Forschung zu Aufbau und Betriebsweisen von Lüftungssystemen in Kernkraftwerken und deren sicherheitstechnische Bedeutung während Betrieb und Rückbau

GRS - 663

Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) gGmbH

Forschung zu Aufbau und Betriebsweisen von Lüftungssystemen in Kernkraftwerken und deren sicherheitstechnische Bedeutung während Betrieb und Rückbau

Marc Foldenauer
Christian Lambertus
Richard Spanier
Clemens Heitsch

Dezember 2021

Anmerkung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) unter dem Kennzeichen 4719R01351 durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der GRS.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der GRS wieder und muss nicht mit der Meinung des BMU übereinstimmen.

GRS - 663
ISBN 978-3-949088-54-4

Deskriptoren

Änderungsanträge, Luftfilter, Lüftungssysteme, mobile Filteranlagen, Nachbetrieb, nukleare Lüftung, Restbetrieb, Rückbau, Stilllegung

Kurzfassung

Im ersten Kapitel dieses Berichts werden zunächst betriebliche Randbedingungen für einen generischen Druckwasserreaktor als Ausgangspunkt einer schutzziel- und nuklearen lüftungssystemorientierten Betrachtung des Nach- und Restbetriebes festgelegt. Die dabei zu berücksichtigenden Schutzziele und Sicherheitsfunktionen entsprechend dem kerntechnischen Regelwerk und die Definition verschiedener Phasen des Nach- und Restbetriebs bilden den Übergang des Unterkapitels bevor anhand der regulatorischen Vorgaben eine generalisierte Ereignisanalyse mit Bezug zu nuklearen Lüftungssystemen vorgenommen wird. Die Ereignisanalysen dienen der Identifizierung der Phasen für die (Teil-) Systeme der nuklearen Lüftung benötigt werden.

Das zweite Kapitel stellt den rechtlichen Rahmen und das generelle Vorgehen bei nichtwesentlichen Änderungen dar, welche Kategorien nicht wesentlichen Änderungen zugeordnet werden und wie die Aufsichtsbehörden in diesen Prozess eingebunden sind, da Änderungen an den Lüftungssystemen während der Stilllegung systemspezifisch als nicht wesentliche Änderungen angezeigt werden. Nach einer Abhandlung der hierbei zu berücksichtigenden allgemeinen und spezifischen Anforderungen für Änderungen an lüftungstechnischen Anlagen aus regulatorischen Vorgaben wird anschließend die Bewertungspraxis anhand der Strukturen von Änderungsanzeigen und Gutachten erläutert, sowie zum Abschluss des Kapitels die für Änderungen an lüftungstechnischen Systemen besonderen Aspekte benannt.

Im dritten Kapitel des Berichts werden die nuklearen Lüftungssysteme eines generischen Druckwasserreaktors beschrieben und deren Anpassungen im Rahmen der Stilllegung.

Da die Rückhaltung von kontaminierten Medien wie Schwebstoffen, aktivierten Stäuben und weiterer gesundheitsgefährdender Gefahrstoffe im Betrieb und Stilllegung in Lüftungssystemen v. a. durch Filter sichergestellt wird, werden im fünften Kapitel die verschiedenen zum Einsatz kommenden Filter, sowie deren Klassifizierung unter Nennung der relevanten Normen vorgestellt.

Das abschließende Kapitel dieses Berichts behandelt Tätigkeiten des Abbaus bei denen zusätzliche bzw. Ersatzmaßnahmen für Lüftungsanlagen zum Einsatz kommen und stellt dies anhand von Ausführungsbeispielen dar.

Abstract

In the first chapter of this report, operational boundary conditions for a generic pressurized water reactor are defined as the starting point for a safety objective and nuclear ventilation-system-oriented consideration of post- and residual operation phases. The safety objectives and safety functions to be considered according to the nuclear regulations and the definition of different phases of post- and residual operation phases form the transition of the chapter before a generalized event analysis with reference to nuclear ventilation systems is performed on the basis of the regulatory specifications. The event analyses serve to identify the phases for which (sub)systems of nuclear ventilation are required.

The second chapter presents the legal framework and the general procedure for non-substantial changes, which categories are assigned to non-substantial changes and how the regulatory authorities are involved in this process, since changes to the ventilation systems during decommissioning are indicated as non-substantial changes on a system-specific basis. After a discussion of the general and specific requirements for changes to ventilation systems stemming from regulatory requirements that must be taken into account, the evaluation practice is explained on the basis of the structures of change notifications and expert opinions. The chapter concludes by identifying the aspects that are specific to changes to ventilation systems.

The third chapter of the report describes the nuclear ventilation systems of a generic pressurized water reactor and the changes made or to be made to them during decommissioning.

Since the retention of contaminated media such as aerosols, activated dusts as well as further hazardous substances during NPP operation and decommissioning is ensured primarily by filters in the ventilation systems, the fifth chapter presents the various filters used and their classification, as well as the relevant standards.

The final chapter of this report deals with dismantling activities in which additional or substitute measures for ventilation systems are used and illustrates this by means of examples of implementation.

Einleitung und Zielsetzung

In Kernkraftwerken gibt es verschiedene Lüftungssysteme mit vielfältigen sicherheitstechnisch wichtigen und betrieblichen Aufgaben (z. B. Unterdruckhaltung, Wärmeabfuhr, Rückhaltung luftgetragener radioaktiver Stoffe, Vermeidung / Abführung gefährlicher Gasgemische, Brandschutz), die in vielen Fällen auch während der Stilllegung benötigt werden. Allerdings kommen diese Systeme dann häufig unter geänderten Randbedingungen und mit neuen Zielsetzungen zum Einsatz. So können sich die Betriebsweisen ändern (z. B. gerichtete Strömung statt Druckstaffelung), aber auch andere Belastungen auftreten (z. B. mögliche stärkere Belastung mit luftgetragenen radioaktiven Stoffen oder Schadstoffen wie Asbest während des Abbaus). Daraus können sich neue Fragestellungen von sicherheitstechnischer und radiologischer Bedeutung ergeben.

Während des Rückbaus kommen aber nicht zuletzt wegen der erwähnten sich ändernden Anforderungen sowie der baulichen Veränderungen häufig auch zusätzliche Lüftungsanlagen oder Ersatzsysteme statt der ursprünglich vorhandenen Lüftungssysteme zum Einsatz, die zudem auch als mobile Systeme konzipiert sein können. Auf Grund der Bedeutung der Lüftungssysteme für den Einschluss radioaktiver Stoffe sowie der Vermeidung unnötiger Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung sind diese vielfältigen, in der Regel zudem anlagenspezifischen Lösungen von besonderem sicherheitstechnischem Interesse.

In diesem Vorhaben werden die lüftungstechnischen Einrichtungen sowie die zugehörigen Maßnahmen und Aufgaben, die während der Stilllegung zum Einsatz kommen, recherchiert. Ziel ist es, kompetente Schlussfolgerungen zu sicherheitstechnischen und radiologischen Fragestellungen in Bezug auf lüftungstechnische Einrichtungen treffen zu können, die während Stilllegung und Rückbau benötigt werden bzw. zum Einsatz kommen. Der Fokus liegt hierbei auf einem generischen Druckwasserreaktor (DWR). Dies begründet sich zum einen in der Mehrzahl der in Deutschland in Betrieb und Stilllegung befindlichen DWR im Vergleich zu Siedewasserreaktoren (SWR) und zum anderen in der Vergleichbarkeit der zum Einsatz kommenden Lüftungssysteme im DWR, obwohl es auch hier sowohl Baureihen-, als auch anlagenspezifische (Detail-)Unterschiede gibt. Darüber hinaus sind die DWR der Konvoi-Baureihe die letzten in Betrieb befindlichen Anlagen, die in Stilllegung gehen, woraus sich eine zeitliche höhere Relevanz für diesen Anlagentyp bzgl. der lüftungstechnischen Einrichtungen, die während der Stilllegung zum Einsatz kommen, ergibt.

Im Ergebnis dieser Arbeiten werden die lüftungstechnischen Einrichtungen und Maßnahmen bei der Stilllegung dezidiert dargestellt sowie die Vorgehensweise bei Änderungen an diesen Systemen und dabei zu berücksichtigende Aspekte aufgezeigt. Durch diesen Wissensaufbau zu stilllegungsrelevanten lüftungstechnischen Einrichtungen wird der Erhalt und der weitere Aufbau der Kompetenzen der GRS sichergestellt.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung ..... **I**

Abstract ..... **II**

Einleitung und Zielsetzung ..... **III**

1 Schutzziele und Sicherheitsfunktionen in Nachbetrieb, Restbetrieb und Abbau **1**

1.1 Randbedingungen 3

1.2 Schutzziele, Sicherheitsfunktionen und Phasen des Nach- und Restbetriebs 3

1.2.1 Schutzziele und Sicherheitsfunktionen 3

1.2.2 Phasen des Nach- und Restbetriebs 5

1.3 Generalisierte Ereignisanalyse mit Bezug zu Lüftungssystemen 8

1.3.1 Ereignisspektrum des Nach- und Restbetriebs 11

1.3.2 Ereignisanalysen 14

2 Vorgehensweise bei Bewertung und Umsetzung von Anlagenänderungen **69**

2.1 Änderungsverfahren bei nicht wesentlichen Änderungen 71

2.2 Allgemeine Anforderungen an Änderungsanträge 73

2.3 Spezielle Anforderungen an Änderungsanträge bzgl. lüftungstechnischer Anlagen 77

2.4 Bewertungspraxis 86

3 Lüftungssysteme des Druckwasserreaktors **89**

3.1 Zuluftsysteme 89

3.1.1 Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage 90

3.1.2 Zuluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum 91

3.1.3 Zuluftstränge Reaktorsicherheitsbehälter 91

3.1.4 Zuluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude 95
3.1.5 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Zuluftsysteme 97
3.2 Ab- / Fortluftsysteme 98
3.2.1 Fortluftanlage 98
3.2.2 Abluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum 100
3.2.3 Abluftstrang Unterdruckhaltung Reaktorsicherheitsbehälter 101
3.2.4 Abluftstrang Spülluft Reaktorsicherheitsbehälter 102
3.2.5 Abluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude 103
3.2.6 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Ab- / Fortluftsysteme 105
3.3 Filteranlagen 107
3.3.1 Umluftfilteranlage der großen Anlagenräume 108
3.3.2 Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter 108
3.3.3 Bedarfsfilteranlage 109
3.3.4 Systemluft einschließlich Filteranlage 110
3.3.5 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Filteranlagen 113
3.4 Umluftanlagen 114
3.4.1 Umluftanlagen Reaktorsicherheitsbehälter 114
3.4.2 Umluftanlagen Reaktorgebäude-Ringraum 115
3.4.3 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Umluftanlagen 117

4 Luftfilter 119
4.1 Filter und Filterklassen 119
4.2 Grob- und Feinstaubfilter 120
4.3 Schwebstofffilter 122
4.4 Jodfilter 127

5 Tätigkeiten des Abbaus bei denen zusätzliche bzw. Ersatzmaßnahmen für Lüftungsanlagen zum Einsatz kommen 129
5.1 Einhausungen und mobile Filteranlagen 129
5.2 Ersatzmaßnahme / Ersatzsysteme 132
5.3 Ausführungsbeispiele 133
5.3.1 Entschichtungsarbeiten 133

5.4 Austragschleusen 134
5.4.1 Zerlegebereiche oder Zerlegecontainer 134
5.4.2 RDB-Zerlegung 136
5.4.3 Biologischer Schild 138
5.4.4 Zusätzliche Lüftungseinrichtungen 140
5.4.5 Externe Ersatzlüftungssystem 140

6 Zusammenfassung 143

Literaturverzeichnis 147

Abbildungsverzeichnis 155

Tabellenverzeichnis 157

1 Schutzziele und Sicherheitsfunktionen in Nachbetrieb, Restbetrieb und Abbau

Auch nach Beendigung des Leistungsbetriebes von Kernkraftwerken ist die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden sicherzustellen. Dazu müssen die im Leistungsbetrieb erforderlichen Einrichtungen auch nach Beendigung des Leistungsbetriebs die Einhaltung der Schutzziele mit der erforderlichen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit sicherstellen /ESK 20a/.

Dies ist unabhängig von der im Einzelfall gewählten bzw. bereits in Umsetzung befindlichen Stilllegungsstrategie (direkter Abbau oder sicherer Einschluss).

Bis zur Erteilung der (ersten) Stilllegungsgenehmigung befinden sich Anlagen mit weiterhin gültiger Betriebsgenehmigung, aber ohne Berechtigung zum Leistungsbetrieb, in einer Betriebsphase, die auch vereinfacht „Nachbetriebsphase“ bzw. „dauerhafter Nichtleistungsbetrieb“ genannt wird. Der Restbetrieb beginnt formal nach Erteilung und Nutzung der Stilllegungsgenehmigung /BMU 14/.

Mit der endgültigen Beendigung des Leistungsbetriebs sinkt das grundsätzliche Gefahrenpotenzial für die Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Aufgrund dessen und aufgrund der Veränderungen des Anlagenzustands mit Übergang in die Nachbetriebsphase ist es nicht erforderlich, das gesamte Spektrum der im Leistungsbetrieb benötigten sicherheitstechnisch wichtigen Systeme verfügbar zu halten, um einen sicheren Nachbetrieb der Anlage zu gewährleisten. Aus diesem Grund wird in vielen Anlagen mit der Außerbetriebnahme / Freischaltung von Systemen schon während des Nachbetriebs begonnen. /BMU 14/

Dies trifft auch auf die im Rahmen dieses Vorhabens untersuchten nuklearen Lüftungsanlagen in Kernkraftwerken zu. Zum einen stellen Teile der Lüftungsanlage die Einhaltung von Schutzzielen in Nachbetrieb, Restbetrieb und Abbau sicher, zum anderen werden manche (Teil-) Systeme der Lüftungsanlagen nach Beendigung des Leistungsbetriebes nicht mehr benötigt. Die Einhaltung der Schutzziele, der Vermeidung unnötiger Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung (§ 8 StrlSchG) /SSG 21/, der Einschluss radioaktiver Stoffe und das ALARA-Prinzip werden hierbei vom deutschen Regelwerk /BMU 15a/ und der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEO explizit während der Stilllegung gefordert. Hierbei sind v. a. die schutzzielorien-

tierte Betrachtung des aktuellen Anlagenzustandes der KTA-Regel 3601 „Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken“ /KTA 17a/ und die DIN 25496 „Lüftungstechnische Komponenten in Kernkraftwerken“ /DIN 13/ zu beachten.

Die KTA-Regel 3601 „Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken“ ist entsprechend Anhang 2 des Leitfadens zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes /BMU 21/ der Kategorie I zugeordnet, d. h. die Regel ist in der gesamten Stilllegung unter Betrachtung des aktuellen Anlagenzustandes und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen. Dies führt dazu, dass gegebenenfalls einzelne Regelungsinhalte bei der Stilllegung nicht mehr relevant sind. Entsprechend der Erläuterungen im Anhang 3 des Leitfadens /BMU 21/ sind im Allgemeinen die Anforderungen des Kapitels 3 „Anforderungen an das Konzept von lüftungstechnischen Anlagen“ der KTA-Regel 3601 einzuhalten. Weiterhin wird ausgesagt, dass die in der KTA-Regel 3601 Kapitel 4 „Einteilung der lüftungstechnischen Anlagen nach Lüftungsklassen“ angegebene Lüftungsklasse 2 nach Abtransport des Kernbrennstoffs ausreichend ist, da der Schwerpunkt der Stilllegung sich auf den Einschluss radioaktiver Stoffe beschränkt und bei der Einhaltung spezifischer Luftfeuchte (Korrosionsschutz) liegt /KTA 17a/. Die Unterdruckstaffelungen und die Luftwechselzahlen sind den Erfordernissen des Stilllegungsprozesses anzupassen. Eine redundante Ausführung sowie ein Notstromanschluss sind laut /BMU 21/ in der Regel nicht erforderlich. Die Lüftungsklasse 2 umfasst lüftungstechnische Anlagen und Komponenten, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind und strahlenschutztechnische Bedeutung haben.

Zur Einordnung der Aufgaben und Anforderungen der einzelnen (Teil-) Systeme der Lüftungsanlagen, im Rahmen des Nach- und Restbetriebs, sowie des Abbaus werden nachfolgend zunächst die Randbedingungen, die Schutzziele und Sicherheitsfunktionen für Kernkraftwerke in einem generischen Druckwasserreaktor (DWR) in Nach- und Restbetrieb sowie die Einteilung des Nach- und Restbetriebs in verschiedene Phasen dargelegt. Im weiteren Verlauf werden die, entsprechend den Vorgaben des /BMU 21/ und der /ESK 20a/, zu betrachtenden Ereignisse aufgeführt, zu deren Beherrschung die Sicherheitsfunktionen von (Teil-) Systemen der Lüftung benötigt werden. Diese Ereignisse werden soweit möglich verschiedenen Phasen des Nach- und Restbetriebs sowie dem Abbau zugeordnet.

1.1 Randbedingungen

Unabhängig von Genehmigungsstand (d. h. Nach- oder Restbetrieb) werden für einen **generischen DWR** folgende Randbedingungen als Ausgangspunkt der nachfolgenden schutzziel- und (Lüftungs-) systemorientierten Betrachtungen des Nach- und Restbetriebes festgelegt:

- Der Leistungsbetrieb ist beendet.
- Der Reaktorkern ist vollständig in das BE-Lagerbecken entladen.
- Die Primärkreisdekontamination mit anschließender Konditionierung des Dekontbereiches (FSD = Full System Decontamination) hat noch nicht stattgefunden.
- Die Nachzerfallswärmeleistung aller Brennelemente (BE) im BE-Lagerbecken bedingt eine aktive Kühlung.
- Bei Betrachtung von Ereignissen mit Beschädigung der Hüllrohre wird nicht gleichzeitig eine unzulässige Deborierung des Beckenwassers unterstellt.

1.2 Schutzziele, Sicherheitsfunktionen und Phasen des Nach- und Restbetriebs

1.2.1 Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Wie in den Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen (ESK) /ESK 20a/ gefordert, ist während der Stilllegung einer Anlage die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden zu treffen.

Entsprechend der in Kapitel 1.1 definierten Ausgangsrandbedingungen ist der betrachtete generische DWR noch nicht kernbrennstofffrei.

Die in den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) /BMU 15a/ definierten Schutzziele Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente und Einschluss der radioaktiven Stoffe und das Sicherheitsziel Begrenzung der Exposition sind in Tab. 1.1 aufgeführt. Ferner werden die jeweiligen Sicherheitsfunktionen gemäß der „Schutzzielorientierte Gliederung des kerntechnischen Regelwerks“ /BFS 96/ den vier Zielen zugeordnet und bestimmt, ob und bis zu welchem Zeitpunkt diese für den Nach- und Restbetrieb relevant sind.

Tab. 1.1 Schutzziele entsprechend der SiAnf /BMU 15a/ und der schutzzielorientierten Gliederung des kerntechnischen Regelwerks /BFS 96/

Bezeichnung	Schutzziel / Sicherheitsfunktion	Anforderung für Phasen
R	**Kontrolle der Reaktivität**	**Schutzziel**
R1	Einhaltung zulässiger Kernzustände	entfällt mit der Entfernung aller BE aus dem Reaktordruckbehälter (RDB)
R2	Abschaltsicherheit	entfällt mit der Entfernung aller BE aus dem RDB
R3	Brennelementlager - Kritikalitätssicherheit bei BE-Lagerung und -handhabung	
K	**Kühlung der Brennelemente**	**Schutzziel**
K1	Bereitstellung des Primärkühlmittels	entfällt, keine Reaktorkühlung
K2	Wärmetransport aus dem BE-Lagerbecken	
K3	Wärmesenke für das BE-Lagerbecken	
E	**Einschluss radioaktiver Stoffe**	**Schutzziel**
E1	Komponentenübergreifend	
E2	Brennstabhüllrohr	
E3	Druckführende Umschließung des Primärsystems	entfällt, nicht mehr relevant
E4	Drucktragende Wandung der erforderlichen äußeren Systeme	entfällt, kein LB-Druckniveau
E5	Nichtintegrale Teile der Stützkonstruktion	
E6	Sicherheitseinschluss	entfällt bei Ausschluss einer Mobilisierung radioaktiver Stoffe oder bei Nicht-Kreditierung zum Nachweis § 49 StrSchV (Störfallnachweis)
S	**Begrenzung der Strahlenexposition**	**Radiologisches Sicherheitsziel (Schutzziel)**
S1	Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports)	
S2	Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe	
S3	Baulicher und technischer Strahlenschutz	
S4	Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung in der Anlage und in der Umgebung	
S5	Administrativer Strahlenschutz	
H	**Hilfsfunktionen**	• Zuverlässigkeit • Gesamtanlage • Administration • Leittechnik • Energie- und Hilfsmedienversorgung

Die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Einrichtungen müssen in der erforderlichen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit verfügbar sein. Des Weiteren wird in /ESK 20a/ gefordert, dass Maßnahmen zum Abbau der Anlage so zu gestalten sind, dass sich keine unzulässigen Rückwirkungen auf die zur Aufrechterhaltung des Stilllegungsbetriebs jeweils noch erforderlichen Einrichtungen ergeben.

1.2.2 Phasen des Nach- und Restbetriebs

Die in diesem Projekt verwendete Einteilung der Phasen im Nach- und Restbetrieb gemäß Tab. 1.2 entspricht der in /GRS 21/ getroffenen Festlegung. Sie orientiert sich an technischen Randbedingungen der Anlage und findet in dieser oder ähnlicher Form, z. B. Zusammenfassung einzelner und somit geringere Anzahl an Phasen, auch in derzeit laufenden Stilllegungsverfahren Anwendung. Gemäß der Merkpostenliste zum Nachbetrieb /BMU 14/ werden dabei folgende Aspekte mit Bezug auf die Schutzziele berücksichtigt:

- Kernbrennstoffinventare und deren Lagerort,
- Nachzerfallsleistung,
- Aktivitätsinventar.

Die in Kapitel 1.3 dargestellten generalisierten Ereignisanalysen mit Bezug zu Lüftungssystemen orientieren sich bzgl. ihrer Einteilung zu den Phasen an der Spalte zu Kernbrennstoffinventar und dessen Lagerort. Sollten weitere Aspekte in den Ereignisanalysen eine Rolle spielen wird ereignisbezogen in Kapitel 1.3 darauf eingegangen.

Tab. 1.2 Phasen im Nach- und Restbetrieb

	Kernbrennstoffinventar und dessen Lagerort	**Karenzzeit im BE-Lagerbecken**
Phase 1	Brennelemente im Kern	
Phase 2a	Brennelemente im Lagerbecken	< 24 h
Phase 2b		> 24 h
Phase 2c		> 3 d
Phase 2d		> 7 d
Phase 3		unendlich
Phase 4a	Frei von Brennelementen	

	Kernbrennstoffinventar und dessen Lagerort	Karenzzeit im BE-Lagerbecken
Phase 4b	Frei von Kernbrennstoffen	
Phase 5	Wasserfreiheit	

Die Phasen in Tab. 1.2 sind folgendermaßen definiert:

Phase 1: Stillstand unmittelbar nach Beendigung des Leistungsbetriebs

Die Anlage hat den Leistungsbetrieb beendet und befindet sich im Stillstand. Die Brennelemente (BE) befinden sich noch im Reaktordruckbehälter (RDB). Der Anlagenzustand entspricht dem Stillstand im Leistungsbetrieb bzw. in der Revision. Rein formal befindet sich die Anlage im Nachbetrieb, d. h. eine Stilllegungsgenehmigung liegt noch nicht vor. Diese Phase wird im Rahmen dieses Vorhabens nicht betrachtet, da die Anforderungen aus dem Leistungsbetrieb zur Anwendung kommen.

Phase 2: Aktive Kühlung der BE:

Mit der vollständigen Entleerung des Kerns aus dem RDB in das BE-Lagerbecken beginnt die Phase 2 des Nach- und Restbetriebs. Im BE-Lagerbecken befinden sich bestrahlte Brennelemente und Sonderbrennstäbe. Daher können Abbautätigkeiten nur mit sicherheitstechnischer Rückwirkungsfreiheit auf die sichere Lagerung, Handhabung und Kühlung des Brennstoffs erfolgen. Für die Kühlung der BE sind aktive Kühlsysteme notwendig. Die BE werden sukzessive aus dem BE-Lagerbecken entfernt und in einem Standort-Zwischenlager eingelagert.

Mit zunehmender Dauer der Lagerung sowie abnehmender Anzahl von bestrahlten BE im BE-Lagerbecken sinkt die verbleibende Nachzerfallsleistung, bis schließlich der Punkt erreicht wird, an dem die Nachzerfallsleistung ausschließlich über die Strukturmaterialien des Reaktorsicherheitsbehälters (RSB) an die Umgebung abgeführt werden kann. Ist anlagenspezifisch nachgewiesen, dass ab einer bestimmten maximalen Nachzerfallsleistung der bestrahlten BE im Lagerbecken die nach KTA 3303 /KTA 15b/ im BE-Lagerbecken zulässige Temperatur von 45° C selbst bei einem Lüftungsausfall und erhöhten Außentemperaturen ohne die Nutzung von aktiven Kühlsystemen noch eingehalten wird, so kann auf diese aktiven Kühlsysteme verzichtet werden. Die mit abnehmender Nachzerfallsleistung steigende Karenzzeit, die die Zeit bis zum Erreichen der

Temperatur von 45 °C im BE-Lagerbecken beschreibt, bildet die Grundlage der Unterteilung in die Phasen 2a bis 2d.

Typischerweise erfolgt in dieser Phase mit der Einteilung der ersten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG) der Übergang vom Nach- in den Restbetrieb.

Phase 3: Passive Kühlung

Mit dem Ende der aktiven Beckenkühlung befinden sich noch eine anlagenspezifisch definierte Anzahl von BE und ggf. einzelne Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken. Die noch verbliebenen BE werden nach und nach aus dem BE-Lagerbecken abtransportiert. Am Ende dieses Abschnittes ist die BE-Freiheit erreicht. Ggfs. befinden sich noch einzelne Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken.

