

Fortschreibung der Untersuchung und Bewertung der tätigkeitsbezogenen Strahlenexposition in Anlagen nach AtG, standortnahen Zwischenlagern für radioaktive Abfälle und nichtkerntechnischen Einrichtungen nach StrlSchV und RöV

Fachlicher Abschlussbericht
zum Vorhaben 3615S22301

ENTWURF

T. Stahl
H. Eberhardt
A. Filby
A. Günther
S. Schneider
O. Tiessen

Oktober 2018

Auftrags-Nr.: 820003

Anmerkung:

Dieser Bericht wurde von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Rahmen des Vorhabens 3615S22301 erstellt.

Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

Deskriptoren

Radiologischer Arbeitsschutz

Kurzfassung

Im Rahmen des Vorhabens 3615S22301 wurden die tätigkeitsbezogenen Strahlenexpositionen in Anlagen nach AtG, standortnahen Zwischenlagern für radioaktive Abfälle und nichtkerntechnischen Einrichtungen nach StrlSchV und RöV erhoben und bewertet. Der vorgelegte fachliche Abschlussbericht dokumentiert die wesentlichen Schwerpunkte des Vorhabens. Die Arbeiten wurden im Detail in einer Reihe von Einzelberichten zu den verschiedenen Themenbereichen dokumentiert.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sich die Kollektivdosis der in Betrieb bzw. Nachbetrieb befindlichen Anlagen in den letzten Jahren auf einem niedrigen Niveau stabilisiert hat, wobei allerdings die Gesamt-Jahreskollektivdosis in den einzelnen Jahren deutlichen Schwankungen unterworfen ist. Diese Schwankungen sind unter anderem durch revisionsfreie Jahre einerseits und den Umfang der jährlichen Revisionsarbeiten andererseits bedingt. Durch die Abschaltung von acht Leistungsreaktoren im Jahr 2011 aufgrund der 13. Novelle des Atomgesetzes in Folge des Unfalls in Fukushima hat sich die Jahreskollektivdosis in diesen Anlagen seitdem weiter reduziert.

Die Strahlenexposition des Personals hat sich in den letzten Jahren generell insgesamt weiter verringert; dies ist sowohl durch den Trend der mittleren Personendosen als auch durch die Entwicklung in der Verteilung der anlagenbezogenen Individualdosen zu erkennen; dies gilt besonders beim Eigenpersonal, aber auch (wenngleich nicht in gleichem Umfang) für das Fremdpersonal.

Der Rückbau der in Stilllegung befindlichen Anlagen lässt sich mit deutlich niedrigeren Jahreskollektivdosen im Vergleich zum Leistungsbetrieb durchführen. Hier hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass sich mit der Durchführung einer Primärkreisdekontamination vor Beginn des Rückbaus diese weiter reduzieren lässt. Die Gesamt-Jahreskollektivdosis aller in Stilllegung befindlichen Anlagen zeigt in den letzten Jahren eine fallende Tendenz, wobei Schwankungen infolge des individuellen Abbaufortschritts zu beobachten sind und dementsprechend verschiedene Anlagen in einzelnen Jahren unterschiedlich stark beitragen.

Für die einzelnen betrachteten Anlagen der Ver- und Entsorgung liegen die jeweiligen Jahreskollektivdosen im Bereich von bis zu einigen 10 Pers.mSv/a. Sie liegen damit

deutlich unterhalb der Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke in Betrieb bzw. Nachbetrieb.

Bei der Analyse der tätigkeitsbezogenen Daten erweist sich die mittlere tätigkeitsbezogene Dosisleistung insbesondere bei der Analyse von Teiltätigkeiten weiterhin als gutes Werkzeug zum Vergleich der radiologischen Randbedingungen von Arbeiten sowie zur Identifizierung von möglicherweise ungünstigen Arbeitsbedingungen und Hinweisen zur möglichen Optimierung von Tätigkeiten. Die tätigkeitsbezogene Dosisleistung bestätigt dabei auch die anlagenspezifischen Unterschiede, die sich in den Dosisleistungsmessungen an ausgewählten Messpunkten der Anlagen widerspiegeln.

Zunehmend wird allerdings sichtbar, dass die Sammlung insbesondere von tätigkeitsbezogenen Daten für Anlagen in Stilllegung schwierig wird, da infolge der Optimierung von Planung und Durchführung von Abbaugewerken eine hochauflösende Dosiszuordnung zu Tätigkeiten wie im Falle des Betriebs von Kernkraftwerken sehr aufwändig und daher kostenintensiv ist.

Im internationalen Vergleich der mittleren Kollektivdosis über alle Anlagen lagen für den Zeitraum bis 2011 die mittleren Kollektivdosen der deutschen DWR-Anlagen im oberen Drittel der Bandbreite der wichtigen, Kernenergie einsetzenden Länder, wobei die zugrunde liegende Bandbreite der beitragenden Kollektivdosen und die Dominanz einzelner älterer Anlagen, insbesondere der Anlagen der 2. Generation, zu berücksichtigen ist. Aufgrund der Abschaltung dieser Anlagen im Jahr 2011 hat sich die mittlere Jahreskollektivdosis zu niedrigeren Werten verschoben. Bei den SWR-Anlagen liegen die deutschen SWR im unteren Drittel der Kollektivdosisverteilung der international wichtigen Länder.

Abstract

In the context of the project 3615S22301 task related occupational exposure in nuclear facilities according to AtG, in on-site storage facilities for radioactive waste and spent fuel and non-nuclear facilities according to StrlSchV and RöV were assessed and evaluated. This report summarized the work performed within the project; detailed results have been documented in reports dedicated to the special work field to be addressed.

The results of the project show that the total collective exposure of the plants in operation have stabilized on a low level, where the total annual collective exposure show significant changes from one year to the next. These changes are inter alia due to out-age-free years on the one hand and high back-fitting activities on the other. Due to the 13th amendment of the Atomic Energy Act in the year 2011 in consequence of the Fukushima-accident, eight plants were finally shut down; their total annual collective exposure shows an additional significant reduction. But independently, the total occupational exposure of the staff has decreased within the last years; this is reflected by the trend in time of the mean personnel doses as well as of the distribution of the unit-related individual doses of the involved personnel. The trend of the dose distribution is significant for utility personnel, but is also visible for contracted personnel.

Dismantling of NPPs under decommissioning can be carried out with low annual collective doses compared to the doses during operation. The performance of a full system decontamination, which is routinely done in recent years before the beginning of dismantling works leads to a further reduction. The total annual collective dose of all NPPs under decommissioning show a decreasing trend, but the annual value is strongly influenced by the progress of the individual dismantling work in the different decommissioning projects.

With respect to the occupational exposure in the fuel cycle facilities, which are considered in the project, their individual annual collective doses are of the order of up to several 10 Pers.mSv/a. Accordingly, they are far beyond the annual collective dose of the nuclear power plants in operation.

As part of the analysis of dedicated tasks within this project, the mean task related dose rate has proven to be an excellent tool to compare the radiological work conditions of different NPPs and to identify radiological sensitive areas of work as well as areas of potential improvement and optimization. The results support the knowledge on

the different situations in the individual nuclear power plants, which are also reflected in the dose rates measured at dedicated measuring point. Within the last years it turns out that – in particular for nuclear power plants under decommissioning – the collection of task related exposure data becomes difficult. This is, as due to optimized planning and conduct of individual decommissioning measures opportunities for detailed dosimetry of individual task becomes more limited. Practice shows, that such detailed dosimetry result in a significant higher effort and higher costs.

In the international comparison, regarding the average collective dose for PWR, the German plants rank up to 2011 in the upper third of the bandwidth of the PWR-plants of important nuclear energy producing countries. In this field it must be kept in mind that the average dose in Germany was dominated by a few older plants, namely those DWR of generation 2, with higher collective dose. The shutdown of these plants in 2011 shifted the average collective dose to lower values. For BWR-plants, the average collective dose of German plants is in the lower third of the distribution of average collective exposures on the international scene.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Aufgabenstellung und Zielstellung	3
2	Kurzdarstellung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik.....	7
3	Datenerhebung, Dokumentation und Analyse	9
3.1	Erhebung der Strahlenexpositionsdaten	9
3.2	Dokumentation der Strahlenexpositionsdaten.....	11
3.2.1	In Betrieb und Nachbetrieb befindliche Anlagen	11
3.2.2	In Stilllegung befindliche Anlagen	16
3.2.3	Anlagen der Ver- und Entsorgung.....	18
3.2.4	Internationale Einordnung	20
3.3	Analyse tätigkeitsbezogener Expositionsdaten.....	30
4	Ableitung von Optimierungsempfehlungen	32
4.1	Kernkraftwerke in Betrieb.....	32
4.2	Kernkraftwerke in Stilllegung.....	35
4.3	Kernkraftwerke im Nachbetrieb	36
5	Teilnahme am nationalen und internationalen Erfahrungsaustausch	36
6	Einsatz von ausländischem Fremdpersonal	39
6.1	Allgemeine Einführung.....	39
6.2	Vorgehensweisen zum Einsatz ausländischen Fremdpersonals in deutschen Kernkraftwerken	40
6.3	Vorgehensweisen zum Einsatz ausländischen Fremdpersonals in der Schweiz.....	42
6.4	Schlussfolgerungen.....	45
7	Nicht kerntechnische Einrichtungen.....	47
7.1	Mobile Radiographie	47

7.2	Fragebogen zur Ermittlung der tätigkeitsbezogenen Exposition im Bereich der mobilen Radiographie	47
7.3	Ergebnisse der Fragebogenaktion	49
7.4	Interventionelle Radiologie	50
8	Zusammenfassung	55
9	Zusammenstellung der im Vorhaben erstellten Berichte und Vorträge	57
	Literaturverzeichnis	63
	Abbildungsverzeichnis	65
	Abkürzungsverzeichnis	67

1 Einleitung, Aufgabenstellung und Zielstellung

Ein erheblicher Teil der gesamten beruflichen Strahlenexposition im Bereich der Kerntechnik entsteht während der Revisionsarbeiten in kerntechnischen Anlagen, bei Arbeiten nach endgültiger Einstellung des Leistungsbetriebs (im so genannten Nachbetrieb) und bei Arbeiten zur Stilllegung und dem Rückbau dieser Anlagen. Durch die endgültige Abschaltung von acht Leistungsreaktoren im Jahr 2011, einem im Jahr 2015 und einem weiteren Ende des Jahres 2017 erhält die mit den genannten Arbeiten einhergehende Strahlenexposition zusätzlich eine aktuelle Bedeutung für den radiologischen Arbeitsschutz in kerntechnischen Anlagen. Ebenso an Bedeutung gewinnt durch die zunehmende Anzahl an Anlagen in Stilllegung der Betrieb standortnaher Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente sowie für die Lagerung radioaktiver Abfälle aus Stilllegung und Rückbau von Leistungsreaktoren.

Eine optimierte Arbeitsplanung und -durchführung ermöglicht beträchtliche Dosisersparungen. Möglich wird dies auf der Basis von Empfehlungen zur Optimierung des radiologischen Arbeitsschutzes. Dies erfordert die Sammlung und vergleichende Analyse von Expositionsdaten aus den o. g. Arbeiten sowie von Informationen über die Erfahrungen mit den bisher durchgeführten Optimierungsmaßnahmen. Hierbei ist eine detaillierte Kenntnis der Ursachen für die Exposition des Personals unabdingbare Voraussetzung. Dazu sind gezielte Analysen der in der Revision bzw. den einzelnen Stilllegungs- und Abbauabschnitten durchgeführten Arbeiten erforderlich, um die Zusammenhänge zwischen der Strahlenexposition der Beschäftigten und den die Exposition beeinflussenden Faktoren, wie z. B. der Anlagenauslegung, der Arbeitsplanung und Arbeitsdurchführung zu identifizieren und Möglichkeiten der Reduktion der Strahlenexposition im Sinne einer Optimierung zu untersuchen.

Bei den Untersuchungen sind nicht nur die Strahlenquellen, die die Exposition verursachen, sondern auch die Durchführung der im Kontrollbereich anfallenden Tätigkeiten zu berücksichtigen. Um Erkenntnisse zu einer weiteren Dosisreduktion ableiten zu können, müssen insbesondere Teilaspekte der durchgeführten Arbeiten analysiert werden. Zu diesen Teilaspekten gehören u. a. ergriffene Schutzmaßnahmen unterschiedlicher Art, aber auch die Arbeitsorganisation und weitergehende Informationen, z. B. die Auslegung der Anlage oder die bei den Arbeiten verwendeten Technologien. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang nicht nur die Untersuchung der einzelnen Teilarbeiten in den Anlagen, sondern auch die Übersicht über ggf. unterschiedliche

Praktiken aufgrund der verschiedenen Randbedingungen in den einzelnen Anlagen, um auch den Informationstransfer zwischen den Anlagen über das bisherige bereits bestehende Maß zu intensivieren. Einzubeziehen sind auch die Erfahrungen in vergleichbaren ausländischen Anlagen unter Nutzung des ISOE (Information System on Occupational Exposure)-Systems der OECD/NEA und IAEA.

Die Bundesaufsicht über die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz nach § 19 AtG /ATG 18/ obliegt dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Das vorliegende Vorhaben dient der Wahrnehmung der Aufgaben des BMU bei der Bundesaufsicht. Um im Rahmen der Bundesaufsicht die Überwachung einer wirksamen Optimierung zu ermöglichen, sind kontinuierliche vergleichende quantitative Analysen der jährlich anfallenden Dosiswerte in den verschiedenen kerntechnischen Tätigkeitsbereichen erforderlich.

Aus diesem Grund waren im Rahmen des vorliegenden Vorhabens Daten zur tätigkeitsbezogenen Strahlenexposition des beruflich strahlenexponierten Personals in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, Anlagen der Ver- und Entsorgung und in Stilllegung befindlichen bzw. stillgelegten Leistungskernkraftwerken zu sammeln und aufzubereiten, um eine umfassende Grundlage für die Dokumentation und Beurteilung der Strahlenexposition des Personals von kerntechnischen Anlagen zu bilden. Aufgrund der langjährigen Arbeiten der GRS im Bereich der Strahlenexposition der Kernkraftwerke, lag bereits ein umfangreicheres Datenmaterial für Kernkraftwerke vor, welches um die Jahre 2014, 2015 und 2016 ergänzt wurde und die früheren Datenreihen fortsetzt. Darüber hinaus waren die Expositionsdaten zu deutschen Kernkraftwerken in Betrieb in einen internationalen Kontext zu stellen. Hierdurch sollte einerseits eine Beurteilung des internationalen Standes des Strahlenschutzes, andererseits aber auch eine entsprechende Einordnung und Bewertung der Situation in Deutschland ermöglicht werden. Hierzu wurden die Daten aus dem „Information System on Occupational Exposure“ (ISOE) bei der OECD Nuclear Energy Agency (OECD/NEA) genutzt. Um die Erfahrungen des radiologischen Arbeitsschutzes international auszutauschen war eine Teilnahme an ISOE im Rahmen des Vorhabens verpflichtend.

Neben den Daten zur beruflichen Strahlenexposition in Kernkraftwerken waren im Vorhaben ebenfalls Daten zur beruflichen Strahlenexposition in Anlagen der Ver- und Entsorgung zu erfassen und die in früheren Vorhaben begonnenen Datenreihen zu vervollständigen und insgesamt zu dokumentieren.

Auf Grundlage der Analyse der gesammelten Daten waren schließlich Vorschläge zur Optimierung der Arbeitseinsätze und verwendeten Arbeitsmittel insbesondere bei wiederkehrenden Prüfungen und bei typischen Arbeitsschritten in der Kerntechnik zu erarbeiten.

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Sammlung und Analyse der Expositionsdaten sowie des gezielten Erfahrungsaustauschs auf nationaler und internationaler Ebene waren darüber hinaus Fragen im Zusammenhang mit dem Strahlenschutz ausländischen Fremdpersonals zu bearbeiten.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden nun in den nachfolgenden Abschnitten zusammengefasst. Die detaillierten Ergebnisse der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Analysen wurden fortlaufend in verschiedenen Berichtsserien zur beruflichen Strahlenexposition in Kernkraftwerken in Betrieb, in Kernkraftwerken in Stilllegung und in Anlagen der Ver- und Entsorgung dokumentiert; entsprechend wird für Details auf die in Abschnitt 9 aufgeführten Einzelberichte verwiesen. Zu beachten ist hierbei, dass die Berichte nicht der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

2 Kurzdarstellung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik

Die Strahlenexposition des Personals in kerntechnischen Anlagen wird neben den durch die Auslegung der Anlage gegebenen Grundbedingungen insbesondere durch das sogenannte Work Management, d. h. die Planung und Vorbereitung sowie die Bedingungen der Durchführung der Arbeiten, bestimmt. Die Beachtung und Nutzung dieser Einflussgrößen für die Optimierung der Strahlenexposition unter ALARA-Gesichtspunkten hat in den letzten Jahren auch im Ausland vermehrt an Bedeutung gewonnen. Dabei besteht insofern eine Wechselwirkung zwischen den Anforderungen aus Auslegung und Work Management, dass Anlagen mit ungünstiger Auslegung wesentlich höhere Anforderungen an den operationellen Strahlenschutz stellen als radiologisch gut ausgelegte, modernere Anlagen. Die Ermittlung der Einflussfaktoren in beiden Bereichen, die Ableitung von Erfahrungen und der Transfer in den Betrieb der Anlagen zur Verbesserung und Optimierung des Strahlenschutzes sind in diesem Zusammenhang wichtig.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zur beruflichen Strahlenexposition in deutschen Kernkraftwerken in Betrieb zeigen, dass im langfristigen Trend die mittlere Personendosis des in den einzelnen Anlagen eingesetzten Personals sinkt und auch die Besetzung der Dosisintervalle oberhalb von 10 mSv abnimmt und inzwischen nur noch in Einzelfällen berichtet wird. Hierbei sind abhängig vom Tätigkeitsumfang in den einzelnen Anlagen punktuell auch Zunahmen in den genannten Größen zu beobachten.

Da die Stilllegung und der Rückbau international zunehmend an Bedeutung gewinnt, wurde seitens ISOE Anfang 2015 eine eigene Arbeitsgruppe „Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants“ (WGDECOM) gebildet, die die sich mit den Expositionsdaten bei Abbaumaßnahmen und solchen aus Behandlung und Transport von radioaktiven Abfällen und Ableitungen aus der Stilllegung befassen soll. Die GRS ist seit deren Gründung Mitglied dieser Arbeitsgruppe, bringt ihr Fachwissen ein und beteiligt sich am internationalen Erfahrungsaustausch. Allerdings ist der VGB und damit die deutschen Betreiber von Leistungsreaktoren zum 31. März 2016 aus ISOE ausgetreten, so dass diese nicht in der WGDECOM vertreten sind.

Auf europäischer Ebene sind mit der Verabschiedung der Richtlinie 2013/59/EURATOM /EU 13/, die bis Februar 2018 in nationales Recht umzusetzen war, die grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung überarbeitet worden. Die Richtlinie soll den Schutz des Personals sicherstellen; bei dem Einsatz von Fremdpersonal aus dem Ausland kann dies in der praktischen Umsetzung insbesondere im Kontext administrativer Prozesse zu ungeklärten Fragestellungen führen.

Hierzu zählen Fragen wie die behördliche Anerkennung von ausländischen Strahlendosen und anderen amtlichen und nichtamtlichen Informationen über Vordosen, Gesundheitsstatus, Strahlenschutz Ausbildung etc., sowie die Einsatzmöglichkeiten von ausländischem Personal, wenn im eigenen Land andere Grenzwerte oder Überwachungszeiträume gelten, als in deren Herkunftsländern (z. B. Kalenderjahr gegenüber rollendem Zwölfmonats-Intervall). Diese Fragen sind in Deutschland auch bereits bei der Durchführung von geplanten Expositionen während der Revisionen in Kernkraftwerken virulent, da mit zunehmender Verknappung deutscher Fachkräfte vermehrt ausländische Spezialisten eingesetzt werden müssen.

Auch außerhalb der kerntechnischen Anlagen werden im Regelungsbereich der StrlSchV und RöV dosisintensive Tätigkeiten durchgeführt. Hierzu zählen vornehmlich Anwendungen der Industrie (z. B. mobile Radiographie) und der Medizin. Insbesondere in der Medizin werden in den letzten Jahren verstärkt Untersuchungen am Patienten durchgeführt, die aufgrund der besonderen Umstände auch mit einer höheren Strahlenexposition des medizinischen Personals verbunden ist, wie z. B. bei der interventionellen Radiologie.

3 Datenerhebung, Dokumentation und Analyse

3.1 Erhebung der Strahlenexpositionsdaten

Für kerntechnische Anlagen in Deutschland wurden im Vorhaben Daten zur Strahlenexposition von beruflich strahlenexponierten Personen durchgeführten Tätigkeiten für die Jahre 2014 bis 2016 erhoben, soweit sie der GRS zur Verfügung gestellt wurden.

Betrachtet wurden deutsche Leistungskernkraftwerke in Betrieb, Nachbetrieb – d. h. der Zeitraum zwischen letztmaliger Außerbetriebnahme und Erteilung der ersten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung – und Stilllegung sowie Anlagen der Ver- und Entsorgung und – soweit Daten verfügbar sind – standortnahe Bereitstellungs- und Zwischenlager. Die zu erhebenden Daten stammten soweit möglich aus der betrieblichen Dosimetrie der Anlagen, da diese eine Detailtiefe aufweisen, die erheblich über die verfügbaren Daten der amtlichen Messstellen und des Strahlenschutzregisters im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hinausgehen.

