abfälle über den Vorfluter kontrolliert und im Rahmen der behördlich festgelegten Grenzen an die Umgebung abzugeben.

Die höchstzulässigen Abgaberaten für radioaktive Stoffe werden von den Behörden auf Grund der nationalen Gesetzgebung (z. B. Strahlenschutzgesetz und Strahlenschutzverordnung) im Einklang mit den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) so festgelegt, daß die daraus resultierende Strahlenbelastung der Bevölkerung etwa im Bereich von 1% der natürlichen Strahlenbelastung und damit innerhalb ihres Schwankungsbereiches zu liegen kommt.

Die tatsächlichen Abgaben liegen in der Regel noch weit unter den behördlichen Grenzwerten. So wurde z. B. aus den Abgabewerten 1980 der Kernkraftwerke in der BRD eine durchschnittliche Strahlenbelastung der Bevölkerung im Umkreis von 0 bis 3 km von rd. $0\cdot15 \mu\text{Sv}^1$) bzw. im Umkreis von 0 bis 20 km von kleiner als $0\cdot02 \mu\text{Sv}$ aus der Abluft berechnet. Die Belastung aus dem Abwasser errechnete sich im Durchschnitt für Gruppen aus der Bevölkerung mit mittleren Verzehr- und Lebensgewohnheiten mit kleiner als $0,1 \mu\text{Sv}$.

Zum Vergleich sei die durchschnittliche Strahlenbelastung des Österreicherers aus natürlichen Strahlenquellen mit rd. $2.000 \mu\text{Sv}$ angeführt. Die zusätzliche obige Strahlenbelastung durch Kernkraftwerke würde demnach weniger als $0\cdot1\%$ der natürlichen Strahlenbelastung betragen.

5.4.3. *Umweltauswirkungen bei Störfällen*

5.4.3.1. Auslegungsstörfälle

Das Auftreten von Störfällen in Kernkraftwerken wird durch höchste Ansprüche an Auslegung, Werkstoffwahl, Qualitätssicherung sowie Personalausbildung möglichst unwahrscheinlich gemacht; ungeachtet dessen ist jedoch der Behörde für eine Reihe sogenannter Auslegungsstörfälle, z. B. Bruch einer kühlmittelführenden Rohrleitung über den gesamten Umfang, der Nachweis für deren Beherrschung zu erbringen. Hierzu ist u. a. erforderlich, daß Sicherheitssysteme mehrfach vorhanden sind (Redundanz) und/oder auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen (Diversität). Dies gilt auch für die Energie-Eigenbedarfsversorgung. Kennzeichnend für die Auslegungsstörfälle ist, daß in jedem Fall die erforderliche Kühlung des Reaktorkerns und somit seine Integrität und der sichere Einschluß der Spaltprodukte und Transurane in den Brennstäben gewährleistet ist.

5.4.3.2. Kernschmelzunfälle

Obwohl die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Auslegungsstörfalles bereits sehr klein ist, befaßt sich die Sicherheitsforschung in-

¹⁾ Mikrosievert; $1 \mu\text{Sv} = 0\cdot1 \text{ mrem}$

tensiv auch mit den Folgen von Störfällen, bei denen postuliert wird, daß die Kühlung des Reaktorkerns nicht in ausreichendem Maße sichergestellt ist und totales oder teilweises Kernschmelzen auftritt. In diesem Fall würden große Mengen von radioaktiven Stoffen in das Reaktordruckgefäß freigesetzt werden.

Ein solcher Störfall hat sich im Kernkraftwerk Three Mile Island (TMI) nach Kühlmittelverlust und nachfolgendem teilweisem Schmelzen von Brennstäben ereignet. Bekanntlich war jedoch die Freisetzung von radioaktiven Stoffen an die Umgebung nur geringfügig und die Auswirkung dieses Unfalles auf die Bevölkerung nicht von radiologischer Relevanz.

Erst wenn man bei der Störfallmodellierung noch einen Schritt weiter geht und Annahmen trifft, die auch ein Versagen des Reaktordruckbehälters und des Sicherheitsbehälters nach sich ziehen, würde eine Freisetzung von größeren Mengen radioaktiver Stoffe an die Umgebung möglich werden. Der Eintritt derartiger Unfallabläufe ist jedoch so unwahrscheinlich, daß hierfür die Bezeichnung „hypothetisch“ gerechtfertigt ist. Doch selbst in diesem Fall würde es der Zeitablauf gestatten — vom Eintritt des Störfalles bis zur allfälligen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung vergehen etwa fünf Tage —, durch Aktivierung entsprechender Alarmpläne Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung durchzuführen.

Hinsichtlich der Freisetzungsmengen haben einige Forschungen der letzten Jahre im Zusammenhang mit den Analysen der Auswirkungen des TMI-Störfalles ergeben, daß manche bisher verwendeten Freisetzungsfaktoren zu hoch angesetzt wurden.

5.4.4. Umweltauswirkungen durch Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen

Hochradioaktive Abfälle ergeben sich bei der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen oder es werden diese, falls man auf eine Wiederaufarbeitung verzichtet, selbst als Abfall deklariert und entsprechend behandelt.