Phase 4a: BE-Freiheit

In diesem Abschnitt befinden sich nur noch einzelne Sonderbrennstäbe in der Anlage. Es handelt sich um bestrahlte Sonderbrennstäbe außerhalb von Brennelementkonfigurationen. Die im BE-Lagerbecken verbleibende Zahl an Sonderbrennstäben erfordert auch nach Abtransport der BE eine angemessene Wasserüberdeckung zur Abschirmung der Strahlung. Am Ende dieses Abschnittes wird der Abtransport aller Sonderbrennstäbe aus der Anlage abgeschlossen sein, womit die Kernbrennstofffreiheit erreicht wird.

Phase 4b: Kernbrennstofffreiheit

Das BE-Lagerbecken wie auch das Reaktorbecken und der Abstellraum enthalten ggf. noch kontaminierte und / oder aktivierte Bauteile. Aus Strahlenschutzgründen sind diese Bereiche weiter mit Wasser gefüllt, bis die Demontage und Zerlegung der Einbauten des RDB und / oder die Nasszerlegung von aktivierten Komponenten abgeschlossen sind. Am Ende von Phase 4b wird der Anlagenzustand „Wasserfreiheit“ erreicht, der unter anderem durch die Entleerung des BE-Lagerbeckens und des Reaktorbeckens bzw. Abstellraumes gekennzeichnet ist.

Mit der Herstellung der Kernbrennstofffreiheit wird das Aktivitätsinventar in der Anlage um mehr als 99 % reduziert. Gleichzeitig reduzieren sich die ab der Phase 4b zu gewährleistenden Schutzziele auf:

- E: Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- S: Begrenzung der Exposition.

Bezüglich des Schutzziels E „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ muss hier zum besseren Verständnis Folgendes angemerkt werden:

In Hinblick auf eine Anlage, die frei von Kernbrennstoff ist, verbleibt als erforderliche Sicherheitsfunktion lediglich die Sicherheitsfunktion E6 „Sicherheitseinschluss“, mit der für den Leistungsbetrieb die Anforderungen an die rückhaltende Wirkung von radioaktiven Stoffen durch den Sicherheitsbehälter beschrieben wurden. Übertragen und angepasst auf die Verhältnisse von Restbetrieb und Abbau wird im vorliegenden Bericht unter der Sicherheitsfunktion E6 „Sicherheitseinschluss“ die Funktion der Rückhaltung radioaktiver Stoffe durch die Gebäudehülle des Reaktorgebäudes (RG) und weiterer Gebäude des Kontrollbereiches zur Verhinderung einer Freisetzung dieser Stoffe in die Umgebung verstanden.

Phase 5: Wasserfreiheit:

Mit fortschreitendem Abbau werden zunehmend verfahrenstechnische Systeme, die im Betrieb radioaktive Medien geführt haben, entleert. Dies gilt für die Hauptkühlmittelleitungen ebenso wie für die meisten nuklearen Hilfssysteme. Wasser ist dann nur noch in Systemen enthalten, die direkt oder indirekt für Dekontaminationsprozesse benötigt werden. Hierzu zählen z. B. Abwasserbehandlungssysteme und Einrichtungen zur System- und Bauteildekontamination

1.3 Generalisierte Ereignisanalyse mit Bezug zu Lüftungssystemen

Bevor eine Stilllegungsgenehmigung erteilt werden darf, ist die nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Stilllegung und den Abbau nachzuweisen. Dies wird im Rahmen von Ereignisanalysen nachgewiesen.

Entsprechend /BMU 21/ und /ESK 20a/ ist dazu ein Spektrum von Ereignissen zugrunde zu legen, das alle potenziell vorkommenden Ereignisse abdeckt. Für jede Stilllegungsphase sind für alle Ereignisse, die in /ESK 20a/ aufgeführt werden, Auswirkungen auf Systeme, sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen, Gebäude usw. sowie Quellterme

für radiologisch relevante Ereignisse zu untersuchen, es sei denn, dass gezeigt werden kann, dass die entsprechende Ereignisart ausgeschlossen ist.

Sind administrative Maßnahmen oder temporäre Einrichtungen zur Beherrschung von Ereignissen erforderlich, ist zu untersuchen, ob diese durch das Ereignis in ihrer Wirkung beeinträchtigt werden können. Ebenfalls ist zu analysieren, wie sich das Versagen dieser Maßnahmen und Einrichtungen auf die Beherrschung von Störungen bzw. Störfällen auswirkt. /ESK 20a/

Beim Übergang vom Leistungsbetrieb zur Stilllegung sowie mit fortschreitendem Abbau ist jeweils zu prüfen, ob Anpassungen der jeweils vorliegenden sicherheitstechnischen Nachweise an die veränderten Bedingungen vorliegen. Dabei ist zu berücksichtigen, ob spezifische Bedingungen, Betriebsweisen oder Gefährdungspotenziale vorliegen können, für die besondere Ereignisse zu unterstellen sind, oder ob Ereignisse unter veränderten Randbedingungen ablaufen, die die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der zu ihrer Beherrschung vorgesehenen Einrichtungen beeinflussen können bzw. ob diese Einrichtungen eine veränderte Wirksamkeit aufweisen. /ESK 20a/

Gemäß den SiAnf /BMU 15a/ können für definierte Ereignisse „optional Nachweise dahingehend geführt werden, dass durch spezielle Vorsorgemaßnahmen der Eintritt dieser Ereignisse als verhindert bewertet werden kann.“ Die SiAnf sind gemäß Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ der Kategorie I zugeordnet und „*auf die Belange der Stilllegung entsprechend dem Abbaufortschritt sinngemäß anzuwenden. Das Sicherheitsebenenkonzept, wie es in den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke dargestellt wird, ist auf die Stilllegung nicht übertragbar. Die beschriebenen technischen Anforderungen sind jedoch zur Einhaltung der jeweils noch einschlägigen Schutzziele und zur Einhaltung der radiologischen Sicherheitsziele anzuwenden, angepasst an die noch zu unterstellenden Ereignisse in der Phase der Stilllegung, sodass diese Ereignisse vermieden bzw. beherrscht werden können. Wenn sich in einer Anlage keine Brennelemente und Brennstäbe mehr befinden, sind die Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ nicht mehr relevant. Zudem sinkt das freisetzbare Aktivitätspotenzial nochmals um mehrere Größenordnungen*.“

In Anlehnung an /BMU 15a/ werden im vorliegenden Bericht zwei Kategorien von Ereignissen unterschieden. Zum einen sind dies jene

- Ereignisse, deren Beherrschung in der jeweiligen Phase des Nach- und Restbetriebs das Vorhalten bestimmter sicherheitstechnisch wichtiger Systeme, auch

unter Einbeziehung von Änderungen bspw. in Form von Redundanzreduzierung, voraussetzt **(Klasse 1)**, und solche

- Ereignisse, deren schutzzielrelevante Auswirkungen unter Vorhalt administrativer Maßnahmen und / oder baulicher Auslegung, wie sie typischerweise durch den genehmigten Stand der Anlage im Leistungsbetrieb etabliert sind **(Klasse 2)**, ausgeschlossen werden können.

Für Ereignisse der Klasse 1 werden unter generischen Annahmen zum Ereignis und der Zuordnung des jeweiligen Ereignisses zu betroffenen Schutzzielen und relevanten Phasen entsprechend Abschnitt 1.2.2 in einem eigenen Abschnitt unter den Gesichtspunkten

- Annahmen zum Ereignisablauf,
- relevante Phasen,
- betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen,
- erforderliche (Teil-) Lüftungssysteme

analysiert. Im Rahmen dieses Vorhabens werden die Aspekte der Ereignisse aufgegriffen, die lüftungstechnische (Teil-) Systeme oder Ersatzmaßnahmen betreffen. Detailliertere Aussagen zur Ereignisbeherrschung sowie (weiterer) notwendiger Systeme lassen sich /GRS 21/ entnehmen. Neben den in /GRS 21/ auf Basis der regulatorischen Anforderungen an sicherheitstechnisch wichtige Systeme im Nach- und Restbetrieb und relevanter GRS-Forschungsergebnisse erstellten generischen Ereignisanalysen, werden die aus den im Genehmigungsverfahren erstellten Berichte der derzeit in Stilllegung befindlichen DWR-Anlagen sowie die aus den zugehörigen Gutachten gewonnen Erkenntnisse für die Erstellung der Ereignisanalysen und der Anpassung an lüftungstechnische Sachverhalte genutzt. Der Anwendbarkeit der Aussagen zu lüftungstechnischen Systemen auf einen generischen DWR wurde dabei durch einen Vergleich der Lüftungssysteme verschiedener Anlagen Rechnung getragen.

Für Ereignisse der Klasse 2 werden mögliche Maßnahmen, die sich aus dem genehmigten Stand der Anlage im bisherigen Leistungsbetrieb durch Auslegung nach gültigem kerntechnischem Regelwerk ergeben, benannt. Das jeweilige Ereignis kann durch diese Maßnahmen vermieden oder beherrscht werden. In Anlehnung an die Ereignisse der

Klasse 1 liegt auch in diesem Fall der Fokus auf der Darstellung der lüftungstechnischen Aspekte, während eine detailliertere Beschreibung /GRS 21/ entnommen werden kann.

Die betrachteten Ereignisse werden soweit möglich mit den möglichen Maßnahmen in die jeweils relevanten Nach- und Restbetriebsphasen eingeordnet.

1.3.1 Ereignisspektrum des Nach- und Restbetriebs

Es werden in diesem Vorhaben nur Ereignisse betrachtet, zu deren Beherrschung die Sicherheitsfunktionen von (Teil-) Systemen der Lüftung benötigt werden, die die Lüftung selbst oder ggf. notwendige lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen betreffen.

Unter Berücksichtigung der Merkpostenliste für den Nachbetrieb /BMU 14/, des Stilllegungsleitfadens /BMU 21/ und der Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen /ESK 20a/ wurden die für die Nach- und Restbetriebsphase eines generischen DWR relevanten Ereignisse, die zu einer Gefährdung der Schutzziele (siehe Kapitel 1.2.1) führen können, erfasst. Diese lassen sich nach /BMU 21/ in folgender Weise einteilen:

a) Einwirkungen von innen
    a. Anlageninterner Brand
    b. Leckage von Behältern
    c. Überflutungen in der Anlage
    d. Komponentenversagen
    e. Ereignisse bei der Handhabung von Lasten
    f. Ereignisse bei Transportvorgängen
    g. Gegenseitige Beeinflussung von Mehrblockanlagen und benachbarten Standorten
    h. Anlageninterne Explosionen
    i. Chemische Einwirkungen
    j. Ausfälle und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Einwirkungen
b) Einwirkungen von außen
    a. Naturbedingte Einwirkungen, z. B.:

i. Extreme meteorologische Bedingungen

ii. Überflutung

iii. Biologische Einwirkungen

iv. Anlagenexterner Brand (z. B. Waldbrand)

v. Erdbeben

b. Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen, z. B.:

i. Flugzeugabsturz

ii. Anlagenexterne Explosion

iii. Eindringen gefährlicher Stoffe

iv. Anlagenexterner Brand

Befinden sich während des Stilllegungsverfahrens noch Brennelemente in der Anlage so sind laut /BMU 21/ als weitere Ereigniskategorien in Anlehnung an /BMU 15a/ relevant:

a. Verringerte Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken

b. Kühlmittelverlust aus dem Brennelementlagerbecken

c. Reaktivitätsänderungen im Brennelementlagerbecken und Kritikalitätsstörfall

d. Ereignisse bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen

Zur weiteren Einschränkung, neben der Fokussierung auf Ereignisse zu deren Beherrschung die Sicherheitsfunktionen von (Teil-) Systemen der Lüftung benötigt werden, die die Lüftung selbst oder ggf. notwendige lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen betreffen, wurden in diesem Vorhaben nur Einwirkungen von innen (EVI) betrachtet, zu denen auch die weiteren Ereigniskategorien in Anlehnung an /BMU 15a/ zählen.

Die Gesamtheit der bei der Vorsorge gegen Schäden in Erwägung zu ziehenden Ereignisse und Ereignisabläufe ist zu groß, um jeden Einzelfall in diesem Bericht gesondert darstellen zu können. Dies ist auch nicht erforderlich, da einige Ereignisabläufe hinsichtlich sicherheitstechnischer Anforderungen zum Schutz vor anlageninternen und auch radiologischen Auswirkungen repräsentativ und abdeckend für einzelne Ereignisse sind.

Dennoch ist das abdeckende Ereignisspektrum unter Beachtung des kerntechnischen Regelwerks für jede Anlage im Einzelfall zu ermitteln und zu betrachten.

Die in diesem Bericht entsprechend der vorgenannten Einschränkungen betrachteten und sortierten Ereignisse umfassen:

Tab. 1.3 Ereignisspektrum mit Bezug zu lüftungstechnischen Systemen im Nach- und Restbetrieb

Ereignisgruppe	Ereignis	Klasse
Ereignisse bei Handhabung und Lagerung von Brennelementen	Verringerte Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken	1
	Beschädigung von Brennelementen im BE-Lagerbecken	1
Anlageninterner Brand	Brand im Bereich der Abfallnachbehandlung	1
	Brand in der Lüfterzentrale	1
	Kabelbrand	1
	Brand eines Filtermobils	2
	Brand von Filtern	2
Leckage von Behältern oder Systemen	Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit	1
Ereignisse bei der Handhabung von Lasten	Absturz von Gebinden mit festen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen	1
	Absturz von Gebinden mit flüssigen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen	1
Handhabung radioaktiver Stoffe	Mobilisieren radioaktiver Schwebstoffe beim Ausisolieren	1
	Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Abfälle	1
	Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für flüssige radioaktive Abfälle	1
Chemische Einwirkungen	Leckage bei der Systemdekontamination	1
	Ereignisse bei der Dekontamination von Bauteilen	2
Ausfall und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Systeme	Ausfall lüftungstechnischer Anlagen	1
	Störung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung	1
	Störung im Abgassystem	1

1.3.2 Ereignisanalysen

1.3.2.1 Handhabung und Lagerung von Brennelementen

Solange sich Brennelemente und Sonderbrennstäbe in der Anlage befinden, sind Ereignisse bei deren Lagerung und Handhabung zu betrachten. Dies ist somit bis zur Phase 3 notwendig. Die Auslegung des BE-Lagerbeckens und der Transportvorrichtung gemäß der KTA-Regel 3602 /KTA 03/, die der Kategorie II nach /BMU 21/ zugeordnet ist und somit unter Beachtung des aktuellen Anlagenzustands und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen ist, so lange sich noch Kernbrennstoff in der Anlage befindet und die Schutzziele Unterkritikalität und Nachwärmeabfuhr eingehalten werden müssen, stellt eine ausreichende Vorsorge gegen die Ereignisse

- Reaktivitätsänderungen,
- Leckage aus dem BE-Lagerbecken

dar. Die systemtechnische Auslegung zur Beherrschung dieser Ereignisse entspricht somit dem genehmigten Stand der Anlage im Leistungsbetrieb. Nachfolgend werden Ereignisse bei der Lagerung und Handhabung bestrahlter Brennelemente und Sonderbrennstäbe betrachtet zu deren Beherrschung die Sicherheitsfunktionen von (Teil-) Systemen der Lüftung benötigt werden, die die Lüftung selber oder ggf. notwendige lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen betreffen.

1.3.2.1.1 Verringerte Wärmeabfuhr aus BE Lagerbecken

Annahmen zum Ereignisablauf

Eine verringerte Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken bei aktiver Kühlung ist möglich durch einen Ausfall der Beckenkühlung (d. h. Beckenkühlsysteme), einem Ausfall der an die Beckenkühlsysteme angeschlossenen Systeme zur weiteren Wärmeabfuhr oder einem Ausfall der Wärmesenke.

Ausfall der Beckenkühlung

Für die Abfuhr der Nachzerfallswärme aus dem BE-Lagerbecken stehen im Nach- und Restbetrieb sowie beim Abbau zunächst wie im Leistungsbetrieb die beiden Beckenkühlstränge als Teilsysteme in zwei der vier Stränge des nuklearen Not- und Nachkühlsys-

tems zur Verfügung. Des Weiteren steht zur Wärmeabfuhr der 3. (betriebliche) Beckenkühlstrang, an den auch das Beckenreinigungssystem anschließt, zur Verfügung. Die Nachzerfallswärme wird über die zugehörigen Stränge des nuklearen Zwischenkühlsystems und des nuklearen Nebenkühlwassersystems an das Flusswasser abgegeben. Da diese Kühlsysteme für eine vollständige Kernausladung kurz nach Abfahren des Reaktors aus dem Volllastbetrieb ausgelegt sind, ergeben sich mit abnehmender Nachzerfallswärme, d. h. zunehmender Dauer, Auslegungsreserven. Nach einer gewissen anlagenspezifischen Abklingzeit kann die Abfuhr der Nachzerfallswärme über einen der o. g. Stränge allein erfolgen. Des Weiteren entfallen die Anforderungen an das nukleare Not- und Nachkühlsystem aus dem Leistungsbetrieb für Kühlmittelverluststörfälle aus dem Primärkreis, so dass Kapazitäten der entsprechenden Stränge zur Kühlung des BE-Lagerbeckens zur Verfügung stehen.

Die Stränge der Not- / Nachkühlkette (Not- und Nachkühlsystem, nukleares Zwischenkühlsystem und nukleares Nebenkühlwassersystem) sind gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt und werden im Erdbebenfall bzw. Notstromfall durch Notstromdiesel mit elektrischer Energie versorgt. Die Beckenkühlpumpen sowie die zugehörigen Komponenten des Zwischen- und Nebenkühlwassersystems sind darüber hinaus durch Notspeisenotstromdiesel gesichert. Der dritte (betriebliche) Beckenkühlstrang ist nicht gegen das Bemessungserdbeben ausgelegt, besitzt aber ebenfalls eine Notstromversorgung.

Ausfall der Beckenkühlung durch Ausfall der Wärmeabfuhr

Beim Ausfall eines Stranges der Beckenkühlung kann auf einen der verbleibenden Stränge umgeschaltet werden.

Steht dieser nicht mehr zur Verfügung, sind Ersatzmaßnahmen gemäß /RSK 20/ vorzusehen. Außer der vorgesehenen Wärmeabfuhr über einen der o. g. Stränge besteht die im Betriebshandbuch (BHB) beschriebene Möglichkeit der Überlaufkühlung (BE-Becken-Überlaufbetrieb) mit den dort beschriebenen verschiedenen Fahrweisen und Einspeisemöglichkeiten in das BE-Lagerbecken.

Als Notfallmaßnahme bei Ausfall oder unzureichender Wärmeleistung der zur Beckenkühlung eingesetzten Kühler wird spätestens bei Erreichen einer Beckenwassertemperatur von T_3 = 80°C die Verdampfungskühlung in Betrieb genommen. Dabei wird wahlweise Deionat oder Wasser aus externen Quellen mit mobilen Pumpen über

vorgesehene Anschlüsse in das BE-Lagerbecken gefördert. Verdampftes Beckenwasser wird so ersetzt; überschüssiges / warmes Beckenwasser läuft über die Überlaufleitung des BE-Lagerbeckens in den Sumpf des RSB. Eine weitere Notfallmaßnahme, die in diesem Fall zur Anwendung gebracht werden kann, ist die verkürzte (Nach-)Kühlkette, bei der in das nukleare Zwischenkühlsystem in die Stränge der Notnachkühlung Wasser aus externen diversitären Quellen über eine mobile Pumpe sowie entsprechende Schlauchanschlüsse eingespeist wird, so dass insbesondere ein Nachwärmekühler und die Kühlstellen für eine Beckenkühlpumpe mit Kühlwasser versorgt werden können. Das erwärmte Kühlwasser wird extern verworfen.

Ausfall der Beckenkühlung durch Ausfall der Wärmesenke

Beim Ausfall eines Stranges des nuklearen Zwischenkühlsystems oder des nachgeschalteten nuklearen Nebenkühlwassersystems wird auf den Reservestrang umgeschaltet.

Kommt es dennoch zum Ausfall der Wärmesenke, d. h. der Wärmeabfuhr aus den Beckenkühlern infolge eines unterstellten Ausfalls der zugehörigen beiden Stränge des nuklearen Zwischenkühlsystems und / oder der entsprechenden Stränge des nachgeschalteten nuklearen Nebenkühlwassersystems wird die Beckenkühlung über Ersatzschaltungen sichergestellt.

Die Karenzzeit (nach KTA-Regel 3303, Abs. 5.1 /KTA 15b/), die z. B. bei einem vollständigen Ausfall der Beckenkühlung zur Durchführung von Maßnahmen zur Verfügung steht, ist hierbei abhängig von der zum Ereigniszeitpunkt abzuführenden Nachzerfallswärme. Die Karenzzeit steigt mit abnehmender Nachzerfallswärme.

Relevante Phase

Die Ereignisse sind für die Phase 2 (aktive Beckenkühlung) relevant. Sie entfallen erst ab der Phase 3 (passive Kühlung) in der anlagenspezifisch nachgewiesen ist, dass die Nachzerfallswärme ohne aktive Systeme abgeführt werden kann, ohne dass Temperaturen im BE-Lagerbecken von T = 60 °C überschritten werden.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele S „Begrenzung der Strahlenexposition“, K „Kühlung der Brennelemente“ und E „Einschluss radioaktiver Stoffe“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen. Hierbei handelt es sich im Detail um die folgenden Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktion K2: Wärmetransport

Die Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken erfolgt über einen der beiden vorhandenen notstandssicheren Beckenkühlstränge des Not- und Nachkühlsystems oder über den 3. (betrieblichen) Beckenkühlstrang. Die Kühlung des BE-Lagerbeckens wird durch einen zeitweiligen Ausfall beeinträchtigt, jedoch nicht unzulässig gefährdet. Die zeitweilig zusätzlich in den Sicherheitsbehälter eingebrachte Wärmemenge wird durch die Regelung der Zu- und Fortluftströme der nuklearen Lüftungsanlage ausgeglichen.

Sicherheitsfunktion K3: Wärmesenke

Die Funktion der Wärmesenke wird durch einen der zwei vorhandenen, notstandssicheren Stränge der Kühlkette nukleares Zwischenkühlsystem und nukleares Nebenkühlwassersystem wahrgenommen.

Sollten auch die notstandssicheren Stränge des nuklearen Zwischenkühlsystems und nuklearen Nebenkühlwassersystems unverfügbar sein, d. h. ein vollständiges Versagen der o. g. Kühlkette, wird die Wärmeabfuhr durch die Überlaufkühlung oder eine der Notfallmaßnahmen wie der verkürzten (Nach-)Kühlkette oder Verdampfungskühlung sichergestellt.

Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss

Im Fall der Überlaufkühlung, Verdampfungskühlung und der verkürzten (Nach-)Kühlkette kommt es in Abhängigkeit der Einspeiserate in das BE-Lagerbecken zu einem zusätzlichen Übergang radioaktiver Stoffe aus in den Sumpf abgelaufenem Beckenwasser in die Raumluft des RSB.

Eine übermäßige Zunahme der an Schwebstoffe gebundenen radioaktiven Stoffe in der Raumluft gegenüber dem normalen Kühlbetrieb ist auf Grund des Aktivitätsinventars und

der Übergangsmechanismen (Verdunstung / Verdampfung) nicht zu besorgen. Die Auslösung des Lüftungsabschlusses des Reaktorsicherheitsbehälters (RSB) ist nicht erforderlich.

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Im Falle der Überlaufkühlung, Verdampfungskühlung sowie der Notfallmaßnahme der verkürzten (Nach-) Kühlkette kommt es durch die Flutung des RSB-Sumpfes mit kontaminiertem Beckenwasser zu einer Kontaminationsverbreitung innerhalb des RSB.

Die in die Raumluft des RSB freigesetzte Aktivität wird je nach Betriebsweise durch verschiedene (Teil-) Lüftungssysteme gefiltert und über die Fortluftanlagen an die Umgebung abgeleitet.

Im Normalbetrieb wird die Fortluft aus dem RSB mit der Fortluftanlage / Unterdruckhaltung kontinuierlich durch die darin vorhandenen Schwebstoff- und Jodsorptionsfilter gefiltert. Durch die redundante Ausführung der Filteranlage wird sichergestellt, dass auch während eines Filterwechsels die Fortluft gefiltert zum Kamin abgegeben wird.

Bei Spülluftbetrieb wird zusätzlich ein Teilstrom aus dem Reaktorgebäudeinnenraum durch die Fortlufttanlage über den Bypass der Filteranlagen der Abluftstränge (Bedarfsfilteranlage) des Reaktorhilfsanlagengebäudes (RHAG) geleitet. Bei erhöhter Aktivität kann hier eine weitere Filterung über die Schwebstoff- und Jodfilter der Bedarfsfilteranlage erfolgen.

Zusätzlich oder alternativ wird bei Spülluftbetrieb die Abluft aus den Betriebs- und Anlagenräumen des Reaktorgebäudes über die Schwebstoff- und Aktivkohlefilter der Umluftfilteranlage der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen in Richtung Fortluftanlage gefördert.

Zur Überwachung der Aktivitätsabgabe und der ggf. notwendigen Zuschaltung weiterer Filteranlagen wird die Aktivität der Abluft des Reaktorgebäudes bzw. der Kaminfortluft überwacht.

Tab. 1.4 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Verringerte Wärmeabfuhr aus dem BE Lagerbecken

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Sicherheitsbehälter						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Filterung der Fortluft							X
Fortluftanlage	Absaugung Spülluft						X	X
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung der Spülluft							X
Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Filterung Spülluft / Filterung Umluft Betriebs und Anlagenräume							X
Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Absaugung Abluft Betriebs- und Anlagenräume						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssystem)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H

1.3.2.1.2 Beschädigung von Brennelementen

Annahmen zum Ereignisablauf

Es wird angenommen, dass bei der Brennelement-Handhabung ein Brennelement beschädigt werden kann, z. B. kann bei der Beladung der Transportbehälter abstürzen oder anderweitig beschädigt werden, so dass alle Brennstäbe einer äußeren Reihe des Brennelementes undicht werden. In der Folge können Edelgase aus den Hüllrohren in die Atmosphäre des Sicherheitsbehälters und Teile des Jodinventars in das Wasser des BE-Lagerbeckens gelangen. Ein weiterer Anteil des in das Wasser freigesetzten Jodinventars gelangt ebenfalls in die Atmosphäre des Sicherheitsbehälters.