Für die Leistungskernkraftwerke wurden die während der jeweils zutreffenden Phasen Betrieb, Revision, Nachbetrieb sowie den Stilllegungsabschnitten durchgeführten Tätigkeiten und die damit einhergehenden Strahlenexpositionen soweit möglich erhoben.

Eingesetzt wurde dabei vorzugsweise die Datenerfassungssoftware des ISOE. Mit dem Austritt des VGB und damit der deutschen Betreiber von Leistungsreaktoren zum 31. März 2016 aus ISOE, war die GRS zunehmend auf andere Quellen angewiesen wie beispielsweise die Jahresberichte der Betreiber zur Information der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) oder dem Jahresbericht des VGB zu den Betriebsergebnissen der Kernkraftwerke. In Einzelfällen wurden schließlich mit Unterstützung der Anlagen weitere Unterlagen zugrunde gelegt.

Die Daten liegen der GRS als langjährige Zeitreihen für die in Betrieb bzw. Stilllegung befindlichen Anlagen, insbesondere für die Jahre 2014 bis 2016 nunmehr weitestgehend vor.

Von Bedeutung für die Datenbereitstellung ist dabei u. a. der nahtlose Übergang der Daten beim Übergang vom Betrieb in den Nachbetrieb und in die Stilllegung. Die Auswertung wurde an die spezifischen Fragestellungen des laufenden Vorhabens weiter angepasst. Es wurden Jahresberichte mit Übersichten über die Exposition aller Anla-

gen erstellt, die dem Dokumentationsumfang der Berichte der Vorläufervorhaben entsprechen und damit langjährige Zeitreihen der Exposition der in Betrieb bzw. in Stilllegung befindlichen Anlagen und der Anlagen der Ver- und Entsorgung darstellen. Für den Übersichtsbericht der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke wurde entsprechend dem Vorgehen seit 2003 auch in diesem Vorhaben die Darstellung der Exposition der deutschen Anlagen im internationalen Vergleich dokumentiert.

Die Berücksichtigung langjähriger Erfahrungen in der Datensammlung und Auswertung, die in der Vergangenheit in den Aufbau der ISOE-Datenbank-Software eingebracht werden konnte, gewährleistete einen ausreichenden Detaillierungsgrad der Daten zur Darstellung und Auswertung auch für die relevanten Tätigkeitsbereiche der in Betrieb befindlichen Anlagen. Der Einsatz standardisierter Software sollte gewährleisten, die erforderliche Standardisierung bzw. Harmonisierung der Datenerfassung im Hinblick auf einen internationalen Vergleich zu erreichen; davon unabhängig war vorgesehen, ergänzende Daten auf der Basis von Berichten der Anlagen in Einzelfällen einzuholen.

Für die Anlagen der Ver- und Entsorgung wurden die Daten der Expositionen des Eigen- und Fremdpersonals der Anlagen mit Hilfe eines zielgerichtet vorbereiteten Fragebogens unter Berücksichtigung der Tätigkeitsschwerpunkte gesammelt und aufbereitet. Allerdings war aufgrund der Bandbreite des Anlagenspektrums und der z. T. anders gelagerten Expositions- und Dosimetrie-Verhältnisse in diesen Anlagen der Informationsumfang im Vergleich zu dem der Kernkraftwerke eingeschränkt.

Die erfassten Daten und Informationen mussten mit den Expositionsdaten der Vorläuferstudien in zeitlicher Kontinuität stehen und vergleichbar sein. Ebenso war deren Vergleichbarkeit auf nationaler und internationaler Ebene (OECD/NEA) sicherzustellen. Hierzu war das international einheitliche Charakterisierungsschema für kerntechnischen Tätigkeitsbereiche des ISOE anzuwenden. Da im Bereich der stillgelegten Anlagen dieses noch nicht in geeigneter, d. h. auf die Besonderheiten der Anlagen in Stilllegung zugeschnittener Form vorhanden ist, war die Einführung eines entsprechenden Charakterisierungsschemas auf internationaler Ebene durch eine aktive Mitarbeit in den Gremien der verantwortlichen OECD/NEA, insbesondere der WGDECOM, zu unterstützen.

3.2 Dokumentation der Strahlenexpositionsdaten

Entsprechend dem Vorgehen der Vorläufervorhaben wurden die Daten im Rahmen von Überblicksberichten zur Dokumentation des Standes des betrieblichen Strahlenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland zusammengefasst. Die Übersichtsberichte sollten jeweils die Verläufe aus früheren Jahren angemessen berücksichtigen. Dabei wurden neben den Expositionen auch wichtige Arbeiten und Tätigkeiten mit höheren Expositionen in den Anlagen als Hintergrundinformation dargestellt. Unter Einbeziehung der bereits früher erhobenen langjährigen Zeitreihen konnten damit langfristige Trends bis zum Jahr 2016 dargestellt werden.

Bei den in Betrieb befindlichen Anlagen wurden alle deutschen Leistungskernkraftwerke mit vergleichbarem Tiefgang der Untersuchungen für alle Anlagen berücksichtigt. Bei den stillgelegten Anlagen wurden Übersichtsdaten zu den Anlagen AVR, KGR, KRB-A, THTR, KMK, KNK-II, KWO, KWL, MZFR, KKR, KKS und KWW zusammengestellt und als zeitliche Verläufe dargestellt. Bei der Dokumentation sollten zur Darstellung des Überganges vom Betrieb, über den Nachbetrieb und in die Stilllegung die letzten Betriebsjahre angemessen berücksichtigt werden.

Die bezüglich der Anlagen der Ver- und Entsorgung sowie standortnaher Bereitstellungs- und Zwischenlager erhobenen Daten wurden entsprechend der Verfügbarkeit der Daten in einem zweijährlichen Rhythmus dokumentiert.

Nachfolgend werden Auszüge der Ergebnisse für die im Vorhaben berücksichtigten Jahre 2014 bis 2016 wiedergegeben. Für darüberhinausgehende Ergebnisse wird auf die im Vorhaben erstellten GRS-A-Berichte verwiesen (siehe Zusammenstellung in Kap. 9). Diese Berichte sind nicht öffentlich, so dass deren Inhalt nicht im Detail aufgeführt werden kann.

3.2.1 In Betrieb und Nachbetrieb befindliche Anlagen

Einen ersten Überblick über die Entwicklungen der letzten Jahre zeigt Abb. 3.2-1 zur Gesamt-Jahreskollektivdosis der im jeweiligen Jahr in Betrieb befindlichen Anlage sowohl für das Eigen- (EP) als auch für das Fremdpersonal (FP). Generell zeigt sich für den betrachteten Zeitraum seit 1995 ein langfristig fallender Trend, der in einzelnen

Jahren durch die unterschiedlichen Revisionsumfänge der verschiedenen Anlagen überlagert wird.

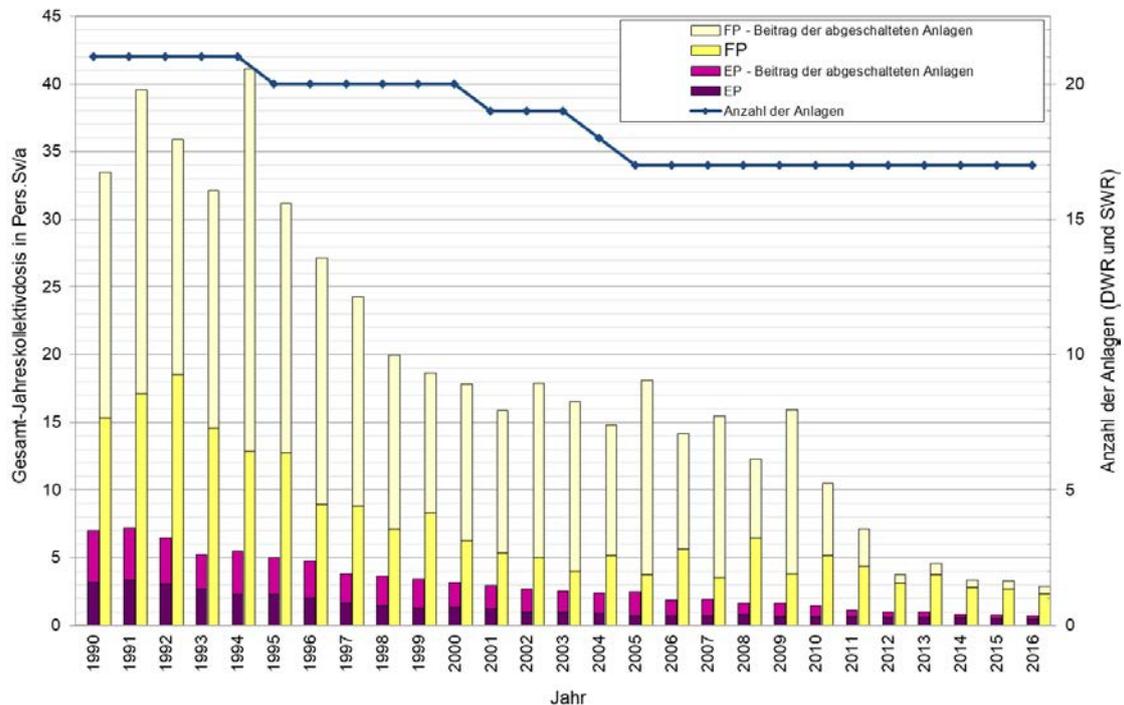


Abb. 3.2-1 Gesamt-Jahreskollektivdosen des Eigen- (EP) und Fremdpersonals (FP) und Anzahl der in Betrieb bzw. im Nachbetrieb (Anlagen, die 2011 abgeschaltet wurden) befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990

Seit 2011 zeigt sich eine weitere Reduktion. Wesentlicher Grund ist die 13. Änderung des Atomgesetzes infolge des Unfalls in Fukushima, woraufhin acht Kernkraftwerke (vier DWR und vier SWR) mit Ablauf des 6. August 2011 die Berechtigung zum Leistungsbetrieb verloren haben. Diese haben gegenüber den Vorjahren mit zum Teil deutlich geringeren Anteilen zur Gesamt-Jahreskollektivdosis beigetragen. Werden nur die Anlagen betrachtet, die sich derzeit im Leistungsbetrieb befinden, zeigt sich auch hier ein anhaltender Trend einer sinkenden Gesamt-Jahreskollektivdosis über die letzten Jahre, überlagert von unterschiedlichen Revisionsumfängen in den einzelnen Anlagen.

Nachdem die Anzahl des Gesamtpersonals, insbesondere des Fremdpersonals, ab 1993 bis etwa 2002 gesunken war, konnte ab 2003 insgesamt ein Anstieg beobachtet werden (Abb. 3.2-2). Hierbei schwankte die Gesamtzahl des Eigenpersonals in den Jahren 2005 bis 2010 zwischen Werten von 5.511 und 6.055 Personen, wobei für das Jahr 2011 ein erneuter Rückgang auf 5.742 Personen zu verzeichnen war. Die Anzahl

des Fremdpersonals schwankt stärker infolge der hohen Abhängigkeit vom Umfang der jährlich durchzuführenden Arbeiten während der Revisionen. Entsprechend ist auch der Anstieg zwischen 2008 und 2010 von 24.100 Personen auf 27.649 Personen auf die höhere Anzahl an Revisionen und Stillstände, das heißt auf personalintensivere Tätigkeiten in verschiedenen Anlagen, zurückzuführen. Seit 2011 sinkt die Zahl des Fremdpersonals deutlich, was mit den Abschaltungen im Zusammenhang mit der 13. AtG-Novelle zusammenhängt. Aber auch die Anzahl des Eigenpersonals nimmt seit 2011 stetig ab.

Bei den Daten zur Anzahl des Fremdpersonals ist zu beachten, dass diese Daten Mehrfachzählungen für solche Personen beinhalten, die in einem Jahr in verschiedenen Kernkraftwerken tätig waren und entsprechend in den Daten der betrieblichen Dosimetrie jeder einzelnen Anlage gezählt werden.

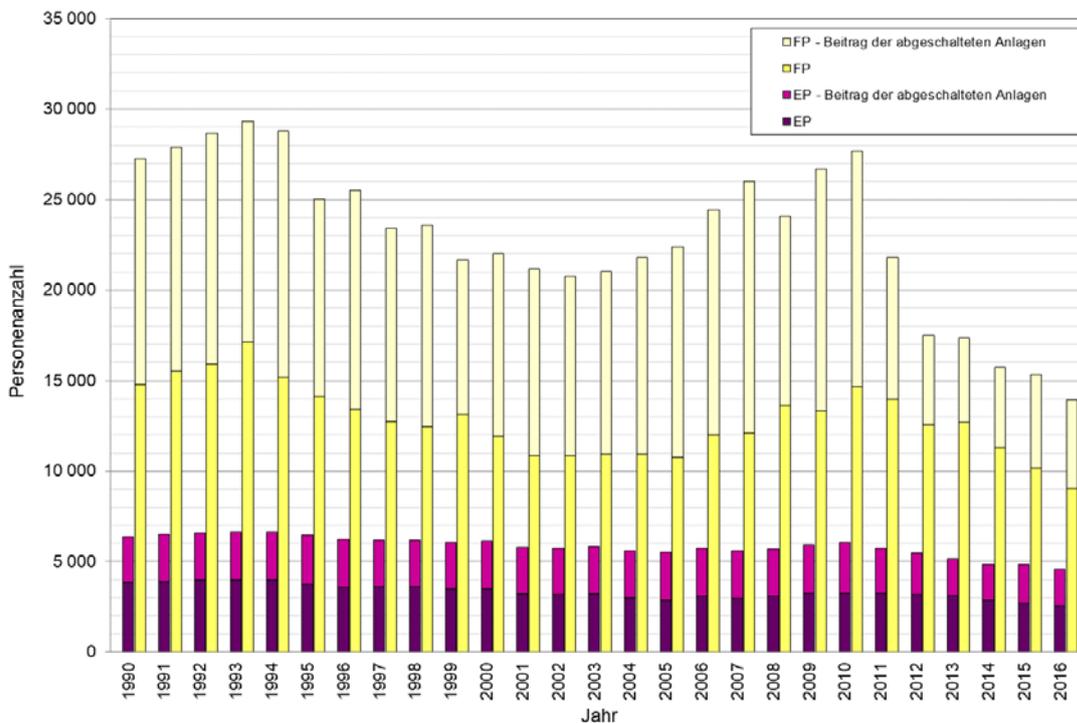


Abb. 3.2-2 Gesamtpersonal der in Betrieb/Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990

Die Abb. 3.2-3 zeigt die Entwicklung der mittleren Personendosen des Eigen- und Fremdpersonals der im jeweiligen Berichtsjahr in Betrieb und seit 2011 im Nachbetrieb befindlichen Kernkraftwerke. Während die dargestellten Daten für das Eigenpersonal im Allgemeinen die mittlere Jahresindividualdosis angeben, geben sie für das Fremdpersonal die mittlere Personendosis für Tätigkeiten in einer einzelnen Anlage an; damit

ist die mittlere Personendosis für Fremdpersonal, das während eines Jahres in mehreren Kernkraftwerken tätig ist, höher als in der Abbildung angegeben.

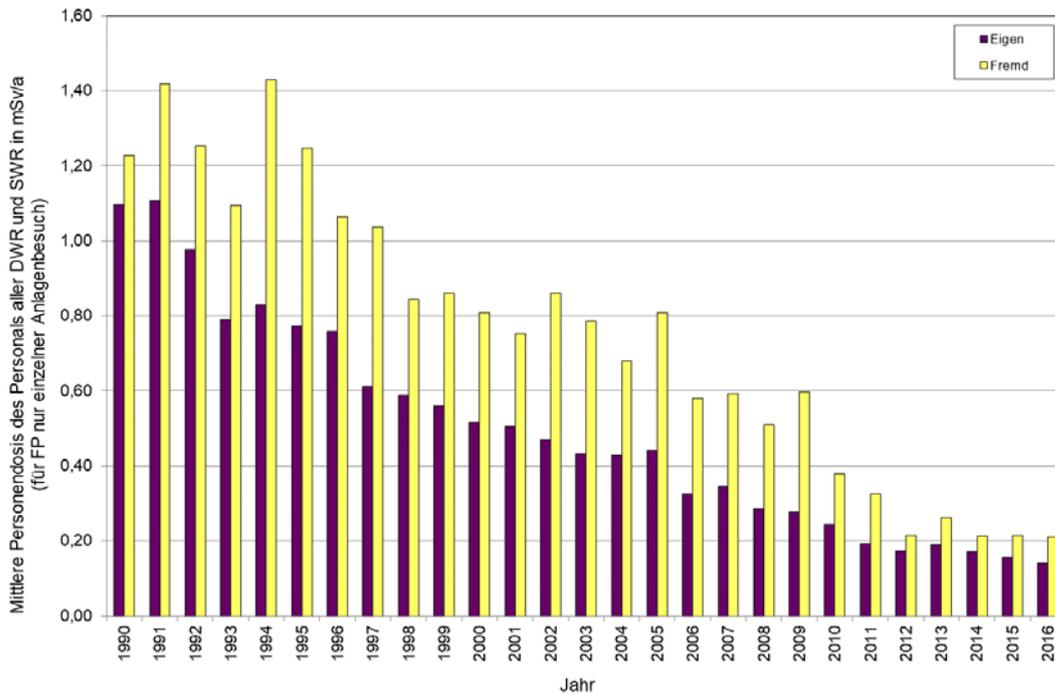


Abb. 3.2-3 Entwicklung der mittleren Personendosis des Eigenpersonals und des Fremdpersonals in mSv/a (für das Fremdpersonal: in mSv/Anlagenbesuch) seit 1990

Insgesamt zeigt sich sowohl für das Eigen- als auch für das Fremdpersonal ein abnehmender Trend der mittleren Personendosen bis 2012. Beim Fremdpersonal sind stärkere Schwankungen als beim Eigenpersonal zu beobachten, die, wie schon erwähnt, vor allem auf die unterschiedlichen Umfänge der Revisionstätigkeiten in den einzelnen Anlagen zurückzuführen sind.

Der insgesamt zu beobachtende Trend bei der mittleren Personendosis kann auch anhand der Verteilung der individuellen Personendosen des Eigenpersonals und der anlagenbezogenen Personendosen des Fremdpersonals nachvollzogen werden. Abb. 3.2-4 und Abb. 3.2-5 zeigen den Verlauf der Besetzungshäufigkeit von Intervallen zu Dosen höher als 5 mSv. Der Anteil des Personals mit Dosen > 5 mSv nimmt im langfristigen Trend ab.