In der ersten — einige hundert Jahre umfassenden — Phase, in der die Abfälle stark radiotoxisch sind, müssen sie durch einen dichten Einschluß vollständig von der Biosphäre ferngehalten werden.

In der zweiten, längeren Phase, fällt die Radiotoxizität in einem

Zeitraum der Größenordnung von 10.000 Jahren unter das Niveau verschiedener in der Natur vorkommender radioaktiver Stoffe (z. B. der Uranerze). Es ist in der zweiten Phase daher ein absoluter Ein- schluß der Abfälle nicht mehr zwingend; es muß jedoch sichergestellt sein, daß der Eintritt der Abfälle in die Biosphäre auf ungefährliche Mengen begrenzt wird, ähnlich wie bei den natürlich radioaktiven Mineralien.

Zur technischen Realisierung dieser Forderungen werden die Ab- fälle in eine endlagerfähige Form übergeführt (Konditionierung). Bei der Wiederaufarbeitung fällt der hochradioaktive Abfall in flüssiger Form an. Seine Verfestigung erfolgt durch molekulare Verteilung in einer auslaugfesten Glasmatrix, wobei das noch flüssige Glas in ca. 150 Liter fassende zylindrische Behälter aus rostfreiem Stahl gegossen wird, die anschließend gasdicht verschweißt werden. Diese Art der Verfestigung wird in Frankreich bereits im industriellen Maßstab durchgeführt, weitere Anlagen sind in Belgien und Großbritannien im Bau.

Nach einer Abkühlzeit, die sich über mehrere Jahrzehnte erstreckt, werden die verglasten hochradioaktiven Abfälle bzw. die nicht aufge- arbeiteten abgebrannten Brennelemente vor der Einbringung in ein Endlager in korrosionsfeste Behälter eingeschlossen.

Hinsichtlich der Umweltauswirkung werden zwei Schutzziele vor- gegeben:

Erstens sollen Radionuklide, die aus einem verschlossenen Endla- ger in die Biosphäre gelangen, zu keiner Zeit zu Individualdosen füh- ren, die 100 μ Sv pro Jahr überschreiten.

Zweitens ist das Endlager so anzulegen, daß es jederzeit innerhalb einiger Jahre verschlossen und hernach auf Sicherheits- und Überwa- chungsmaßnahmen verzichtet werden kann.

Die Inbetriebnahme von Endlagern für hochradioaktive Abfälle ist nicht vor Beginn des nächsten Jahrhunderts erforderlich.

Die bisherigen Ergebnisse der weltweit intensiv durchgeführten Forschungen sowohl auf nationaler Basis als auch in internationaler Zusammenarbeit, lassen jedoch bereits die Aussage zu, daß für die Endlagerung radioaktiver Abfälle vom Standpunkt der Technik ziel- führende Lösungen vorhanden sind, was jedoch nicht ausschließt, daß durch weitere Arbeiten eine sicherheitsmäßige Optimierung er- folgt.

5.4.5. Zusammenfassung

Die Erfahrungen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke haben gezeigt, daß die bislang erkannten Umweltauswirkungen bei normalen Verhältnissen praktisch zu vernachlässigen sind.

Für Auslegungsstörfälle kann die Auswirkung in einem weiten Bereich kontrolliert und damit auf ein zulässiges Ausmaß reduziert werden. Selbst für die hypothetischen Kernschmelzunfälle ist das damit verbundene Risiko, verglichen mit anderen, allgemein akzeptierten Risiken, gering.

Da auch die Endlagerung der radioaktiven Abfälle — obwohl derzeit kein definitives Endlager in westlichen Industriestaaten besteht — einer technischen Lösung zugeführt werden kann, darf somit vom Standpunkt der Umweltauswirkungen die Nutzung der Kernenergie als eine vergleichsweise umweltfreundliche Art der Energieumwandlung bezeichnet werden.

5.5. Fernwärme

5.5.1. Allgemeines

Bevor auf energie- und umweltpolitische Aspekte der Fernwärme eingegangen werden kann, sollen vorerst die technischen und energiewirtschaftlichen Aspekte kurz angerissen werden.

Die häufigste Art der Fernwärmeerzeugung besteht in der Kraft-Wärme-Kupplung in kalorischen Kraftwerken. Bei konventionellen kalorischen Kraftwerken werden etwa 35 bis 40% der eingesetzten Energie in elektrische umgewandelt. Die restlichen 60 bis 65% gehen als Abwärme in die Atmosphäre oder in die Kühlwässer verloren. Kombiniert man nun die Erzeugung der elektrischen Energie mit der Erzeugung von Fernwärme, so kann unter Verzicht auf einen Teil der elektrischen Energie ein verhältnismäßig größerer Anteil an Fernwärme erzeugt und bereitgestellt werden. Je nach Bauart und Betriebsart werden 21 bis 27% der Primärenergie in elektrische Energie und 25 bis 60% in Wärmeenergie umgewandelt, so daß die gesamte Nutzenergie zwischen 50 und 80% zu liegen kommt.

Neben diesen Kraft-Wärme-Kupplungsanlagen sind für eine Fern-