Zur Rückhaltung der luftgetragenen Aktivität wird der Lüftungsabschluss des Reaktorsicherheitsbehälters ausgelöst. Die Abluft wird bei Normalbetrieb über die Schwebstofffilter der Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen der Anlagen und Betriebsräume, sowie der Fortluftanlage Unterdruckhaltung geleitet und über den Fortluftkamin abgegeben, um die Einhaltung zulässiger Tagesgrenzwerte für Edelgas- und Jodemissionen sicherzustellen. Befindet sich die Anlage im Spülluftbetrieb kommt bei erhöhter Aktivität zusätzlich die Filteranlage der RHAG-Abluftstränge (Bedarfsfilteranlage) zum Einsatz.

Je nach Ereigniszeitpunkt nach Beendigung des Leistungsbetriebes, können Edelgas- und Jodaktivitäten soweit abgeklungen sein, dass auch ohne Lüftungsabschluss Tagesgrenzwerten nicht mehr erreicht werden. Dies ist anlagenspezifisch nachzuweisen.

Relevante Phase

Solange sich Brennelemente auf der Anlage befinden gilt dieses Ereignis als relevant. Es ist demnach bis Phase 3 zu betrachten. Den weiteren Phasenkategorien wird dieses Ereignis nicht zugeordnet.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele E „Einschluss radioaktiver Stoffe“ und S „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen. Hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktion E2: Brennstabhüllrohr

Die Sicherheitsfunktion E2 wird durch die Beschädigung von einem oder mehreren Hüllrohren eines Brennelementes im BE-Lagerbecken als nicht erfüllt angenommen.

Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss

Durch die Hüllrohrschädigung des Brennelements kommt es zu keinem Druck oder Temperaturanstieg, der die Integrität des RSB gefährdet. Die Sicherheitsfunktion E6 für den RSB erfolgt durch das Schließen der Lüftungsabschlussarmaturen, sowie der Personen- und Materialschleuse, sofern letztere nicht bereits aufgrund der Brennelementhandhabung geschlossen sind.

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die luftgetragene Aktivität im RSB wird über die Fortluftanlage Unterdruckhaltung und die Schwebstofffilter der Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen der Anlagen und Betriebsräume gefiltert, bis der Lüftungsabschluss des RSB erfolgt ist. Bei Spülluftbetrieb fördern die über die Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen der Anlagen und Betriebsräume einen Teilstrom in Richtung der Fortluftanlage. Bei erhöhter Aktivität im Spülluftbetrieb kommen zusätzlich die Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (Bedarfsfilteranlage) zum Einsatz.

Tab. 1.5 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Beschädigung von Brennelementen

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Lüftungsabschluss-armaturen des Reaktorsicherheitsbehälters	Reaktorsicherheits-behälter-Lüftungs-abschluss					X		
Personen- und Materialschleuse	Reaktorsicherheits-behälter Lüftungs-abschluss					X		
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Reaktorsicherheits-behälter-Absaugung						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Filterung der Fortluft							X
Fortluftanlage	Absaugung Spülluft						X	X
Umluftfilteranlage große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Filterung der Abluft							X
Umluftfilteranlage große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Absaugung Abluft Betriebs- und Anlagenräume						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Abluft							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Kaminfortluft							H

1.3.2.2 Anlageninterner Brand

Die im Rahmen der EVI „Anlageninterner Brand“ zuzuordnenden Ereignisse werden durch die Vorsorge gegen anlageninterne Brände, die durch ein durch den kerntechnischen Ausschuss beschriebenes gestaffeltes Brandschutzkonzept, gegliedert in anlagentechnische, administrative und abwehrende Brandschutzmaßnahmen, verhindert oder auf einen sicherheitstechnisch beherrschbaren Umfang reduziert. Die KTA-Regeln

- 2101.1 Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes /KTA 15c/,
- 2101.2 Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen /KTA 15d/,
- 2101.3 Brandschutz in Kernkraftwerken Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen /KTA 15e/,

bilden den Stand von Wissenschaft und Technik ab, nach dem die Anlage im Leistungsbetrieb auszulegen ist. Gemäß Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ sind diese Regeln der Kategorie I zugeordnet, d. h. sie sind in der gesamten Stilllegung unter Betrachtung des aktuellen Anlagenzustandes und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen. Dies führt dazu, dass gegebenenfalls einzelne Regelungsinhalte bei der Stilllegung nicht mehr relevant sind. Im Fall der drei genannten KTA-Regeln zum Brandschutz können entsprechend Anhang 3 in /BMU 21/ die Forderungen zum Schutz von Redundanzen eingeschränkt werden.

Bei der Durchführung von Abbaumaßnahmen kommen u. a. thermische Zerlegeverfahren zum Einsatz, die die Gefahr für das Entstehen von Bränden im Restbetrieb erhöhen können. Andere Gefahren, die veränderte Randbedingungen in Bezug auf die Nutzung im Nach- und Restbetrieb darstellen, sind beispielsweise:

- Durchführung von Dekontaminationsarbeiten mit zusätzlichen Brandlasten (z. B. ölgefüllte oder elektrisch betriebene Pumpenaggregate, Transformatoren),
- Einrichtung von zusätzlichen Arbeitsplätzen zur Abfallbehandlung,
- Einrichtung von zusätzlichen Laborarbeitsplätzen.

Durch geeignete Maßnahmen (baulich, technisch, administrativ) muss sichergestellt werden, dass größere Brände in der Anlage praktisch ausgeschlossen werden können.

Im folgenden Abschnitt werden Ereignisse beschrieben, die im Sinne der kerntechnischen Sicherheit potenziell zu Schutzzielverletzungen führen können und durch systemtechnische Maßnahmen beherrscht werden können. Es werden lediglich die Aspekte herausgestellt, die einen Bezug zu Lüftungssystemen oder deren Komponenten haben.

1.3.2.2.1 Brand im Bereich der Abfallnachbehandlung

Annahmen zum Ereignisablauf

Im Falle eines Brandes in der Abfallnachbehandlung kann es zu einer brandbedingten, aerosolförmigen Freisetzung radioaktiver Stoffe kommen. Werden brennbare radioaktive Abfälle, vor allem im Restbetrieb und während des Abbaus, im Kontrollbereich und nicht in eigens dafür erstellten Gebäuden sortiert und behandelt, so erfolgt die Planung und Umsetzung des dafür vorgesehenen Reststoffbearbeitungszentrums (RBZ) in Anlehnung an die brandschutztechnischen Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks. Die bereits bzw. noch vorhandenen Brandschutzmaßnahmen (bau-, anlagentechnisch und administrativ) entsprechend des Brandschutzkonzeptes der Anlage verhindern dabei Auswirkungen auf andere Anlagenteile. Auch bei geringer Entstehungswahrscheinlichkeit von Zufallsbränden können sowohl im RBZ als auch auf im Kontrollbereich vorhandenen Pufferlagerlagerflächen Zufallsbrände entstehen. Brandschutztechnische Anforderungen an das RBZ auf dem Anlagengelände werden durch die ESK-Leitlinien für die Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vorgegeben. /ESK 20b/

Ein Brand in den in Frage kommenden Raumbereichen wird über vorhandene Brandmeldeanlagen detektiert. Neben der Brandbekämpfung durch die entsprechenden Löschanlagen, werden die Brandschutzklappen und -türen des betroffenen Brandabschnitts automatisch geschlossen. Durch die damit einhergehende Reduzierung des Luftwechsels verringert sich der Transport radioaktiver Schwebstoffe in die Fortluftanlage. Die Fortluft wird vor Abgabe über den Fortluftkamin durch ihre zugehörigen Filterstrecken (z. B. Bedarfsfilteranlage oder weitere Filteranlagen in den Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftsträngen) gefiltert.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel S „Begrenzung der Strahlenexpositionen“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen. Hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die in die Raumluft des Kontrollbereichs freigesetzte, luftgetragene Aktivität wird von der Fortluftanlage abgeführt. Das Schließen von Brandschutzklappen und -türen begrenzt den Luftwechsel und damit ebenfalls eine weitere Verbreitung der in die Raumluft freigesetzten Schwebstoffe im Gebäude. Vor der Abgabe an den Kamin wird die Fortluft durch in den betroffenen Gebäuden vorhandene Filteranlagen gefiltert (z. B. Bedarfsfilteranlage oder weitere Filteranlagen in den Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftsträngen).

Tab. 1.6 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand im Bereich der Abfallnachbehandlung

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle), Ableitung zum Kamin Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage	(Absaugung Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle)							X
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau)						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
	Absaugung Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle, Isolierung Brand (sofern vorhanden)						X	
Aktivitätsüberwachung	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.2.2 Brand in der Lüfterzentrale

Annahmen zum Ereignisablauf

Die im Nachbetrieb, Restbetrieb sowie Abbau noch genutzten oder vorgehaltenen stationären, nuklearen Lüftungssysteme des Kontrollbereichs verfügen im Allgemeinen jeweils über eine Lüfterzentrale mit redundanten Lüftern. Von diesen redundanten Lüftern steht in der Regel einer zur Gewährleistung des (teil-)systemspezifisch erforderlichen Volumenstroms in Reserve. Die nachfolgend genannten, mit redundanten Lüftern ausgeführten, Systeme sind in Kapitel 3 „Lüftungssysteme des Druckwasserreaktors“ weiter ausgeführt.

- Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage
- Fortluftanlage Unterdruckhaltung
- Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge (Bedarfsfilteranlage)
- Fortluftanlage
- Umluftfilteranlagen / Bypassfilteranlagen der großen Anlagenräume und der Betriebsräume
- Systemluft

Die Lüfterzentralen der einzelnen Lüftungssysteme befinden sich in der Regel innerhalb eines Raumes. Die redundant ausgeführten Lüfter sind hierbei bis auf Trennwände zum Schutz vor mechanischen Einwirkungen, nicht räumlich voneinander getrennt aufge-

stellt. Aus diesem Grund ist bei einem Brand in einer Lüfterzentrale aufgrund der räumlichen Anordnung nicht auszuschließen, dass der Brand auf weitere Lüfter in der betroffenen Lüfterzentrale übergreift.

Durch den brandbedingten Ausfall eines Lüfters werden keine heißen Brandgase in den druckseitigen Abluftstrang und zu darin enthaltenen Filtern abgeführt, ebenso kann ein Transport und Einfluss der heißen Brandgase auf die saugseitig und räumlich getrennten Filter ausgeschlossen werden. Potenzielle Brandlasten sind unter Berücksichtigung und Einhaltung der anlagentechnischen und administrativen Vorgaben, z. B. Brandschutzordnung, ausreichend weit von den Lüftern entfernt, wodurch ein direktes Übergreifen des Brandes verhindert wird. Ein Brand muss frühzeitig über die Brandmeldeanlage erkannt werden, um in den Lüftungskanälen vorhandene Brandschutzklappen manuell schließen zu können, sollten diese nicht bereits durch automatische Maßnahmen (z. B. Schmelzlotauslösung) geschlossen worden sein. Ein Übergreifen auf andere Systeme und Komponenten wird dementsprechend ausgeschlossen.

Die einzelnen Lüfter der Umluftfilteranlagen bzw. Umluftanlagen der großen Anlagenräume und Betriebsräume sind räumlich voneinander getrennt angeordnet. Die Funktionen können bei Ausfall der entsprechenden Umluft(filter)anlage durch die redundanten Teilsysteme oder auch andere Umluft(filter)anlagen übernommen werden. Für die Abluftabsaugung steht in dem Fall die Fortluftanlage Unterdruckhaltung zur Verfügung.

Ein Brand der Lüfterzentrale der Ringraumabsaugung während des Nachbetriebes ist nicht relevant für die Aufgaben und Tätigkeiten im Zusammenhang mit den Gefahrenpotenzialen.

Die Lagerung der Brennelemente im BE-Lagerbecken ist vom Brand in einer Lüfterzentrale nicht betroffen. Dementsprechend sind das Schutzziel R „Sicherung der Unterkritikalität der Brennelemente“ und die Sicherheitsfunktion E2 „Brennstabhüllrohr“ nicht relevant. Die Kühlung der Brennelemente ist nicht gefährdet, so dass die Sicherheitsfunktion K3 „Wärmesenke“ nicht betroffen ist.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach- und Restbetriebs relevant. Die Relevanz für einzelne Lüfterzentralen entfällt entsprechend ihrer individuellen, dauerhaften Außerbetriebnahme in den verschiedenen Phasen.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele S „Begrenzung der Strahlenexposition“, K „Kühlung der Brennelemente“ und E „Einschluss radioaktiver Stoffe“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen. Hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktion K2: Wärmetransport

Die Abluft des Sicherheitsbehälters erfolgt im Normalbetrieb über die Fortluftanlage Unterdruckhaltung sowie teilweise über die Fortluftanlage bei Spülluftbetrieb. Die Kühlung der Brennelemente im BE-Lagerbecken wird durch einen brandbedingten Ausfall der genannten Abluft-Lüfterzentralen nicht beeinträchtigt. Eine reduzierte Abführung von Verdunstungswärme kann durch eine erhöhte Wärmeabfuhr über die Beckenkühlung kompensiert werden.

Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss

Beim reduzierten Abluftbetrieb aus dem Sicherheitsbehälter nach einem brandbedingten Ausfall der Fortluftanlage Unterdruckhaltung, der Fortluftluftanlage oder der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage mit gedrosseltem Abluftstrom aus dem RSB wird die Konzentration radioaktiver Schwebstoffe in der Raumluft erhöht. Die durch den reduzierten Abluftvolumenstrom resultierende Erhöhung ist jedoch gering.

Beim brandbedingten Ausfall der übrigen lüftungstechnischen Anlagen führt eine Anpassung oder ggf. Einstellung der Tätigkeiten in den betroffenen Bereichen dazu, dass es zu keiner verstärkten Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft kommt.

In beiden Fällen wird die gerichtete Luftströmung aufrechterhalten und es ist kein Lüftungsabschluss des RSB notwendig.

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die Abluftführung aus dem RSB erfolgt zum einen über die Fortluftanlage Unterdruckhaltung, zum anderen über die Fortluftanlage bei Spülluftbetrieb. Nach dem brandbedingten Ausfall einer dieser Fortluftanlagen wird durch die jeweils andere Fortluftanlage die Abluft zu den zugehörigen Filterstrecken und zum Fortluftkamin sichergestellt.

Bei einem brandbedingten Ausfall einer anderen Abluftanlage kommt es zur automatischen lufttechnischen Absperrung der betroffenen Lüfterzentrale durch automatisches Schließen der Brandschutzklappen in den Lüftungskanälen. Die gerichtete Luftströmung sowie auch der Unterdruck in den Gebäuden des Kontrollbereiches bleiben durch den Betrieb der Fortluftanlage Unterdruckhaltung erhalten. Die Unterbrechung, Verzögerung oder Verringerung der Absaugung führt zu einer geringfügig steigenden Aktivitätskonzentration in der Raumluft, der Brand in einer dieser Lüfterzentralen mobilisiert aber keine zusätzlichen radioaktiven Stoffe.

Die an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird auch bei oder nach Ausfall einer lüftungstechnischen Anlage gefiltert, und zwar durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für den RSB bzw. der Bedarfsfilteranlage für die Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge und den Ringraum (RiRa) sowie bei Spülluftbetrieb auch für den RSB. In den Betriebs- und Anlagenräumen kann abgesaugte Spülluft durch noch vorhandene Umluftfilteranlagen gefiltert werden.

Die Umschaltung auf die entsprechenden in Reserve stehenden Fortluftanlagen ist neben den Brandschutzmaßnahmen (Schließen der Brandschutzklappen und -türen, Brandbekämpfung) zur Begrenzung und Kontrolle der Aktivitätsableitung erforderlich.

Tab. 1.7 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand in der Lüfterzentrale

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Sicherheitsbehälter, Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Filterung der Fortluft							X
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau), Ableitung zum Kamin, Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage	Filterung der Fortluft							X

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau)						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
	Absaugung Konditionierungsanlagenanbau (sofern vorhanden)						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.2.3 Kabelbrand

Annahmen zum Ereignisablauf

Kabelbrände können durch Kurzschlüsse, z. B. infolge defekter Isolierungen oder anderer Einflüsse, bei der Durchführung von Abbaumaßnahmen entstehen und können daher nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Durch vorhandene Brandmeldeeinrichtungen müssen Kabelbrände frühzeitig erkannt werden. Kabelkanäle, Kabelschächte und Kabelböden sind mit Feuerlöschanlagen ausgerüstet. Darüber hinaus sind bei sicherheitsrelevanten Kabelmassierungen die Kabel mit brandhemmenden Beschichtungen zur Verzögerung einer Entzündung und der Brandausbreitung versehen.

Der Schutz gegen Kabelbrand wird bei sicherheitstechnisch wichtigen Kanälen durch die Unterteilung in redundanzzugeordnete Kabelkanäle erreicht, so dass maximal eine Redundante des Sicherheitssystems bzw. der Systemfunktion betroffen sein könnte. Ein gleichzeitiger Ausfall mehrerer Stränge desselben Sicherheitssystems durch einen Kabelbrand wird daher nicht unterstellt.

Die im Nach- und Restbetrieb sowie Abbau noch genutzten oder vorgehaltenen Lüftungssysteme verfügen über ein oder zwei Lüfter und jeweils einen Reserve-Lüfter. Beim

Ausfall eines Lüfters infolge eines Kabelbrands, d. h. einer Unterbrechung der Stromversorgung, wird der jeweilige Reservelüfter in Betrieb genommen. Aufgrund der räumlichen Trennung der zuführenden Kabel für die einzelnen Lüftungsstränge wird ein gleichzeitiger Ausfall mehrerer Lüfter eines Lüftungssystems infolge eines Kabelbrands nicht unterstellt.

Durch Brandbegrenzungseinrichtungen wie automatisch schließende Brandschutzklappen, Kabel- und Rohrschottungen und die Auslegung von Lüftungskanälen mit der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse wird ein Übergreifen eines Kabelbrandes auf andere sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile und Systeme verhindert.

Sofern im Betrieb der Anlage keine Ereignisse zur Kontamination der Kabel geführt haben, ist eine Freisetzung relevanter Mengen radioaktiver Schwebstoffe mit den Brandgasen bei unterstellten Kabelbränden im Kontrollbereich nicht zu besorgen.

Die Integrität des RSB sowie anderer Gebäude des Kontrollbereichs und damit der Sicherheitseinschluss radioaktiver Stoffe ist nicht gefährdet.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele K „Kühlung der Brennelemente“ und S „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen. Hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen

<u>Sicherheitsfunktion K2 und K3: Wärmetransport und Wärmesenke</u>

Sollten durch einen Kabelbrand Stränge des Beckenkühlsystems ausfallen, erfolgt die Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken über redundante Stränge oder über sonstige Notfallmaßnahmen (siehe 1.3.2.1.1). Die Kühlung der Brennelemente wird durch einen zeitweiligen Ausfall zwar beeinträchtigt, jedoch nicht gefährdet.

Sollte durch einen Kabelbrand ein Strang des nuklearen Zwischenkühlsystems und / oder des nuklearen Nebenkühlwassersystems ausfallen, wird auf den in Reserve stehenden Strang geschaltet. Beim Ausfall beider Kühlketten durch Kabelbrand werden Notfallmaßnahmen genutzt (siehe 1.3.2.1.1).

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Durch das automatische Schließen von Brandschutzklappen, das Auslösen von Löscheinrichtungen der betroffenen Kabelkanäle sowie einer schnellen Brandbekämpfung wird das Potenzial zur Freisetzung radioaktiver Schwebstoffe in die Raumluft minimiert. Sofern im Betrieb keine Ereignisse mit Kontamination von Kabeln auftraten, ist auch nicht mit einer zusätzlichen Mobilisierung radioaktiver Stoffe zu rechnen. Durch eine kurzzeitige Unterbrechung der Absaugung bei einem Lüfterausfall in Folge der Umschaltung auf den Reservelüfter steigt die Aktivitätskonzentration in der Raumluft nicht relevant an.

Die an die Umgebung abgeleitete Abluft aus Reaktor- und Hilfsanlagengebäude wird auch bei oder nach Ausfall einer lüftungstechnischen Anlage gefiltert durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für den RSB bzw. der Bedarfsfilteranlage für die Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge und den Ringraum sowie bei Spülluftbetrieb auch für den RSB. Die Jodfilter der Filteranlagen werden bei diesem Ereignis nicht benötigt.

Tab. 1.8 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Kabelbrand

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Sicherheitsbehälter, Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	(Filterung der Fortluft)							X
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau), Ableitung zum Kamin, Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage	(Filterung der Fortluft)							X
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau)						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	(Filterung Fortluft)							X
	Absaugung Konditionierungsanlagenanbau/ Entsorgungsgebäude/ Gebäude für radiologische Abfälle (sofern vorhanden)						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.2.4 Brand eines Filtermobils

Annahmen zum Ereignisablauf

Im Verlauf von Restbetrieb und Abbau werden bei Arbeiten, in deren Folge mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen gerechnet werden muss, zusätzliche mobile Einrichtungen zur Luftabsaugung, Luftfilterung und lüftungstechnischen Trennung eingesetzt. Das betrifft z. B. die Konditionierung radioaktiver Stoffe im Konditionierungsanlagengebäude und den Abbau sowie die Zerlegung von Komponenten im Kontrollbereich.

Beim unterstellten Brand dieser mobilen Filteranlagen können Anteile der in diesen Filteranlagen zurückgehaltenen radioaktiven Stoffe in die Raumluft freigesetzt werden und innerhalb des Kontrollbereichs verbreitet werden.

Potenzielle Brandlasten sind unter Berücksichtigung und Einhaltung der brandschutztechnischen Maßnahmen (siehe 1.3.2.2), ausreichend weit zu entfernen, wodurch ein direktes Übergreifen des Brandes verhindert wird. Darüber hinaus wird der Brand frühzeitig über vor Ort tätiges Personal und die Brandmeldeanlage erkannt. Die in der Folge durchzuführenden Brandschutz- / Brandbekämpfungsmaßnahmen tragen zur Reduktion der potenziell in die Raumluft freigesetzten radioaktiven Stoffe bei.

In die Raumluft freigesetzte radioaktive Stoffe werden durch die stationären Abluftanlagen abgesaugt und über die entsprechenden Filteranlagen der betroffene Ab- bzw. Fortluftstränge gefiltert und über den Fortluftkamin kontrolliert abgegeben.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele S „Begrenzung der Strahlenexposition“, und E „Einschluss radioaktiver Stoffe“. Im Detail sind folgende Sicherheitsfunktionen betroffen:

Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss

Bei dem Brand eines Filtermobils im RSB kann sich die Konzentration radioaktiver Schwebstoffe in der Raumluft erhöhen.

Ein dadurch bedingter Ausfall der stationären lüftungstechnischen Anlagen ist nicht zu besorgen. Tätigkeiten in den betroffenen Bereichen werden nach erfolgten Brandbekämpfungsmaßnahmen angepasst oder ggf. eingestellt.

Die gerichtete Luftströmung wird aufrechterhalten und es ist kein Lüftungsabschluss des RSB notwendig.

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Zur Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses ist in der Anlage eine frühzeitige Brandbekämpfung und das Schließen von Brandschutzklappen erforderlich.

Die Abluftführung aus dem RSB erfolgt zum einen über die Fortluftanlage Unterdruckhaltung, zum anderen über die Fortluftanlage bei Spülluftbetrieb.

Je nach Ausmaß des Brandes kommt es zum automatischen Schließen der Brandschutzklappen in den am Aufstellungsort des Filtermobils befindlichen Lüftungskanälen und diese werden lufttechnisch abgesperrt. Die gerichtete Luftströmung sowie auch der Unterdruck in den Gebäuden des Kontrollbereiches bleiben durch den Betrieb der Fortluft Unterdruckhaltung erhalten.

Durch den Brand eines Filtermobils zusätzlich mobilisierte, radioaktive Stoffe erhöhen im betroffenen Raumbereich die Kontamination. Die aus den Raumbereichen an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für den RSB bzw. der Bedarfsfilteranlage für die Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge und den Ringraum sowie bei Spülluftbetrieb auch für den RSB gefiltert. In den Betriebs- und Anlagenräumen kann abgesaugte Spülluft zusätzlich durch noch vorhandene Umluftfilteranlagen gefiltert werden.

Tab. 1.9 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand eines Filtermobils

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Sicherheitsbehälter, Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Filterung der Fortluft							X
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude/ Gebäude für radiologische Abfälle), Ableitung zum Kamin Isolierung Brand						X	
Fortluftanlage	Filterung der Fortluft							X
Filteranlagen RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau/ Entsorgungsgebäude/ Gebäude für radiologische Abfälle)						X	
Filteranlagen RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
	Absaugung Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude/ Gebäude für radiologische Abfälle (sofern vorhanden)						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.2.5 Brand von Filtern

Ein Brand von Schwebstofffiltern und der Aktivkohle in den Filterbetten der Jodfilter, die zu einer relevanten Freisetzung radioaktiver Stoffe führen, wird durch die Vorsorgemaßnahmen gegen Brände (vgl. 1.3.2.2) in der Anlage unwahrscheinlich bzw. in Ausbreitung und Dauer begrenzt. Die automatisch schließenden Brandschutzklappen in den Lüftungsleitungen, Kammerung von Filtern sowie die Reduzierung von Brandlasten und Vermeidung von Zündquellen in räumlicher Nähe der Filter gehören in diesen Fällen zu den relevanten Vorsorgemaßnahmen. In den Aufstellräumen der Filter müssen dazu Brandmelder, die zu einem schnellen Einsetzen von Brandbekämpfungsmaßnahmen führen, vorhanden sein.

Da das durch die Aktivkohle zurückgehaltene Jod schnell zerfällt, sollten die Aktivkohlefilter zur Verringerung der Brandlast entsorgt werden, sobald nicht mehr mit freisetzbarem radioaktivem Jod in der Anlage zu rechnen ist. Mit der Entfernung der Aktivkohle aus den Jodfiltern können diese Filterbrände mangels entsprechend geeigneter Brandlasten ausgeschlossen werden.