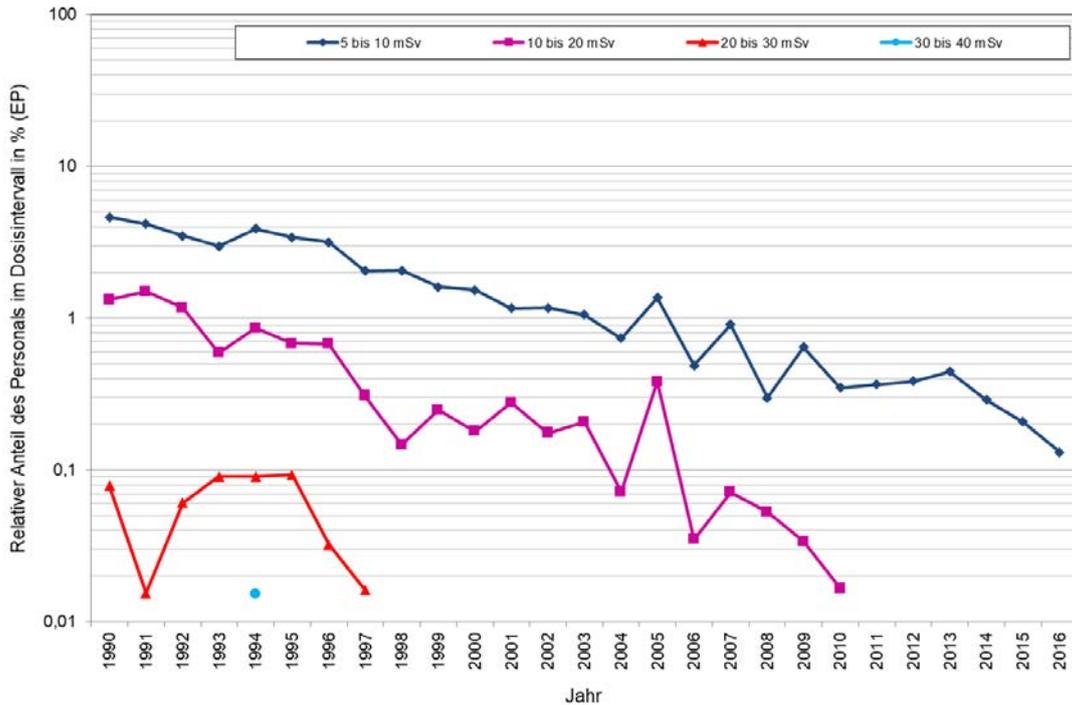


Abb. 3.2-4 Verteilung der Individualdosis des Eigenpersonals der in Betrieb und Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990

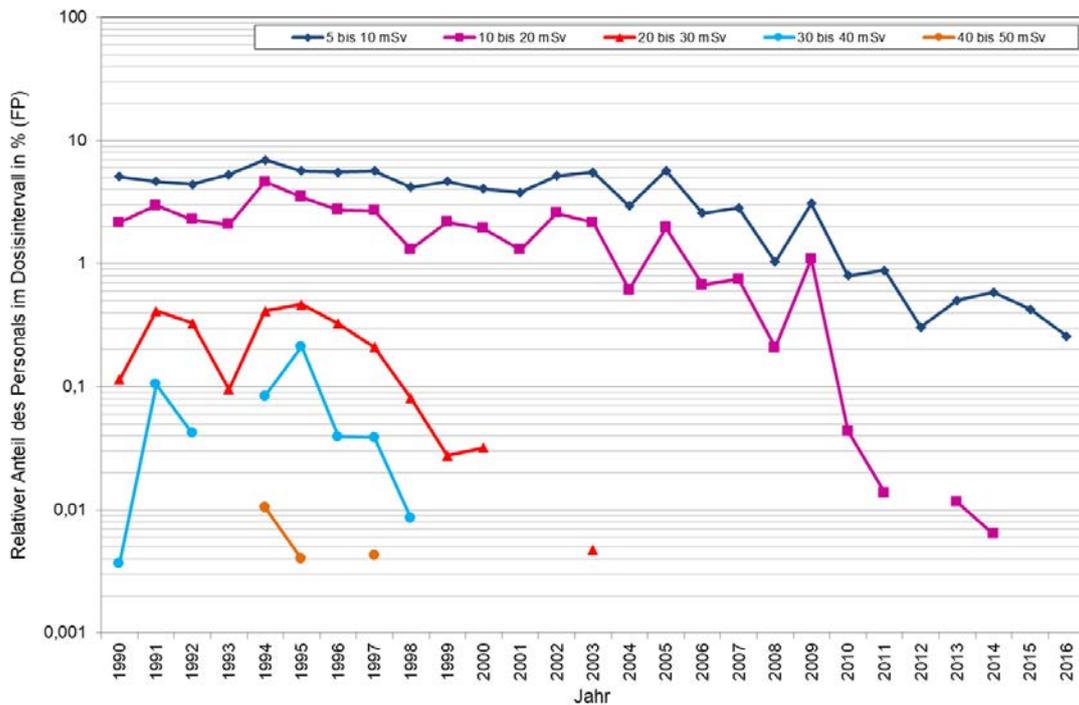


Abb. 3.2-5 Verteilung der anlagenbezogenen Personendosis des Fremdpersonals der in Betrieb und Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990

3.2.2 In Stilllegung befindliche Anlagen

Die Übersicht über die Gesamt-Jahreskollektivdosen der letzten Jahre für die stillgelegten Anlagen ist in Abb. 3.2-6 dargestellt. Eine Anlage gilt in diesem Sinne als in Stilllegung befindlich ab dem Zeitpunkt, an dem eine Stilllegungsgenehmigung erteilt wird. Als erstes Stilllegungsjahr gilt hierbei dasjenige Jahr, in dem sich die Anlage mehr als sechs Monate im obigen Sinne in Stilllegung befunden hat. Für das Kernkraftwerk Stade (KKS) bedeutet dies z. B., dass die Anlage erst ab dem Jahr 2006 als in Stilllegung befindlich gilt, auch wenn die Stilllegungsgenehmigung im September 2005 ausgestellt wurde. Die acht Anlagen, die mit Inkrafttreten der 13. AtG-Novelle im Jahr 2011 ihre Berechtigung zum Leistungsbetrieb verloren, gelten in diesem Sinne nicht als in Stilllegung, sondern als im Nachbetrieb befindlich, da die ersten Stilllegungsgenehmigungen im Jahr 2017 erteilt wurden.

Bei den Gesamt-Jahreskollektivdosen zeigt sich, dass die Expositionsdaten gegenüber den Daten der noch in Betrieb befindlichen Anlagen wesentlich niedriger liegen und in den letzten Jahren trotz steigender Zahl der Anlagen zurückgehen. Die Summe der Kollektivdosen hängt dabei deutlich von der Höhe der Einzelbeiträge ab, die wiederum durch den jeweiligen Abbauschnitt, den Abklingzeitraum, die Art und Geschwindigkeit des Abbaus sowie die radiologisch relevante Charakteristik der Anlage bestimmt wird.

So ist zwischen 2003 und 2007 ein Anstieg der Gesamt-Jahreskollektivdosis aller in Stilllegung befindlichen Anlagen zu beobachten. Hierbei ist einerseits die Zunahme der relevanten Anlagen von 11 Standorten (entsprechend 15 Reaktoren, da KGR als ein Standort mit 5 Reaktoren gezählt wird) auf 13 Standorte (entsprechend 17 Reaktoren) zu beachten. Andererseits fanden in diesem Zeitraum in einigen Stilllegungsprojekten gegenüber früheren Jahren dosisintensivere Tätigkeiten statt.

Seit 2008 sinkt die Gesamt-Jahreskollektivdosis erneut, wobei sich diese Abnahme ausschließlich aus den unterschiedlichen jährlichen Beiträgen der einzelnen Anlagen ergibt. Ab 2010 gilt die Anlage VAK als abgebaut und trägt nicht mehr zur Gesamt-Jahreskollektivdosis bei; doch auch schon in den letzten Jahren vor 2010 waren die Beiträge dieser Anlage sehr gering, so dass der Wegfall im Jahr 2010 zu keiner beobachtbaren Abnahme in der Gesamt-Jahreskollektivdosis führte. Gleiches gilt für die Anlagen KRB-A und KWW, die aufgrund des Rückbaufortschrittes seit 2011 bzw. 2016 nicht mehr berücksichtigt werden.

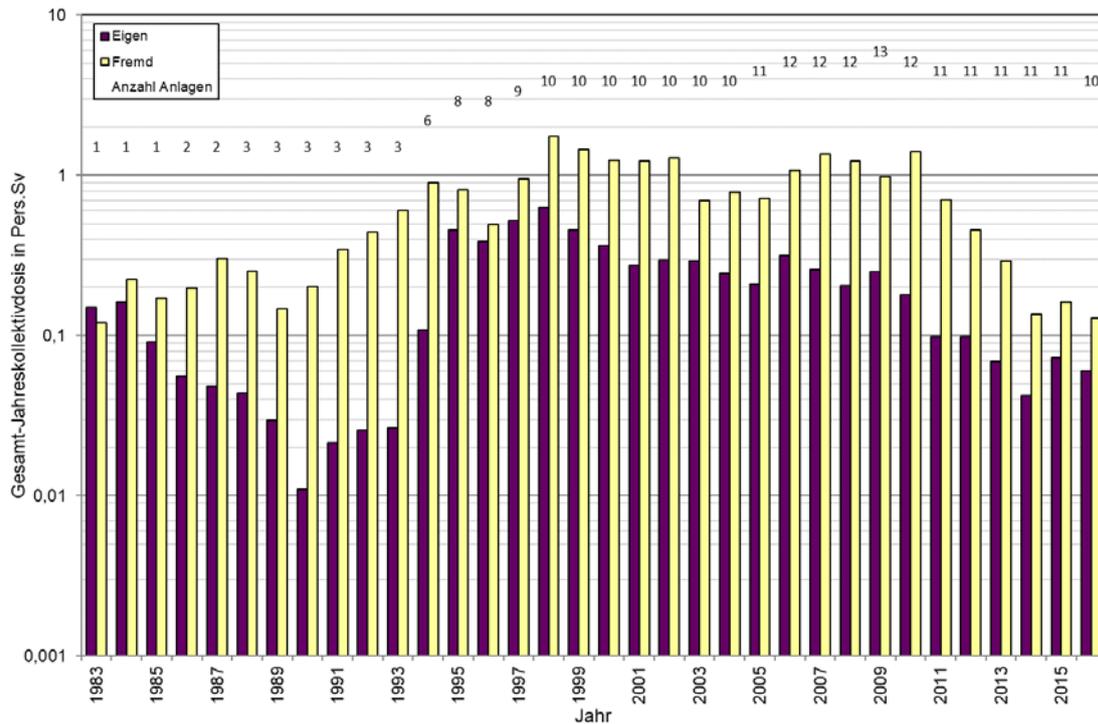


Abb. 3.2-6 Gesamt-Jahreskollektivdosis, aufgelöst nach Eigen- und Fremdpersonal, aller im jeweiligen Jahr als „in Stilllegung“ eingestufteten Anlagen

Abb. 3.2-7 zeigt den zeitlichen Verlauf der Personenzahlen für das gesamte Personal sowie für das Eigen- und Fremdpersonal in den für das jeweilige Jahr als in Stilllegung klassifizierten Anlagen. Eine einheitliche Tendenz hinsichtlich der Beiträge der einzelnen Anlagen zur Anzahl des Gesamtpersonals ist nicht zu erkennen und aufgrund der unterschiedlichen Vorgehensweise und des Standes hinsichtlich der Stilllegung auch nicht zu erwarten.

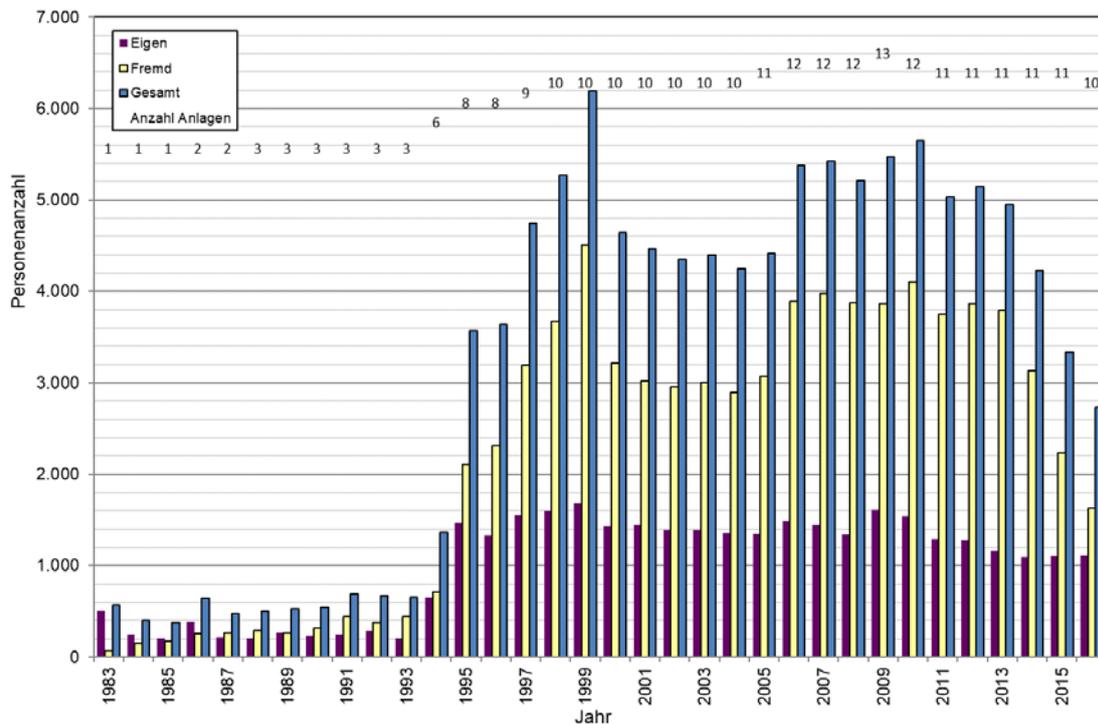


Abb. 3.2-7 Entwicklung der Gesamtzahl des eingesetzten Eigen- und Fremdpersonals der im jeweiligen Jahr in Stilllegung befindlichen Anlagen

3.2.3 Anlagen der Ver- und Entsorgung

Auf der Grundlage der von den Betreibern bereitgestellten Daten zur Strahlenexposition in Anlagen der Ver- und Entsorgung gibt der für die Jahre 2014 und 2015 kombinierte Bericht einen Überblick über die Strahlenexposition des Personals. Der Bericht fasst – im Gegensatz zur Dokumentation der Daten der Kernkraftwerke – die Daten der in Betrieb befindlichen Anlagen (ANF, TBL-A, TBL-G, UAG) und der stillgelegten bzw. diesbezüglich in Vorbereitung befindlichen Anlagen (ERAM) zusammen; damit werden Anlagen zur Brennelementherstellung, zur Urananreicherung sowie zur Lagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente und ein Endlager für schwach und mittelaktive radioaktive Abfälle berücksichtigt.

Abb. 3.2-8 zeigt den Verlauf der Gesamt-Jahreskollektivdosis aller Anlagen seit 1990. Zu beachten ist hierbei, dass jahresabhängig die Anzahl der berücksichtigten Anlagen schwankt und Anfang der 1990er vereinzelt Daten zur Exposition des Fremdpersonals nicht vorlagen und entsprechend in der Gesamt-Jahreskollektivdosis nicht berücksichtigt werden konnten. Der Verlauf der Gesamt-Jahreskollektivdosis des Gesamtpersonals für alle Anlagen wird in den Jahren ab 2006 im Wesentlichen durch die Gesamt-

Jahreskollektivdosis des Eigenpersonals bestimmt, welche im Vergleich zu der des Fremdpersonals deutlich höhere Werte aufweist. Die Gesamt-Jahreskollektivdosis des Fremdpersonals ist, hauptsächlich bedingt durch den Abschluss der Rückbauarbeiten der Anlage ALKEM im Jahr 2006, erheblich gesunken.

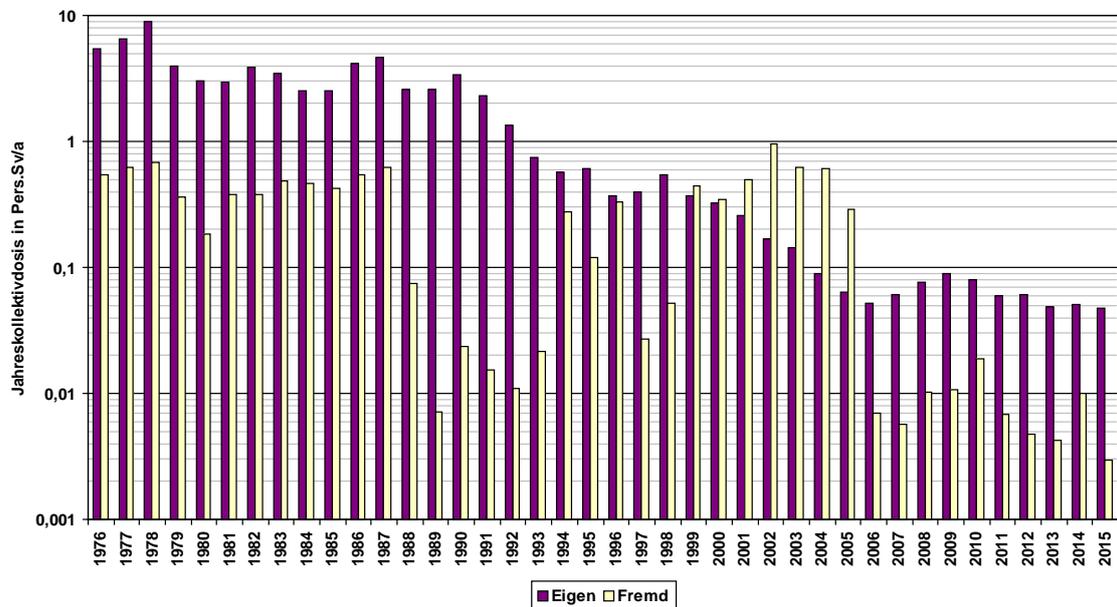


Abb. 3.2-8 Gesamt-Jahreskollektivdosen der Anlagen der Ver- und Entsorgung

bis 1991: ALKEM, ANF, ERAM, GNS-G, NUKEM, RBU-I, RBU-II, URENCO

bis 1998: ALKEM, ANF, ERAM, GNS-A, GNS-G, NUKEM, RBU-I, RBU-II, URENCO

bis 2005: ALKEM, ANF, ERAM, GNS-A, GNS-G, NUKEM, RBU-I, URENCO

bis 2009: ANF, ERAM, GNS-A, GNS-G, NUKEM, URENCO

ab 2010: ANF, ERAM, GNS-A, GNS-G, URENCO

Insgesamt ist festzustellen, dass für die Jahre 2014 und 2015 die Gesamtkollektivdosen mit weniger als 50 Pers.mSv/a für die einzelnen Anlagen im Vergleich zu den Kernkraftwerken niedrig sind. Somit tragen die Anlagen der Ver- und Entsorgung im Vergleich zu den Kernkraftwerken wenig zur Strahlenexposition des Personals in Deutschland bei.

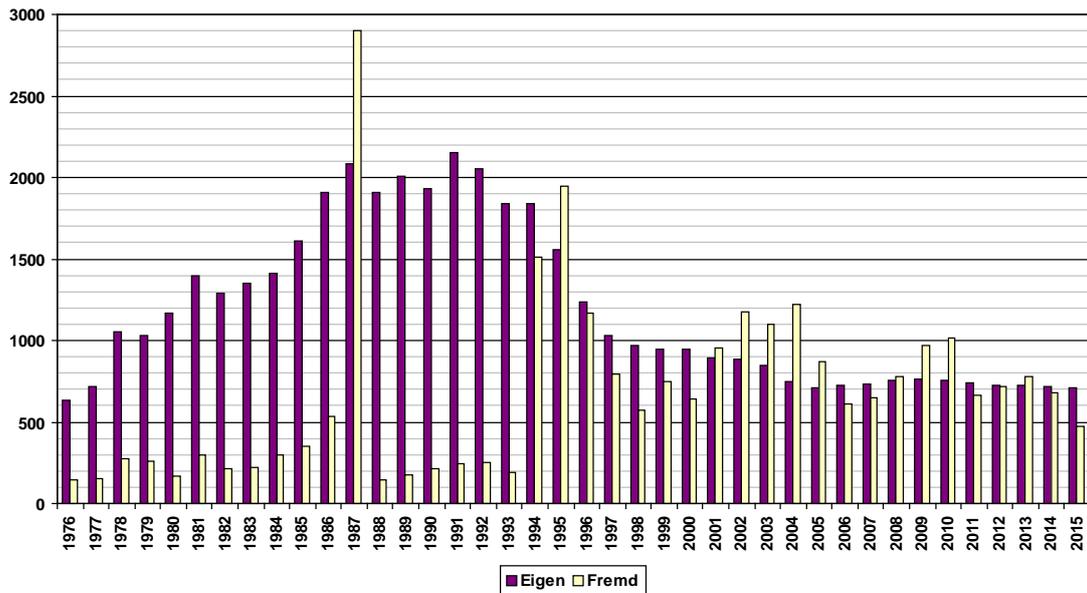


Abb. 3.2-9 Personenzahl der Anlagen der Ver- und Entsorgung (nach Eigen- und Fremdpersonal)

Nach der Verringerung der Personenzahl des Eigenpersonals in den Jahren bis 2005 (Abb. 3.2-9), blieb die Gesamtpersonenzahl in den Folgejahren in etwa auf gleichem Niveau zwischen 700 und 760 Personen. Wie bereits im Zusammenhang mit dem Einsatz des Fremdpersonals in Kernkraftwerken erläutert, sind in den Angaben zur Anzahl des Fremdpersonals Mehrfachzählungen möglich.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Daten der Anlagen der Ver- und Entsorgung eine Orientierung über die Situation in den Anlagen und über die Trends der Exposition erlauben; diese sind jedoch – insbesondere aufgrund der Unterschiede der Aufgaben und der Prozesse in den Anlagen – nicht geeignet, Vergleiche der Expositionen zwischen den einzelnen Anlagen durchzuführen.

3.2.4 Internationale Einordnung

Auf der Grundlage der verfügbaren ISOE-Daten wurden die deutschen DWR- und SWR-Anlagen in die internationale Situation eingeordnet. Hierbei ist zu beachten, dass mit Stand Oktober 2018 noch nicht alle Daten für das Jahr 2016 in ISOE zur Verfügung stehen. Weiterhin findet sich eine detailliertere Darstellung im Allgemeinen Berichtsband mit Schwerpunkt auf den Daten des Jahres 2016, der zum Abschluss des Vorhabens bereitgestellt wurde.

Für die Dokumentation der internationalen Daten wurde im Wesentlichen auf die verfügbaren Auswertungen des ISOE-Systems mit Hilfe des MADRAS-Tools zurückgegriffen und die Daten zur Darstellung aufbereitet.

3.2.4.1 Kollektivdosen im internationalen Vergleich

Die Abb. 3.2-10 zeigt die akkumulierte Gesamtkollektivdosis aller in ISOE erfassten Reaktoren sowie die Beiträge aller jeweils in einer Region des ISOE-Systems beteiligten Reaktoren unterschiedlicher Bauart. Die Darstellung macht deutlich, dass damit über den Betriebszeitraum aller Anlagen hinsichtlich der Exposition des Personals ein sehr großer Wert für die Kollektivdosis aufgelaufen ist und im System erfasst wird. Die Abbildung zeigt darüber hinaus die Schwankungen in den beitragenden Anlagen (orange in Abb. 3.2-10), die u. a. auf unterschiedliche Zeiträume, zu denen die Daten von einzelnen Anlagen bereitgestellt werden können, zurückzuführen sind, die sich aber auch bei Stilllegung von Anlagen, die damit nicht mehr in der Darstellung berücksichtigt werden, ergeben können. Der Einbruch in der Anzahl der Anlagen im Jahr 2016 ist darauf zurückzuführen, dass insbesondere für die Region Asien und Europa noch nicht alle Anlagen Daten zur Verfügung gestellt haben.

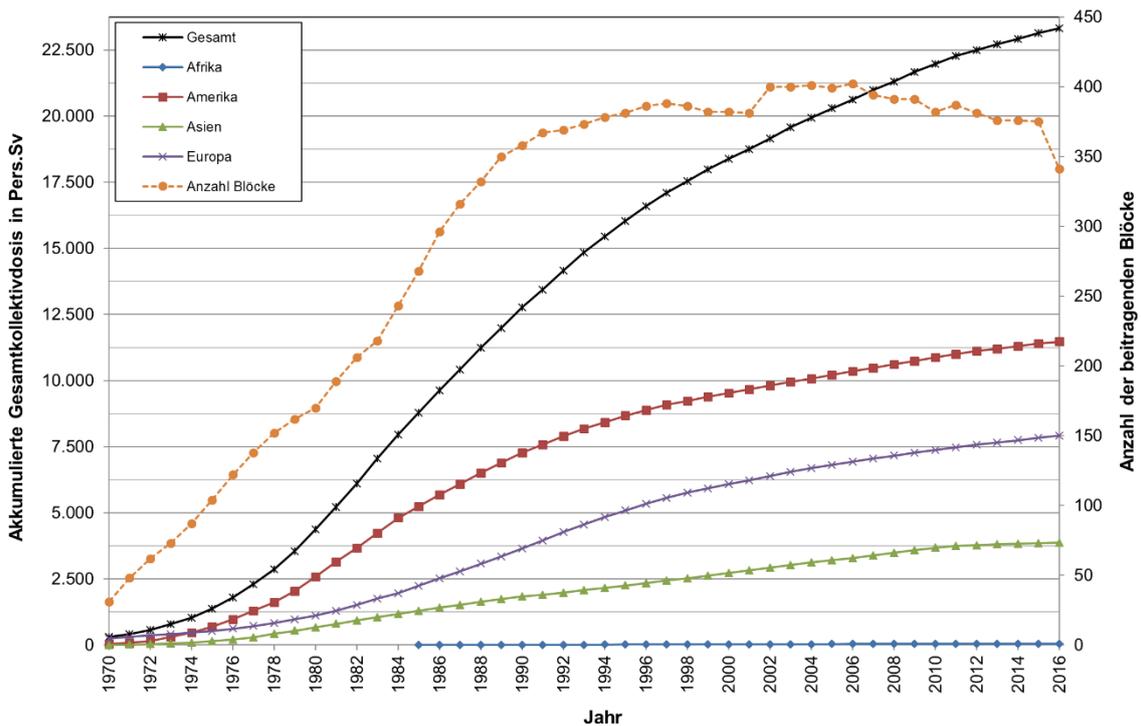


Abb. 3.2-10 Akkumulierte Kollektivdosis der am ISOE-System beteiligten Anlagen in den Regionen des ISOE-Systems und Anzahl der beitragenden Blöcke

Kumulation der Daten seit 1960, Daten 1960-1969 unterdrückt.

Abb. 3.2-11 zeigt die entsprechenden Daten der Gesamt-Jahreskollektivdosen für die Regionen für den Zeitraum ab 1970. Interessant sind die offensichtlichen Trends, da sich nach dem allgemeinen Anstieg¹ in den 1970er Jahren nachfolgend eine z. T. noch unterschiedliche Tendenz zeigt. In Amerika (bestimmt durch die USA) und Europa war lange Zeit ein Absinken der Jahreskollektivdosis zu identifizieren. Inzwischen bleiben die Kollektivdosen allerdings genauso wie in Asien und Afrika (deutlicher in der folgenden Abb. 3.2-12) auf einem jeweils etwa vergleichbaren Niveau. Der vermeintliche Rückgang der Gesamt-Jahreskollektivdosen in Asien nach 2011 ist auf einen reduzierten Beitrag japanischer Anlagen zurückzuführen.

¹ Der Anstieg kommt zu Stande durch die steigende Zahl der in Betrieb gehenden Anlagen, den sich in diesen Anlagen insbesondere bei älterer Auslegung aufbauenden Dosisleistung sowie des unter diesen Bedingungen in diesen Anlagen steigenden Revisions- und ggf. Nachrüstungs- und Reparaturaufwandes.

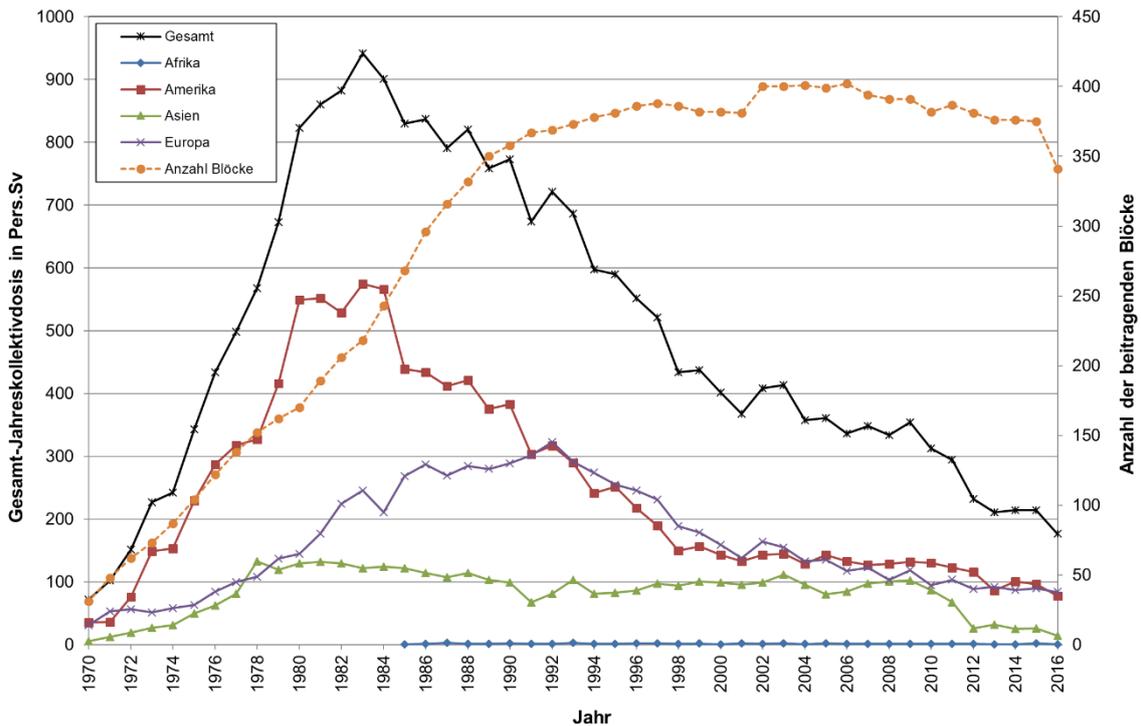


Abb. 3.2-11 Gesamt-Jahreskollektivdosis der beteiligten Anlagen nach Regionen (linke Bezugsachse) und Anzahl der beitragenden Blöcke (rechte Bezugsachse)

Abb. 3.2-12 zeigt die Tendenzen der mittleren Jahreskollektivdosen. Da in dieser Darstellung über die Zahl der Anlagen gemittelt wurde, belegt die Abbildung, dass die Anstiege der Gesamt-Jahreskollektivdosen in früheren Jahren (vgl. Abb. 3.2-11) nicht nur auf die steigende Zahl der Anlagen zurückzuführen sind, sondern auch nennenswerte Anstiege der Kollektivdosen der einzelnen Anlagen aufgrund des Aufbaus der Strahlungsfelder durch Aktivierungsprodukte oder ggf. auch in den Kreislauf freigesetzte Spaltprodukte dazu beigetragen haben müssen. Es zeigt sich, dass die hohen mittleren Kollektivdosen Anfang der 1980er Jahre inzwischen deutlich reduziert werden konnten.

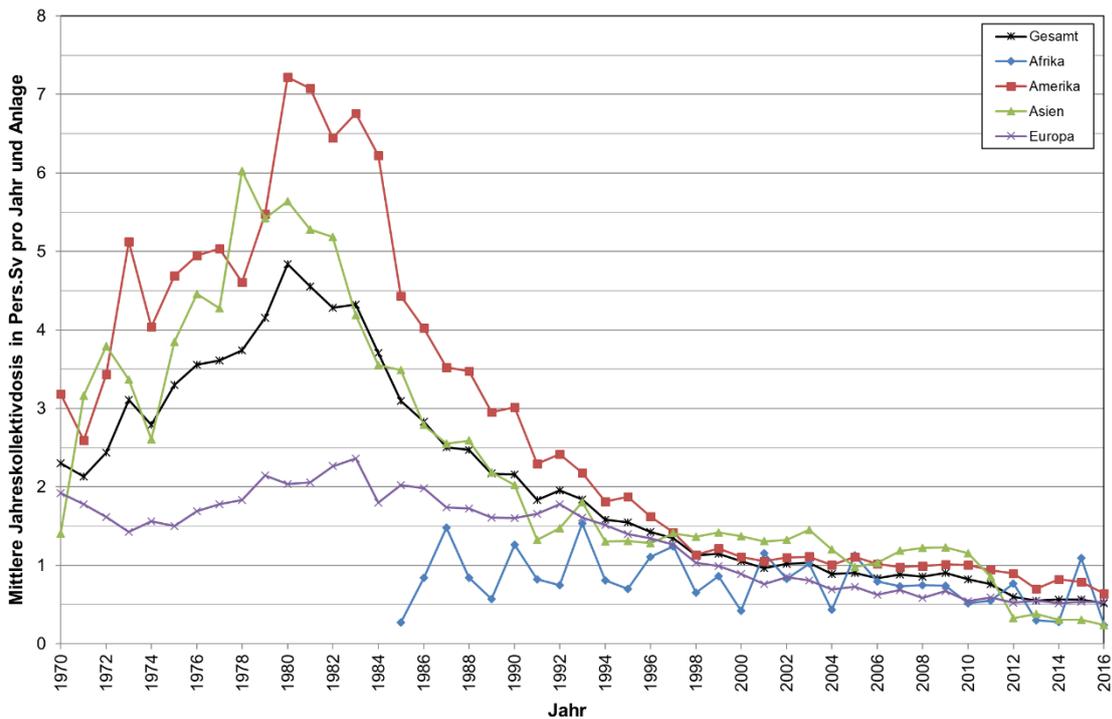


Abb. 3.2-12 Mittlere Jahreskollektivdosis der beteiligten Anlagen nach Regionen

Die bisher dokumentierten Daten unterschieden nicht nach den jeweils in den Regionen eingesetzten Reaktortypen. So werden neben den dominierend eingesetzten DWR- und SWR-Anlagen unterschiedlicher Bauart auch CANDU (CANada Deuterium Uranium, Schwerwasserraktor), WWER (Wasser-Wasser-Energie-Reaktor), gasgekühlte Reaktoren (GCR) sowie Graphit-moderierte Anlagen (LWGR, 1991-2002), leichtwassergekühlte Schwerwasserreaktoren (LWCHWR, 1984-2009) und in Einzelfällen Natrium-gekühlte Anlagen eingesetzt.

Um den Einfluss der Anzahl der Anlagen auf die Darstellung zu vermeiden, sind zur weiteren Orientierung in Abb. 3.2-13 die mittleren Jahreskollektivdosen der in Europa eingesetzten Reaktortypen dokumentiert; dabei wurde der Zeitraum auf die Jahre ab 1990 eingeschränkt. Die Gruppe der CANDU-Reaktoren wird hierbei nur von zwei Reaktoren repräsentiert. Die Trends der mittleren Jahreskollektivdosen sind – unabhängig vom Reaktortyp – mehr oder weniger stark sinkend.

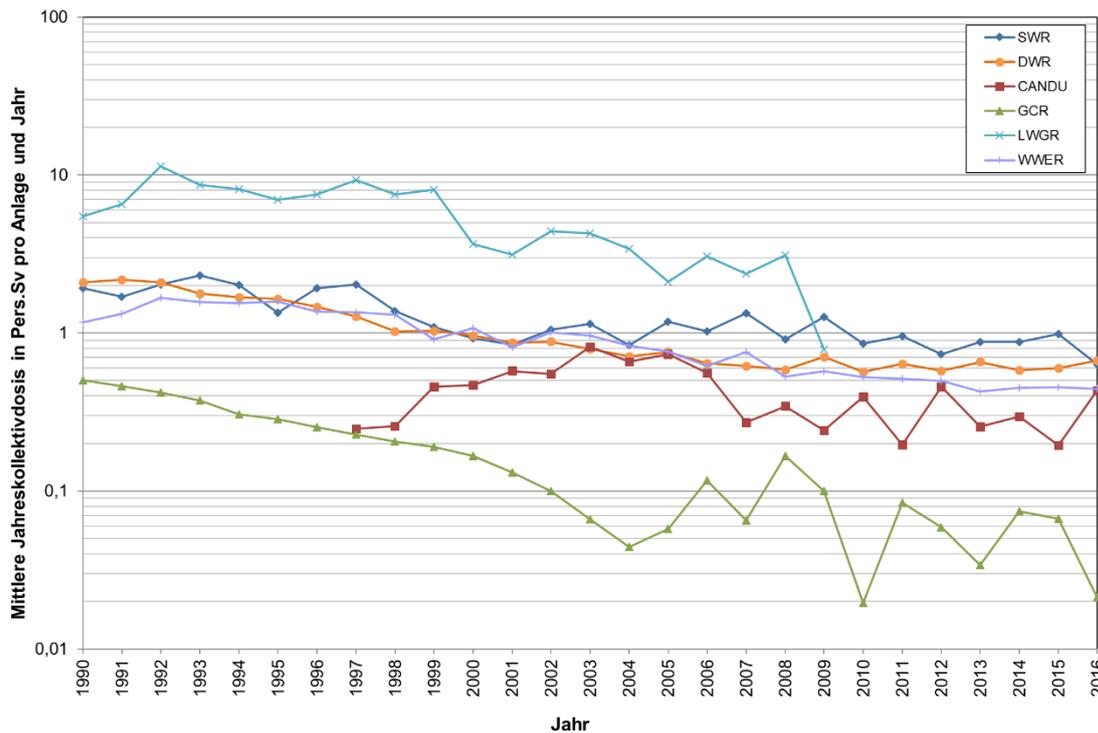


Abb. 3.2-13 Mittlere Jahreskollektivdosis der in Europa genutzten Reaktortypen (logarithmische Darstellung)

3.2.4.2 Mittlere Kollektivdosen von Reaktoren in ausgewählten Ländern

Um eine einfachere direkte Gegenüberstellung in diesem Bereich zu ermöglichen, werden in diesem Abschnitt die mittleren Expositionen der Reaktoren (hauptsächlich DWR und SWR) ausgewählter Länder (Abb. 3.2-14) dokumentiert.

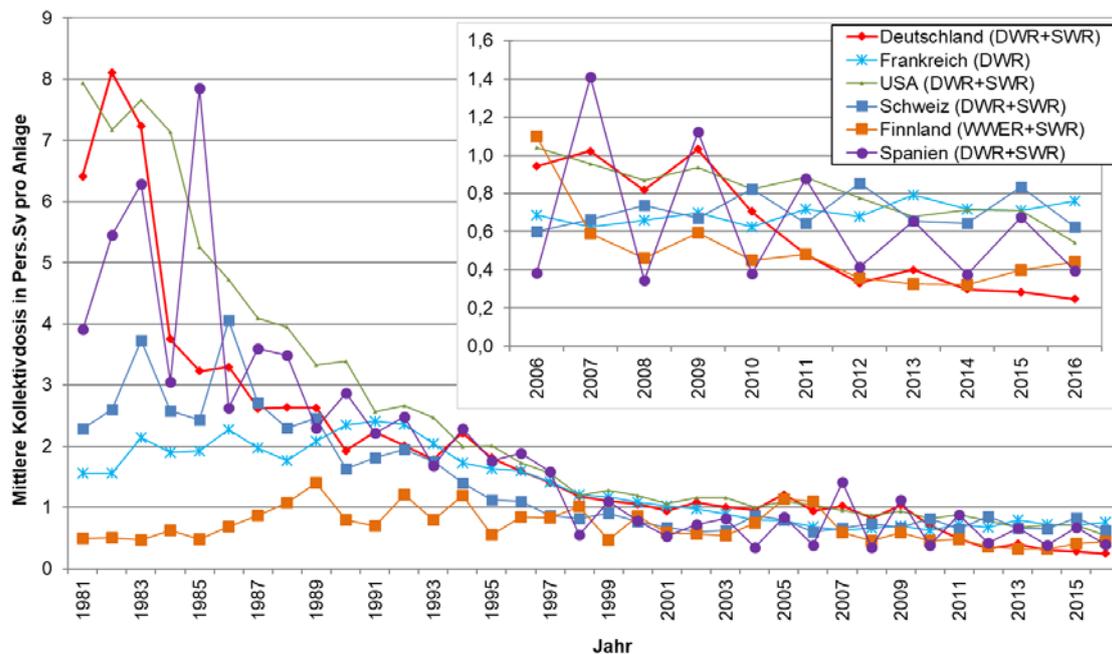


Abb. 3.2-14 Mittlere Kollektivdosen der Reaktoren in ausgewählten Ländern. Oben rechts ist ein Ausschnitt der Jahre von 2006 bis zum aktuellen Berichtsjahr.

Die mittleren Kollektivdosen (Abb. 3.2-14) folgen in der Mehrzahl der Länder dem bereits oben identifizierten Trend, d. h. in den frühen 1980er Jahren werden hohe mittlere Kollektivdosen registriert, wobei allerdings in diesem Zeitraum deutliche Unterschiede in den Absolutwerten der mittleren Jahreskollektivdosis zu identifizieren sind: während in Deutschland, Spanien und den USA relativ hohe Dosen zu registrieren waren, die in Deutschland insbesondere auf Nachrüstungen in Folge der Erkenntnisse der deutschen Risikostudie Kernkraftwerke zurückzuführen sind, lagen die entsprechenden Daten in Frankreich, Finnland und z. T. auch der Schweiz deutlich niedriger, wobei in Finnland die niedrigeren Dosen der WWER beigetragen haben.