Die Schwebstofffilter zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe sind schwer entflammbar bzw. nicht brennbar. Die Filter zur Rückhaltung von Aktivkohlestäuben hinter den Jodfiltern können darüber hinaus entsorgt werden, sobald die Jodfilter in der Anlage nicht mehr benötigt werden. Durch die vorgeschalteten Jodfilter wird radioaktives Jod und in den davor liegenden Schwebstofffiltern radioaktive Schwebstoffe zurückgehalten, so dass eine Beladung der den Jodfiltern nachgeschalteten Schwebstofffiltern mit radioaktiven Stoffen gering ist.

1.3.2.3 Leckage von Behältern oder Systemen

1.3.2.3.1 Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit

Annahmen zum Ereignisablauf

Während Nach-, Restbetrieb und Abbau kann es zu Leckagen an Behältern oder Systemen mit radioaktiven Medien kommen, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe führen können. Systeme mit radioaktiven Medien befinden sich in den Gebäuden des Kontrollbereichs. Die Folgen einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen bei Leckagen ist hierbei abhängig vom freisetzbaren Aktivitätsinventar, von den Radionukliden, von Betriebsdruck und -temperatur eines Behälters oder Systems.

Um eine Freisetzung radioaktiver Stoffe in den Untergrund in Folge von Leckagen zu verhindern, werden bei Behältern, Rohrleitungen oder Gebinden mit radioaktiv kontaminierten Flüssigkeiten Barrieren eingesetzt. Diese bestehen u. a. aus dekontaminierbaren Auffangwannen unter den Behältern und dekontaminierbaren Beschichtungen der Aufstellungsräume der Behälter. Diese Barrieren bleiben während Restbetrieb und Abbau erhalten, solange sich in den betreffenden Behältern und Rohrleitungen noch mit radioaktiven Stoffen kontaminierte Flüssigkeiten befinden. Infolgedessen kann es nur zu einer luftgetragenen Ausbreitung von radioaktiven Stoffen bei einer ereignisbedingten Freisetzung kommen.

Für die Leckage eines Behälters ist gemäß /SSK 83/ das vollständige Auslaufen eines Abwasserverdampfers im Reaktorhilfsanlagengebäude abdeckend, da es beim auslaufenden Konzentrat aufgrund des Aggregatzustandes (Sieden) zu einer Spontanverdampfung kommt. Radioaktive Stoffe gelangen infolgedessen und aufgrund der Mitnahme von Tröpfchen als Schwebstoffe in die Raumluft. Durch einen Aktivitätsanstieg in der Abluft und dem Füllstandsabfall im Brüdengefäß des Verdampfers ist eine solche Leckage erkennbar. Der Abwasserverdampfer wird bei Erreichen eines unteren Füllstandgrenzwertes automatisch abgeschaltet und abgesperrt.

Es wird im abdeckenden Fall unterstellt, dass die gesamte Konzentratmenge innerhalb von 30 Minuten ausläuft. Die Leckagewässer werden im Sumpf des Reaktorhilfsanlagengebäudes gesammelt und von dort in den Abwassersammelbehälter gepumpt. Die

bei der Spontanverdampfung des Konzentrates in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe werden mit der Abluft über die Fortluftanlage des Reaktorhilfsanlagengebäudes abgeführt. Überschreitet die Abluft Aktivitätsgrenzwerte, wird automatisch auf die Schwebstofffilter der entsprechenden Filteranlage der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) umgeschaltet.

Die von dem Schichtpersonal bei Leckagen an der Abwasserverdampfungsanlage oder an den Konzentratbehältern des Abwassersystems durchzuführenden Maßnahmen entsprechen i. d. R. denen des Leistungsbetriebs. Zur Erkennung von Leckagen dienen die Betriebsüberwachung und Anlagenrundgänge. Systemteile, die von Leckagen betroffen sind, werden freigeschaltet. Die von dem Schichtpersonal bei Aktivitätsfreisetzung durchzuführenden Maßnahmen sind generell im BHB-Kapitel zur Nuklearen Lüftungsanlage beschrieben.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus zu berücksichtigen.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

<u>Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe</u>

Die in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe werden mit der Abluft über die Schwebstofffilter der Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) abgeführt. Die Schwebstoff- und Edelgasaktivität wird von der Fortluftüberwachung erfasst.

Tab. 1.10 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude Abluft						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Reaktorhilfsanlagengebäude						H	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Fortluft							H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.4 Ereignisse bei der Handhabung von Lasten

1.3.2.4.1 Absturz von Gebinden mit festen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen

Annahmen zum Ereignisablauf

Aufgrund der im Nach-, Restbetrieb und beim Abbau zahlreich stattfindenden Handhabungsvorgänge, bei denen v. a. im Abbau auch Hebezeuge, Lastanschlagpunkte und Transportfahrzeuge zum Einsatz kommen, die nicht den erhöhten Anforderungen der KTA-Regeln 3902 /KTA 20a/ und 3905 /KTA 20b/ entsprechen, kann eine Beschädigung von Abfallgebinden in Folge von Lastabstürzen nicht ausgeschlossen werden.

Lastabstürze können infolge der mechanischen Einwirkung beim Aufschlag des Gebindes zu Integritätsverlust des verwendeten Behälters sowie der Beschädigung von weiteren Einrichtungen an der Absturzstelle führen. Durch einen Integritätsverlust des abgestürzten Gebindes kann es zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die umgebende Raumluft kommen. Die Freisetzungsmenge an radioaktiven Stoffen ist in diesem Fall

abhängig vom freisetzbaren Aktivitätsinventar, der mechanischen Einwirkung (z. B. Fallhöhe) und der Auslegung des verwendeten Behälters.

Der Absturz von Gebinden mit festen Reststoffen oder Abfällen (z. B. einer Abfallbox mit brennbaren Abfällen) im Bereich der Konditionierungsanlagen bzw. Reststoffbearbeitungszentren oder bei einem Unfall während des Transports ist daher nicht auszuschließen und muss betrachtet werden.

Kommt es beim Absturz zu einem Integritätsverlust des Behälters, gelangt ein Teil der radioaktiven Stoffe aus dem Behälter als Schwebstoffe in die Raumluft. Diese Schwebstoffe werden z. B. durch die Abluftanlage der Raumbereiche der Konditionierungsanlagen bzw. Reststoffbearbeitungszentren (und deren eigenen Schwebstofffilter) in die Abluftkanäle des Reaktorhilfsanlagengebäudes geleitet und wie die Abluft anderer potenziell betroffener Raumbereiche über die Schwebstofffilter der Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge und die Fortluftanlage zum Fortluftkamin geleitet.

Darüber hinaus wird der Einsatz von Filtermobilen zur Luftabsaugung sowie von Einhausungen der Orte mit potenziell höheren Aktivitätsfreisetzungen vorgesehen, wodurch eine unnötige Aktivitätsverschleppung innerhalb des Kontrollbereichs vermieden werden soll. In die Raumluft freigesetzte radioaktive Stoffe, die nicht durch diese mobilen Einrichtungen zurückgehalten werden können (z. B. weil sich an der Absturzstelle keine solche mobile Filteranlage befindet), werden durch die vorgenannten stationären Fortluftanlagen oder zu einem späteren Zeitpunkt durch eine Ersatzlüftungsanlage aus dem Kontrollbereich abgesaugt und gefiltert über den Fortluftkamin kontrolliert abgegeben.

Für die während des Restbetriebes und Abbaus zu befüllenden Abfallgebinde ist davon auszugehen, dass sich die Aktivitätskonzentrationen gegenüber dem Leistungs- und Nachbetrieb weiter verringern, da keine neuen radioaktiven Nuklide mehr produziert werden und die Nuklide mit kurzen und mittleren Halbwertzeiten bereits zerfallen sind. Durch Beprobung oder Dosisleistungsmessungen wird der Aktivitätsinhalt der Behälter auf die zulässigen Maximalwerte begrenzt.

Relevante Phase

Das Ereignis „Absturz von Gebinden mit festen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen“ ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die in die Raumbereiche der Konditionierungsanlagen freigesetzte Aktivität wird über die Lüftung der Raumbereiche der Konditionierungsanlagen bzw. Reststoffbearbeitungszentren von der Fortluftanlage in den Fortluftkamin abgeführt. Bei Überschreiten von Grenzwerten werden automatisch die entsprechenden Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) zugeschaltet.

Tab. 1.11 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Absturz von Gebinden mit festen radioaktiven Abfällen

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum, Ableitung Abluft zum Kamin						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Ringraum / Reaktorhilfsanlagengebäude						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Abluft Reaktorhilfsanlagengebäude, (Konditionierungsgebäudeanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle) und Ringraum							X
Nukl. Lüftungsanlagen Abluftanlagen Konditionierungsanlagenanbau (sofern vorhanden)	Absaugung Konditionerungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluftt						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.5 Absturz von Gebinden mit flüssigen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen

Annahmen zum Ereignisablauf

Im Nach- und Restbetrieb werden z. B. Fässer mit kontaminierten Schlämmen oder schwach kontaminierten Ölen transportiert. Andere flüssige radioaktive Abfälle werden bis zur Konditionierung, in deren Ergebnis die enthaltenen Radionuklide immobilisiert werden, in Rohrleitungen transportiert.

In Fässer abgefüllte Schlämme werden von ihrem jeweiligen Entstehungs- und Abfüllort in ein Fasslager innerhalb des Kontrollbereiches transportiert. Die Transporte werden mit Flurfördermitteln und Aufzügen durchgeführt. Ein Absturz von Fässern mit kontaminierten Schlämmen beim Verladen oder beim Transport zur weiteren Konditionierung kann nicht ausgeschlossen werden.

Lastabstürze können infolge der mechanischen Einwirkung beim Aufschlag des Gebindes zu Integritätsverlust der verwendeten Fässer, sowie der Beschädigung von weiteren Einrichtungen an der Absturzstelle führen. Durch einen Integritätsverlust des abgestürzten Gebindes kann es zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die umgebende Raumluft kommen. Die Freisetzungsmenge an radioaktiven Stoffen ist in diesem Fall abhängig vom freisetzbaren Aktivitätsinventar, der mechanischen Einwirkung (z. B. Fallhöhe) und der Auslegung des verwendeten Behälters. Das Ereignis kann auf allen genutzten Transportwegen eintreten. Im Vergleich zum Versagen des Abwasserverdampfers (siehe 1.3.2.3.1) ist der Anteil der Aktivität, der durch Verdunstung in die Raumluft gelangen kann, sowie die freigesetzte Flüssigkeitsmenge um mehrere Größenordnungen geringer. Das Versagen des Abwasserverdampfers ist daher aus radiologischer Sicht abdeckend.

Die bei einer Beschädigung eines Fasses mit kontaminierten Schlämmen ausgelaufene Flüssigkeit sammelt sich im Sumpf des betroffenen Raumbereiches und wird von dort in den Abwassersammelbehälter gepumpt. In Kranschächte auslaufende Flüssigkeit sammelt sich in der betreffenden Bodenwanne und wird manuell abgepumpt.

Die bei der Verdunstung der ausgelaufenen Flüssigkeit in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe werden mit der Abluft über die Fortluftluftanlage abgeführt. Die Abluft kann dabei über die entsprechenden Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagen-

gebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) geleitet werden; dabei erfolgt die Umschaltung von Bypass auf Filterung automatisch bei der Überschreitung von Grenzwerten. Darüber hinaus wird der Einsatz von Filtermobilen zur Luftabsaugung sowie von Einhausungen der Orte mit potenziell höheren Aktivitätsfreisetzungen vorgesehen, wodurch eine unnötige Aktivitätsverschleppung innerhalb des Kontrollbereiches vermieden werden soll. In die Raumluft freigesetzte radioaktive Stoffe, die nicht durch diese Einrichtungen zurückgehalten werden können (beispielsweise, wenn sich an der Absturzstelle kein solches Filtermobil befindet), werden durch die vorgenannten stationären Fortluftanlagen oder zu einem späteren Zeitpunkt durch eine Ersatzlüftungsanlage aus dem Kontrollbereich abgesaugt und gefiltert über den Fortluftkamin kontrolliert abgegeben.

Relevante Phase

Das Ereignis „Absturz von Gebinden mit flüssigen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen“ ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

<u>Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe</u>

Die in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe werden mit der Abluft über die Fortluftanlage des Reaktorhilfsanlagengebäudes abgeführt. Die Aktivität wird von der Fortluftüberwachung erfasst. Bei Überschreiten von Grenzwerten werden automatisch die entsprechenden Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) zugeschaltet.

Tab. 1.12 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Absturz mit flüssigen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Reaktorhilfsanlagengebäude, Abluftt						H	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Fortluft							H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.6 Handhabung radioaktiver Stoffe

1.3.2.6.1 Mobilisieren radioaktiver Schwebstoffe beim Ausisolieren

Annahmen zum Ereignisablauf

Durch Anlagerung und Akkumulierung während der Jahre des Leistungsbetriebes und der Revisionen muss an einigen Stellen mit relevanten Kontaminationen des Isoliermaterials gerechnet werden. Das Aktivitätsinventar der abgelagerten akkumulierten Stäube kann somit durch Mobilisierung beim Ausisolieren zu einer Erhöhung der Schwebstoffaktivität der Raumluft führen. Diese örtlich erhöhte Schwebstoffaktivität wird in den Filtern der zur Verfügung stehenden stationären Lüftungsanlagen des Kontrollbereiches sowie in ggf. vorhandenen mobilen Einhausungen inkl. Filteranlagen zurückgehalten.

Arbeiten an der Isolierung werden gemäß Instandhaltungs (IH) -Verfahren bzw. den in der jeweiligen Phase gültigen schriftlichen Betriebsordnungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Verfahren ist durch den Strahlenschutzschein festgelegt, in welchem Umfang Ein-

hausungen und / oder mobile Filteranlagen eingerichtet werden müssen. Eine Zuschaltung der Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) kann darüber hinaus vorsorglich vorgenommen werden.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“. Auf Grund der im Vergleich zu anderen Ereignissen geringeren Schwebstoffaktivität sind die radiologischen Auswirkungen durch andere Ereignisse abgedeckt. Generell sind die gleichen Sicherheitsfunktionen des Schutzzieles „Begrenzung der Strahlenexposition“ wie im Ereignis „Leckage bei der Systemdekontamination“ betroffen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Bei einer Mobilisierung von radioaktiven Schwebstoffen beim Ausisolieren, die nicht in ggf. vorhandenen mobilen Einhausungen und / oder Filteranlagen zurückgehalten werden, wird die in die Raumluft des RSB gelangte Aktivität von der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für das Reaktorgebäude bzw. im Spülluftbetrieb mit den Ventilatoren der Fortluftanlage sowie den Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen abgeführt.

Bei einer Mobilisierung von radioaktiven Schwebstoffen beim Ausisolieren, die nicht in ggf. vorhandenen mobilen Filteranlagen zurückgehalten werden, wird die in die Raumluft des Reaktorhilfsanlagengebäudes oder Ringraums gelangte Aktivität von der Fortluftanlage abgeführt.

Die an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für das Reaktorgebäude, die Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen sowie den Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge gefiltert. Jodfilter werden nicht benötigt.

Tab. 1.13 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Mobilisieren radioaktiver Schwebstoffe beim Ausisolieren

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage	Absaugung Sicherheitsbehälter, Ringraum / Reaktorhilfsanlagengebäude, Abluft						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Sicherheitsbehälter						X	
Fortluftanlage-Unterdruckhaltung	Filterung Fortluft							X
Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Absaugung Sicherheitsbehälter						X	
Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen Anlagen- und Betriebsräume	Filterung Abluft							X
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Abluft aus Reaktorhilfsanlagengebäude, Ringraum						H	H
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	(Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft)						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.6.2 Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Abfälle

Annahmen zum Ereignisablauf

Gebinde mit festen radioaktiven Abfällen fallen in der Anlage während des Nach-, Restbetriebes und Abbaus u. a. bei folgenden Prozessen an:

- bei der Konditionierung der vorhandenen festen radioaktiven Abfälle aus dem Leistungsbetrieb und der neu entstehenden Abfälle aus dem Nach- und Restbetrieb im Fasslager,
- bei der Entsorgung von Filterkerzen aus Reinigungsanlagen kontaminierter Wässer (Sperrwasserfilter, Beckenwasserreinigung, Kühlmittel- und Abwasseraufbereitung),
- bei der Konditionierung von Schwebstofffilterpaketen der Fort- und Abluftanlagen des Kontrollbereiches,
- bei der Entsorgung nicht mehr benötigter Aktivkohlefilter zur Rückhaltung von radioaktivem Jod im Kontrollbereich.

Die Erzeugung von Gebinden mit festen radioaktiven Abfällen findet in entsprechenden Reststoffbearbeitungszentren im Ringraum oder Reaktorhilfsanlagengebäude (und ggf. vorhandenen Anbauten wie Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle) des Kontrollbereichs statt. Bei Ereignissen während der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Reststoffe oder Abfälle wird davon ausgegangen, dass die zu erzeugenden Gebinde zum Zeitpunkt des Ereignisses nicht verschlossen sind, so dass Freisetzungen aus Oberflächenkontaminationen von unverpackten oder nur leicht verpackten Materialien unterstellt werden. Hierzu zählen z. B.

- Schwebstofffilter oder die Aktivkohle der Jodfilter, die unmittelbar nach dem Ausbau in Foliensäcke verpackt werden. Der Transport zur weiteren Handhabung, wo sie nach Sortierung in brennbare und nicht brennbare Bestandteile in Fässer verpackt werden, erfolgt in Transportboxen mit Flurfördermitteln und Aufzügen,
- Filterkerzen, die vor Ort per Filterwechselanlage in Abschirmgebinde verpackt werden, werden im Fasslager in Behälter eingesetzt.

Die Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Raumluft kann durch Handhabungsfehler entlang des gesamten Prozesses passieren. In diesen Fällen können die Raumbereiche der Entnahme bzw. des Abbaus von Reststoffen aus dem entsprechenden Anlagenteil (z. B. beim Wechsel von Filterpaketen der Schwebstofffilter) und des Verpackungsvorgangs, des Transportweges zur weiteren Behandlung sowie der Sammlung, Sortierung und Konditionierung der Abfälle betroffen sein. Es wird angenommen, dass durch einen Aufprall Schwebstoffe freigesetzt werden. Zur Rückhaltung der bei diesen Ereignissen in die Raumluft gelangten luftgetragenen Schwebstoffe wird die Abluft durch die Fortluftanlage abgeführt und durch die Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge gefiltert.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die in die Raumluft des Ringraums bzw. Reaktorhilfsanlagengebäudes (inkl. ggf. vorhandener Anbauten) freigesetzte Aktivität wird von der Fortluftanlage in den Fortluftkamin abgeführt. Bei Überschreiten von Grenzwerten werden automatisch die Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) zugeschaltet. Die an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird dementsprechend durch die Schwebstofffilter der Reaktorhilfsanlagen-Abluftstränge gefiltert. Jodfilter werden nicht benötigt.

Tab. 1.14 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Abfälle

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Fortluftanlage	Absaugung Ringraum / Reaktorhilfsanlagengebäude, Abluft						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Ringraum / Reaktorhilfsanlagengebäude						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Abluft Reaktorhilfsanlagengebäude und Ringraum							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	(Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft)						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.6.3 Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für flüssige radioaktive Abfälle

Annahmen zum Ereignisablauf

Flüssige radioaktive Abfälle, d. h. Abwässer, Schlämme, Ionenaustauscherharze, Verdampferkonzentrate und Öle werden in dekontaminierbaren Räume innerhalb des Kontrollbereiches, die mit Rückhalteeinrichtungen für radioaktive Stoffe ausgerüstet sind, behandelt. Zu den Rückhalteeinrichtungen zählen neben Bodenwannen zum Auffangen ausgelaufener radioaktiver Flüssigkeiten, Abluft-Absaugungen, um die Schwebstoffkonzentration in der Raumluft zu begrenzen. Die Verfahren zur Behandlung flüssiger radioaktiver Abfälle entsprechen denen aus dem Leistungsbetrieb bewährten Verfahren und dem genehmigten Stand der Anlage.

Radioaktiv kontaminierte Schlämme werden an ihrem Entstehungsort in Fässer abgefüllt. Die Fässer mit den abgefüllten Schlämmen werden im Fasslager zwischengelagert

und dort durch Abpumpen oder Dekantieren entwässert. Im Anschluss werden die Fässer mit einer mobilen Fasstrocknungsanlage im Unterdruckverfahren bei moderaten Temperaturen getrocknet.

Ionenaustauscherharze werden nach einer Sammlung und Zwischenlagerung in Harz- oder Konzentratsammelbehältern in Rohrleitungen zur Abfüllstation im Reaktorhilfsanlagengebäude gespült, dort in Behälter abgefüllt und anschließend nachentwässert.

Verdampferkonzentrate werden nach einer Sammlung und Zwischenlagerung in den Konzentratsammelbehältern in Rohrleitungen zur Abfüllstation im Reaktorhilfsanlagengebäude gespült, dort abgefüllt und getrocknet. Die Trocknung wird im Unterdruckverfahren bei moderaten Temperaturen durchgeführt.

Sowohl bei der Abfüllung, Behandlung und Transport können durch Leckagen oder Handhabungsfehler kontaminierte Flüssigkeiten in die Betriebsräume gelangen und verdunsten. Die unter diesen Umständen anfallenden Mengen freigesetzter flüssiger radioaktiver Stoffe liegen in Bereichen weniger Liter bis zur Größenordnung des Volumens eines Fasses oder Behälters. Durch die bei diesen Vorgängen niedrigen Prozessparameter im Vergleich zur Abwasserverdampfung sind hinsichtlich möglicher radiologischer Folgen die Ereignisse bei Erzeugung von Gebinden für flüssige radioaktive Abfälle durch die Leckage eines Abwasserverdampfers abgedeckt.

Leckagewässer werden im Sumpf des betroffenen Betriebsraumes gesammelt und von dort in den Abwassersammelbehälter gepumpt. Die bei der Verdunstung der ausgelaufenen Flüssigkeit in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe werden mit der Abluft des Reaktorhilfsanlagengebäudes über die Fortluftanlage abgeführt. Die Abluft kann dabei über die Schwebstofffilter der entsprechenden Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) geleitet werden.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die in die Raumluft gelangenden radioaktiven Schwebstoffe müssen mit der Abluft über die Fortluftanlagen des Reaktorhilfsanlagengebäudes abgeführt werden. Die Schwebstoff- und Edelgasaktivität wird von der Fortluftüberwachung erfasst. Die an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird bei Bedarf durch die Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagen-Abluftstränge gefiltert.

Tab. 1.15 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für flüssige radioaktive Abfälle

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude, Abluft						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
Aktivitätsüberwachung / Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Reaktorhilfsanlagengebäude						H	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Fortluft							H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.7 Chemische Einwirkungen

1.3.2.7.1 Leckage bei der Systemdekontamination

Annahmen zum Ereignisablauf

Die Primärkreisdekontamination (oder auch FSD – Full System Decontamination) erfolgt durch das Umwälzen eines speziellen Dekontaminationsmediums. Dies schließt Teile

des Volumenregelsystems, Not- und Nachkühlsystems und der Kühlmittelreinigung mit ein.

Die Komponenten und Rohrleitungen des Reaktorkühlkreislaufes befinden sich im Reaktorsicherheitsbehälter. Die Teile des Volumenregelsystems befinden sich im Ringraum und im Reaktorhilfsanlagengebäude. Das Not- und Nachkühlsystem hat Anschlussleitungen an den Reaktorkühlkreislauf, Armaturen sowie Druckspeicher im RSB. Weitere Systemkomponenten wie Nachkühlpumpen, Sicherheitseinspeisepumpen und weitere Armaturen befinden sich im Ringraum.

Entscheidend für eine sichere Dekontamination ist der Erhalt der Integrität sicherheitstechnisch wichtiger Systeme. Dabei ist es von großer Wichtigkeit, den Dekontaminationsbereich sicher von den sicherheitstechnisch wichtigen Systemen, die nicht dekontaminiert werden sollen, beispielsweise durch Doppelabsperrungen oder durch nachgewiesenermaßen dichte Ventile, zu trennen. Insbesondere ist ein Eindringen von Dekontaminationschemikalien in das BE-Lagerbecken unerwünscht, da hier in der Regel kein Nachweis über die Verträglichkeit der Brennelemente mit den Chemikalien geführt wurde und daher größere Schäden (inkl. Brennstabdefekte) nicht ausgeschlossen werden können. Im Falle einer brennstofffreien Anlage im Zuge des Abbaus ist dieser Aspekt von untergeordneter Bedeutung. Falls notwendig ist die Wirksamkeit der Maßnahmen durch Überwachung der angrenzenden Rohrleitungen sicherzustellen. Gleichzeitig ist es auch wichtig, dass die Dichtheit von Absperreinrichtungen nicht durch die Wirkung der Dekontaminationschemikalien beeinträchtigt wird. /GRS 18/, /WLN 14/

Zu berücksichtigen ist auch, dass im Falle von Störungen / Störfällen, wie beispielsweise Ausfall eines Beckenkühlstranges oder Notstromfall, sichergestellt ist, dass nicht fälschlicherweise durch die Leittechnik auf einen anderen Strang umgeschaltet wird, der in den Dekontaminationsbereich eingebunden und daher mit Dekontaminationschemikalien gefüllt ist. Unter Einhaltung der in /WLN 14/ beschriebenen Maßnahmen sind Leckagen in sicherheitstechnisch wichtige Systeme, die für die Nachwärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken betrieben werden oder in das BE-Lagerbecken selbst nicht zu unterstellen.

Aus sicherheitstechnischer Sicht sind Schäden an sicherheitstechnisch wichtigen Systemen relevant. Bei Primärkreisdekontaminationen in der Nachbetriebsphase sind Schäden an Systemen, die anschließend für den weiteren Nachbetrieb nicht mehr benötigt werden, oftmals von untergeordneter Bedeutung. Da jedoch im Dekontaminationsmedium erhebliche Mengen an Aktivität gelöst sein können, können Leckagen oder Un-

dichtigkeiten von Dekontaminationsmedium führenden Komponenten zu erheblicher Kontamination in der Anlage führen. Sowohl zur Dosisminimierung des Personals als auch zur Einhaltung des Schutzziels „Einschluss der Radioaktivität“ sollte also der Austritt von Dekontaminationsmedium so weit wie möglich vermieden werden, auch wenn es sich um für die weitere Nachbetriebsphase nicht mehr benötigte Systeme handelt.