3.2.4.3 Kollektivdosen der DWR in ausgewählten Ländern

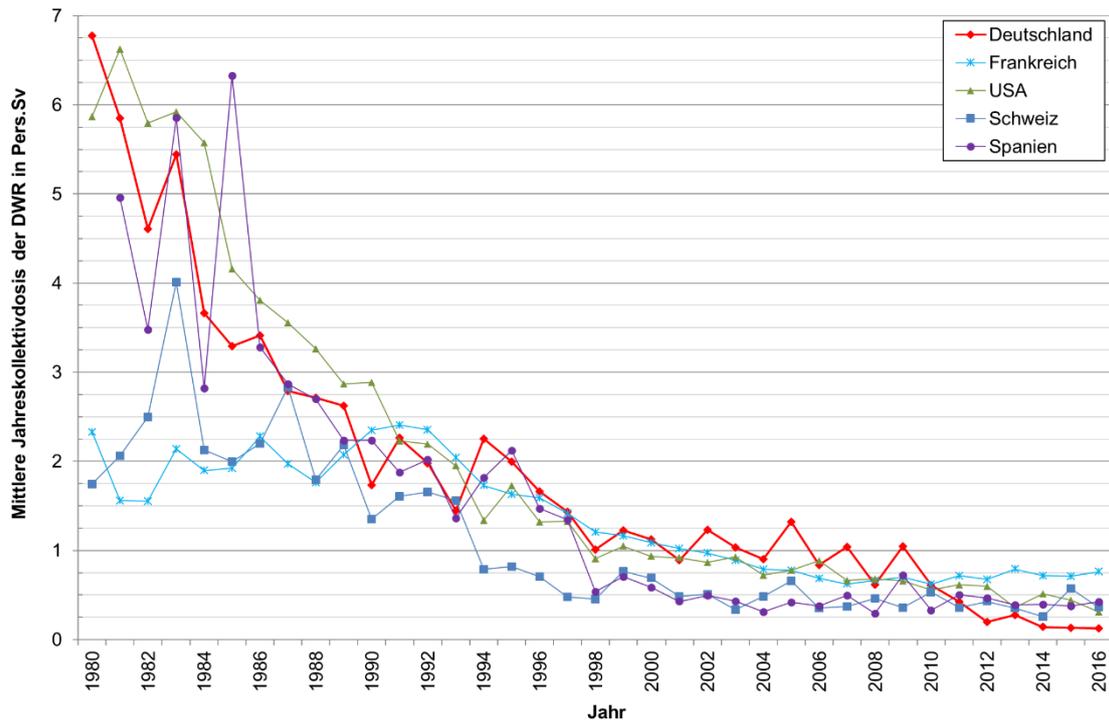


Abb. 3.2-15 Mittlere Kollektivdosis der DWR für verschiedene Länder, Teil I

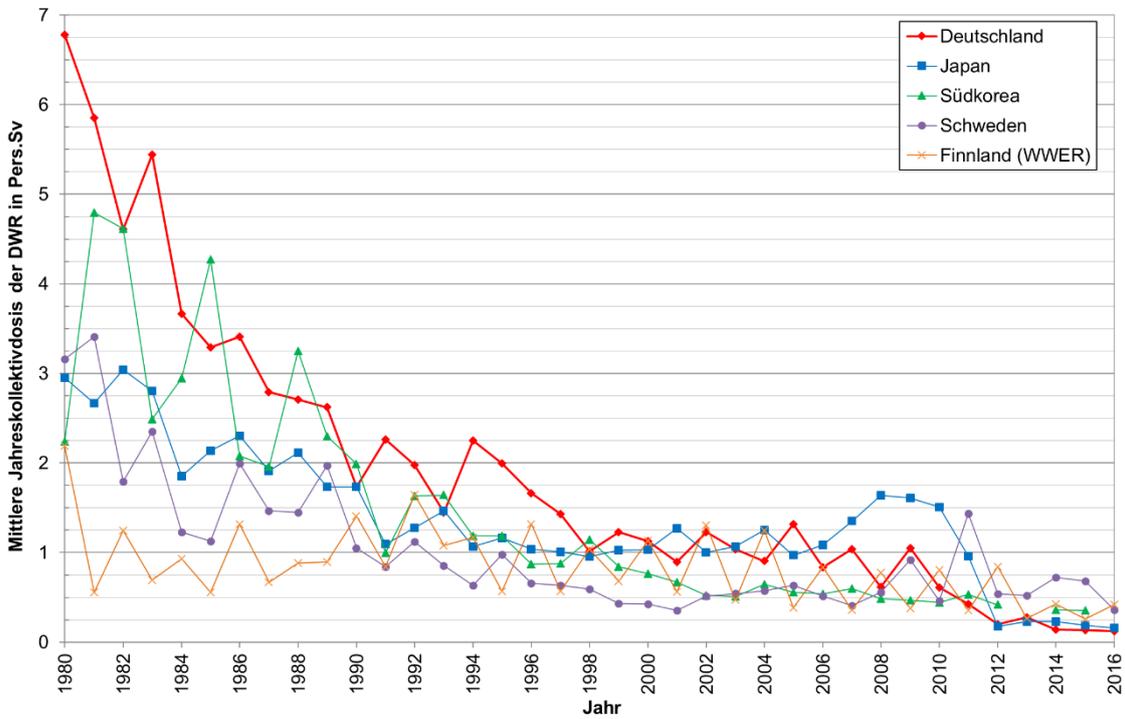


Abb. 3.2-16 Mittlere Kollektivdosis der DWR für verschiedene Länder, Teil II

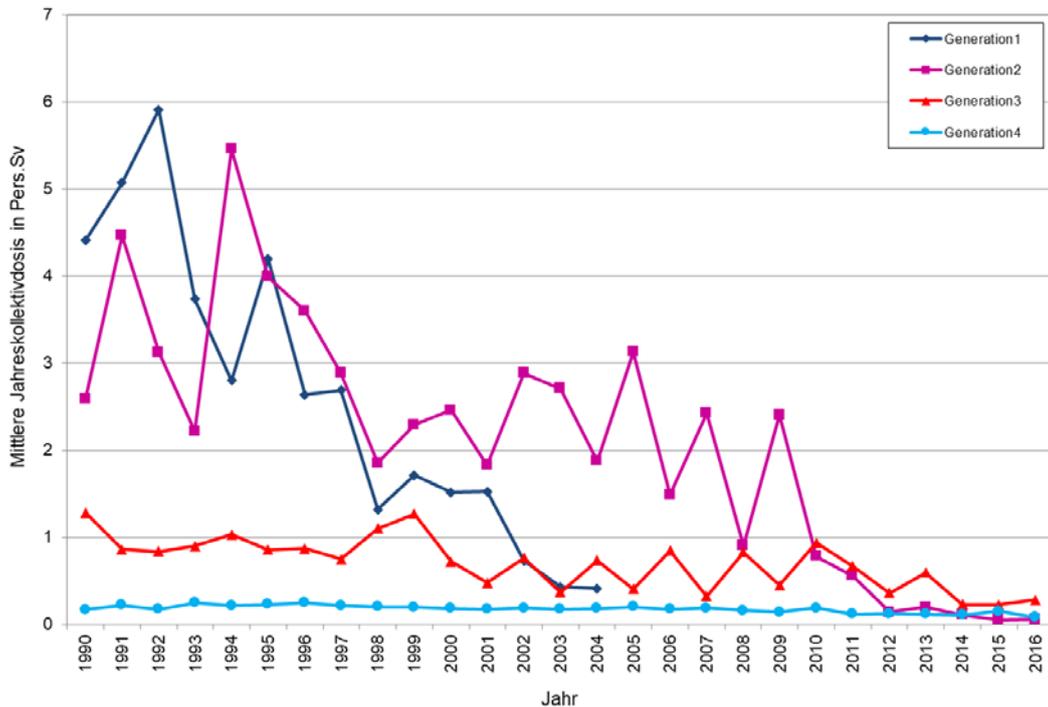


Abb. 3.2-17 Mittlere Kollektivdosis der DWR in Deutschland seit 1990 nach Generationen

Gen 1: KWO, KKS; Gen 2: KWB A, KWB B, GKN-I, KKU; Gen 3: KWG, KKG, KKP-2; Gen 4: KBR, KKI-2, KKE, GKN-II

Der Vergleich der Expositionsdaten für die DWR der verschiedenen Länder (Abb. 3.2-15 und Abb. 3.2-16) zeigt anhand der mittleren Kollektivdosen der Anlagen, dass die Mittelwerte der deutschen DWR über lange Zeit im Bereich der Daten der USA und Spaniens, aber über den Daten z. B. von Frankreich, der Schweiz und anderer Länder lagen. Diese haben sich im weiteren Verlauf und insbesondere seit Mitte der 1990er Jahre angeglichen und seit 2012 liegen die Daten aller Länder unter 1 Pers.Sv/a. Die Anstiege in den Jahren 2005, 2007 und 2009 sind insbesondere auf umfangreiche Nachrüstungen und dosisintensive Prüfungen zurückzuführen.

Die zum Vergleich eingefügte Grafik der mittleren Kollektivdosen nach Generationen in Abb. 3.2-17 zeigt die Bandbreite der Expositionen zwischen den einzelnen Generationen auf und belegt, dass der Mittelwert der DWR von der zweiten Generation bestimmt wurde. Seit 2002 liegen die Daten der anderen Anlagen deutlich unter 1 Pers.Sv/a und damit in der Höhe der Mittelwerte der DWR der anderen Länder. Dementsprechend wirkt sich die Abschaltung der Anlagen der 2. Generation mit der 13. AtG Novelle im

Jahr 2011 deutlich aus. Seit 2011 liegen die mittleren Kollektivdosen der deutschen Anlagen im internationalen Vergleich sehr niedrig (s. Abb. 3.2-15 und Abb. 3.2-16).

3.2.4.4 Kollektivdosen der SWR in ausgewählten Ländern

Abb. 3.2-18 und Abb. 3.2-19 zeigen, dass die mittlere Kollektivdosis der deutschen SWR in den meisten Jahren unter den mittleren Kollektivdosen der SWR in den USA und Japan lagen sowie ab der 2. Hälfte der 1980er Jahre auch die der spanischen SWR unterschritten. Interessant ist, dass bis Anfang der 1990er Jahre die mittleren Kollektivdosen der SWR in Finnland und Schweden sehr niedrig waren und deutlich unter denen der anderen Nationen lagen. In den 1990er Jahren sind die Kollektivdosen der anderen Länder dann soweit gesunken, dass sie sich mit Schweden und Finnland seitdem weitestgehend auf einem Niveau bewegen. Die Erfahrungen auch in Deutschland zeigen, dass in frühen Jahren insbesondere umfangreiche Reparatur- und Nachrüstungsarbeiten zu z. T. sehr hohen Kollektivdosen und in der Folge hohen mittleren Kollektivdosen führten. Mit der endgültigen Abschaltung der älteren Anlagen der Baulinie 69 im Jahr 2011, die ein niedrigeres Dosisniveau hatten, ergeben sich rechnerisch höhere Mittelwerte durch die verbleibenden Anlagen.

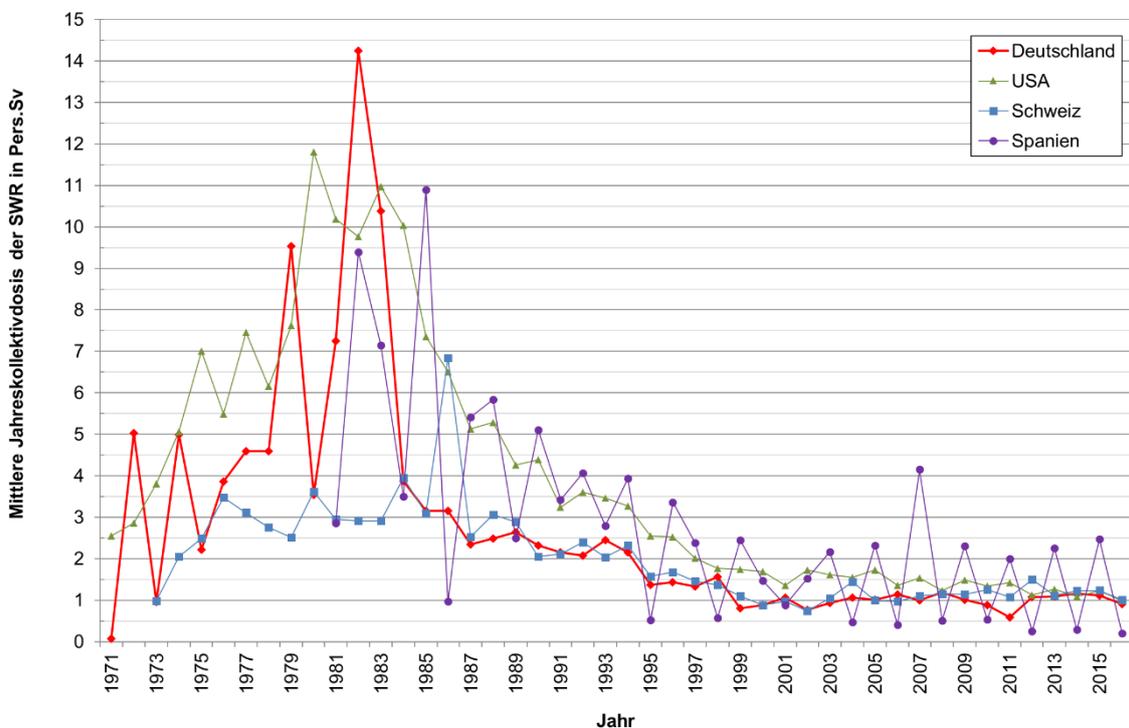


Abb. 3.2-18 Mittlere Kollektivdosen der SWR für verschiedene Länder, Teil I

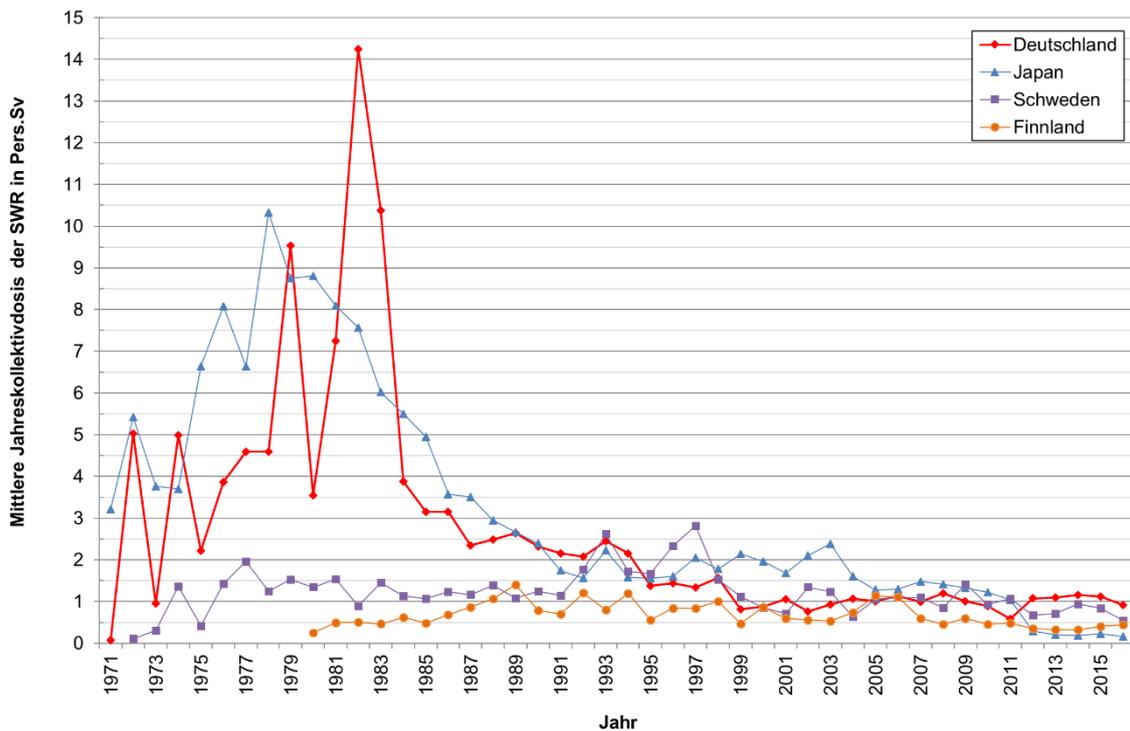


Abb. 3.2-19 Mittlere Kollektivdosen der SWR für verschiedene Länder, Teil II

Die Daten der Kollektivdosis pro erzeugter Energie weisen für die SWR die gleiche Einordnung der Anlagen auf, da sich die Energieerzeugung der Anlagen aufgrund ähnlicher Anlagengröße nur wenig unterscheidet. Bei den DWR liegen die deutschen Anlagen im internationalen Vergleich etwas günstiger als beim Vergleich der mittleren Kollektivdosen, da die Energieerzeugung aufgrund großer Anlagen und hoher Verfügbarkeit höher liegt als in einigen anderen Ländern.

Die in Abschnitt 5.1 angesprochenen und in diesem Abschnitt für die Einordnung in die internationale Situation genutzten Daten wurden mit Unterstützung der deutschen Anlagen im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem Ausland gewonnen. Der seit Jahren etablierte intensive Informationsaustausch und die Beteiligung an der internationalen Diskussion konnten im Rahmen des aktuellen Vorhabens weiter fortgesetzt werden.

3.3 Analyse tätigkeitsbezogener Expositionsdaten

Dosisrelevante Arbeitsschwerpunkte, die in den Kernkraftwerken identifiziert wurden, waren unter Nutzung der Anlagenkenntnis mit dem Ziel zu analysieren, aus den verschiedenen praktischen Erfahrungen der Anlagen die unterschiedlichen Dosisbelas-

tungen zu ermitteln und Hinweise für Optimierungen unter dem Gesichtspunkt von ALARA-Konzepten und Arbeitsplanung zu geben.

Endsprechend waren gezielt die Daten zur Strahlenexposition bei Tätigkeiten des Betriebs, der Revision oder der Stilllegungsabschnitte einer Anlage auszuwerten und hinsichtlich Tätigkeiten, Häufigkeit und, soweit relevant und verfügbar, hinsichtlich der bei vor- und nachbereitenden Arbeiten anfallenden Expositionen zu analysieren und zu dokumentieren. Es waren Möglichkeiten zur Entwicklung eines Optimierungsansatzes zu prüfen und Hinweise auf ein eventuell erkennbares Optimierungspotential abzuleiten, wobei bei den in Betrieb befindlichen Anlagen auch Sicherheits- und Verfügbarkeitsaspekte zu berücksichtigen waren.

Für die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke waren hier neben den bereits in der ISOE-Datenbankstruktur enthaltenen Schwerpunktbereichen (z. B. BE-Wechsel, wiederkehrende Prüfungen (WKP), wichtige dosisrelevante Systembereiche) der Tätigkeiten auch solche mit aktuellem Hintergrund, wie insbesondere detailliertere Untersuchungen zu Arbeiten beim Brennelement-Wechsel oder bei Bereitstellungs- und Zwischenlagern heranzuziehen.

Entsprechend dem Ziel dieses Vorhabens wurden die vorliegenden tätigkeitsbezogenen Daten einer Auswertung unterzogen und im Rahmen der in Abschnitt 9 genannten Berichte dokumentiert.

4 Ableitung von Optimierungsempfehlungen

Die Ergebnisse der Analysen in diesem Bereich sollten — unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus mehreren Anlagen als Querschnittsinformation — für die Ableitung von Hinweisen und Vorschlägen zur weiteren Verbesserung des Strahlenschutzes herangezogen werden. Dabei waren insbesondere auch sog. „good practices“ — also strahlenschutztechnisch gewinnbringende Praktiken — identifiziert und kommuniziert werden.

Abzudecken waren bei diesen Untersuchungen sowohl die gewählten Betriebsmittel und Arbeitsplanungen bei den in Betrieb befindlichen Anlagen als auch die Stilllegungs- und Abbau-Techniken bei den in Stilllegung befindlichen Anlagen. Wichtige Einzelmaßnahmen beim Rückbau oder ggf. identifizierte besondere Vorkommnisse waren entsprechend zu berücksichtigen.

4.1 Kernkraftwerke in Betrieb

Bereits frühzeitig wurden in vielen wichtigen Bereichen dosisintensiver Tätigkeiten in kerntechnischen Anlagen Maßnahmen mit der Zielsetzung ergriffen, die Exposition des Personals zu reduzieren. Hierzu gehören die Umrüstung auf schnell handhabbare Kassetten-Isolierungen, Optimierung des Gerüstbaus, Optimierung der Handhabung von temporären Abschirmungen und nicht zuletzt der Austausch von Kobalt-haltigen Materialien in unterschiedlichem Umfang in älteren Anlagen. Diese Maßnahmen trugen mit zur langfristigen Reduktion der Kollektivdosen in den verschiedenen Anlagen bei; während sie bei den DWR der 3. und 4. Generation frühzeitig und grundlegend zu günstigen radiologischen Ausgangssituationen führten, konnten einige dieser Maßnahmen in älteren Anlagen nur teilweise umgesetzt werden, so dass die Expositionen nur zum Teil reduziert werden konnten (vgl. Abb. 3.2-17).

Bereits in den Vorgängervorhaben wurde über Maßnahmen zur Reduktion der Dosisleistung insbesondere in älteren Anlagen der DWR mittels Programmen zur Dosierung von angereichertem Zink berichtet. Durch die Zinkdosierung wird die Belegung der mit Kühlmittel benetzten Oberflächen mit Co-60 reduziert und damit die Dosisleistung in diesen Bereichen erniedrigt. Auch während des nunmehr abgeschlossenen Vorhabens setzten die Betreiber die Zinkdosierung mit entsprechenden Auswirkungen auf die Strahlenexposition des Personals fort; allerdings ist anzumerken, dass die Einflüsse

auf der Ebene der Jahreskollektivdosen des Personals aufgrund weiterer Einflussfaktoren wie z. B. des Revisionsumfangs nicht ohne Weiteres zu sehen sind. Indikatoren für den Erfolg sind eher Messungen der Dosisleistung an ausgewählten Messpunkten.

Ebenfalls wurde in den Vorgängervorhaben bereits darüber berichtet, dass in den deutschen Anlagen das schrittweise Abfahren der Reaktoren vor einer Revision (so genannter „Soft Shutdown“) gängige Praxis ist, um die Ablösung von Ablagerungen an den Brennelementen („CRUD“) zu vermeiden, die ansonsten in die Primärkreislaufkomponenten eingetragen werden und zu zusätzlichen Dosisleistungen führen. Ein weiteres Beispiel betrifft einen Siedewasserreaktor, bei dem als Folge einer Optimierung des Kernabbrandes die Dampfeuchte angestiegen war; dies führte zu einer entsprechenden Zunahme radioaktiver Aerosole in der Turbine und entsprechender Zunahmen der Dosisleistung im Maschinenhaus; als Maßnahme wurde die Fahrweise angepasst, um die Dampfeuchte wieder zu senken.

Während in der Vergangenheit in allen Anlagen eher Dekontaminationen von Teilsystemen durchgeführt wurden, haben in den letzten Jahren einige Anlagen damit begonnen, vollständige Systemdekontamination des Primärkreislaufes vorzunehmen. Hierdurch wird die Ortsdosisleistung während der aktuellen Revision, aber auch während zukünftiger Revisionen günstig beeinflusst. Planungswerte von mehreren Personen-Sievert werden hier als Dosisersparungen genannt. Hierbei ist zu beachten, dass die Funktionsfähigkeit aller Komponenten durch die bei der Dekontamination verwendeten Chemikalien nicht beeinflusst werden.

Im Zusammenhang mit den Systemdekontamination des Primärkreislaufes sei auf folgenden Aspekt hingewiesen: international wurde über Erfahrungen in Südkorea mit einer neuen Anlage berichtet, in der konsequent bereits vor der nuklearen Inbetriebnahme Zink dem Primärkreislaufmedium zugesetzt wurde. In dieser Anlage habe sich in den ersten Betriebsjahren ein Dosisleistungsniveau eingestellt, das demjenigen von DWR der 3. und 4. Generation vergleichbar sei, obschon die Auslegung nicht diesen Generationen entspräche.