Zu betrachten sind somit jeweils Leckagen in den Reaktorsicherheitsbehälter, den Ringraum und das Reaktorhilfsanlagengebäude sowie interne Leckagen in den angrenzenden nuklearen Zwischenkühlkreislauf.

Eine Beeinträchtigung des Wärmetransports und des Ausfalls der Wärmesenke aufgrund von Systemausfällen infolge von Überflutungen im Ringraum ist aufgrund der geringen Leckagemengen nicht zu unterstellen.

Relevante Phasen

Das Ereignis „Leckage bei der Systemdekontamination“ ist bei der Durchführung von Primärkreiskontamination bzw. angeschlossener Systeme relevant. Die im Folgenden benannten Systeme müssen daher vorgehalten werden. Zu unterscheiden ist, ob die Primärkreisdekontamination mit BE und / oder Sonderbrennstäben im BE-Lagerbecken durchgeführt wird.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele „Einschluss radioaktiver Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

<u>Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss</u>

Ein Druck- und Temperaturanstieg ist durch eine Leckage nicht zu erwarten und gefährdet somit nicht die Integrität des RSB. Der Sicherheitseinschluss im RSB erfolgt durch dessen Lüftungsabschlussarmaturen. Es werden alle Lüftungskanäle geschlossen, durch die radioaktive Stoffe den RSB verlassen können. Dazu zählen ebenso die Personen-, Material- und Notschleuse.

Sicherheitsfunktion S1 und S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage und Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe

In der Zeit vom Auftritt der Leckage bis zum Lüftungsabschluss des RSB wird die in die Raumluft gelangte Aktivität von der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für das Reaktorgebäude bzw. im Spülluftbetrieb über die Fortluftanlage und den Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen abgeführt. Für den Fall, dass eine Leckage im Ringraum oder Reaktorhilfsanlagengebäude auftritt, wird die Austrittsmenge durch Schließen der entsprechenden Primärkreisarmaturen der betroffenen Hilfs- und Nebenkühlsysteme begrenzt. Die hierbei auftretende, luftgetragene Aktivität wird über die Fortluftanlage und die Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagen-Abluftstränge abgeführt und gefiltert.

Tab. 1.16 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Leckage bei der Primärkreisdekontamination

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
Umluftfilteranlage große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen, Anlagen- und Betriebsräume	Filterung abgesaugter Spülluft							X
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle)						X	
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Reaktorgebäude-Innenraum						X	
	Filterung Fortluft							X

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle)						X	
	Filterung Fortluft							X
Personen-, Material- und Notschleuse	RSB-Lüftungsabschluss					X		
Lüftungsabschlussarmaturen	RSB-Lüftungsabschluss					X		

1.3.2.7.2 Ereignisse bei der Dekontamination von Bauteilen

Chemische Einwirkungen sind bei der Bauteildekontamination im Rahmen der Reststoffbearbeitung durch den Einsatz von chemischen Substanzen zur Dekontamination von Anlagenteilen oder Systemen möglich. Für die Reststoffbearbeitung im bisherigen Kontrollbereich der Anlage sind die Ereignisbetrachtungen zur Ereignisgruppe „Leckage von Behältern und Systemen“ (Abschnitt 1.3.2.3) abdeckend.

Als weitere Maßnahmen sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Es sollen keine Großkomponenten dekontaminiert werden, deren Absturz zur Beschädigung der Dekontaminationseinrichtung führen kann,
- Dekontamination von Großkomponenten nur im eingebauten Zustand im Rahmen einer Teilsystemdekontamination oder nach einer Vorzerlegung,
- Anwendung betriebsbewährter Verfahren,
- Ständige Kontrollen des ausführenden Personals bei der Einwirkung der chemischen Substanzen,

- Einsatz der Umluftfilteranlage bei der Dekontamination,
- Auslegung der eingesetzten Hebezeuge und Fördermittel gemäß dem gültigen Regelwerk entsprechend ihrer Aufgaben,
- Einsatz von Absaugeinrichtungen zur Einhaltung von Aerosolgrenzwerten.

1.3.2.8 Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Systeme

1.3.2.8.1 Ausfall lüftungstechnischer Anlagen

Annahmen zum Ereignisablauf

Im Nach- und Restbetrieb weiter genutzte stationäre nukleare Lüftungsanlagen des Kontrollbereiches sorgen für eine gerichtete Luftströmung und Unterdruckhaltung innerhalb der Gebäude des Kontrollbereiches sowie beim Anfallen luftgetragener Aktivität dafür, diese aus den entsprechenden Raumbereichen zu filtern.

Im Nach- und Restbetrieb werden folgende lufttechnischen Anlagenbereiche des Nuklearen Lüftungssystems kontinuierlich oder zeitlich begrenzt betrieben bzw. in einem begrenzten Umfang als Reserve vorgehalten:

- Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage
- Zuluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum
- Zuluftstränge Reaktorsicherheitsbehälter
    - Zuluftstrang Reaktorsicherheitsbehälter
    - Zuluftstrang Spülluft Reaktorsicherheitsbehälter
    - Zuluftstrang Unterdruckhaltung Reaktorsicherheitsbehälter
- Zuluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude
    - Zuluftstrang Anlagenräume
    - Zuluftstrang Laborräume
    - Zuluftstrang Sozialräume
    - Zuluftstrang Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäude / Gebäude für radiologische Abfälle (sofern vorhanden)

- Fortluftanlage
- Abluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum
- Abluftstrang Spülluft Reaktorsicherheitsbehälter
- Fortluft Unterdruckhaltung
- Abluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude
    - Abluftstrang Anlagenräume
    - Abluftstrang Labor- und Sozialräume
    - Abluftstrang Sozialräume
- Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge
    - Bedarfsfilteranlage
    - Systemluft einschließlich Filteranlage
- Filteranlagen
    - Umluftfilteranlage der großen Anlagenräume
    - Filteranlage der Unterdruckhaltung

Details zu den einzelnen Lüftungssystemen und Lüftungssträngen lassen sich Kapitel 3 „Lüftungssysteme des Druckwasserreaktors“ entnehmen.

Für Arbeiten im Kontrollbereich, bei denen mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen gerechnet werden muss (z. B. Demontage und Zerlegung kontaminierter und aktivierter Anlagenteile, sowie Reststoffbehandlung im Kontrollbereich), werden soweit erforderlich zusätzliche mobile Einrichtungen zur Luftabsaugung, Luftfilterung und lüftungstechnischen Trennung eingesetzt (z. B. Einhausungen und mobile Lüftungsanlagen). Die bei der Durchführung von Abbaumaßnahmen erforderlichen Einrichtungen werden entsprechend der in der jeweiligen Phase gültigen schriftlichen Betriebsregelungen festgelegt (z. B. Instandhaltungsordnung, Arbeitserlaubnisverfahren etc.).

Die Lüfter der genannten Lüftungssysteme sind drehzahlüberwacht, bei Ausfall eines Lüfters erfolgt die automatische Umschaltung auf den entsprechenden Reservelüfter. Hierdurch kommt es zu keinen Einschränkungen in Bezug auf Unterdruckhaltung und gerichtete Luftströmung innerhalb der Gebäude.

Bei einem vollständigen Ausfall von lüftungstechnischen Teilsystemen sowie in abgegrenzten Raumbereichen wie z. B. Einhausungen mit mobilen Filteranlagen, werden alle laufenden Arbeiten im betroffenen Bereich unverzüglich eingestellt, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe und einer weiteren Akkumulation in die Raumluft führen können. Die relevanten Lüftungsklappen werden gemäß administrativer Regelungen geschlossen. Die Arbeiten werden erst wieder aufgenommen, wenn die gerichtete Luftströmung einschließlich Filterung der Abluft wiederhergestellt ist.

Im Notstromfall werden die Lüfter der Zuluftanlage nicht versorgt. In den Fortluftanlagen ist jeweils ein Lüfter nach Spannungswiederkehr zur Gebäudeunterdruckhaltung in Betrieb. Es stellt sich ein verstärkter Unterdruck im Kontrollbereich ein und die gerichtete Strömung in Richtung Fortluftkamin bleibt erhalten.

Fällt die Fortluftanlage vollständig aus, erfolgt eine Schutzabschaltung der Lüfter der Zuluftanlage. Unterdruckhaltung und Schwebstofffilterung erfolgt dann nur noch über die Fortluftanlage Unterdruckhaltung.

Ein Ausfall der Fortluftanlage Unterdruckhaltung wird über den Spülluftbetrieb des RSB mit der Fortluftanlage aufgefangen. Im Anforderungsfall kann die Bedarfsfilteranlage hinzugeschaltet werden.

Bei Nichtverfügbarkeit der Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge dürfen in den angeschlossenen Raumbereichen des Kontrollbereichs keine Arbeiten durchgeführt werden, die mit erhöhter Aktivitätsfreisetzung verbunden sind. Gleiches gilt für die Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen im RSB. Letztere können, sofern kein Spülluftbetrieb mehr erforderlich, und keine Ereignisse mehr zu unterstellen sind, die den Betrieb dieser Filteranlage erfordern oder aus betrieblichen Gründen vorgehalten werden sollen, dauerhaft außer Betrieb genommen werden.

Fallen während der Primärkreislauf-Dekontamination benötigte Umluftanlagen aus, ist der Nachkühlbetrieb zur Abführung der von den Hauptkühlmittelpumpen erzeugten Abwärme beeinträchtigt. Wenn erforderlich, muss die Dekontamination bis zur Wiederherstellung der Kühlfunktion unterbrochen werden.

Im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen im Kontrollbereich werden die lüftungstechnischen Anlagen und die damit in Zusammenhang stehenden Einrichtungen entsprechend

des jeweils gültigen Änderungsverfahrens geändert und den Notwendigkeiten des Abbaus (z. B. Reduzierung der Luftmengen) oder Anlagenzustands angepasst bzw. außer Betrieb genommen. Hierbei können auch lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen notwendig werden (z. B. mobile Lüftungsanlagen oder Ersatzlüftungssysteme).

Die Lagerung und Kühlung der Brennelemente im BE-Lagerbecken werden durch den Ausfall einer lüftungstechnischen Anlage nicht gefährdet. Die Schutzziele R „Sicherung der Unterkritikalität der Brennelemente“ und K „Kühlung der Brennelemente“, sowie die Sicherheitsfunktion E2 „Brennstabhüllrohr“ sind damit nicht relevant.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus relevant. Mit Abschluss der Phase 4b (Kernbrennstofffreiheit), entfällt die Notwendigkeit der Fortluftanlage Unterdruckhaltung.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen sind die Schutzziele „Einschluss radioaktiver Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

<u>Sicherheitsfunktion E6: Sicherheitseinschluss</u>

Bei Störung oder Ausfall der gerichteten Luftströmung im Bereich des BE-Lagerbeckens, ist mit einer geringfügig höheren Akkumulation von luftgetragener Aktivität aus dem BE-Lagerbecken zu rechnen. Die Auslösung des Lüftungsabschlusses des RSB ist nicht erforderlich.

Beim reduzierten Fortluftbetrieb über die Fortluftanlage nach einem Ausfall der Fortluftanlage Unterdruckhaltung oder nach einem Ausfall der Zuluftanlage mit gedrosseltem Abluftstrom kommt es zu einer längeren Verweilzeit der Luft in den Räumen vor ihrer Absaugung und damit zu einer Erhöhung der Konzentration radioaktiver Schwebstoffe in der Raumluft. Die gerichtete Luftströmung bleibt jedoch erhalten, so dass die Auslösung des Lüftungsabschlusses des RSB nicht erforderlich ist.

Ein Schließen der Personen- und Materialschleuse ist erforderlich, falls die gerichtete Luftströmung vom Ringraum in den RSB nicht aufrechterhalten werden kann.

Durch sofortiges Einstellen von Abbautätigkeiten im Raumbereich (bzw. der Einhausung), der von dem Ausfall der lüftungstechnischen Anlage betroffen ist, wird eine erhöhte Freisetzung radioaktiver Stoffe und Akkumulation in der Raumluft verhindert. Abbautätigkeiten dürfen erst wieder aufgenommen werden, wenn die gerichtete Luftströmung einschließlich Filterung wiederhergestellt ist.

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Durch Unterbrechung, Verzögerung oder Verringerung der Absaugung besteht die Möglichkeit der Akkumulation von luftgetragener Aktivität in der Raumluft und damit die Gefahr einer erhöhten Exposition der Personen in den betroffenen Bereichen. Durch Zuschaltung von Reservelüftern oder Reserve-Ab- bzw. Fortluftanlagen wird die Fortleitung der Abluft zu den Filterstrecken und zum Fortluftkamin sichergestellt.

Die über den Kamin an die Umgebung abgeleitete Fortluft wird auch bei oder nach Ausfall einer lüftungstechnischen Anlage gefiltert, und zwar durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für das Reaktorgebäude sowie durch die entsprechenden Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge und den Ringraum. Bei Bedarf (Anstieg der Jodaktivität in der Fortluft) werden hier die Jodfilter der Bedarfsfilteranlage automatisch in Betrieb genommen.

In den Betriebs- und Anlagenräumen des Reaktorgebäudes kann die abgesaugte Spülluft durch die Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume / Bypassfilteranlagen gefiltert werden.

Tab. 1.17 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Ausfall lüftungstechnischer Anlagen

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Gemeinsame Zuluftanlagen	Kontrolle der Unterdruckstaffelung						X	
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle)						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle)						X	
	Filterung Fortluft							X
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Absaugung Reaktorgebäude-Innenraum						X	
	Filterung Fortluft							X
Umluftfilteranlage große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen, Anlagen- und Betriebsräume	Filterung abgesaugter Spülluft							X
Abluftanlagen Konditionierungsanlagenanbau (sofern vorhanden)	Absaugung Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes/ Gebäudes für radiologische Abfälle						X	
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

1.3.2.8.2 Störung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung

Die für den Nach- und Restbetrieb erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Systeme sind notstromversorgt. Im Notstromfall wird die elektrische Versorgung dieser Systeme durch die Notstromdiesel und Batterien gesichert. Der hierfür erforderliche Redundanzgrad der Notstromdiesel und die notwendigen Batteriekapazitäten werden abhängig von dem jeweiligen Anlagenzustand (Karenzzeiten) entsprechend /RSK 20/ sichergestellt.

Notstromversorgt sind damit insbesondere die Systemfunktionen für

- die Beckenkühlung (mit entsprechenden Strängen des BE-Beckenkühlsystem, Nuklearem Zwischenkühlkreislauf, Nuklearem Nebenkühlwassersystem),
- das Not- und Nachkühlsystem,
- die Feuerlöschanlagen,
- die lüftungstechnischen Anlagen der nuklearen Lüftung.

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung durch Batterien besteht u. a. für

- die Sicherheitsbeleuchtung
- die Gefahrmeldeanlage und die Brandmeldeanlage
- die Rechner- und Kommunikationsanlagen
- die erforderlichen leittechnischen Einrichtungen einschließlich der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung
- die Steuerspannungsversorgung der elektrischen Schaltanlagen.

In der Phase 2 ist im Vergleich zum Leistungsbetrieb eine Störung bzw. Ausfall der Kühlung der bestrahlten Brennelemente im BE-Lagerbecken von sicherheitstechnischer Relevanz. Die Wärmeabfuhr aus dem BE-Lagerbecken wird nach dem Ausfall der elektrischen Eigenbedarfsversorgung, bis zum Anlaufen der Notstromdieselaggregate und Wiederherstellung der Versorgung der entsprechenden Beckenkühlstränge, vorübergehend unterbrochen. Ab der Phase 3 ist keine aktive Kühlung der BE im Lagerbecken mehr erforderlich und große Teile der Notstromanlage haben nur noch betriebliche Aufgaben. Das heißt in Phase 3 können Notstromdiesel einer dauerhaften Außerbetriebnahme zugeführt werden.

Weiterhin fällt bei Störungen der elektrischen Eigenbedarfsversorgung vorübergehend die Lüftung bis zum Hochlaufen der Notstromdieselaggregate aus. Danach wird die Be- und Entlüftung im Kontrollbereich durch je einen der Lüfter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für den RG-Innenraum sowie der Fortluftanlage für Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum aufrechterhalten, der nach Spannungswiederkehr zugeschaltet wird. Da die Lüfter der Zuluftanlage nicht notstromversorgt sind, erfolgt die Luftzufuhr durch den Abluftventilator über die stehenden Ventilatoren. Es stellt sich ein verstärkter Unterdruck im Kontrollbereich ein.

Ist die Notstromversorgung in der Phase 3 der dauerhaften Außerbetriebnahme zugeführt, stehen die Ventilatoren der Lüftungsanlagen bei Ausfall der externen Stromversorgung nicht mehr zur Verfügung. Durch die batteriegepufferte Spannungsversorgung der Lüftungsklappen an den Außenluftventilatoren kommt es bei Ausfall der externen Stromversorgung zum Lüftungsabschluss.

Bei einer Störung oder Ausfall der Stromversorgung werden alle laufenden Arbeiten, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft führen können, unverzüglich eingestellt, bis die Stromversorgung wiederhergestellt und die gerichtete Luftströmung wieder gewährleistet ist.

Ist in der Phase 3 bzw. ab Phase 4 keine Notstromversorgung mehr vorhanden, bleiben die batteriegepufferten, an die unterbrechungsfreie Stromversorgung angeschlossenen Einrichtungen in Betrieb. Durch den Wegfall von Verbrauchern im Rahmen des Restbetriebs und Abbaus erhöht sich gegenüber dem Leistungsbetrieb sukzessive die zeitliche Kapazität der Batterieversorgung. Diese Kapazitäten werden im weiteren Verlauf entsprechend des jeweils gültigen Änderungsverfahrens geändert und den Notwendigkeiten des Abbaus oder Anlagenzustands angepasst.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für alle Phasen des Nach- und Restbetriebs relevant.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Nach dem Hochlaufen der Notstromdieselaggregate und nach Spannungswiederkehr wird einer der drei Lüfter der Fortluftanlagen automatisch wieder zugeschaltet und damit die gerichtete Luftströmung im Kontrollbereich gewährleistet. Die Filterung der über den Kamin an die Umgebung abgeleiteten Fortluft wird auch bei oder nach einer Störung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung gefiltert, und zwar durch die Schwebstofffilter der Fortluftanlage Unterdruckhaltung für das Reaktorgebäude sowie durch die Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) durch die Fortluftanlage für das Reaktorhilfsanlagengebäude und den Ringraum.

Tab. 1.18 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Störung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
D1	Notstromversorgung							
	Kühlung Notstromdiesel							
D2	Notstromversorgung							
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau)						X	X
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Fortluft							X
Fortluftanlage Unterdruckhaltung	Filterung Fortluft							X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft						H	H
Lüftungssysteme	Luftversorgung Notstromdiesel		H	H			H	H

System	Systemfunktion	Sicherheitsfunktion						
		R3	K2	K3	E2	E6	S1	S2
Lüftungssysteme	Luftversorgung Not-speisegebäude		H	H			H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher		H	H			H	H

1.3.2.8.3 Störung im Abgassystem

Annahmen zum Ereignisablauf

Eine Störung im Abgassystem in Form einer Leckage einer Rohrleitung hat den Austritt der enthaltenen Aktivitätsmenge zur Folge. Diese luftgetragene Aktivität breitet sich in der Raumluft des Reaktorhilfsanlagengebäudes aus und wird über die Abluftstränge und den Fortluftkamin abgeleitet. Durch die Aktivitätsmessstellen im Abluftkamin und der Raumluftüberwachung wird der Anstieg der Radioaktivität registriert und die zugeordneten Filteranlagen der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) hinzu geschaltet. Das Abgassystem wird zunächst weiterbetrieben, um den Unterdruck in den angeschlossenen Behältern (z. B. Kühlmittelaufbereitung- und lagerung) gegenüber den Aufstellungsräumen zu gewährleisten, alternativ kann bei dauerhafter Außerbetriebnahme eine geeignete Ersatzabsaugung der im Nach- und Restbetrieb betriebenen Behälter durch Anschluss an die Lüftungskanäle der nuklearen Lüftung geschaffen werden. Die Aufgaben des Systems aus dem Leistungsbetrieb (Edelgasverzögerung und Wasserstoffabbau) entfallen, da die angeschossenen Systeme nicht mehr betrieben werden.

Ein Leck im Abgassystem hat keine Relevanz für die Lagerung der Brennelemente im BE-Lagerbecken. Die Schutzziele R „Sicherung der Unterkritikalität der Brennelemente“ und K „Kühlung der Brennelemente“ sind daher nicht betroffen.

Relevante Phase

Das Ereignis ist für die Phase 2 (aktive Kühlung der Brennelemente) relevant, da es noch nicht abgeklungene radioaktive Edelgase in Systemen und Komponenten gibt. Mit fortschreitender Dauer der Phase 2 klingen die radioaktiven Edelgase aufgrund ihrer geringen Halbwertszeit ab und das System kann seiner dauerhaften Außerbetriebnahme zugeführt werden.

Betroffene Schutzziele und Sicherheitsfunktionen

Betroffen ist das Schutzziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit Bezug zu (Teil-) Lüftungssystemen, hierbei handelt es sich im Detail um folgende Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktionen S1 / S2: Begrenzung und Kontrolle des Aktivitätsinventars und -flusses in der Anlage (einschl. des Transports) sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe

Die in die Raumluft des Reaktorhilfsanlagengebäudes freigesetzte Aktivität wird von der Fortluftanlage in den Fortluftkamin abgeführt. Bei Überschreiten von Grenzwerten wird automatisch die entsprechende Filteranlage der Reaktorhilfsanlagengebäude-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) zugeschaltet.

Tab. 1.19 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Störung im Abgassystem

System	**Systemfunktion**	**Sicherheitsfunktion**						
		R3	**K2**	**K3**	**E2**	**E6**	**S1**	**S2**
Fortluftanlage	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle) und Ableitung zum Kamin						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Absaugung Reaktorhilfsanlagengebäude / Ringraum (Konditionierungsanlagenanbau / Entsorgungsgebäudes / Gebäudes für radiologische Abfälle)						X	
Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge	Filterung Abluft Reaktorhilfsanlagengebäude						X	X
Aktivitätsüberwachung (Lüftungssysteme)	(Aktivitätsüberwachung Ab- und Fortluft)						H	H
	Versorgung elektr. Verbraucher						H	H

2 Vorgehensweise bei Bewertung und Umsetzung von Anlagenänderungen

Im Verlauf des Nach- bzw. Restbetriebs sind Änderungen an kerntechnischen Anlagen zur Anpassung an die Abbausituation notwendig. Dies betrifft insbesondere Anpassungen an den lüftungstechnischen Systemen in Form von Außerbetriebnahmen, Entfernung von Filterelementen, Stillsetzung und Rückbau von Teilsystemen sowie Änderungen oder Errichtung von mobilen Einhausungen. Je nach Ausmaß der Änderungen wird gemäß § 7 Abs. 1 AtG /ATG 20/ zwischen wesentlichen und nicht wesentlichen Änderungen unterschieden. Im Folgenden wird der rechtliche Rahmen und das generelle Vorgehen speziell für nicht wesentliche Änderungen erläutert und beschrieben, welchen Kategorien nicht wesentliche Änderungen zugeordnet werden, da Änderungen an den Lüftungssystemen im Rahmen der erteilten Stilllegungsgenehmigungen systemspezifisch als nicht wesentliche Änderungen angezeigt werden. Je nach Kategorisierung der nicht wesentlichen Änderungen bedarf es der behördlichen Zustimmung und einer Begutachtung eines Sachverständigen gemäß § 19 AtG /ATG 20/. Die hierbei zu berücksichtigenden allgemeinen und spezifischen Anforderungen für Änderungen an lüftungstechnischen Anlagen werden in den letzten beiden Abschnitten dieses Kapitels abgehandelt. Abschließend werden die Bewertungspraxis anhand der Strukturen von Änderungsanzeige und Gutachten erläutert und die für Änderungen an lüftungstechnischen Systemen besonderen Aspekte benannt.

Die Einstufung einer Änderung in wesentliche oder nicht wesentliche Änderungen erfolgt anhand von „Kriterien in den schriftlichen Festlegungen zum Änderungsverfahren, die sich u. a. an den in § 4 Abs. 2 der atomrechtlichen Verfahrensverordnung (AtVfV) /ATV 18/ genannten Fällen als Regelbeispiele anlehnen.“ Hierdurch wird der unbestimmte Rechtsbegriff der wesentlichen Änderung interpretiert. /UMBW 16/

Bei nicht wesentlichen Änderungen, also nicht genehmigungspflichtigen Änderungen, wird die Öffentlichkeit nicht beteiligt.

In den Betriebsgenehmigungen für kerntechnische Anlagen ist im Allgemeinen durch Auflagen bestimmt, dass auch nicht genehmigungspflichtige Änderungen der Aufsichtsbehörde anzuzeigen sind und nur im Rahmen eines festgeschriebenen Änderungsverfahrens durchgeführt werden dürfen. Dabei wird meistens noch zwischen verschiedenen Kategorien von Änderungen entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung unterschieden (siehe Kapitel 2.1).

Durch den Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ wird für die praktische Umsetzung ein Erlaubnisverfahren gefordert, dass durch die Genehmigung zur Stilllegung für das Stilllegungsverfahren festgelegt sein kann. Besonders die Aspekte Strahlenschutz, Arbeitssicherheit, Brandschutz, Objektschutz und sicherheitstechnische Schutzziele sollen durch ein solches Verfahren bei allen einschlägigen Tätigkeiten in der stillzulegenden Anlage berücksichtigt werden. /BMU 21/

Als etabliertes Beispiel eines solchen Verfahrens nennt der Stilllegungsleitfaden das Demontageschrittverfahren. Hierdurch könne man die konkreten Arbeitsschritte und Hilfsmittel, die vorgesehenen Trenn- und Zerlegeverfahren, die einzusetzenden Geräte, die Dekontaminationsverfahren, das Entsorgungsziel, die Brandschutzmaßnahmen, die Transportmaßnahmen sowie die Strahlenschutzmaßnahmen (Einhausung, Absaugung, Atemschutz usw.) für ein definiertes Abbaugewerk abwickeln. Jedoch könne es ebenso sinnvoll sein, dass bereits beim Leistungsbetrieb der Anlage entsprechend den Regelungen des BHB (Instandhaltungsordnung) und entsprechend der IWRS-Richtlinie Teil II /BMU 05/ eingeführte Arbeitserlaubnisverfahren weiterzuführen und auch auf Demontagemaßnahmen anzuwenden. /BMU 21/

Grundsätzlich ist es Aufgabe des Betreibers, den Anforderungen der ESK-Leitlinien, Abschnitt 6 /ESK 20a/ nach einer Einstufung der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen und deren Aufnahme in das Betriebsreglement nachzukommen. Diese sind Teil der Sicherheitsspezifikation. Hieran orientiert sich die Kategorisierung der Änderung im Aufsichtsverfahren, wie sie in 2.1 beschrieben wird. Die atomrechtlich genehmigten und vorgeprüften Systeme und Einrichtungen des Restbetriebs werden bei Bedarf auf der Basis der Schutzzielkategorisierung gemäß den Betriebsunterlagen neu eingestuft. Dazu erfolgt jeweils im Aufsichtsverfahren eine Einzelfallbetrachtung. Hieran orientiert sich die Kategorisierung der Änderung im Aufsichtsverfahren, wie sie in 2.1 beschrieben wird. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass sich gegenüber dem Leistungsbetrieb nicht nur die sicherheitstechnische Relevanz der meisten Systeme und Anlagenteile geändert hat, sondern auch die der Systemauslegung zugrunde gelegten Betriebsparameter wie Temperaturen und Drücke in der Mehrzahl der Fälle nicht mehr erreicht werden.