Bereits in dem Vorgängervorhaben wurde über den internationalen Trend berichtet, sogenannte ALARA-Komitees einzurichten. Bereits seit vielen Jahren gehörten Strahlenschutzausschüsse oder Strahlenschutzkomitees in den meisten deutschen Anlagen zu den internen Institutionen, die bereichsübergreifend über Maßnahmen jenseits klassischer Strahlenschutzmaßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes beraten ha-

ben. Heute sind diese Ausschüsse und Komitees – teilweise unter Verwendung anderer Begriffe – in jeder Anlage vorhanden. Sie entsprechen auch einem in der IWRS II berücksichtigten Grundkonzept, nach dem eine frühzeitige Beteiligung aller von Änderungen- und Instandhaltungs- oder Reparaturmaßnahmen betroffenen Fachgebiete, einschließlich Strahlenschutz, zu einem frühen Planungszeitpunkt erforderlich ist, um den Strahlenschutz zu optimieren.

Wie bereits im Vorgängervorhaben berichtet, werden im Rahmen der bereichsübergreifenden Bemühungen auch Fragen zur Durchführung wiederkehrender Prüfungen angesprochen werden. Durch entsprechende Planung können insbesondere bei vor- und nachbereitenden Tätigkeiten Synergien im Sinne einer Expositionsreduzierung realisiert werden. Allerdings ergeben sich aus genehmigungstechnischen Vorgaben und Vorgaben des Regelwerkes zu Prüfzyklen und Umfang der einzelnen Prüfungen Einschränkungen für die Möglichkeiten einer quasi freien Planung. Um hier im Sinne des ALARA-Prinzips ein Optimum ohne jegliche Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit zu erreichen, bedarf es nicht nur der anlageninternen Planung, sondern auch der intensiven Absprache mit den zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und den jeweiligen Sachverständigen. Aus Sicht der GRS sollte weiterverfolgt werden, inwieweit Anlagen in Abstimmung mit ihren Behörden und Sachverständigen Prüfmaßnahmen weiter bündeln und so über einen mehrjährigen Zeitraum Dosis einsparen können und welche allgemeinen Schlussfolgerungen hieraus gezogen werden können.

Einen Einfluss auf die Exposition des Personals sowohl bei Betrieb als auch bei Stilllegung haben nicht zuletzt die Arbeitsplanung und der Arbeitsumfang. Zentral ist hierbei das Planungsverfahren nach der IWRS II-Richtlinie, das unter anderem einen systematischen Erfahrungsrückfluss fordert. Beispiele aus der Praxis verschiedener Anlagen zeigen, dass die Erfahrungen bei einzelnen Tätigkeiten (z. B. Wartung der Hauptkühlmittelpumpe) u. a. bei der Festsetzung von Planungswerten für eine Wiederholung berücksichtigt und hierdurch sukzessive Verbesserungen angestrebt werden. Eine Vielzahl der während einer Revision durchzuführenden Arbeiten erfolgt im Rahmen des routinemäßigen und nicht des speziellen Planungsverfahrens, so dass hier ein entsprechender Erfahrungsrückfluss angezeigt wäre, um Beiträge für eine weitere Dosisreduktion identifizieren zu können.

Während von Mitte der 1990er Jahre bis etwa 2004 der Einsatz von Fremdpersonal kontinuierlich gesunken ist, sind die Personenzahlen danach wieder leicht angestiegen. Bedingt ist dies u. a. durch umfangreichere Maßnahmen in einzelnen Kernkraftwerken.

Zu befürchten war seinerzeit, dass mit der Abnahme des Fremdpersonals die Exposition des verbleibenden, noch eingesetzten Fremdpersonals ansteigen würde. Die mittleren Personendosen zeigen einen entsprechenden langfristigen Trend jedoch nicht. Damit ergeben sich aus dem vorliegenden Datenmaterial zur anlagenbezogenen Strahlenexposition des Fremdpersonals nach wie vor keine Hinweise auf eine höhere Belastung des Fremdpersonals. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das Datenmaterial keine Auskunft zur Exposition der einzelnen Personen des Fremdpersonals für ein Jahr erlaubt, sondern nur auf einzelne Anlagen bezogen; hierzu müssen neue Datenquellen ausgewertet werden, die in den deutschen kerntechnischen Anlagen nicht verfügbar sind, sondern nur Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden oder Genehmigungsinhaber nach § 15 StrlSchV vorliegen.

4.2 Kernkraftwerke in Stilllegung

Bereits seit einigen Jahren werden in stillgelegten Anlagen systematisch umfassende Systemdekontaminationen durchgeführt, durch die das Dosisleistungsniveau nachhaltig verbessert werden kann. Im Vergleich zu Systemdekontaminationen bei Anlagen in Betrieb sind hierbei die sicherheitstechnischen Anforderungen im Allgemeinen geringer, so dass stärker abtragende Verfahren eingesetzt werden können.

Ebenfalls als Maßnahmen, auch des Strahlenschutzes, ist die Entnahme von unzerlegten Großkomponenten bis hin zu vollständigen Reaktordruckbehältern zu beobachten. Diese Vorgehensweisen erlauben die Zerlegung und Bearbeitung unter optimierten Bedingungen und stellen eine Möglichkeit zur Vermeidung von Strahlenexpositionen dar; ob allerdings eine Strahlenexposition vermieden werden kann, ergibt sich nur aus der Analyse des Einzelfalles und hängt u. a. auch davon ab, ob fernhantiert zerlegt werden muss bzw. wird oder ob das Personal Zerlegearbeiten in unmittelbarer Nähe zur Komponenten vornimmt. Eine datenmäßige Erfassung der Dosisersparung ist allerdings auf Grundlage der derzeitigen Expositionsdaten nicht möglich. Einerseits liegen die Planungsdaten für eine in-situ-Zerlegung nicht vor; andererseits wird die bei einer ex-situ Zerlegung anfallende Dosis nur dann im Dosimetriesystem des Anlagenbetreibers erfasst, wenn die Komponente am Standort zerlegt wird; bei langjähriger Zwischenlagerung über die Stilllegung hinaus oder bei Zerlegung in einer externen Anlage eines Dienstleisters (z. B. Studsvik, GNS) findet die Dosis keinen Eingang in die Expositionsdaten der stillgelegten Anlagen.

4.3 Kernkraftwerke im Nachbetrieb

Bei den Anlagen, die aufgrund der 13. Novelle des AtG im Jahr 2011 ihre Berechtigung zum Leistungsbetrieb verloren haben, ist mit Beginn des Nachbetriebs eine deutliche Reduzierung der Jahreskollektivdosen zu beobachten. Analog zu den Anlagen in Stilllegung werden bei diesen Anlagen vermehrt eine Systemdekontamination des Primärkreises vor Beginn des Rückbaus durchgeführt, um das Dosisleistungsniveau nachhaltig zu verbessern und die Strahlenexposition des Personals während des Rückbaus zu verbessern. Während der Laufzeit des Vorhabens wurden in fünf DWR und in drei SWR solch eine Systemdekontamination vorgenommen.

5 Teilnahme am nationalen und internationalen Erfahrungsaustausch

Im Hinblick auf die hohe Bedeutung des europäischen und internationalen Erfahrungsrückflusses zum Strahlenschutz in kerntechnischen Anlagen wurde ein intensiver Kontakt, Erfahrungs- und Datenaustausch auf europäischer und internationaler Ebene, vor allem durch eine intensive Mitarbeit im ISOE der OECD/NEA und IAEA gehalten. Wichtig ist dieses Vorgehen einerseits im Hinblick auf den europäischen Markt der Rückwirkungen auf den Personaleinsatz, insbesondere auch auf einen zunehmenden Einsatz ausländischen Fremd- und Fachpersonals haben können; andererseits können die Ergebnisse des Erfahrungsaustauschs in die Bewertung der internationalen Strahlenschutzpraxis einfließen und Erfahrungen aus der deutschen Praxis in die Arbeit internationaler Organisationen eingebracht werden.

Zum Vergleich der Ergebnisse des Strahlenschutzes auf nationaler und internationaler (OECD/EU-) Ebene ist eine möglichst einheitliche Kategorisierungen der Tätigkeitsbereiche und Tätigkeiten erforderlich. Dementsprechend war vorzusehen, im Rahmen der bestehenden Kontakte zu diesen Gremien weitere Beiträge zur Harmonisierung dieser Bereiche zu leisten, wobei aufgrund des Standes der ISOE-Software die Harmonisierung im Bereich der Stilllegung von Anlagen einen besonderen Schwerpunkt einnehmen sollte.

Durch Auswertung der verfügbaren internationalen Daten konnte eine Einordnung der DWR- und SWR-Anlagen der Bundesrepublik in die internationale Situation durch Vergleich der Kollektivdosen und der Daten der Dosis pro erzeugter Energie vorgenom-

men werden. Ende 2013 wurden die „Terms of References“ von ISOE dahingehend geändert, dass die ISOE-Datenbank für die Behörden vollständig geöffnet wurde und damit auch der tätigkeitsbezogene Teil international für Behörden einsehbar gemacht wurde. Auf einen internationalen Vergleich der Daten zu Schwerpunkten der tätigkeitsbezogenen Dosimetrie musste allerdings verzichtet werden, da in diesem Bereich die Datenverfügbarkeit aufgrund begrenzter Eintragungen – auch nach über 20 Jahren Betrieb der ISOE-Datenbank – auf internationaler Ebene noch relativ begrenzt ist.

Aufgrund der hohen Bedeutung des Fortschreibens der in ISOE bereits enthaltenen tätigkeitsbezogener Daten aus der Betriebsphase der Kernkraftwerke auch für die Stilllegungsphase, d. h. zur Sicherstellung eines konsistenten Übergangs, wurde seitens ISOE in der Vergangenheit versucht, eine international harmonisierte Kategorisierung auch für die Stilllegung im Rahmen der Working Group on Data Analysis (WGDA) im ISOE zu erarbeiten und zu etablieren. Bereits 2007 und 2008 erarbeitete eine Unterarbeitsgruppe einen Vorschlag bzgl. stilllegungsrelevanter Informationen, die bei der Datenerfassung zur Strahlenexposition in stillgelegten Kernkraftwerken berücksichtigt werden sollten. Damit sollte sichergestellt werden, dass die in ISOE erfassten Stilllegungsdaten bestmöglich die Grundlage für zielgerichtete Auswertungen bilden. Auf seiner Jahressitzung im November 2008 hatte das ISOE Management Board (MB) den angesprochenen Vorschlag im Grundsatz genehmigt, allerdings vor einer DV-technischen Realisierung die erneute, abschließende Abstimmung des Vorschlags mit den Betreibern der stilllegenden Kernkraftwerke im ISOE gefordert.

Im Rahmen der Vorläufervorhaben erörterte die GRS mit Vertretern deutscher stillgelegter Kernkraftwerke intensiv den Vorschlag auf einem Workshop im Mai 2010. Die hier vertretene deutsche Stilllegungspraxis empfahl dabei auf Grundlage ihrer Erfahrungen wesentliche Änderungen hinsichtlich des Detaillierungsgrades der zu sammelnden Expositionsdaten, um ein Sammeln von nicht-interpretationsfähigen Daten bei gleichzeitig sehr hohem Aufwand zu vermeiden. Die Ergebnisse des deutschen Prozesses wurden von der Unterarbeitsgruppe aufgegriffen und waren in eine wesentliche Überarbeitung des Vorschlags eingegangen, der dem ISOE Management Board in seiner Jahressitzung Ende 2011 erneut vorgelegt und vom ISOE Management Board zur DV-technischen Umsetzung genehmigt wurde.

Im Rahmen der Sitzung der WGDA im April 2012 wurden erste Schritte zur DV-technischen Umsetzung erörtert. Die neue Struktur der Datenerfassungssoftware wurde zunächst als EXCEL-Dateien umgesetzt und sollte in einer zweijährigen Testphase

erprobt werden, bevor es in die WEB-basierte Datenerfassungssoftware des ISOE eingebaut werden sollte. Auf der Sitzung der WGDA wurde nach Abschluss der Testphase im November 2014 auf Drängen einiger Länder beschlossen, zunächst bei der bisherigen Datenerfassungssoftware zu bleiben und die Diskussion einer Überarbeitung in die auf der MB-Sitzung neu gegründete ISOE-Arbeitsgruppe „Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants (WGDECOM)“ zu verlagern. Da es schwierig erscheint, eine gemeinsame Basis an Detaildaten zu finden, die von den einzelnen Ländern mit vertretbarem Aufwand erhoben werden können, erarbeitet die WGDECOM derzeit einen alternativen Ansatz. Die GRS hat i die im Vorläufervorhaben begonnene aktive Unterstützung der WGDECOM im Rahmen des laufenden Vorhabens weitergeführt.

Ergänzend zu den o. g. Auswertungen und Teilnahmen wurden die deutschen Interessen durch regelmäßige Teilnahme an den jährlichen Sitzungen des ISOE Management Boards sowie der halbjährlich stattfindenden Sitzungen der ISOE Working Group on Data Analysis (WGDA) vertreten und gewahrt.

Ebenso fand eine Teilnahme an dem zweijährlich stattfindenden europäischen ISOE-Symposium 2018 in Uppsala zum Informations- und Erfahrungsaustausch und zur Pflege der Kontakte statt. Die GRS war im Programmkomitee vertreten.

Vor dem Hintergrund der neuen europäischen Grundnormen im Strahlenschutz wurde im Jahr 2016 ein ISOE Regulatory-Body Representatives Meeting zum Thema „Legal Rules and Regulatory Requirements regarding determination of eye lens dose and other special types of doses from external exposure“ in Brüssel durchgeführt, auf dem die GRS die derzeit bestehende Situation in Deutschland vorstellte.

Ein weiteres ISOE Regulatory-Body Representatives Meeting zum Thema „Legal Rules and Regulatory Requirements regarding source term reduction in nuclear power plants“ fand 2018 im Rahmen des o. g. Symposiums in Uppsala statt, bei dem die GRS die derzeitige Situation in Deutschland vorstellte.

Weiterhin berichtete die GRS im Rahmen eines Vortrages über die „Externe Strahlenexposition des Personals, radioaktive Ableitungen und besondere Tätigkeitsschwerpunkte der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland“ auf der 37. Sitzung der Arbeitsgruppe 3 („Strahlenschutz“) der Deutsch-Schweizerischen Kommission im September 2016 in Köln.

6 Einsatz von ausländischem Fremdpersonal

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Sammlung und Analyse der Expositionsdaten sowie des gezielten Erfahrungsaustauschs auf nationaler und internationaler Ebene wurden im Vorhaben Fragen im Zusammenhang mit dem Strahlenschutz ausländischen Fremdpersonals bearbeitet.

Hierzu wurde im Rahmen dieses Arbeitspakets der aktuelle Sachstand bezüglich der Vorgehensweise zum Einsatz und zum Strahlenschutz ausländischen Fremdpersonals in deutschen Kernkraftwerken zusammengestellt. Neben direkten Anfragen bei den entsprechenden Ansprechpartnern der Anlagen wurden die Recherchen um eine Literaturrecherche ergänzt. Als Beispiel für eine internationale Herangehensweise wurde weiterhin der Sachstand in der Schweiz recherchiert.

Im Fokus des Arbeitspakets standen Fragen zur behördlichen Anerkennung von ausländischen Strahlenpässen und anderen amtlichen und nichtamtlichen Informationen über Vordosen, Gesundheitsstatus, Strahlenschutz Ausbildung oder die Einsatzmöglichkeiten von ausländischem Personal, wenn in Deutschland andere Grenzwerte oder Überwachungszeiträume gelten als in deren Herkunftsländern. In diesem Zusammenhang wurden drei Betreiber von Kernkraftwerken in Deutschland kontaktiert und befragt. Weiterhin wurde Kontakt zum Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) hergestellt, um die Vorgehensweise in der Schweiz zu erfahren.

Ziel war es, Beiträge zu eindeutigen Vorgehensweisen beim Einsatz von ausländischen Fremdpersonals in deutschen KKW zu leisten, die einen grenzüberschreitenden Strahlenschutz sicherstellen.

6.1 Allgemeine Einführung

In Deutschland werden Personen strahlenschutzüberwacht, die beruflich ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. In Deutschland unterliegen ca. 400.000 Personen der beruflichen Strahlenschutzüberwachung durch behördlich bestimmte Messstellen und Aufsichtsbehörden. Die grundsätzlichen Regelungen hinsichtlich des beruflichen Strahlenschutzes sind in folgenden Gesetzen und Verordnungen festgelegt /BFS 18/:

- im Atomgesetz,

- in der Strahlenschutzverordnung,
- in der Röntgenverordnung,
- in der Strahlenschutzregisterverordnung.

Diese Regelungen werden durch das neue Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und der hierauf beruhenden Rechtsverordnungen abgelöst. Das StrlSchG tritt schrittweise bis zum 31.12.2018 in Kraft. Dabei stellt die größte Änderung für den beruflichen Strahlenschutz in Deutschland die Einführung einer eindeutigen persönlichen Kennnummer für beruflich exponierte Personen dar.

In Deutschland haben ca. 70.000 Personen die Berechtigung, als sog. „Fremdpersonal“ in strahlenschutzüberwachten Kontrollbereichen fremder Betriebsstätten zu arbeiten, wo sie Reinigungs-, Handwerks-, oder Montagearbeiten, aber auch hochspezialisierte Tätigkeiten verrichten. Diese Personen müssen üblicherweise im Besitz eines gültigen Strahlenpasses sein. Dieser wird von dafür autorisierten Registrierbehörden der Bundesländer ausgestellt. Dabei werden die Ausgabe der Strahlenpässe und damit verbundene amtliche Vorgänge im Strahlenschutzregister zentral erfasst /BFS 18/.

6.2 Vorgehensweisen zum Einsatz ausländischen Fremdpersonals in deutschen Kernkraftwerken

Hinsichtlich der Verfahrensweise zum Einsatz ausländischen Fremdpersonals sind drei verschiedene Vorgehensweisen möglich, wie eine Antwort eines deutschen Betreibers nahelegt:

- 1) Der Einsatz von ausländischen Mitarbeitern ist deutschen bzw. ausländischen Firmen nur gestattet, wenn besagte Firmen über eine Genehmigung nach § 15 StrlSchV /SSV 17/ (bzw. zukünftig nach § 25 StrlSchG) verfügen, für ihre Mitarbeiter Strahlenpässe führen und amtliche Dosimeter bereithalten. Deutsche Firmen beantragen ihre Genehmigung nach § 15 StrlSchV bei der für den Sitz der Firma zuständigen Aufsichtsbehörde. Ausländische Firmen beantragen die besagte Genehmigung dort, wo die Firma erstmals tätig wird.
- 2) Der Strahlenschutzbeauftragte gestattet in Ausnahmefällen das Tätigwerden von ausländischen Mitarbeitern im Kontrollbereich, wenn diese eine Genehmigung nach § 15 StrlSchV nicht vorlegen können. Voraussetzung ist, dass Aufzeichnungen (ein „strahlenpassähnliches“ Dokument) über Strahlenexpositionen

nen vorgelegt werden, deren Inhalt den Aufzeichnungen im Strahlenpass entsprechen (die bisher applizierte Jahres- und Lebensdosis und ein Nachweis über die medizinische Unbedenklichkeit für einen Einsatz im Kontrollbereich, Gesundheitsstatus, Ausbildung). Falls der ausländische Mitarbeiter kein eigenes Personendosimeter mit sich führt, wird ihm neben dem betrieblichen elektronischen Dosimeter auch ein Dosimeter der amtlichen Messstelle zur Verfügung gestellt.

- 3) Kann seitens der ausländischen Firma kein beruflich strahlenexponiertes Personal gestellt werden, wird geprüft, ob ein Einsatz auf der Grundlage von § 46 StrlSchV (Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung) möglich ist. Die Entscheidung erfolgt in Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer im Kontrollbereich und der Dosisleistung vor Ort und ist eine Einzelfallentscheidung des Strahlenschutzbeauftragten (SSB). Tätigkeiten in Sperrbereichen sind ausgeschlossen.

In diesem Falle wird zwischen dem Betreiber und der Fremdfirma ein Vertrag zum Strahlenschutz abgeschlossen (ähnlich des Abgrenzungsvertrages nach §15 StrlSchV). Der Vertrag gilt dabei für die Dauer der in der Präambel beschriebenen Tätigkeit. Bestandteil dieses Vertrages ist weiterhin eine personengebundene Bestätigung für jeden zum Einsatz kommenden Mitarbeiter. Mit dieser personengebundenen Bestätigung bescheinigen der Mitarbeiter und der Personalverantwortliche gegenüber dem Betreiber, dass im laufenden Kalenderjahr noch kein Einsatz unter Einwirkung ionisierender Strahlen erfolgte bzw. teil dem Betreiber mit, welche Dosis der Mitarbeiter im laufenden Kalenderjahr bereits erhalten hat.

Die Strahlenschutzüberwachung wird dann durch den Betreiber organisiert. Vor der Arbeitsaufnahme erfolgt die übliche anlagenbezogene Strahlenschutzunterweisung und Inkorporationsmessung. Zur Dosisüberwachung werden dem Mitarbeiter ein amtliches Dosimeter der Messstelle und ein betriebliches nicht-amtliches Dosimeter ausgehändigt. Nach Beendigung der Tätigkeit stellt der Betreiber unverzüglich eine Bescheinigung über die ermittelte nicht-amtliche Dosis aus. Das Ergebnis der amtlichen Überwachung wird der Fremdfirma nach Vorlage der Ergebnisse seitens der amtlichen Messstelle schriftlich mitgeteilt.

Diese Verfahrensweise ist mit der zuständigen Aufsichtsbehörde abgestimmt.

Ein weiterer Betreiber gibt an, dass mit der zuständigen Behörde abgestimmt ist, ausländische Strahlenpässe bzw. die Aufzeichnungen aus anderen Ländern direkt als

Strahlenpass anzuerkennen. Dies bezieht sich auch auf die sonstigen Informationen in den jeweiligen Aufzeichnungen oder Strahlenpässen. Bei der Überprüfung der Vordosen gelten nach Aussage des Betreibers die Grenzwerte gemäß der deutschen StrlSchV. Sofern der ausländische Mitarbeiter kein eigenes Dosimeter mit sich führt, erhält dieser keinen Zugang zum Kontrollbereich des KKW. Darüber hinaus kommt nur strahlenexponiertes Personal der Kat. A oder B im Kontrollbereich zum Einsatz. Wenn seitens der ausländischen Firma kein beruflich strahlenexponiertes Personal für einen Einsatz im Kontrollbereich gestellt werden kann, so kann die Tätigkeit von dieser Firma nicht durchgeführt werden.

Bezgl. der Strahlenschutz Ausbildung wird als Orientierung die VGB-Empfehlung, in der die Mindestanforderungen zur Ausbildung für Strahlenschutzwerker bzw. Strahlenschutz-Techniker/Ingenieur geregelt sind, herangezogen.

Ein dritter Betreiber bestätigt das o.g. Vorgehen und verweist auf die Regelungen der eigenen Strahlenschutzordnung. Der Einsatz von ausländischen Mitarbeitern wird grundsätzlich nur gestattet, wenn sie über eine Firma tätig werden, die über eine Genehmigung nach § 15 StrlSchV verfügt und für ihre Mitarbeiter Strahlenpässe führt und amtliche Dosimeter bereithält. In Ausnahmefällen kann der der Strahlenschutzbeauftragte das Tätigwerden von ausländischen Mitarbeitern im Kontrollbereich gestatten, die diese Dokumente nicht vorlegen können.

Voraussetzung ist allerdings, dass Aufzeichnungen über Strahlenexpositionen vorgelegt werden, deren Inhalt den Aufzeichnungen im Strahlenpass entsprechen (die bisher applizierte Jahres- und Lebensdosis und ein Nachweis über die medizinische Unbedenklichkeit für einen Einsatz im Kontrollbereich). Falls der ausländische Mitarbeiter kein eigenes Personendosimeter mit sich führt, wird ihm neben dem betrieblichen elektronischen Dosimeter auch ein Dosimeter der amtlichen Messstelle zur Verfügung gestellt.

6.3 Vorgehensweisen zum Einsatz ausländischen Fremdpersonals in der Schweiz

Nach StSV Art. 72 (StSV: Schweizer Strahlenschutzverordnung) /StSV 18/ führt das Schweizer Bundesamt für Gesundheit (BAG) ein zentrales Dosisregister, das zum Zweck hat, die während der gesamten Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person in der Schweiz ermittelte Dosis zu registrieren. Auch bei nur vorübergehend in der

Schweiz tätigen Personen werden die in der Schweiz ermittelten Dosen registriert (Art. 83 /StSV 18/).

Weiterhin sind die von beruflich strahlenexponierten Personen im Auftrag schweizerischer Arbeitgeber bei Auslandeinsätzen akkumulierten Dosen, die nicht von einer Schweizer Personendosimetriestelle ermittelt wurden, direkt dem zentralen Dosisregister zu melden (/StSV 18/ Art. 64, Abs. 3).

Hinsichtlich des Einsatzes ausländischen Fremdpersonals in der Schweiz gibt es gewisse Parallelen zur deutschen Herangehensweise. Seit den letzten vier bis fünf Jahren müssen die ausländischen Arbeitskräfte über eine Schweizer Firma koordiniert werden. Die Kernkraftwerke schließen Abgrenzungsverträge mit diesen Firmen, die vergleichbar mit dem Abgrenzungsvertrag nach § 15 StrlSchV in Deutschland sind. Vertragsbestandteile sind dabei die Beschreibung der Tätigkeit, der Hinweis auf maßgebende Strahlenschutzvorschriften und was an weiteren Angaben benötigt wird (z. B. Strahlenpass mit Vordosen, Schutzanzugtauglichkeit, Strahlenschutzausbildung). Die beauftragte strahlenschutzsachverständige Person der Schweizer Firma (entsprechend dem SSB in Deutschland) kann im Einzelfall festlegen, ob die Fremdperson nach Art. 51 /StSV 18/ als beruflich strahlenexponiert oder als Person der Bevölkerung eingestuft wird. Bei beruflich strahlenexponierten Personen ist die im Kalenderjahr akkumulierte Vordosis, unabhängig ob die Exposition im Ausland oder in der Schweiz geschah, bei der Planung von Maßnahmen zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte mit zu berücksichtigen. Bei der Ermittlung der Strahlendosis sind die Vorgaben nach Art. 61 bis 65 /StSV 18/ zu beachten. Zur Ermittlung der externen Dosis in Kernanlagen hat jede beruflich strahlenexponierte Person mindestens ein Dosimeter einer schweizerischen, anerkannten Personendosimetriestelle zu tragen, welches von der Kernanlage zur Verfügung gestellt werden muss. Weiterhin kann die Anwendung zusätzlicher Dosimeter (elektronischer Personendosimeter, Extremitäten-Dosimeter) durch die Aufsichtsbehörde oder durch die strahlenschutzsachverständige Person gefordert werden. Die Ausbildung der Mitarbeiter liegt in der Verantwortung des Betreibers und ist in der /StSV 18/ der Schweiz geregelt. Für bestimmte Aufgaben im Strahlenschutz wird zusätzlich eine behördlich anerkannte Strahlenschutzausbildung auf der Basis der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung /StSAV 17/ verlangt. Hierzu gehört beispielsweise die Übernahme von Strahlenschutzaufgaben durch Strahlenschutzfachkräfte in Kernanlagen. Bezüglich Tätigkeiten im Kontrollbereich ist eine Unterweisung zum Strahlenschutz nicht ausreichend. Art. 174 /StSV 18/ besagt, dass Personen, die [...] in den Be-

reichen Medizin, Industrie und Kernanlagen tätig sind, eine anerkannte Strahlenschutzausbildung mit Prüfung benötigen.

Laut Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung der Schweiz /StSAV 17/ ist für die Anerkennung von im Ausland erworbenen Abschlüssen der Artikel 69a der Schweizer Berufsbildungsverordnung vom 19. November 2003 anwendbar. Der genannte Artikel besagt, dass das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) oder Dritte einen ausländischen Abschluss [...] anerkennen, wenn er im Vergleich mit dem entsprechenden schweizerischen Abschluss der Berufsbildung die folgenden Voraussetzungen erfüllt /StSAV 17/:

- die gleiche Bildungsstufe ist gegeben
- die Bildungsdauer ist gleich
- die Bildungsinhalte sind vergleichbar
- der ausländische Bildungsgang umfasst neben theoretischen auch praktische Qualifikationen oder es ist eine einschlägige Berufserfahrung vorhanden.

Falls der ausländische Abschluss zur Berufsausübung im Herkunftsstaat ausreicht, aber die o. g. Voraussetzungen nicht erfüllt sind, so sorgen das SBFI oder Dritte für Maßnahmen zum Ausgleich („Ausgleichsmaßnahmen“) der Unterschiede zwischen dem ausländischen und dem entsprechenden schweizerischen Abschluss in Form einer Eignungsprüfung oder eines Anpassungslehrgangs.

Eine Anerkennung einer ausländischen Ausbildung erfolgt laut /StSAV 17/, wenn ein Gesuch mit verschiedenen eingereichten Unterlagen (z. B. Nachweis über praktische Tätigkeiten) belegen, dass die Ausbildung den in der /StSAV 17/ festgelegten Anforderungen entspricht.

In /Sava 17/ wird festgestellt, dass temporär angestelltes Strahlenschutz-Fremdpersonal mit ausländischer Ausbildung Aufgaben als Strahlenschutzfachkraft oder -techniker im Strahlenschutz übernehmen darf, wenn dessen Ausbildung von vergleichbarem Niveau ist und es über die gesetzlichen Grundlagen in der Schweiz und die entsprechenden betriebsinternen Regelungen unterrichtet wurde. Weiterhin müssen den Betrieben Ausbildungsnachweise von Behörden oder behördlich anerkannten Institutionen vorliegen. Es liegt außerdem in der Verantwortung der Betriebe und der beauftragten Strahlenschutz-Sachverständigen, sich zusätzlich zu den vorgelegten Ausbildungsnachweisen ein Bild über die Fähigkeiten und Qualifikationen dieser Ar-

beitskräfte zu machen und die Übernahme von Strahlenschutzaufgaben adäquat zu kontrollieren. Für Fremdpersonal, das länger als drei Monate pro Kalenderjahr angestellt ist, gelten die Regelungen wie für fest angestelltes Personal.

6.4 Schlussfolgerungen

Für die deutschen Anlagen wird nach Aussage der Betreiber der Strahlenschutz ausländischen Fremdpersonals insbesondere dadurch sichergestellt, dass beauftragte Firmen eine Genehmigung nach § 15 StrlSchV vorweisen müssen und für ihre Mitarbeiter amtliche Dosimeter bereithalten.

Allerdings gibt es je nach Betreiber Ausnahmeregelungen. Wenn Mitarbeiter die geforderten Dokumente nicht vorlegen können, können alternativ Aufzeichnungen zur Strahlenexposition vorgelegt werden, die inhaltsmäßig jenen im Strahlenpass entsprechen müssen („strahlenpassähnliches“ Dokument).

Ein Teil der kontaktierten Betreiber gaben an, dass wenn ein ausländischer Mitarbeiter kein eigenes Personendosimeter mit sich führt, ihm Dosimeter zur Verfügung gestellt werden. Hier unterscheiden sich die Herangehensweisen der befragten Betreiber, denn in einem Fall erhält der ausländische Mitarbeiter ohne eigenes Dosimeter keinen Zugang zum Kontrollbereich eines KKW.

Weiterhin gab ein Betreiber an, dass falls die ausländische Firma kein beruflich strahlenexponiertes Personal stellen kann, evtl. ein Einsatz nach Einzelfallentscheidung des SBB möglich wird. Ein anderer Betreiber schließt diese Vorgehensweise aus und bietet nur strahlenexponiertem Personal (Kat. A oder B) Zugang zum Kontrollbereich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass zumindest bei den drei befragten Betreibern der KKW insoweit einheitlich vorgegangen wird, als dass üblicherweise Firmen mit ausländischen Mitarbeitern über eine Genehmigung nach § 15 StrlSchV oder ein „strahlenpassähnliches“ Dokument verfügen und amtliche Dosimeter bereithalten müssen. Je nach Betreiber gibt es jedoch gewisse Ausnahmefälle, die bis hin zu Einzelfallentscheidungen über den Einsatz von nicht beruflich strahlenexponiertem Personal in Kontrollbereichen reicht.

Informationen über und Anerkennung von entsprechenden Vordosen oder über den Gesundheitsstatus der Fremdarbeiter werden bei der Ausstellung des Strahlenpasses berücksichtigt bzw. sind im „strahlenpassähnlichen“ Dokument genannt. Als Konsequenz ermöglicht dieses Verfahren, dass die Grenzwerte in Deutschland eingehalten werden können, auch wenn in Deutschland andere Grenzwerte gelten als in den Herkunftsländern des Fremdpersonals.

7 Nicht kerntechnische Einrichtungen

Auf der Grundlage der Erfahrungen mit der Datenerhebung und -analyse in kerntechnischen Anlagen wurde geprüft, ob und gegebenenfalls welche Möglichkeiten bestehen, entsprechende Erhebungen über tätigkeitsbezogene Expositionen in nicht-kerntechnischen Einrichtungen nach StrlSchV /SSV 17/ und RöV /RÖV 14/ durchgeführt werden können. Der Schwerpunkt lag hierbei auf den dosisintensiven Anwendungen der Industrie (beispielhaft mobile Radiographie, siehe Abschnitt 7.1) und der Medizin (beispielhaft interventionelle Radiologie, siehe Abschnitt 7.2).

In einem ersten Schritt wurde im Rahmen einer Recherche der aktuelle Sachstand der Strahlenexposition auf nationaler Ebene im Bereich der mobilen Radiographie und interventionellen Radiologie erhoben. Hierzu wurden zunächst Kontakte zu Anwendern (z. B. über die entsprechenden Verbände) hergestellt, bzw. die bereits bestehenden Kontakte im Bereich der interventionellen Radiologie genutzt. Aufbauend auf den Erkenntnissen wurde die Möglichkeiten einer Erhebung der Strahlenexpositionsdaten geprüft.

7.1 Mobile Radiographie

Im Zusammenhang mit der Erhebung über tätigkeitsbezogene Expositionen im Bereich der mobilen Radiographie wurde im ersten Ansatz eine Internetrecherche durchgeführt und die Fachgesellschaft akkreditierter ZfP-Prüfstellen in der DGZfP (F-GZP) kontaktiert (ZfP: zerstörungsfreie Prüfung). Die F-GZP hat 50 Mitglieder, die sich mit zerstörungsfreier Materialprüfung auseinandersetzen.

7.2 Fragebogen zur Ermittlung der tätigkeitsbezogenen Exposition im Bereich der mobilen Radiographie

Die F-GZP war bereit, einen Fragebogen an ihre Mitglieder zu versenden, um einen Überblick über tätigkeitsbezogene Expositionen im Bereich der mobilen Radiographie zu erhalten. Abb. 7-1 zeigt einen Auszug aus dem an die F-GZP versendeten Fragebogen. Dieser enthält neben Informationen zur Strahlenexposition auch Daten zur Anzahl und Aktivität der beförderten Strahlenquellen pro Jahr, die im Rahmen eines weiteren Vorhabens ermittelt wurden. Für das vorliegende Vorhaben ist allerdings nur Punkt D (Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals im Bezugsjahr) relevant.

In diesem Zusammenhang sollte der Durchschnitts- bzw. der Maximalwert der jährlichen Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals im Jahr 2017 erfasst werden. Weiterhin sollten von den befragten Mitgliedern der F-GZP Angaben hinsichtlich der Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen gemacht werden.



Beförderung radioaktiver Strahlenquellen auf der Straße

Fragebogen zur Erfassung der Transportguteigenschaften, der Beförderungsbedingungen, des Transportaufkommens und der Strahlenexpositionen

Anmerkung: *Alle Angaben sind selbstverständlich freiwillig!*

A. Allgemeine Angaben zum Beförderer/Anwender und Erhebungszeitraum

Name/Firma, Adresse und Telefonnummer des Beförderers/Anwenders *):

Bezugsjahr der Angaben: 20__

B. Anzahl/Aktivität der beförderten Strahlenquellen im Bezugsjahr

Bei starker Variation der Quellstärken bitte sowohl Mittelwert als auch Minimum und Maximum angeben.

	Co-60	Cs-137	Ir-192	Se-75	Yb-169	Sonstige	Gesamt
Anzahl der beförderten Strahlenquellen							
Typische Aktivität [TBq] (Min – Max.)							
Transportkennzahl (TI)							
Transportbehälter (Typ A/B)							

D. Strahlenexpositionen des Transport- und Prüfpersonals im Bezugsjahr

Jährliche Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals [mSv/a]	Durchschnittswert:	
	Maximalwert:	
Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen		

Abb. 7-1: Auszug aus dem an die F-GZP versendeten Fragebogen

Trotz relativ frühzeitigen Versendens dieser Fragebögen an den Vorstand der F-GZP im Mai 2018 wurden die Fragebögen erst im Oktober 2018 an die entsprechenden Mitglieder weitergeleitet.

7.3 Ergebnisse der Fragebogenaktion

Aufgrund des späten Versandes an die Mitglieder des F-GZP lagen bis zum Vorhabensende nur wenige beantwortete Fragebögen vor.

Die folgenden Auszüge der vorliegenden ausgefüllten Fragebögen geben einen Einblick in die jährliche Strahlenexposition im Jahr 2017 des Transport- und Prüfpersonals der jeweiligen Unternehmen.

Unternehmen 1:

Jährliche Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals [mSv/a]	Durchschnittswert:	2,1mSV/a
	Maximalwert:	9,9mSV/a
Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen	Kat A Personen in 2017 64	

Unternehmen 2:

Jährliche Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals [mSv/a]	Durchschnittswert:	0,25
	Maximalwert:	0,9
Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen	13	

Unternehmen 3:

Jährliche Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals [mSv/a]	Durchschnittswert:	2,0
	Maximalwert:	14,4
Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen	250	

Unternehmen 4:

Jährliche Strahlenexposition des Transport- und Prüfpersonals [mSv/a]	Durchschnittswert:	2,9
	Maximalwert:	13,7
Gesamtzahl der überwachten und am Transport beteiligten Personen	300	

Ein weiteres Unternehmen gab folgende Gesamtwerte an für insgesamt 32 Mitarbeiter: 35,8 mSv/a (im Jahr 2016) bzw. 16,3 mSv/a (im Jahr 2016).

Im Ergebnis ist festzustellen, dass Erhebungen über tätigkeitsbezogene Expositionen im Bereich der Gammardiagnostik durchgeführt werden könnten. Die Maximalwerte der jährlichen Strahlenexposition des Transport- bzw. Prüfpersonals lagen bei ca. 14 mSv/a.

7.4 Interventionelle Radiologie

Die interventionelle Radiologie stellt in der Medizin ein relativ junges, aber stark wachsendes Feld dar. Hierbei werden sowohl diagnostische als auch therapeutische Techniken angewandt, bei denen die Visualisierung und Führung der verwendeten Instrumente (wie z. B. ein Katheter) mit Hilfe von Röntgenbildern bzw. -aufnahmen realisiert werden. Insbesondere in der Kardiologie gewinnt die interventionelle Radiologie stetig mehr an Bedeutung. So stieg das Untersuchungsaufkommen in Deutschland im Bereich der invasiven Kardiologie von etwa 670.000 im Jahr 1998 /BUU 10/ auf ca. 1.276.000 im Jahr 2016 /DEU 17/. Die Vielfältigkeit an Anwendungsmöglichkeiten, die unterschiedlichen Operationsdauern und die hohe Anzahl an Untersuchungen sind die Grundlage für die Komplexität der interventionellen Radiologie und können zu teils sehr hohen Expositionen des Personals führen. Insbesondere der primäre Untersucher, aber auch das restliche Personal im Interventionsraum, ist über viele Berufsjahre ionisierender (Streu-)Strahlung ausgesetzt /ADA 16/.

Die gesetzlichen Grundlagen für den Strahlenschutz des medizinischen Personals für die interventionelle Radiologie sind durch die Röntgenverordnung gegeben. Demnach ist es für das beruflich strahlenexponierte Personal nach § 31 RöV, welches sich im Kontrollbereich aufhält, nach § 35 RöV verpflichtend die Körperdosis zu ermitteln. Dies erfolgt, wie in Kernkraftwerken auch, mit Hilfe der amtlichen Dosimetrie. Aber auch in diesem medizinischen Feld wäre eine detailliertere Dosisermittlung, die erheblich über

die amtliche Dosimetrie und Tätigkeitskategorien der amtlichen Messstellen und des Strahlenschutzregisters hinausgeht, wünschenswert. So wäre z. B. eine Expositionserhebung nach bestimmten interventionellen Eingriffen oder eine Kategorisierung des Personals in primärer Untersucher, Assistent und/oder MTRA (medizinisch-technische radiologische Assistentin) denkbar. Auch die unterschiedliche Verwendung von verfügbaren Strahlenschutzmitteln könnte in die Auswertung einer betrieblichen Dosimetrie einfließen.

Zur Untersuchung, ob eine solche Datenerhebung mit Hilfe der betrieblichen Dosimetrie im Bereich der interventionellen Radiologie möglich ist, wurde in diesem Arbeitspaket eine erste Recherche durchgeführt. Hierfür wurden Medizinphysikexperten von vier großen Kliniken in Deutschland kontaktiert, die u. a. im Bereich der interventionellen Radiologie tätig sind, und ebenfalls im Bereich des Strahlenschutzes in der interventionellen Radiologie wissenschaftlich aktiv sind.

Das Ergebnis der Befragungen war bei allen vier Personen bzw. Kliniken übereinstimmend: Die berufliche Strahlenexposition des medizinischen Personals wird nicht kontinuierlich mit Hilfe einer betrieblichen Dosimetrie überwacht.

Hierbei gaben drei der Befragten an, dass das Personal der jeweiligen Klinik unter bestimmten Bedingungen mit zusätzlichen betrieblichen Dosimetern ausgestattet wird. Zwei der Befragten erklärten, dass z. B. schwangeres Personal zusätzlich zu den amtlichen Filmdosimetern mit aktiven, direktanzeigenden elektronischen Personendosimeter ausgestattet werden. Ein anderer Befragter gab an, dass helfende Personen und Gäste mit passiv-elektronischen Dosimetern ausgestattet werden, die vor Ort ausgelesen werden können.