2.1 Änderungsverfahren bei nicht wesentlichen Änderungen

Im Handbuch über die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern im Atomrecht /BMU 19/ werden die wesentlichen Prozesse im Zusammenhang mit der Sicherheit von Kernkraftwerken beim Vollzug des AtG durch die Länder im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung behandelt. /BMU 19/ Dieses ist nicht rechtlich bindend, bildet jedoch den Konsens des Bundes und der Länder zum Stand des Vollzuges im Atomrecht ab. Das Vorgehen der jeweiligen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden der Länder wird durch deren Aufsichtshandbücher im Einzelnen umgesetzt. /BMU 19/

Unter anderem wird der Umgang mit Änderungen unterhalb der Wesentlichkeitsschwelle, d. h. bei Änderungen, die gemäß § 7 Abs. 1 AtG nicht wesentlich und hiernach nicht genehmigungsbedürftig sind, beschrieben.

Grundsätzlich gilt für das Änderungsverfahren bei nicht wesentlichen Änderungen, dass

- bei Anlagenänderungen unterhalb der Wesentlichkeitsschwelle ein abgestuftes Verfahren besteht, das sich an der sicherheitstechnischen Bedeutung der geplanten Maßnahmen orientiert,
- die behördlich festgelegten Vorgehensweisen bei Änderungen oder Nachrüstung im Detail variieren, im Grundsatz aber für alle Anlagen gleich sind und
- die Durchführung der Verfahren in der Verantwortung der Aufsichtsbehörden der Länder liegen.

Das Verfahren beläuft sich grob auf die folgenden Arbeitsschritte:

- Zuordnung einer Änderung zu einer bestimmten Kategorie (siehe Tab. 2.1), entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung,
- Prüfung der Kategorisierung durch die Landesbehörde unter Zuziehen eines Sachverständigen,
- Meldung des Betreibers an die Aufsichtsbehörde über den ordnungsgemäßen Abschluss des Änderungsverfahrens,
- Prüfung, ob nach den geltenden Verfahrensregelungen alle für die Änderung notwendigen Maßnahmen ordnungsgemäß durchgeführt und dokumentiert worden sind, und

- Erstellen einer Abschlussstellungnahme des zugezogenen Sachverständigen.

Das Änderungsverfahren wird nach positiver Prüfung durch die Aufsichtsbehörde abgeschlossen. /BMU 19/

Folgende Kategorien und Verfahren werden unterschieden:

Tab. 2.1 Kategorien im Änderungsverfahren bei nicht wesentlichen Änderungen

Kategorie	Charakterisierungen	Verfahren
1	Nicht wesentliche Änderungen mit erhöhter sicherheitstechnischer Bedeutung.	Zustimmungsverfahren: Die Aufsichtsbehörde muss vor Durchführung der geplanten Änderung ihre Zustimmung erteilen.
2	Nicht wesentliche Änderungen mit mittlerer sicherheitstechnischer Bedeutung.	Freigabeverfahren: Vor Durchführung der geplanten Änderung muss eine Bewertung und positive Stellungnahme des zugezogenen atomrechtlichen Sachverständigen vorliegen.
3	Nicht wesentliche Änderungen mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung (nicht in allen Ländern).	Anzeigeverfahren: Die Änderung muss der Aufsichtsbehörde des Landes angezeigt werden und die Einstufung durch einen Gutachter bestätigt werden.
4	Nicht wesentliche Änderungen ohne sicherheitstechnische Bedeutung (sonstige Änderungen).	Der Betreiber führt die Änderung in Eigenverantwortung durch.

Die Grenzen zwischen diesen verschiedenen Kategorien nicht wesentlicher Änderungen sind unscharf und werden von den jeweils zuständigen Aufsichtsbehörden unterschiedlich gezogen, so dass hier nur eine grobe Charakterisierung zur generellen Anwendbarkeit vorgenommen werden kann:

- Sicherheitstechnisch bedeutend sind Änderungen an Sicherheitssystemen oder anderen für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz wichtigen Systemen oder, wenn durch die Änderung negative Rückwirkungen auf solche Systeme möglich sind.

- Sicherheitstechnisch nicht bedeutend sind Änderungen an den nicht nuklearen Systemen sofern auch keine Rückwirkungen auf nukleare Systeme zu besorgen sind.

- Bagatelländerungen sind geringfügige Änderungen in Bereichen ohne nukleare sicherheitstechnische Bedeutung.
- Redaktionelle Änderungen sind Änderungen an schriftlichen betrieblichen Regelungen, die den sachlichen Inhalt der Regelung nicht beeinträchtigen.

2.2 Allgemeine Anforderungen an Änderungsanträge

Für kerntechnische Anlagen mit einer Genehmigung nach § 7 AtG /ATG 20/ wird „die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe […]“ gefordert. Dies gilt auch für Anlagen, die sich genehmigungsrechtlich in Stilllegung befinden. Über das untergesetzliche Regelwerk werden die abweichenden Anforderungen an die erforderliche Vorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik für Anlagen in Stilllegung weiter spezifiziert. Zum einschlägigen Regelwerk zählen hierbei im Einzelnen:

- Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2) /BMU 15a/,
- Bekanntmachung der Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, /BMU 15b/
- Richtlinien über die Anforderungen an Sicherheitsspezifikationen für Kernkraftwerke /BMI 00/,
- Merkpostenliste für die Durchführung einer Bewertung des aktuellen Sicherheitsstatus der Anlage für die Nachbetriebsphase /BMU 14/,
- Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV und Neufassung der „Berechnung der Strahlenexposition“ /BMU 02/,
- Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken /BMI 01/,
- Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden /BMU 01/,
- Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle /BMU 08/,

- Bekanntmachung Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes /BMU 21/.

Bekanntmachungen des BMU

Der Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen /BMU 21/ nach § 7 des Atomgesetzes /ATG 20/ des BMU hat den Zweck, die im Stilllegungsverfahren relevanten Aspekte der Genehmigung und Aufsicht zusammenzustellen, ein gemeinsames Verständnis von Bund und Ländern zur zweckmäßigen Durchführung von Stilllegungsverfahren anzustreben und die bestehenden Auffassungen und Vorgehensweisen nach Möglichkeit zu harmonisieren. Einen Bezug zu den in diesem Projekt angestrebten Zielen stellt Abschnitt 3.5 „Sicherheitsbetrachtungen“ aus /BMU 21/ her. Dort werden die grundlegenden Entscheidungskriterien in Bezug auf Systemänderungen und deren Sicherheit wiedergegeben:

„Befinden sich am Standort weitere kerntechnische Anlagen, so sind für Stilllegungsmaßnahmen mögliche Wechselwirkungen mit weiteren kerntechnischen Anlagen darzustellen und es ist nachzuweisen, dass keine unzulässigen Auswirkungen auf diese zu besorgen sind.“ /BMU 21/

Für die Einhaltung der Schutzziele in der Nachbetriebs- und Stilllegungsphase (siehe Kapitel 1.2.1) gilt es

- den sicheren Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- die Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, sowie die Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung

sicherzustellen.

Solange die Anlage noch nicht kernbrennstofffrei ist, ist darüber hinaus auch die Einhaltung der Schutzziele

- sichere Einhaltung der Unterkritikalität und
- sichere Abfuhr der Nachwärme

nachzuweisen. /BMU 21/

Sowohl durch /BMU 21/ also auch durch die Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen /ESK 20a/ werden zu Beginn der Stilllegung gefordert „die Auswirkungen des Restbetriebs und des Abbaus auf die Umgebung durch Direktstrahlung und durch Ableitungen mit Fortluft und Abwasser im bestimmungsgemäßen Betrieb“ zu untersuchen. „Den Sicherheitsanalysen ist ein Spektrum von Ereignissen für die Vorgänge während der Stilllegung zugrunde zu legen, das alle potenziell vorkommenden Ereignisse abdeckt.“ /ESK 20a/

In Bezug auf Änderungen während der Stilllegung ist diesbezüglich zu beachten, dass beim Übergang vom Leistungsbetrieb zur Stilllegung sowie mit fortschreitendem Abbau jeweils zu prüfen ist, ob Anpassungen der jeweils vorliegenden Sicherheitsanalysen an die veränderten Bedingungen notwendig werden. /ESK 20a/ „Dabei ist zu berücksichtigen, ob spezifische Bedingungen, Betriebsweisen oder Gefährdungspotenziale vorliegen können, für die besondere Ereignisse zu unterstellen sind, oder ob Ereignisse unter veränderten Randbedingungen ablaufen, die die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der zu ihrer Beherrschung vorgesehenen Einrichtungen beeinflussen können bzw. ob diese Einrichtungen eine veränderte Wirksamkeit aufweisen.“ /ESK 20a/

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), hat für die Durchführung und Bewertung eines Stilllegungsverfahrens im Stilllegungsleitfaden eine zweckmäßige Vorgehensweise bei der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen dargelegt. Diese bezieht sich insbesondere auf

- die Anwendung des untergesetzlichen Regelwerks,
- die Planung und die Vorbereitung der Stilllegung (Stilllegungsstrategie, Stilllegungskonzept),
- die in den Antragsunterlagen erforderlichen Angaben,
- die Sicherheitsbetrachtungen sowie
- die Festlegung von Dekontaminations- und Abbautechniken.

Da das Gefährdungspotenzial im Restbetrieb und beim Abbau gegenüber dem Leistungsbetrieb deutlich reduziert ist, können die bisher geltenden Anforderungen für die Errichtung und den Betrieb eines Kernkraftwerks nicht uneingeschränkt herangezogen werden. Der Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ enthält daher eine Kategorisierung, wie Veröffentlichungen des Bundesministeriums des Inneren (BMI), des Bundesministeriums für

Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) bzw. des BMUB sowie die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) im Rahmen eines Stilllegungsverfahrens zu berücksichtigen sind. Dabei werden folgende Kategorien unterschieden:

„Kategorie I: Die Regel ist in der gesamten Stilllegung unter Beachtung des aktuellen Anlagenzustandes und es Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen.

Kategorie II: Die Regel ist unter Betrachtung des aktuellen Anlagenzustands und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen, so lange sich noch Kernbrennstoff in der Anlage befindet und die Schutzziele Unterkritikalität und Nachwärmeabfuhr eingehalten werden müssen.

Kategorie III: Die Regel ist nicht relevant. /BMU 21/

In den Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen /ESK 20a/ sind zudem die sicherheitstechnischen Anforderungen hinsichtlich der Stilllegung und des Abbaus von nach § 7 Abs. 1 AtG /ATG 20/ errichteten und genehmigten Anlagen dargestellt. Falls sich zu Beginn der Stilllegung oder des Abbaus noch bestrahlte BE oder Sonderbrennstäbe in der Anlage befinden, sind entsprechend /ESK 20a/ die „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ – soweit sicherheitstechnisch erforderlich – zur Bewertung heranzuziehen.

Anlage 3 des Leitfadens zur Stilllegung /BMU 21/ enthält Kommentare zur schutzzielorientiert angepassten bzw. teilweisen Anwendung der Regeln, der in Anlage 2 mit einem * markierten Regeln. Dort wird auf die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 verwiesen:

„Die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke sind auf die Belange der Stilllegung entsprechend dem Abbaufortschritt sinngemäß anzuwenden.

Das Sicherheitsebenenkonzept, wie es in den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke dargestellt wird, ist auf die Stilllegung nicht übertragbar. Die beschriebenen technischen Anforderungen sind jedoch zur Einhaltung der jeweils noch einschlägigen Schutzziele und zur Einhaltung der radiologischen Sicherheitsziele anzuwenden, angepasst an die noch zu unterstellenden Ereignisse in der Phase der Stilllegung, sodass diese Ereignisse vermieden bzw. beherrscht werden können. Wenn sich in einer Anlage keine Brennelemente und Brennstäbe mehr befinden, sind die Schutzziele „Kontrolle der

Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ nicht mehr relevant. Zudem sinkt das freisetzbare Aktivitätspotenzial nochmals um mehrere Größenordnungen.“ /BMU 21/

Die in den Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke /BMU 15a/ beschriebenen technischen Anforderungen sind demnach für den Leistungsbetrieb formuliert und bedürfen einer Interpretation für die Phasen der Stilllegung.

2.3 Spezielle Anforderungen an Änderungsanträge bzgl. lüftungstechnischer Anlagen

Zur Konkretisierung der Anforderungen u. a. des AtG, der StrlSchV und der AtVfV werden die kerntechnischen Regeln und Richtlinien, der Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ und die Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen /ESK 20a/ als untergesetzliches kerntechnisches Regelwerk sowie die einschlägigen Vorschriften des konventionellen technischen Regelwerks, wie DIN-, DIN ISO-, DIN EN- und DIN VDE-Normen, die Empfehlungen der RSK und ESK, allgemeine Arbeitsschutzvorschriften und Arbeitsstättenrichtlinien, soweit sie für das Genehmigungsverfahren relevant sind, berücksichtigt. Für Änderungen an lüftungstechnischen Anlagen sind im Regelprogramm des KTA insbesondere folgende Regeln von Bedeutung:

- KTA 1502: Überwachung der Aktivitätskonzentrationen radioaktiver Stoffe in der Raumluft von Kernkraftwerken (Kat. I) /KTA 17b/,
- KTA 1503.1: Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe, Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb (Kat. I) /KTA 16a/,
- KTA 3601: Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken (Kat. I) /KTA 17a/,

sowie die technischen Normen:

- DIN 25496: Lüftungstechnische Komponenten in kerntechnischen Anlagen /DIN 13/,
- DIN EN 1822-1: Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung /DIN 19/,
- DIN EN ISO 16890-1: Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad /DIN 17/.

Anforderungen an den Brandschutz bei lüftungstechnischen Anlagen werden durch die Regeln KTA 2101.1 bis KTA 2101.3 „Brandschutz in Kernkraftwerken“ /KTA 15c/, /KTA 15d/, /KTA 15e/ gestellt.

Weitere Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb von Lüftungsanlagen ergeben sich auch aus dem konventionellen Regelwerk, z. B. Arbeitsstättenrichtlinien oder DIN-Normen wie DIN 1946 Raumlufttechnik. Diese werden im Rahmen dieses Berichts nicht weiter betrachtet.

Überwachung der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft gemäß KTA 1502 (Auszug)

Die KTA-Regel 1502 ist gemäß Stilllegungsleitfaden der Kategorie I zugeordnet, und damit „in der gesamten Stilllegung unter Beachtung des aktuellen Anlagenzustandes und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen.“ /BMU 21/

Im Stilllegungsleitfaden wird die Anwendbarkeit der KTA-Regel 1502 /KTA 17b/ weiter spezifiziert: „Die Anforderungen an die Messgeräte bei Störfällen sowie die Anzahl der Messgeräte sind den Gegebenheiten des Stilllegungsverfahrens anzupassen. Die Überwachung kann auf die dann möglicherweise vorhandenen radioaktiven Stoffe reduziert werden […]“. /KTA 17b/

An lüftungstechnische Systeme, bzw. deren Komponenten zur Aktivitätsüberwachung, werden durch die KTA-Regel 1502 /KTA 17b/ u. a. folgende Anforderungen gestellt:

(1) […]

(2) […]

(3) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb liefert einen Beitrag zur Erfüllung der Vorschriften der §§ 5 und 6 StrlSchV [/SSV 17/] durch

   a. automatische Auslösung von Signalen bei Überschreitungen von Schwellenwerten zur Erkennung erhöhter Konzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft und zur Einleitung der erforderlichen Maßnahmen,

b. Identifizierung der betreffenden Raumgruppe, in der eine erhöhte Konzentration radioaktiver Stoffe zum Anstieg der Ableitung mit der Kaminfortluft führen kann,

c. Hinweis auf undichte Systeme oder Komponenten, die radioaktive Stoffe führen (Leckageüberwachung von Anlagenteilen oder Komponenten), durch Erkennung einer erhöhten Konzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe und

d. Erfassung erhöhter Konzentrationen luftgetragener radioaktiver Stoffe im Hinblick auf den Personenschutz.

Diese Überwachungseinrichtungen müssen die Anforderungen des § 67 StrlSchV /SSV 17/[1] erfüllen.

(4) Die für diese Aufgaben erforderlichen Einrichtungen gliedern sich gemäß KTA 1502 auf in:

a. festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen, insbesondere zur Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Abluftsammelkanälen und

b. nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen zur Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Raumluft in Räumen, insbesondere im Hinblick auf die Strahlenschutzüberwachung an Arbeitsplätzen.

(5) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Räumen oder Raumgruppen, soweit hiermit Leckagen aus radioaktive Medien führenden Komponenten und Rohrleitungen sowie sonstige Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Raumluft festgestellt werden sollen, erfolgt durch Probenentnahme aus den Abluftsammelkanälen oder direkt aus der Raumluft. Diese Aufgabe wird vor allem durch festinstallierte Messeinrichtungen wahrgenommen. Bei Ableitungen radioaktiver Stoffe über den Fortluftkamin erleichtert die Überwachung in den Abluftsammelkanälen das Auffinden der Quellen. Die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Räumen oder

[1] Die KTA 1502 referenziert /SSV 17/ und wurde daher an dieser Stelle übernommen, die /SSV 17/ wurde zwischenzeitlich durch /SSV 21/ ersetzt.

Raumgruppen liefert einen Hinweis auf die mittlere Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft und dient damit als Entscheidungshilfe bezüglich der Begehbarkeit von Räumen durch das Personal und des Einsatzes weiterer nicht festinstallierter Messeinrichtungen. Sie dient außerdem zur Erkennung eines Anstieges der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft zur Einleitung erforderlicher Maßnahmen beim Austreten von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Systemen und Komponenten und zur automatischen Auslösung von Signalen bei Überschreitung von Schwellenwerten.

(6) […]

In Kapitel 3 der KTA-Regel 1502 /KTA 17b/ werden für verschiedene Raumgruppen der Anlage die zu überwachenden Radionuklidgruppen spezifiziert. Für eine DWR-Anlage werden die Raumgruppen 1 bis 3 im Sicherheitsbehälter sowie die Raumgruppe Reaktorgebäude-Ringraum und Reaktorhilfsanlagengebäude unterschieden. Für jede Raumgruppe im DWR wird die Notwendigkeit zur Erfassung der Nuklidgruppen Edelgase, Schwebstoffe und Jod definiert. Kapitel 4 der KTA-Regel 1502 definiert zudem die bei der Erfassung anzuwendenden Messverfahren.

Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb gemäß KTA 1503.1 /KTA 16a/ (Auszug)

Die KTA-Regel 1503.1 ist gemäß Stilllegungsleitfaden der Kategorie I zugeordnet, und damit „in der gesamten Stilllegung unter Beachtung des aktuellen Anlagenzustandes und es Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen.“ /BMU 21/

An lüftungstechnische Systeme werden durch die KTA-Regel 1503.1 insbesondere folgende Anforderungen gestellt:

(1) […]

(2) Die festinstallierte und nicht festinstallierte Strahlenschutzinstrumentierung dient unter anderem dem Schutz von Personen innerhalb und außerhalb der Anlage vor ionisierenden Strahlen und der Kontrolle der bestimmungsgemäßen Funktion von Einrichtungen zur

   a. Rückhaltung fester, flüssiger und gasförmiger radioaktiver Stoffe in den vorgesehenen Umschließungen,

b. Handhabung und kontrollierten Führung der radioaktiven Stoffe innerhalb der Anlage und

c. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe.

An diese Instrumentierung werden in den Regeln der Reihe KTA 1500 konkrete sicherheitstechnische Anforderungen gestellt.

(3) Die Regeln KTA 1503.1 bis KTA 1503.3 beinhalten Anforderungen an technische Einrichtungen und ergänzende organisatorische Maßnahmen, die als notwendig angesehen werden, um die Emissionen zu überwachen. Die Regeln gliedern sich in

a. Teil 1: „Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb“,

b. Teil 2: „Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei Störfällen“,

c. Teil 3: „Überwachung der nicht mit der Kaminfortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe“.

(4) Die Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe liefert einen Beitrag zur Erfüllung der Anforderungen der §§ 6, 47 und 48 StrlSchV, nach denen dafür zu sorgen ist, dass

a. jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles auch unterhalb der in der StrlSchV festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich gehalten wird (§ 6 Abs. 2 StrlSchV),

b. radioaktive Stoffe nicht unkontrolliert in die Umwelt abgeleitet werden (§ 47 Abs. 1 Satz 2 StrlSchV) und

c. die Ableitungen überwacht und nach Art und Aktivität spezifiziert der zuständigen Behörde mindestens jährlich angezeigt werden (§ 48 Abs. 1 StrlSchV). Diese Überwachungseinrichtungen müssen die Anforderungen des § 67 StrlSchV erfüllen.

(5) Die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb hat folgende Aufgaben zu erfüllen:

a. Bilanzierung der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft als eine Grundlage zur Beurteilung der radiologischen Auswirkungen und

b. automatische Auslösung von Signalen.

(6) Die für diese Aufgaben erforderlichen Einrichtungen gliedern sich auf in:

a. festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen und

b. nicht festinstallierte Messeinrichtungen, die zur Bestimmung der Aktivität von Sammelproben herangezogen werden […].

Weiterhin werden durch die KTA-Regel 1503.1 die zu messenden Stoffe benannt, allgemeine Anforderungen an die Messverfahren und die Anforderungen an die stoffspezifischen Messverfahren formuliert. Die zu messenden radioaktiven Stoffe gemäß /KTA 16a/ sind radioaktive Edelgase, an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe, radioaktives Jod, Tritium, radioaktives Strontium, Alphastrahler und Kohlenstoff-14.

Die Regel ist gemäß Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ anzuwenden, jedoch kann die Messung auf die entsprechend dem Anlagenzustand noch vorhandenen radioaktiven Stoffe beschränkt werden. Weiterhin können gemäß /BMU 21/ die Anforderungen bezüglich Redundanz und Stromversorgung an den Stilllegungsfortschritt angepasst werden.

Durch radiologische Analysen für die Beschädigung von BE bei der Handhabung für die Zeit von 200 Tagen nach der Abschaltung der Anlage kann hierzu gezeigt werden, dass für die Freisetzung von Jod keine radiologische Relevanz mehr gegeben ist, sodass Jodsorptionsfilter (Aktivkohlefilter) in den Lüftungsanlagen nicht mehr benötigt werden.

Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken KTA 3601 /KTA 17a/

Gemäß Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ ist die KTA-Regel 3601 /KTA 17a/ in der gesamten Stilllegung unter Beachtung des aktuellen Anlagenzustandes und des Gefährdungspotenzials zu berücksichtigen. „Die allgemeinen Anforderungen des Kapitel 3 sind einzuhalten.“ /BMU 21/ Gemäß KTA 3601 müssen lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken folgenden Zielen dienen:

a. die im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen mit der Fortluft abzuleitende Menge der radioaktiven Stoffe entsprechend den Strahlenschutzgrundsätzen der §§ 6, 47 und 49 Absatz 1 StrlSchV gering zu halten,

b. die durch radioaktive Stoffe in der Raumluft bedingte Strahlenexposition des Betriebspersonals entsprechend den Strahlenschutzgrundsätzen in § 6 Absätze 1 und 2 StrlSchV gering zu halten,

c. Schutz von Systemen und Komponenten durch Einhaltung vorgegebener Raumluftzustände,

d. Schutz der Anlage vor dem Eindringen von brennbaren und schädlichen Gasen und Druckstößen,

e. vorgegebene sonstige Raumluftzustände, insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Arbeitsschutzes, einzuhalten.

In der KTA 3601 wird zwischen folgenden Lüftungsklassen unterschieden:

„Die Lüftungsklasse 1 umfasst lüftungstechnische Anlagen und Komponenten, die im Rahmen der nach § 49 Absatz 1 StrlSchV gegen Störfälle zu treffenden Vorsorge erforderlich sind. Hierzu gehören die Anlagen, die zur kontrollierten Führung oder zur Verringerung einer störfallbedingten Freisetzung radioaktiver Stoffe oder die zur Wärmeabfuhr aus Räumen erforderlich sind, in denen Anlagen zur Störfallbeherrschung untergebracht sind.“ /KTA 17a/

Hierzu zählen beispielsweise die lüftungstechnischen Einrichtungen zur Sicherstellung des Sicherheitseinschlusses, die Fortluftanlage zur Aufrechterhaltung eines Unterdruckes im Ringraum oder die Umluftkühlanlagen für Notspeisegebäude, Nebenkühlwasserpumpenbauwerke oder Kabelkanäle. /KTA 17a/

„Die Lüftungsklasse 2 umfasst lüftungstechnische Anlagen und Komponenten, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind und strahlenschutztechnische Bedeutung haben.“ /KTA 17a/

Beispiele für lüftungstechnische Einrichtungen der Lüftungsklasse 2 sind die Fortluftanlagen für den Sicherheitsbehälter, den Ringraum oder die Hilfsanlagengebäude sowie die Fortluftfilteranlagen und Umluftfilteranlagen im Sicherheitsbehälter. /KTA 17a/

Insbesondere sind laut /BMU 16/ die allgemeinen Anforderungen des Kapitels 3 der KTA-Regel 3601 einzuhalten. Nach Abtransport der Brennelemente ist der Einsatz der Lüftungsklasse 2 ausreichend, da laut /BMU 16/ der Schwerpunkt bei den Stilllegungs-

arbeiten sich auf den Einschluss der radioaktiven Stoffe beschränkt und bei der Einhaltung spezifischer Luftfeuchte (Korrosionsschutz) liegt. Hierbei sind die Unterdruckstaffelungen und die Luftwechselzahlen den Erfordernissen des Stilllegungsprozesses anzupassen. Eine redundante Ausführung sowie ein Notstromanschluss sind gemäß /BMU 16/ in der Regel nicht erforderlich.