Darüber hinaus existieren in drei der vier Kliniken sogenannte „Live-Monitoring“ Systeme. Hierbei trägt das medizinische Personal aktive Dosimeter am Torso auf der Strahlenschutzschürze. Die Dosimeter werden den jeweiligen Trägern zugeordnet. Die gemessene, aktuelle Dosisleistung der jeweiligen Personen wird auf einem Echtzeit-Monitor angezeigt. Dabei werden verschiedene Bereiche der Dosisleistungen farblich gekennzeichnet (grün: Dosisleistung ist im akzeptablen Bereich; gelb: bei einem längeren Aufenthalt an Orten mit dieser Dosisleistung sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition ergriffen werden; rot: bei Aufenthalten an Orten mit dieser Dosisleistung sollten direkt Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition ergriffen werden oder ein Ort mit geringerer Dosisleistung aufgesucht werden). Auf diese Weise

kann jede mit dem Monitor verbundene Person direkt sehen, ob er etwas an seiner Position/seinem Verhalten mit Hinblick auf eine möglichst geringe Strahlenexposition ändern muss. Die verfügbare, dazugehörige Software bietet in der Regel die Möglichkeit einer personalisierten Datenspeicherung und eines entsprechenden Dosismanagementsystems an. Allerdings erläuterten die Befragten, dass diese Systeme nicht zur regelmäßigen Erhebung der Expositionsdaten des Personals genutzt werden, sondern hauptsächlich in sogenannten Hybrid-OPs eingesetzt werden, in denen bildgebende Systeme wie z. B. mobile C-Bögen zum Einsatz kommen und meist mehr Personal als in einem ortsfesten Interventionsraum anwesend ist. Erschwerend kommt bei diesen Hybrid-OPs hinzu, dass das anwesende Personal ganz unterschiedliche Ausbildungen, insbesondere mit Hinblick auf den Strahlenschutz, hat. Daher werden die Systeme in den Hybrid-OPs genutzt, um die Mitarbeiter mit Hinblick auf eine gute Strahlenschutzpraxis und im Sinne des ALARA-Prinzips zu schulen. Eher selten kommen die „Live-Monitoring“ Systeme in ortsfesten Interventionsräumen zum Einsatz, die in der Regel mit ausreichenden Strahlenschutzsystemen ausgestattet sind und in denen Eingriffe mit im Allgemeinen standardisierten Abläufen durch, den Strahlenschutz betreffend, gut geschultes Personal durchgeführt werden. Weiterhin gab einer der Befragten an, dass der regelmäßige Einsatz dieser Systeme als betriebliche Dosimetrie in den vorhandenen Interventionsräumen bzw. Hybrid-OPs der Klinik auch eine Kostenfrage sei.

Des Weiteren ergab die Recherche eine unterschiedliche Handhabung der Ergebnisse der amtlichen Dosimetrieauswertung des Personals in den vier Kliniken. Eine Klinik hat hierzu keine Angaben gemacht. Eine weitere Klinik gab an, dass die Ergebnisse der amtlichen Dosimetrie ihres Personals in Papierform gesammelt und abgeheftet werden, wohingegen die zwei verbleibenden Kliniken softwarebasierte Dosismanagementsysteme verwenden, um die Expositionen ihres Personals zu verwalten. Eine dieser Kliniken hat aus ihrem Dosismanagementsystem anonymisierte Statistiken der Personendosen für das Jahr 2017 zur Verfügung gestellt. Auffällig hierbei ist, dass diese Statistiken nach den einzelnen Abteilungen der Klinik aufgeteilt sind. Dies ermöglicht eine Zuordnung der Personendosen zu den einzelnen Abteilungen beziehungsweise Tätigkeiten wie z. B. Anästhesie, Endoskopie, Herz-Thorax-Chirurgie, Physik etc., was über die standardmäßige Aufteilung der Tätigkeiten in der Medizin von den amtlichen Messstellen hinaus geht, die in der Regel nur zwischen Röntgendiagnostik (nur Aufnahmebetrieb - ohne Durchleuchtung/Intervention), Röntgendiagnostik (Durchleuchtung/Intervention und Aufnahmebetrieb), Nuklearmedizin (nur Diagnostik), Nuklearmedizin (Diagnostik und Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen), Strahlen-

therapie, Radiopharmazie/Labormedizin/Biochemie und Sonstige medizinische Tätigkeit oder Wahrnehmung von Aufgaben unterscheiden.

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass bei den angefragten Kliniken standardmäßig keine betriebliche Dosimetrie für die interventionelle Radiologie durchgeführt wird. Allerdings scheinen die in zwei Kliniken verwendeten Dosismanagementsysteme zur Erfassung der Ergebnisse der amtlichen Dosimetrie des Personals das Potential für eine gesteigerte Detailtiefe bei der Einteilung der tätigkeitsbezogenen Kategorien zu haben. Eventuell wäre hierüber auch eine Kategorisierung des Personals gemäß ihrer Aufgabe in der interventionellen Radiologie (primärer Untersucher, MTRA etc.) möglich. Um dies zu ermitteln, müssten noch weitere und umfassendere Studien durchgeführt werden. Weiterhin wäre man bei der Sammlung dieser Expositionsdaten des Personals auf die Kooperation der jeweiligen Kliniken angewiesen.

Auch die genannten „Live-Monitoring“ Systeme sind vielversprechende Methoden, über die eine detailliertere Kategorisierung des Personals in der interventionellen Radiologie möglich wäre. Dafür müssten diese Systeme aber zum einen noch häufiger eingesetzt werden, was zurzeit aus Kostengründen nicht realisiert wird, und zum anderen müssten diese nicht, wie aktuell verbreitet, nur als Strahlenschutz-Schulungsmittel verwendet werden, sondern auch von ihrer Funktion als personalisiertem Datenspeicher Gebrauch gemacht werden. Aber auch hier wäre man zur Sammlung dieser Daten auf die Kooperation der Kliniken angewiesen.

8 Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens 3615S22301 wurde die in Vorläufervorhaben begonnene Datensammlung, Dokumentation und Analyse der Daten zur beruflichen Strahlenexposition weitergeführt und die Ergebnisse in thematischen Berichten dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sich die Kollektivdosis der in Betrieb befindlichen Anlagen in den letzten Jahren auf einem niedrigen Niveau stabilisiert hat, wobei allerdings die Gesamt-Jahreskollektivdosis in den einzelnen Jahren deutlichen Schwankungen unterworfen ist. Diese Schwankungen sind unter anderem durch revisionsfreie Jahre einerseits und den Umfang der jährlichen Revisionsarbeiten andererseits bedingt. Durch die Abschaltung von acht Leistungsreaktoren im Jahr 2011 aufgrund der 13. Novelle des Atomgesetzes in Folge des Unfalls in Fukushima, hat sich die Jahreskollektivdosis in diesen Anlagen seitdem weiter reduziert. Die Strahlenexposition des Personals hat sich insgesamt verringert; dies ist sowohl durch den Trend der mittleren Personendosen als auch durch die Entwicklung in der Verteilung der anlagenbezogenen Individualdosen zu erkennen; dies gilt besonders beim Eigenpersonal, aber auch (wenngleich nicht in gleichem Umfang) für das Fremdpersonal.

Der Abbau der in Stilllegung befindlichen Anlagen lässt sich mit niedrigeren Jahreskollektivdosen im Vergleich zum Anlagenbetrieb durchführen. Die Gesamt-Jahreskollektivdosis aller in Stilllegung befindlichen Anlagen zeigt in den letzten Jahren eine fallende Tendenz, wobei Schwankungen infolge des individuellen Abbaufortschritts zu beobachten sind und dementsprechend verschiedene Anlagen in einzelnen Jahren unterschiedlich stark beitragen.

Für die einzelnen betrachteten Anlagen der Ver- und Entsorgung liegen die jeweiligen Jahreskollektivdosen im Bereich von bis zu einigen 10 Pers.mSv/a. Sie liegen damit weiterhin deutlich unterhalb der Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke in Betrieb.

Es wurde bei den Auswertungen deutlich, dass die Verfolgung der bestehenden Tendenzen bei den in Betrieb befindlichen Anlagen unter Gesichtspunkten laufender und künftiger Verbesserungsmaßnahmen weiterverfolgt werden sollte. Hierbei sollten die sich bei den im Nachbetrieb befindlichen Anlagen abzeichnenden Entwicklungen wie die zunehmende Durchführung einer Primärkreisdekontamination weiter verfolgt und

die bisherigen Daten weiter erfasst werden, um eine Kontinuität in den Daten, insbesondere hinsichtlich der tätigkeitsbezogenen Informationen, für die weitere Ableitung von Erfahrungen sicherzustellen.

Im Rahmen der Durchführung des aktuellen Vorhabens wurde die Mitarbeit an der seitens ISOE eingerichteten Arbeitsgruppe WGDECOM weitergeführt, die sich mit den Expositionsdaten bei Abbaumaßnahmen und solchen aus Behandlung und Transport von radioaktiven Abfällen und Ableitungen aus der Stilllegung befassen soll. Eine Teilnahme sollte im Rahmen eines Folgevorhabens weiter angestrebt werden.

9 Zusammenstellung der im Vorhaben erstellten Berichte und Vorträge

Erstellte Berichte

- /1/ T. Stahl, H. Eberhardt, S. Schneider, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte der in Stilllegung befindlichen
Kernkraftwerken in Deutschland bis zum Jahr 2014
GRS-A-3861
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /2/ T. Stahl, H. Eberhardt, S. Schneider, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte der in Stilllegung befindlichen
Kernkraftwerken in Deutschland bis zum Jahr 2015
GRS-A-3904
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /3/ T. Stahl, H. Eberhardt, S. Schneider, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte der in Stilllegung befindlichen
Kernkraftwerken in Deutschland bis zum Jahr 2016
GRS-A-3931
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /4/ T. Stahl, H. Eberhardt, A. Günther, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Anlagen der Ver- und
Entsorgung unter Betonung der Jahre 2014 und 2015
GRS-A-3879
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /5/ T. Stahl, H. Eberhardt, A. Günther, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2014 und ihre
internationale Einordnung
Band 1: Allgemeiner Teil: GRS-A-3901
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH

- /6/ T. Stahl, H. Eberhardt, A. Günther, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2014 und ihre
internationale Einordnung
Band 2: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Leistungsbetrieb, GRS-A-3878
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /7/ T. Stahl, H. Eberhardt, A. Günther, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2014 und ihre
internationale Einordnung
Band 3: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Nachbetrieb, GRS-A-3921
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /8/ T. Stahl, H. Eberhardt, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2015 und ihre
internationale Einordnung
Band 1: Allgemeiner Teil: GRS-A-3936
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /9/ T. Stahl, H. Eberhardt, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit
Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2015 und ihre
internationale Einordnung
Band 2: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Leistungsbetrieb, GRS-A-3937
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH

- /10/ T. Stahl, H. Eberhardt, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2015 und ihre internationale Einordnung
Band 3: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Nachbetrieb, GRS-A-3938
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /11/ T. Stahl, H. Eberhardt, H. Meyering, R. Roloff, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2016 und ihre internationale Einordnung
Band 1: Allgemeiner Teil: GRS-A-3939
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /12/ T. Stahl, H. Eberhardt, H. Meyering, R. Roloff, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2016 und ihre internationale Einordnung
Band 2: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Leistungsbetrieb, GRS-A-3940
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /13/ T. Stahl, H. Eberhardt, H. Meyering, R. Roloff, O. Tiessen
Die Strahlenexposition der Arbeitskräfte in deutschen Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren seit 1990 unter Betonung der Jahre 2016 und ihre internationale Einordnung
Band 3: Anlagenspezifischer Teil
– Anlagen im Nachbetrieb, GRS-A-3941
VS - NUR FÜR DEN DIENSTGEBRAUCH
- /14/ B. Brendebach
Reisebericht über die Teilnahme am Treffen der “Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants (WGDECOM)” vom 18. bis 22.04.2016 in Lisle, Zion, Kewaunee, Green Bay, USA

/15/ B. Brendebach
Reisebericht über die Teilnahme am Treffen der “Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants (WGDECOM)” vom 03. bis 06.10.2016 in Studsvik und Lund, Schweden

/16/ B. Brendebach
Reisebericht über die Teilnahme am Treffen der “Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants (WGDECOM)” vom 25. bis 28.04.2017 in Madrid und Zorita, Spanien

Vorträge und Konferenzbeiträge

/17/ T. Stahl,
ISOE annual report 2014, Germany,
ISOE Management Board, Wien, 18. November 2015

/18/ T. Stahl,
Legal Rules and Regulatory Requirements regarding DETERMINATION OF EYE LENS DOSE AND OTHER SPECIAL TYPES OF DOSES FROM EXTERNAL EXPOSURE – Situation in Germany,
Vortrag im Rahmen des Regulatory Body Representative Meeting, Brüssel, 31. Mai 2016

/19/ T. Stahl, H. Eberhardt,
Externe Strahlenexposition des Personals, radioaktive Ableitungen und besondere Tätigkeitsschwerpunkte der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland,
Vortrag im Rahmen der 37. Sitzung der AG 3 „Strahlenschutz“ der Deutsch-Schweizerischen Kommission, Köln, 08. September 2016

/20/ B. Brendebach
FAQ
Vortrag im Rahmen der 4. Sitzung der WGDECOM, 3.-6. Oktober 2016, Schweden

- /21/ T. Stahl,
Country Report Germany 2015,
ISOE Management Board, Paris, 1. Dezember 2016
- /22/ T. Stahl,
Country Report Germany 2016,
ISOE Management Board, Paris, 8. November 2017
- /23/ T. Stahl,
Tätigkeitsbezogene Exposition und Ableitungen kerntechnischer Anlagen,
Vortrag zur Sitzung des SSK Ausschuss 7, 10. April 2018, Bonn
- /24/ T. Stahl,
Legal Rules and Regulatory Requirements regarding SOURCE TERM
REDUCTION IN NUCLEAR POWER PLANTS – Situation in Germany,
Vortrag im Rahmen des Regulatory Body Representative Meeting, Uppsala,
25. Juni 2018

Literaturverzeichnis

- /ADA 16/ Adamus, R., Loose, R., Wucherer, M., Uder, M., Galster, M.: Strahlenschutz in der interventionellen Radiologie. Der Radiologe, Bd. 56, Nr. 3, S. 275–281, DOI 10.1007/s00117-016-0083-0, 2016.
- /BFS 18/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Berufliche Strahlenschutzüberwachung in Deutschland. erreichbar unter http://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/beruf/einfuehrung/einfuehrung_node.html, abgerufen am 24. Oktober 2018.
- /BUU 10/ van Buuren, F.: 25. Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. Der Kardiologe, Bd. 4, Nr. 6, S. 502–508, DOI 10.1007/s12181-010-0297-8, 2010.
- /DEU 17/ Deutsche Herzstiftung e.V., D. H. (Hrsg.): Deutscher Herzbericht 2017, 29. Deutscher Herzbericht 2017/Sektorenübergreifende Versorgungsanalyse zur Kardiologie, Herzchirurgie und Kinderherzmedizin in Deutschland. 2017.
- /EU 13/ Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom
- /RÖV 14/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung - RöV) in der Fassung vom 8. Januar 1987, zuletzt geändert 10. Dezember 2014 (BGBl. I 2014, Nr. 58, S. 2010).
- /SSV 17/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) in der Fassung vom 20. Juli 2001, zuletzt geändert 27. Januar 2017 (BGBl. I 2017, Nr. 5, S. 114).
- /StSAV 17/ Verordnung des EDI über die Aus- und Fortbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung) in der Fassung vom 1. Januar 2018, zuletzt geändert 26. April 2017.

/StSV 18/ Strahlenschutzverordnung (StSV) (StSV), zuletzt geändert 1. Januar 2018.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.2-1	Gesamt-Jahreskollektivdosen des Eigen- (EP) und Fremdpersonals (FP) und Anzahl der in Betrieb bzw. im Nachbetrieb (Anlagen, die 2011 abgeschaltet wurden) befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990	12
Abb. 3.2-2	Gesamtpersonal der in Betrieb/Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990.....	13
Abb. 3.2-3	Entwicklung der mittleren Personendosis des Eigenpersonals und des Fremdpersonals in mSv/a (für das Fremdpersonal: in mSv/Anlagenbesuch) seit 1990	14
Abb. 3.2-4	Verteilung der Individualdosis des Eigenpersonals der in Betrieb und Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990	15
Abb. 3.2-5	Verteilung der anlagenbezogenen Personendosis des Fremdpersonals der in Betrieb und Nachbetrieb befindlichen Leistungsreaktoren (DWR und SWR) seit 1990.....	15
Abb. 3.2-6	Gesamt-Jahreskollektivdosis, aufgelöst nach Eigen- und Fremdpersonal, aller im jeweiligen Jahr als „in Stilllegung“ eingestufteten Anlagen	17
Abb. 3.2-7	Entwicklung der Gesamtzahl des eingesetzten Eigen- und Fremdpersonals der im jeweiligen Jahr in Stilllegung befindlichen Anlagen	18
Abb. 3.2-8	Gesamt-Jahreskollektivdosen der Anlagen der Ver- und Entsorgung	19
Abb. 3.2-9	Personenzahl der Anlagen der Ver- und Entsorgung (nach Eigen- und Fremdpersonal).....	20
Abb. 3.2-10	Akkumulierte Kollektivdosis der am ISOE-System beteiligten Anlagen in den Regionen des ISOE-Systems und Anzahl der beitragenden Blöcke	22
Abb. 3.2-11	Gesamt-Jahreskollektivdosis der beteiligten Anlagen nach Regionen (linke Bezugsachse) und Anzahl der beitragenden Blöcke (rechte Bezugsachse)	23
Abb. 3.2-12	Mittlere Jahreskollektivdosis der beteiligten Anlagen nach Regionen.....	24
Abb. 3.2-13	Mittlere Jahreskollektivdosis der in Europa genutzten Reaktortypen (logarithmische Darstellung)	25

Abb. 3.2-14 Mittlere Kollektivdosen der Reaktoren in ausgewählten Ländern. Oben rechts ist ein Ausschnitt der Jahre von 2006 bis zum aktuellen Berichtsjahr.	26
Abb. 3.2-15 Mittlere Kollektivdosis der DWR für verschiedene Länder, Teil I	27
Abb. 3.2-16 Mittlere Kollektivdosis der DWR für verschiedene Länder, Teil II	27
Abb. 3.2-17 Mittlere Kollektivdosis der DWR in Deutschland seit 1990 nach Generationen	28
Abb. 3.2-18 Mittlere Kollektivdosen der SWR für verschiedene Länder, Teil I	29
Abb. 3.2-19 Mittlere Kollektivdosen der SWR für verschiedene Länder, Teil II	30
Abb. 7-1: Auszug aus dem an die F-GZP versendeten Fragebogen.....	48

Abkürzungsverzeichnis

ALARA	As Low As Reasonable Achievable
AP	Arbeitspaket
AtG	Atomgesetz
AVR	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich
BE	Brennelement
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CANDU	CANada Deuterium Uranium (Schwerwasserraktor)
DV	Datenverarbeitung
DWR	Druckwasserreaktor
EP	Eigenpersonal
EU	Europäische Union
FP	Fremdpersonal
IAEA	Internationale Atomenergie-Organisation
ISOE	Information System on Occupational Exposure
ISOEDAT	(Daten-Akquisitionsssoftware des ISOE)
KGR	Kernkraftwerk Greifswald
KKR	Kernkraftwerk Rheinsberg
KKS	Kernkraftwerk Stade
KKW	Kernkraftwerk
KMK	Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich
KNK-II	Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KRB-A	Kernkraftwerk Gundremmingen, Block A
KWL	Kernkraftwerk Lingen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
KWW	Kernkraftwerk Würgassen

MADRAS	(Daten-Auswerte-Software des ISOE)
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
OECD/NEA	Nuclear Energy Agency der OECD
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SWR	Siedewasserreaktor
THTR	Thorium-Hoch-Temperatur-Reaktor
VGB	VGB PowerTech e. V.
WGDA	Working Group on Data Analysis (Arbeitsgruppe des ISOE)
WGDECOM	Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at Nuclear Power Plants (Arbeitsgruppe des ISOE)
WKP	Wiederkehrende Prüfungen
WWER	Wasser-Wasser-Energie-Reaktor

Verteiler 3615S22301

Fortschreibung der Untersuchung und Bewertung der tätigkeitsbezogenen Strahlenexposition in Anlagen nach AtG, standortnahen Zwischenlagern für radioaktive Abfälle und nicht-kerntechnischen Einrichtungen nach StrlSchV und RöV

Druckexemplare:

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Fachgebiet MB 4 (Herr Lothar Kammerer) 1 x

Abteilung Z (Bibliothek) 1 x

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Bibliothek (LAN) 1 x

Autoren (STL, EBE, FIB, GUA, SSE, TIS) 6 x

Gesamt 9 x

PDF-Version:

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Fachgebiet MB4 (Herr Lothar Kammerer) lkammerer@bfs.de 1 x

AG-K, AG-K@bfs.de 1 x

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Geschäftsführer (STJ, SUW) 2 x

Bereichsleiter (KUS, FIL) 2 x

Abteilungsleiter (THI) 1 x

Autoren (STL, EBE, FIB, GUA, SSE, TIS) 6 x

Projektcontrolling (VLA) 1 x

TECDO (NIT) 1 x

Gesamt 16 x