Zu den allgemeinen Anforderungen des Kapitel 3 aus KTA 3601 zählen:

1. Die Fortluft aus Kontrollbereichen ist kontrolliert, d. h. nur über die dafür vorgesehenen Wege abzuleiten.
2. Die Luft von Fortluftsträngen muss zur Rückhaltung von radioaktivem Jod und radioaktiven Schwebstoffen gefiltert werden, soweit dies gemäß Auslegungskonzept des Kernkraftwerkes zum Schutz der Umgebung erforderlich ist.
3. Die Jod- und Schwebstoffaktivitätskonzentrationen in der Raumluft sind durch Umluftfilteranlagen oder Bemessung der Abluftmenge gering zu halten, soweit dies zum Schutz des Betriebspersonals erforderlich ist.
4. Strahlenschutztechnisch vorgegebene Raumunterdrücke, Raumunterdruckstaffelungen und Luftströmungsrichtungen sind einzuhalten.
5. Vorgegebene zulässige Raumlufttemperaturen, Luftfeuchten und Mindestluftwechsel sind einzuhalten.
6. Begehbare Räume sind mit dem erforderlichen Außenluftanteil zu versorgen.
7. Brennbare und schädliche Gase und Dämpfe sind mit der Raumluft abzuleiten.
8. Gegen das Eindringen von brennbaren und schädlichen Gasen und von Druckstößen durch Lüftungsöffnungen in Bereiche mit sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen sind Vorkehrungen zu treffen.

Die speziellen Anforderungen an lüftungstechnische Einrichtungen der Lüftungsklasse 2 werden jeweils in den Unterabschnitten

- Fortluftanlagen,
- Fortluftfilteranlagen,
- Umluftfilteranlagen im Sicherheitsbehälter,
- Kühlanlagen für Gebäudestrukturen im Sicherheitsbehälter (z. B. Schildkühlung),

- Außenluftanlagen für den Kontrollbereich und
- Druckstoßsicherungen

formuliert. Diese sind generell auch für die Stilllegung anzuwenden, bedürfen jedoch hinsichtlich des Hinweises des Stilllegungsleitfadens einer einzelfallspezifischen Interpretation. Dies gilt besonders für Anpassungen, die direkt die Unterdruckstaffelung, den Redundanzgrad der Einrichtungen und die Ersatzstromversorgung betreffen.

DIN 25496 /DIN 13/

Durch die DIN 25496 /DIN 13/ werden Anforderungen an lüftungstechnischen Komponenten in kerntechnischen Anlagen der Lüftungsklassen 1 und 2 gemäß KTA 3601 /KTA 17a/ und an deren Sicherheit nach dem Stand von Wissenschaft und Technik formuliert. Diese Anforderungen betreffen die Unterlagen zur Prüfung durch Planer und Sachverständige, die Auslegung und Konstruktion, Berechnungen, die Herstellung, Zuverlässigkeitsnachweise und die Herstellungsdokumentation. Die DIN 25496 ist auch für kerntechnische Anlagen, die sich im Rückbau befinden anwendbar. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass lüftungstechnische Anlagen der Lüftungsklasse 1 gemäß Stilllegungsleitfaden /BMU 16/ nach dem Abtransport der Brennelemente nicht mehr eingesetzt werden müssen.

Nach der allgemeinen Anforderung an die Auslegung und Konstruktion sind die Komponenten gemäß DIN 25496 „so auszulegen, dass sie bei allen jeweils zu berücksichtigenden Betriebszuständen und Einwirkungen (z. B. Temperatur, ionisierender Strahlung, Schwingungen, Druck und Druckstörungen, korrosiven Medien und Feuchte) zuverlässig arbeiten.“ /DIN 13/

Spezielle technische Anforderungen werden an Ventilatoren, Klappen, Schwebstoffiltergehäuse, Schwebstofffilterkammern, Jodsorptionsfiltergehäuse, Luftleitungen, Kompensatoren, Gehäuse und Stützkonstruktionen gestellt. Darüber hinaus werden allgemeine und spezifische Anforderungen an die verwendeten Materialien gestellt.

2.4 Bewertungspraxis

Änderungsanzeigen, die unterhalb der Wesentlichkeitsschwelle im Sinne des AtG liegen, weisen im Allgemeinen folgende Struktur auf, können aber im Einzelnen in den verschiedenen Landesbehörden abweichen:

1. Beschreibung und Begründung der Änderungsmaßnahmen
2. Prüfnachweisblatt für die Änderungsmaßnahme
3. Unterlagenerfassungsliste der Änderungsmaßnahme je nach Notwendigkeit:
    a. Elektro- und leittechnische Unterlagen,
    b. Maschinentechnische Unterlagen,
    c. Bau- und vermessungstechnische Unterlagen,
    d. Prüfanweisungen,
    e. QS-Dokumentation,
    f. RBHB – Kapitel,
    g. Betriebsüberwachungsprotokolle.

Die im Zuge einer Änderungsanzeige erstellten Gutachten durch Sachverständige gemäß § 20 AtG /ATG 20/ bewerten auf Grundlage der eingereichten Änderungsanzeige die Klassifizierung der Änderung im Rahmen der Genehmigung, die Auswirkungen auf den Restbetrieb, ob nach der Änderung die Anforderungen des Restbetriebs erfüllt werden, die Auswirkungen auf den Strahlen- und Brandschutz, die korrekte Dokumentation in den Restbetriebsunterlagen und ob und welche besonderen Sicherheitsmaßnahmen bei der Durchführung der Änderungsarbeiten notwendig sind.

Die dabei verwendete Form weist im Allgemeinen folgende Struktur auf:

1. Beschreibung der Maßnahme,
2. Beurteilungsumfang,
3. Beurteilung,
    a. Konformität mit der bestehenden Genehmigung,
    b. Einstufung der Änderungsanzeige,

c. Einbindung in den Gesamtprozess,

d. Verfahrenstechnik und Brandschutz,

e. Anpassung der RBHB-Unterlagen,

f. Strahlenschutz und Kontaminationsverschleppung,

g. Ausführung der Arbeiten,

h. Qualitätssicherung.

4. Zusammenfassende Bewertung,

5. Maßnahmenvorschläge und Hinweise.

In der Praxis wird anhand der im Abschnitt 2.3 aufgezählten und beschriebenen KTA-Regeln und DIN-Normen bewertet, ob

- die Fortluft aus dem Kontrollbereich kontrolliert, d. h. nur über die dafür vorgesehenen Wege abgeleitet wird,
- die Luft von Fortluftsträngen zur Rückhaltung von radioaktiven Schwebstoffen gefiltert wird, soweit dies gemäß Auslegungskonzept zum Schutz der Umgebung erforderlich ist,
- die Schwebstoffkonzentrationen in der Raumluft durch Umluftfilteranlagen oder Bemessung der Abluftmenge gering gehalten werden, soweit dies zum Schutz des Betriebspersonals erforderlich ist,
- die strahlenschutztechnisch vorgegebenen Raumunterdrücke, Raumunterdruckstaffelungen und Luftströmungsrichtungen eingehalten werden,
- die vorgegebene zulässige Raumlufttemperaturen, Luftfeuchten und Mindestwechsel eingehalten werden,
- begehbare Räume mit dem erforderlichen Außenluftanteil versorgt sind,
- brennbare und schädliche Gase und Dämpfe mit der Raumluft abgeleitet werden,
- gegen das Eindringen von brennbaren und schädlichen Gasen und von Druckstößen durch Lüftungsöffnungen in Bereichen mit sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen Vorkehrungen getroffen wurden.

Auf Grundlage der im Gutachten gestellten Forderungen sowie der angebrachten Hinweise und Vorschläge wird die Zustimmung der Landesbehörde je nach Kategorisierung der nicht wesentlichen Änderung erteilt.

3 Lüftungssysteme des Druckwasserreaktors

In diesem Kapitel werden zunächst Aufbau und Betriebsweise der nuklearen Lüftungssysteme von deutschen Druckwasserreaktoren in generischer Weise beschrieben. Hierbei wird ggf. auf baureihenspezifische Unterschiede (z. B. zwischen Vor-Konvoi- und Konvoi-Anlagen) eingegangen. Wo dies basierend auf den verwendeten Unterlagen möglich ist, werden Änderungen an den Lüftungssystemen im Zuge der Stilllegung und des Abbaus tabellarisch dargestellt und den in Kap. 1.2.2 definierten Phasen zugeordnet.

Die bei der Durchführung der Abbaumaßnahmen erforderlichen Einrichtungen werden im Rahmen der Abbauplanung und Arbeitsvorbereitung gemäß den Vorgaben der schriftlichen betrieblichen Regelungen (z. B. Instandhaltungsordnung, Strahlenschutzordnung, Abbauordnung) festgelegt. Im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen werden die Luftführung, Lüftungskanäle, Luftmengenverteilung und alle weiteren mit der Lüftung im Zusammenhang stehenden Einrichtungen gemäß Änderungsordnung geändert bzw. bedarfsgerecht umgebaut (z. B. Anpassung auf geringere Luftmengen), außer Betrieb genommen und an den aktuellen Anlagenzustand angepasst. Sind lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen erforderlich, werden z. B. mobile Lüftungsanlagen eingesetzt oder eine geeignete Ersatzlüftung installiert.

Die Stillsetzung einzelner Systeme oder Teilstränge erfolgt im Rahmen der im jeweiligen Bundesland gültigen Vorgaben des Änderungsverfahrens (vgl. Kapitel 2). Entsprechend der Aufgaben der angeschlossenen Systeme können diejenigen Systeme oder Teilstränge, deren Komponenten ausschließlich im Leistungsbetrieb notwendig waren, im Nach- und Restbetrieb vorzeitig stillgesetzt und rückgebaut werden.

3.1 Zuluftsysteme

Um einerseits die Versorgung des Personals in der Anlage mit Frischluft und andererseits die Abfuhr der von Komponenten (z. B. Pumpenmotoren, Rohrleitungen) abgegebene Wärme sicherzustellen, müssen alle Räume innerhalb des Kernkraftwerks be- und entlüftet werden. Dabei wird unterschieden zwischen dem Lüftungssystem des Kontrollbereichs (Nukleare Lüftungsanlage) und den Lüftungsanlagen des konventionellen Kraftwerksbereichs. Im Weiteren wird auf die nuklearen Lüftungssysteme eingegangen.

3.1.1 Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage

Die gemeinsame Außen- / Zuluftanlage saugt mittels Ventilatoren (2 x 100%) Außenluft aus der Atmosphäre an. Das System ist zweisträngig aufgebaut, die Drehzahlen der Zuluftventilatoren werden überwacht. Bei Ausfall eines Ventilators erfolgt die automatische Umschaltung auf den zweiten Ventilator. Die Ansaugöffnung ist durch ein Wetterschutzgitter gegen das Eindringen von Regen, Schnee und Fremdkörpern aus der Umgebung geschützt. Die Außenluft wird je nach Außenluftzustand (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) aufbereitet. Dies beinhaltet die Erwärmung / Kühlung, Ent- / Befeuchtung und Filterung der Luft mittels Feinstaubfiltern (jeweils 2 x 50 %).

Von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage wird die vorbehandelte Luft über Kanalsysteme den Zuluftsträngen des Reaktorsicherheitsbehälters, des Reaktorgebäude-Ringraums sowie des Reaktorhilfsanlagengebäudes zugeführt. Die gesamte nukleare Lüftung arbeitet nach dem Prinzip der gestaffelten Unterdruckhaltung zwischen RHAG, RiRa und RSB, d. h. die Zuluft wird gegenüber der Fortluft gedrosselt und die Fortluft jeweils in den Räumen mit dem höchsten radioaktiven Inventar (höchste Aktivitätsklasse) abgesaugt. Für die zwei Bereiche „große Anlagenräume“ und „kleine Anlagenräume“ innerhalb des RSB erfolgt die Druckstaffelung über Regelung der Fortluftmenge aus den Anlagenräumen. So wird eine gerichtete Luftströmung hin zu den Räumen der höchsten Aktivitätsklasse erreicht.

Die Zuluftanlage kann auch mit nur einem Anlagenstrang und reduziertem Luftvolumenstrom betrieben werden, was die Wartung während des Betriebs ermöglicht.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Nach Ende des Leistungsbetriebes werden im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen die Luftführung, Lüftungskanäle, Luftmengenverteilung und alle weiteren mit der Lüftung im Zusammenhang stehenden Einrichtungen geändert bzw. bedarfsgerecht umgebaut (z. B. Anpassung auf geringere Zuluftmengen), außer Betrieb genommen und an den aktuellen Anlagenzustand angepasst. Dies beinhaltet ggf. die betriebliche Anpassung des Luftdurchsatzes der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage durch den Tausch der Zuluftventilatoren.

Ab Phase 4 wird zur Vorbereitung der Außerbetriebnahme und Demontage der Zuluftanlage eine neue Zuluftanlage außerhalb des Kontrollbereiches mit vollständiger Luftführung über mobile Schlauchverbindungen aufgebaut. Sobald diese voll betriebsfähig

ist, kann die Außerbetriebnahme und Demontage der ursprünglichen Zuluftanlage durchgeführt werden.

3.1.2 Zuluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum

Dem Reaktorgebäude-Ringraum wird aufbereitete Zuluft von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage über einen separaten Zuluftkanal zugeführt. Von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage wird die Zuluft in einem Betonkanal in den unteren Ringraum geführt und über ein Kanalnetz dem Verbindungsgang und den Räumen zugeleitet. In der Luftkanaldurchführung durch die Ringraum-Außenwand sind zwei Gebäudeabschluss-Klappen (GBA-Klappen) in Reihe angeordnet. Im Falle eines erforderlichen Lüftungsabschlusses werden die beiden hintereinander geschalteten dichten Klappen automatisch geschlossen, sodass der Ringraum zuluftseitig dicht abgesperrt ist. Zudem ist bei Bedarf auch ein manueller Lüftungsabschluss möglich. Ebenso sind am Durchtritt zwischen RHAG und Reaktorgebäude-Ringraum zur Absicherung der Brandabschnitte Brandschutzklappen vorhanden.

Der Unterdruck im Ringraum gegenüber dem RHAG und der Atmosphäre sowie der Unterdruck in den Betriebsräumen gegenüber dem Reaktorgebäude-Ringraum und gegenüber der Atmosphäre werden bei konstantem Fortluftvolumenstrom durch Regelung des Zuluftstroms mithilfe einer Regeljalousieklappe gehalten. Die gesamte Zuluft strömt frei in die Betriebsräume und infolge des Druckgefälles von dort als Überströmluft in Form von Leckage in die kleinen und großen Anlagenräume über. Innerhalb des Ringraumes wird unter Berücksichtigung der Kontaminationsgefährdung eine gerichtete Luftströmung in Richtung der Räume mit der höheren Aktivitätsklasse eingehalten.

3.1.3 Zuluftstränge Reaktorsicherheitsbehälter

3.1.3.1 Zuluftstrang Reaktorsicherheitsbehälter

Der RSB ist in drei Raumgruppen eingeteilt:

- **große Anlagenräume** (im Leistungsbetrieb nicht begehbar), z. B.:
    - Dampferzeugerräume,
    - Räume für Hauptkühlmittelpumpen,
    - Druckhalterraum,

    - Ringspalt um den Reaktordruckbehälter,
    - Abstellbecken,
    - Reaktorraum und Armaturenraum für den Druckhalter,
- **kleine Anlagenräume** (im Leistungsbetrieb bedingt begehbar), z. B.:
    - Armaturenräume für Teile des Hauptkühlkreislaufs,
    - Messumformerräume und
- **Betriebsräume** (im Leistungsbetrieb begehbar), z. B.:
    - Treppen,
    - Flure,
    - Messräume,
    - Armaturenräume
    - BE-Lager.

Als kleine und große Anlagenräume werden diejenigen Räume bezeichnet, in denen sich Komponenten, Rohrleitungen und Armaturen des Hauptkühlmittelkreislaufes befinden. Alle diese Räume befinden sich innerhalb des RSB. Aktivitätsfreisetzungen über Leckagen sind in diesen Räumen nicht auszuschließen. Die Betriebsräume sind alle Räume innerhalb des RSB abzüglich der Anlagenräume. Die Luft in den Betriebsräumen bleibt weitgehend aktivitätsfrei.

Im bestimmungsgemäßen Leistungsbetrieb wird dem Reaktorsicherheitsbehälter aufbereitete Zuluft von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage über einen separaten Zuluftstrang zugeführt. Der Zuluftstrang für den RSB teilt sich in den Zuluftstrang für die Spülluft und den Zuluftstrang für die Unterdruckhaltung des RSB auf. Diese Aufteilung findet vor dem Durchtritt durch die Stahlhülle statt.

Nach Ende des Leistungsbetriebs wird die lüftungsmäßige Trennung zwischen Anlagen- und Betriebsräumen aufgehoben und die Be- und Entlüftung des Sicherheitsbehälters durch Zuschalten der Spülluftrate von ca. 25 000 m3/h auf insgesamt ca. 30 000 m3/h erhöht.

3.1.3.2 Zuluftstrang Spülluft Reaktorsicherheitsbehälter

Während des Spülbetriebes wird dem RSB aufbereitete Zuluft von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage über diesen Strang zugeführt. Die gesamte Spülluft strömt nach der Sicherheitsbehälterdurchführung frei in den Betriebsraumbereich ein. Sie wird den Betriebsräumen zugeführt und strömt als Zweitluft in die kleinen und großen Anlagenräume über.

Die Durchführung des Zuluftstranges Spülluft für den Reaktorgebäude-Innenraum durch die Stahlhülle des RSB ist mit zwei hintereinander angeordneten GBA-Klappen ausgestattet, wovon sich eine Klappe im RiRa und eine Klappe im RSB (jeweils unmittelbar an der Wandung des RSB) befindet. Im Leistungsbetrieb der Kraftwerksanlage sind die GBA-Klappen des Zuluftstranges Spülluft geschlossen. Beim Spülbetrieb bei abgefahrener Kraftwerksanlage und im Nachbetrieb wird nach Öffnen der GBA-Klappen dem RSB aufbereitete Zuluft von der gemeinsamen Zuluftanlage zugeführt. Dabei bleiben die GBA-Klappen in den Zuluft- und Abluftsträngen Unterdruckhaltung RG-Innenraum weiterhin geöffnet.

Mit dem Spülen des Reaktorgebäude-Innenraums bei abgefahrenem Reaktor wird erreicht, dass alle Räume begehbar sind. Während des Spülluftbetriebs wird der größte Teil der den Betriebsräumen zugeführten Luft von den Umluftanlagen der großen Anlagenräume aus den Betriebsräumen abgesaugt. Über diese Umluftanlagen gelangt die Spülluft in die großen Anlagenräume, spült diese und wird aus den großen Anlagenräumen über den Abluftstrang Spülluft durch die Fortluftanlage und / oder die Unterdruckhaltung abgesaugt.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Nach dem Spülvorgang des RSB im Anschluss an das Ende des Leistungsbetriebs der Anlage verliert der Spülluftbetrieb aus dem Leistungsbetrieb ab Phase 2 seine Bedeutung für den Restbetrieb. Die für den Spülbetrieb des RSB benötigten lüftungstechnischen Anlagenteile (Spülluftkanäle und Spülluftklappen) können ab diesem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden oder für betriebliche Zwecke (z. B. Nutzung der Spülluftkanäle im Rahmen der FSD) vorgehalten werden.

3.1.3.3 Zuluftstrang Unterdruckhaltung Reaktorsicherheitsbehälter

Die Durchführung des Zuluftkanales der Unterdruckhaltung durch die Stahlhülle des RSB ist mit mehreren, mindestens zwei hintereinander angeordneten Schnellschlussklappen ausgerüstet. Diese Klappen sind direkt an den Sicherheitsbehälter angeflanscht und werden bei einem erforderlichen Lüftungsabschluss des Sicherheitsbehälters automatisch geschlossen. Zudem ist bei Bedarf auch ein manueller Lüftungsabschluss möglich. Das den Ringraum durchquerende Teilstück des Zuluftkanals ist für den Innendruck ausgelegt, der sich bis zum Schließzustand der Klappen einstellt. Außerdem ist dieses Kanalstück luftdicht ausgeführt.

Der Unterdruck in den Betriebsräumen des Reaktorgebäude-Innenraumes gegenüber dem Ringraum und der Atmosphäre wird durch Regelung des Zuluftvolumenstromes mittels einer Regeljalousieklappe (Regelgröße: Differenzdruckmessstelle) im Zuluftkanal bei konstanten Fortluftvolumenstrom gehalten.

Die gesamte Zuluft wird über ein Kanalsystem den Stauräumen für die Personenschleuse und den beiden Notschleusen zugeführt. Von dort strömt die Luft in die Betriebsräume über. Als Leckageluft wird sie infolge des Druckgefälles in die kleinen und großen Anlagenräume gesaugt.

3.1.3.4 Zuluftführung bei geöffneter Personenschleuse

Entsprechend den Regelungen des Leistungsbetriebs kann die Personenschleuse unter Einhaltung der in den Betriebsordnungen festgelegten Bedingungen (u. a. gerichtete Luftströmung in Richtung RSB liegt vor) dauerhaft geöffnet bleiben, wie es z. B. bei der Durchführung von Revisionen angewandt wird. Eine Begrenzung der Personenzahl im RSB ist unter Einhaltung der geltenden Bedingungen nicht erforderlich.

Um beide Türen der Personenschleuse gleichzeitig öffnen zu können, ist der Vorraum im RHAG lüftungstechnisch von der normalen Zuluft und der Abluft abzusperren. Weiterhin muss ein Teilstrom der Spülluft / Zuluft in den Vorraum geleitet werden. Von dort strömt die Zuluft durch die Personenschleuse in den RSB, von wo sie durch die Ventilatoren der Unterdruckhaltung oder der Fortluftanlage abgesaugt wird.

3.1.4 Zuluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude

Von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage wird den einzelnen Raumbereichen des RHAG Frischluft zugeführt. Dies erfolgt durch mehrere voneinander getrennte Zuluftstränge, die von einem gemeinsamen von der Außen- / Zuluftanlage kommenden Kanal abgehen.

Im RHAG wird ein Unterdruck gegenüber der Atmosphäre von -0,5 mbar gehalten. Zur Regelung der Unterdrücke ist auf dem Dach des Reaktorhilfsanlagengebäudes eine Referenzmessstelle zur Feststellung des Außenluftdrucks angebracht.

3.1.4.1 Zuluftstrang Anlagenräume Reaktorhilfsanlagengebäude

Die von der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage kommende Zuluft wird zum Teil den Be-dienungsfluren des RHAG zugeführt und strömt als Zweitluft in die Anlagenräume, der andere Teil wird diesen Räumen direkt zugeführt. Innerhalb des Anlagenraumbereiches wird eine gerichtete Luftströmung in Richtung der Räume mit der höheren Aktivitätsklas-se eingehalten.

Der Gebäudeunterdruck des RHAG gegenüber der Atmosphäre wird durch Regelung des Zuluftvolumenstromes mittels einer Regeljalousieklappe im Hauptzuluftstrang dieses Gebäudes bei konstantem Fortluftvolumenstrom gehalten.

3.1.4.2 Zuluftstrang Sozialräume Reaktorhilfsanlagengebäude

Die aus der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage entnommene Zuluft der Sozialräume, Wasch-, Umkleide- und Aufenthaltsräume des RHAG kann mit Nacherhitzern abhängig von der Raumtemperatur auf eine höhere Einblastemperatur gebracht werden. Die elektrischen Lufterhitzer werden bei einer maximalen Lufttemperatur oder einem minimalen Luftvolumenstrom automatisch abgeschaltet. Die nachbehandelte Zuluft wird über ein Kanalsystem den einzelnen Räumen zugeführt.

3.1.4.3 Zuluftstrang Laborräume Reaktorhilfsanlagengebäude

Die aus der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage entnommene Zuluft für den Laborbereich kann den Anforderungen des klimatisierten Laborbereiches entsprechend nachbehandelt werden, d. h. die Luft kann zusätzlich erwärmt, gekühlt und befeuchtet werden.

In die Zuluftkanäle einiger Räume sind zur weiteren Nacherwärmung elektrische Lufterhitzer installiert. Die Ein- / Aus-Schaltung erfolgt über Raumthermostate. Die elektrischen Lufterhitzer werden bei maximaler Lufttemperatur oder minimalem Luftvolumenstrom automatisch abgeschaltet.

3.1.5 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Zuluftsysteme

Tab. 3.1 Anpassungen der Zuluftsysteme in Stilllegung und Abbau

System	Änderungsmaßnahme	Phase
allgemein	Entfall der Druckstaffelung zwischen kleinen und großen Anlagenräumen sowie Betriebsräumen im RSB. Die Personenschleuse kann unter Einhaltung der in betrieblichen Regelungen festgelegten Bedingungen dauerhaft geöffnet sein.	2
allgemein	Herstellen einer gerichteten Luftströmung zur Fortluftanlage über geeignete technische Maßnahmen zur Regelung des Zuluft- und Abluftstromes.	2
allgemein	Im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen werden die Luftführung, Lüftungskanäle, Luftmengenverteilung und alle weiteren mit der Lüftung im Zusammenhang stehenden Einrichtungen geändert bzw. bedarfsgerecht umgebaut (z. B. Anpassung auf geringere Luftmengen), außer Betrieb genommen und an den aktuellen Anlagenzustand angepasst.	ab 2
Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage	Ggf. betriebliche Anpassung des Luftdurchsatzes der Außen- / Zuluftanlage (inkl. Austausch der Zuluftventilatoren bei technisch nicht umsetzbarer Anpassung an die betrieblichen Notwendigkeiten).	2
Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage	Zur Vorbereitung der Außerbetriebnahme und Demontage der Zuluftanlage wird eine neue Zuluftanlage außerhalb des Kontrollbereiches mit vollständiger Luftführung über mobile Schlauchverbindungen aufgebaut. Sobald diese voll betriebsfähig ist, kann die Außerbetriebnahme und Demontage der ursprünglichen Zuluftanlage durchgeführt werden.	4
Zuluftstrang Spülluft RSB	Nach dem Spülvorgang des RSB im Anschluss an das Ende des Leistungsbetriebs der Anlage verliert der Spülluftbetrieb aus dem Leistungsbetrieb seine Bedeutung für den Restbetrieb. Die für den Spülbetrieb des RSB benötigten lüftungstechnischen Anlagenteile (Spülluftkanäle und Spülluftklappen) können ab diesem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden oder für betriebliche Zwecke (z. B. Nutzung der Spülluftkanäle im Rahmen der FSD) vorgehalten werden.	2
Zuluftstränge RHAG	Nach Ende der Nutzung einzelner Raumbereiche des RHAG können die zugehörigen Zuluftstränge außer Betrieb genommen und demontiert werden.	2-4
Gemeinsame Außen- / Zuluftanlage Zuluftstränge Reaktorgebäude-Ringraum Zuluftstränge RSB	Aufbau einer neuen Zuluftanlage außerhalb des Kontrollbereiches mit vollständiger Luftführung über mobile Schlauchverbindungen. Ist diese vorhanden und in Betrieb, können die Zuluftsysteme außer Betrieb genommen und vollständig demontiert werden.	4

3.2 Ab- / Fortluftsysteme

Die Ab- und Fortluftsysteme dienen dem Abführen der Luft aus dem Inneren des Kernkraftwerks an die Umgebung. Es wird zwischen den Begriffen Abluft (Luft, die aus einem Raum bzw. einer Raumgruppe ab- und der Fortluftanlage zugeführt wird) und Fortluft (gesammelte und ggf. gefilterte Abluft, die von der Fortluftanlage über den Kamin an die Umgebung abgegeben wird) unterschieden.

3.2.1 Fortluftanlage

Die Fortluftanlage sorgt durch einen konstanten Absaugvolumenstrom für eine Unterdruckhaltung im RHAG und Reaktorgebäude-Ringraum bei Leistungsbetrieb und im RSB im Spülbetrieb, für eine gesicherte Strömung der Luft in Richtung höherer Aktivität sowie für eine kontrollierte Abgabe der Fortluft über den Kamin an die Umgebung. Vor der Abgabe an die Umgebung durchströmt die Fortluft eine Volumen- und Aktivitätsmessanlage. Im Fortluftstrang selbst ist keine Filterung vorgesehen. Abluft aus dem Reaktorgebäude-Ringraum und aus dem RHAG gehen standardmäßig ungefiltert in den Kamin, können aber bei Bedarf auf die Bedarfsfilteranlage geschaltet werden, um die Aktivitätsabgabe an die Umgebung zu minimieren.

Die Fortluftanlage ist mit drei parallel geschalteten Ventilatoren (3 x 50%) ausgerüstet, vor diesen befindet sich jeweils eine Regeljalousieklappe und hinter ihnen eine Rückschlagklappe. Im bestimmungsgemäßen Betrieb sind 2 von 3 Fortluftventilatoren in Betrieb und stellen einen konstanten Absaugvolumenstrom her. Die Drehzahlen der Fortluftventilatoren werden überwacht. Bei Ausfall eines Ventilators erfolgt automatisch die Umschaltung auf das Reserve-Aggregat. Bei Ausfall der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage bleibt nur noch ein Fortluftventilator zur Aufrechterhaltung des Gebäudeunterdruckes in Betrieb. Damit im RHAG und im Reaktorgebäude-Ringraum bei diesem Betriebsfall der Unterdruck zulässige Werte nicht überschreitet, ist zur Regelung des Fortluftvolumenstromes parallel zu den Fortluftventilatoren ein Bypass mit einer Jalousieklappe angeordnet.

Die Fortluftanlage ist auf dieselbe Förderleistung wie die gemeinsame Zuluftanlage ausgelegt. Sind weniger als zwei Fortluftventilatoren in Betrieb, wird automatisch die Zuluftanlage abgeschaltet. Als Reservesystem für einen reduzierten Abluftbetrieb stehen für den Fall der Nichtverfügbarkeit der Fortluftventilatoren die nicht in Betrieb befindlichen Lüfter der Bedarfsfilteranlage zur Verfügung.

Die Aktivität der Abluft der einzelnen lüftungstechnischen Bereiche wird durch Messungen überwacht. Die Messstellen befinden sich z. B. im Fortluftkamin sowie in den Abluftsträngen des RSB, des Reaktorgebäude-Ringraums, der Unterdruckhaltung, der Bedarfsfilteranlage und des RHAG.

In Situationen, in denen Aktivität in die Raumluft freigesetzt werden könnte, kann die gesamte Abluft / Spülluft aus dem Sicherheitsbehälter auch nach dem Einstellen des Leistungsbetriebs über Filter zum Kamin geführt werden. Wie im Leistungsbetrieb wird die Abluft über die Filter der Unterdruckhalteanlage geführt. Die im Spülluftbetrieb zusätzlich eingebrachte ca. fünffache Menge wird dann über die Filteranlagen der RHAG-Abluftstränge (z. B. Bedarfsfilteranlage) geführt.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Ab Phase 2 werden alle vor der Fortluftanlage angeordneten lüftungstechnischen Anlagenteile innerhalb des Kontrollbereichs als betrieblich eingestuft. Die Fortluftanlage wird ab Phase 3 als betrieblich eingestuft. Damit entfällt die Notstromsicherung für diese Systeme.

Im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen werden die Luftführung, Lüftungskanäle, Luftmengenverteilung und alle weiteren mit der Lüftung im Zusammenhang stehenden Einrichtungen geändert bzw. bedarfsgerecht umgebaut (z. B. Anpassung auf geringere Luftmengen), außer Betrieb genommen und an den aktuellen Anlagenzustand angepasst. Dies beinhaltet ggf. die betriebliche Anpassung des Luftdurchsatzes der Fortluftanlage durch Tausch der Fortluftventilatoren. An die betrieblichen Anforderungen angepasst können ggf. mobile bzw. lokale lüftungstechnische Einrichtungen für den Abbau von Anlagenteilen (z. B. Absaugungen) insbesondere an bereits vorhandene Revisionsöffungen im Lüftungskanalsystem angebunden werden.

Ab Phase 4 wird zur Vorbereitung der Außerbetriebnahme und Demontage der Fortluftanlage eine neue Fortluftanlage außerhalb des Kontrollbereiches mit vollständiger Luftführung über mobile Schlauchverbindungen aufgebaut. Sobald diese voll betriebsfähig ist, kann die Außerbetriebnahme und Demontage der ursprünglichen Fortluftanlage durchgeführt werden.

3.2.2 Abluftstrang Reaktorgebäude-Ringraum

Nach Durchströmen der Räume des Reaktorgebäude-Ringraumes wird die Abluft über ein Kanalnetz zusammengefasst und über eine Durchführung in der Betonhülle der Saugseite der Fortluftventilatoren zugeführt. An der Betonhülle sind zwei hintereinandergeschaltete dichte Klappenfronten angeordnet. Im Falle eines erforderlichen Lüftungsabschlusses werden beide Klappenfronten zeitverzögert zu den Zuluftklappen automatisch geschlossen, so dass der Ringraum lüftungstechnisch dicht abgesperrt ist. Zudem ist bei Bedarf auch ein manueller Lüftungsabschluss möglich.

3.2.2.1 Ringraumabsaugung

Durch diese Anlage wird während des Leistungsbetriebs bei einem Kühlmittelverluststörfall, aufgrund dessen die dichten Klappen des Zu- und des Fortluftkanales zum Ringraum automatisch geschlossen wurden (siehe Kap. 3.1.2 und 3.2.2), der Unterdruck gegenüber der Atmosphäre aufrechterhalten.

Die Anlage ist im Reaktorgebäude-Ringraum angeordnet. Sie besteht in Konvoi-Anlagen aus zwei Filterstrecken (2 x 100 %) und vier Fortluftventilatoren (4 x 50 %). Bei älteren Anlagendesigns kann die Konfiguration abweichen, z. B. eine Filterstrecke (1 x 100 %) und drei Ventilatoren (3 x 100 %). Mit dieser Filteranlage werden mögliche Schwebstoff- und Jodaktivitäten abgeschieden. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Ringraumabsaugung nur gefilterte Luft über einen dichten Kanal in die Fortluftanlage fördert. Durch den der Filteranlage vorgeschalteten elektrischen Lufterhitzer wird die Lufttemperatur soweit angehoben, dass eine Taupunkttemperaturunterschreitung im Aktivkohlebett vermieden wird. Alle Ventilatoren werden gleichzeitig über ein Reaktorschutzsignal, das die Klappen des Zu- und Fortluftkanals im Ringraum schließt, zugeschaltet.

Im Leistungsbetrieb ist ein Filterstrang durchgeschaltet (d. h. beide Klappen sind offen). Der zweite Filterstrang ist durch die geschlossene reinluftseitige Rückschlagklappe abgesperrt (die Klappe vor dem Filterstrang ist offen).

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Mit dem Entfernen der BE und des Kühlmittels aus dem Primärkreis entfällt ab Phase 2 (bzw. nach Durchführung der Primärkreisdekontamination) die Notwendigkeit der Be-

herrschung von Kühlmittelverlust-Störfällen aus dem Leistungsbetrieb. Die Ringraumabsaugung wird dann nicht mehr benötigt und kann außer Betrieb genommen und demontiert werden.

3.2.3 Abluftstrang Unterdruckhaltung Reaktorsicherheitsbehälter

Der Abluftstrang der Unterdruckhaltung hat die Aufgabe, durch Absaugung von Luft aus dem RSB dort die erforderlichen Unterdrücke aufrecht zu erhalten, die radioaktiven Schwebstoffe und das radioaktive Jod aus der Fortluft auszufiltern und die Fortluft anschließend über den Kamin an die Umgebung abzugeben.

Im bestimmungsgemäßen Leistungsbetrieb wird der größte Teil der den Betriebsräumen des RSB zugeführten Luft nach Durchströmen dieser Räume von der Unterdruckhaltung aus der Kuppel sowie aus den Räumen abgesaugt. Die restliche zugeführte Luft strömt als Leckage in die kleinen und großen Anlagenräume und wird ebenso durch die Unterdruckhaltung abgesaugt. Die Durchführung des Fortluftkanales durch die Wandung des Sicherheitsbehälters ist mit zwei (in älteren Anlagen z. T. auch drei) hintereinander angeordneten Schnellschlussklappen (eine Klappe im Reaktorgebäudeinnenraum und eine Klappe im Reaktorgebäude-Ringraum) ausgerüstet. Bei einem erforderlichen Lüftungsabschluss werden die Schnellschlussklappen geschlossen. Die Filterstrecken der Unterdruckhaltung sind durch pneumatisch betätigte Absperrklappen jeweils am Eintritt bzw. Austritt absperrbar. In der Durchführung des Fortluftkanals durch die Außenwand des Reaktorgebäude-Ringraums sind eine Brandschutzklappe und die Ringraumabsperrklappe vorhanden.

Die Fortluft wird über zwei Filterstrecken (in Konvoi-Anlagen 2 x 50 %, in älteren Anlagen z. T. auch 2 x 100 %) und drei Ventilatoren (in Konvoi-Anlagen 3 x 50 %, in älteren Anlagen z. T. auch 3 x 100 %) zum Fortluftkamin geführt. Im Normalbetrieb sind zwei Ventilatoren (bzw. bei einer Auslegung von 3 x 100 % nur ein Ventilator) in Betrieb. Bei Ausfall eines Ventilators erfolgt die automatische Umschaltung auf das Reserveaggregat. Im Abluftstrang ist zum Schutz der nachfolgenden Lüftungskomponenten (insbesondere die Filter der Unterdruckhalteanlage) eine Druckstoßklappe eingebaut. Zur konstanten Einhaltung der Abluftmenge ist im Abluftstrang eine Regeljalousieklappe vorgesehen.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Während des Nachbetriebes wird die Unterdruckhaltung mit den zugehörigen Komponenten und Kanälen zeitlich befristet in begrenztem Umfang als Reserve vorgehalten (z. B. um die Systemluft gefiltert abzuleiten). Langfristig kann sie außer Betrieb genommen und demontiert werden (vgl. auch Kap. 3.3.2).

3.2.4 Abluftstrang Spülluft Reaktorsicherheitsbehälter

Bei abgefahrenem Reaktor und Spülbetrieb sind die Umluftfilteranlagen der großen Anlagenräume bzw. (in älteren Anlagendesigns) die Bypassfilteranlagen der Anlagen- und Betriebsräume innerhalb des Reaktorgebäude-Innenraumes auf den Abluftstrang Spülluft aufgeschaltet. Dieser Kanal wird durch den Ringraum auf die Saugseite der Fortluftventilatoren im RHAG geführt. Die Durchführung durch den Sicherheitsbehälter ist mit zwei hintereinander angeordneten Gebäudeabsperrklappen ausgerüstet. Eine Klappe befindet sich im Ringraum, die andere im Innenraum an der Wandung des Sicherheitsbehälters.

Durch den Spülvorgang wird die Begehbarkeit aller Räume im RSB erreicht. Eine gerichtete Luftströmung ist danach nicht mehr erforderlich, d. h. die luftdichte Trennung der drei Raumbereiche kann aufgehoben werden.

Es sind verschiedene Spülbetriebsvarianten möglich. Im Revisions- und Nach- bzw. Restbetrieb wird standardmäßig das gleichzeitige Spülen der Anlagenräume und des Reaktorraumes vorgenommen.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Nach Ende des Leistungsbetriebs und dem Verladen der Brennelemente aus dem RDB in das BE-Lagerbecken wird der RSB vollständig mit Spülluft begehbar gemacht. Danach ist kein weiterer Spülbetrieb erforderlich. Die für den Spülbetrieb des RSB benötigten lüftungstechnischen Anlagenteile (Spülluftkanäle und Spülluftklappen) können ab diesem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden oder für betriebliche Zwecke vorgehalten werden.

3.2.5 Abluftstränge Reaktorhilfsanlagengebäude

Das RHAG ist lüftungstechnisch in drei Bereiche aufgeteilt:

- Reaktorhilfsanlagengebäude – Labor und Sozialräume
- Reaktorhilfsanlagengebäude – Sozialräume
- Reaktorhilfsanlagengebäude – Anlagenräume

Die Abluft der voneinander getrennten Bereiche / Räume des RHAGs wird in einem gemeinsamen Kanal gesammelt und der Fortluftanlage zugeführt. Der Großteil der Abluft des RHAGs wird ungefiltert der Fortluftanlage zugeführt. Die Fortluft wird über eine Aktivitätsmessstelle zur Fortluftanlage und von dieser ungefiltert in den Kamin abgeführt. Bei Überschreitung eines vorgegebenen Aktivitätsgrenzwertes wird die Zuluftmenge für alle Anlagenräume gedrosselt und die Bedarfsfilteranlage (siehe auch Kap. 3.3.3) eingeschaltet. Nach der Ortung des kontaminierten Stranges wird nur noch dessen Abluft über die Bedarfsfilteranlage geleitet, die übrige Fortluft kann dann wieder wie vorher ungefiltert abgegeben werden.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Nach Ende der Nutzung einzelner Raumbereiche des RHAG kann bedarfsgerecht der zugehörige Abluftstrang dauerhaft außer Betrieb genommen und ggf. demontiert werden. Hierbei ist die Rückwirkungsfreiheit auf andere, noch benötigte lüftungstechnische Anlagenteile sicherzustellen.

3.2.5.1 Abluftstrang Reaktorhilfsanlagengebäude Labor und Sozialräume

Die Abluft aus dem Labor- und dem zum Kontrollbereich gehörenden Sozialbereich, mit Ausnahme der Systemluft (vgl. Kapitel 3.3.4), wird in einem Kanalnetz gesammelt und auf die Saugseite der Fortluftventilatoren bzw. Lüfter der Bedarfsfilteranlage geführt. Der Abluftvolumenstrom bleibt auch bei Spülbetrieb des RSB konstant.

3.2.5.2 Abluftstrang Reaktorhilfsanlagengebäude Anlagenräume

Nach Durchströmen der Anlagenräume des RHAG wird die Abluft (ausgenommen die Abluft, die auf die Teilstromfilteranlage geführt wird, siehe hierzu auch Kap. 3.3.4) in zwei Abluftteilsträngen gesammelt und der Sammelkammer der gemeinsamen Fortluftanlage

zugeführt. Je einer der beiden Abluftstränge kann im Bedarfsfall mittels Klappen auf die Bedarfsfilteranlage geschaltet werden. Die Zusammenfassung der Raumabluftvolumenströme erfolgt so, dass die Abluft aus Räumen, in denen das Wasserstoffabbausystem installiert ist, an einem Fortluftsammelstrang anbindet.

3.2.5.3 Abluftstrang Sozialräume

Für die Abluft aus den Sozialräumen des RHAGs, in denen eine radioaktive Kontamination ausgeschlossen werden kann, ist ein eigener Abluftstrang vorhanden. Diese Abluft wird ohne Filtermöglichkeit auf die Saugseite der Fortluftventilatoren geführt. Der Abluftvolumenstrom bleibt auch bei Spülbetrieb konstant.

.

3.2.6 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Ab- / Fortluftsysteme

Tab. 3.2 Anpassungen der Ab- / Fortluftsysteme in Stilllegung und Abbau

System	Änderungsmaßnahme	Phase
allgemein	Einstufung aller vor der Fortluftanlage angeordneten lüftungstechnischen Anlagenteile innerhalb des Kontrollbereichs als betrieblich.	2
allgemein	Im Verlauf des Abbaus von Anlagenteilen werden die Luftführung, Lüftungskanäle, Luftmengenverteilung und alle weiteren mit der Lüftung im Zusammenhang stehenden Einrichtungen geändert bzw. bedarfsgerecht umgebaut (z. B. Anpassung auf geringere Luftmengen), außer Betrieb genommen und an den aktuellen Anlagenzustand angepasst.	ab 2
allgemein	An die betrieblichen Anforderungen angepasst können ggf. mobile / lokale lüftungstechnische Einrichtungen für den Abbau von Anlagenteilen (z. B. Absaugungen) insbesondere an bereits vorhandene Revisionsöffnungen im Lüftungskanalsystem angebunden werden. Dies erfolgt in Eigenverantwortung des Betreibers.	2-5
allgemein	Herstellen einer gerichteten Luftströmung zur Fortluftanlage über geeignete technische Maßnahmen zur Regelung des Zuluft- und Abluftstromes.	2
Fortluftanlage	Ggf. betriebliche Anpassung des Luftdurchsatzes der Fortluftanlage (inkl. Austausch der Fortluftventilatoren bei technisch nicht umsetzbarer Anpassung an die betrieblichen Notwendigkeiten).	2-3
Fortluftanlage	Die Fortluftanlage wird ab dieser Phase als betrieblich eingestuft, somit entfällt die Notstromsicherung für dieses System.	3

System	Änderungsmaßnahme	Phase
Fortluftanlage	Um die vollständige Demontage der Fortluftanlage zu ermöglichen, wird eine neue Fortluftanlage außerhalb des Kontrollbereiches mit vollständiger Luftführung über mobile Schlauchverbindungen aufgebaut.	4
Fortluftanlage	Möglichkeit der Außerbetriebnahme und Demontage des Systems.	Nach 5
Ringraumabsaugung	Das System kann dann außer Betrieb genommen und demontiert werden, da es ausschließlich zur Beherrschung von Störfällen aus dem Leistungsbetrieb notwendig ist.	2
Abluftstrang Unterdruckhaltung	Dieses System wird während des Nachbetriebes zeitlich befristet in begrenztem Umfang als Reserve vorgehalten (z. B. um die Systemluft gefiltert abzuleiten). Langfristig kann es außer Betrieb genommen und demontiert werden.	2
Abluftstrang Spülluft RSB	Nach Ende des Leistungsbetriebs und dem Verladen der Brennelemente aus dem RDB in das BE-Lagerbecken wird der RSB vollständig mit Spülluft begehbar gemacht. Danach ist kein weiterer Spülbetrieb erforderlich. Die für den Spülbetrieb des RSB benötigten lüftungstechnischen Anlagenteile (Spülluftkanäle und Spülluftklappen) können ab diesem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden oder für betriebliche Zwecke vorgehalten werden.	2
Luftstränge RHAG	Nach Ende der Nutzung einzelner Raumbereiche kann bedarfsgerecht der zugehörige Abluftstrang dauerhaft außer Betrieb genommen und ggf. demontiert werden. Hierbei ist die Rückwirkungsfreiheit auf andere, noch benötigte lüftungstechnische Anlagenteile sicherzustellen.	2-4

3.3 Filteranlagen

Im Kernkraftwerk sind verschiedene Filteranlagen vorhanden, die der Filterung von Luft aus Räumlichkeiten mit Aktivitätspotenzial dienen. Es handelt sich hierbei um folgende Filteranlagen:

- Umluftfilteranlagen große Anlagenräume / Bypassfilteranlagen der Anlagen- und Betriebsräume im RSB
- Filteranlage der Unterdruckhaltung im RSB mit Aktivkohlefilter
- Filteranlagen der Abluftstränge des RHAGs (Bedarfsfilteranlage)
- Systemluft einschließlich Filteranlage

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

In Stilllegung und Abbau können die Filteranlagen, abhängig von den betrieblichen Anforderungen, bei Bedarf durch mobile Filteranlagen ergänzt bzw. ersetzt werden. Wird ein Abluftstrang nicht mehr benötigt und kann dieser dauerhaft außer Betrieb genommen werden, gilt dies auch für die zugehörige Filterstrecke (sofern diese nicht für weitere, noch benötigte Abluftstränge vorzuhalten ist). Hierbei ist darauf zu achten, dass etwaige Verbindungen bzw. Trennstellen zu den Systemen, Teilsträngen und Komponenten der Systemluft, die auch im weiteren Verlauf des Abbaus genutzt werden, z. B. Dekontaminations- und Konditionierungsanlagen, im Rahmen des Änderungsverfahrens erfasst und unter Berücksichtigung der Vorgaben zur sicherheitstechnischen Bedeutung, Strahlen- und Arbeitsschutz technisch verschlossen und weitere notwendige Anpassungen (z. B. Anpassung der Aktivitätsmessung an geänderte Luftvolumina, Anpassung von Lüftern und Regelungen, Brandschutz etc.) umgesetzt werden. Ebenfalls sind die Trennstellen in der technischen Dokumentation (u. a. Schaltplänen) und die sich aus den Anpassungen ergebenden Änderungen in den relevanten Betriebsordnungen umzusetzen.

Wenn nach Beendigung des Leistungsbetriebs Jod- und Edelgasaktivitäten so weit abgeklungen sind, dass auch ohne Lüftungsabschluss Tagesgrenzwerte nicht mehr erreicht werden und dies nachgewiesen wurde, ist die Entsorgung von Aktivkohlebetten zur Reduzierung der Brandlast in den zugehörigen Raumbereichen möglich. Nach der Entfernung der Aktivkohlebetten können auch die zugehörigen Aktivitätsmessstellen außer Betrieb genommen werden.

3.3.1 Umluftfilteranlage der großen Anlagenräume

Die Umluftfilteranlage (1 x 100 %) ist im Reaktorgebäude-Innenraum angeordnet. Die Filteranlage befindet sich im Bypass zu den Umluftanlagen der „großen Anlagenräume" (siehe auch Kap. 3.4.1.2). Ein Teilstrom des Umluftvolumenstroms kann bei Bedarf über diesen Filter geführt werden. Dabei werden mögliche Schwebstoffe und Jodaktivitäten abgeschieden und somit der Aktivitätspegel der „großen Anlagenräume" verringert. Dazu müssen zunächst die Absperrklappen vor bzw. hinter dem zugehörigen Ventilator aufgefahren werden. Danach kann der Ventilator zugeschaltet werden. Dieser saugt aus dem großen Umluftvolumenstrom einen kleineren Volumenstrom an, leitet diesen über die Filteranlage und drückt diese Luft wieder in den Hauptvolumenstrom zurück.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Die Umluftfilteranlage kann ab dem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden, zu dem eine nachgewiesene Unterschreitung der Tagesgrenzwerte für Ereignisse, zu deren Beherrschung der Betrieb der Filteranlage erforderlich war, vorliegt.

3.3.2 Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter

Aufgabe der Filteranlage der Unterdruckhaltung ist es, den RSB während des Betriebes begehbar zu halten. Zu diesem Zweck wird Frischluft eingeblasen, wovon ca. 80 % der Belüftung der Betriebsräume dienen und max. 20 % zur abgestuften Unterdruckhaltung. Die gesamte Fortluft aus dem RSB wird von den Ventilatoren der Unterdruckhaltung abgesaugt und über den Kamin abgegeben. Der geringe Luftdurchsatz der Unterdruckhaltung wird durch eine Anzahl von Umluftkühlanlagen ermöglicht, die für die Ableitung der im RSB anfallenden Wärme an das Kühlwasser sorgen (siehe Kap. 3.4.1).

Die Filteranlage der Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter ist im RHAG angeordnet und besteht in Konvoi-Anlagen aus zwei parallelen Filterstrecken und drei Ventilatoren. In Konvoi-Anlagen sind die Filterstrecken 2 x 50 % und die zugehörigen Ventilatoren 3 x 50 % ausgelegt. In älteren Anlagen kann die Auslegung auch 2 x 100 % für die Filteranlagen und 3 x 100 % für die Ventilatoren sein. Die Drehzahlen der Ventilatoren für die Unterdruckhaltung werden überwacht. Bei Ausfall eines Ventilators erfolgt die Umschaltung automatisch auf das Reserveaggregat.

Mit der Filteranlage der Unterdruckhaltung werden Schwebstoff- und Jodaktivitäten abgeschieden. Durch eine jeder Filterstrecke vorgeschaltete Kühler-Heizregisterkombination wird, falls erforderlich, die relative Feuchte soweit gesenkt, dass die Auslegungsbedingungen für die Filter eingehalten werden. Die Steuerung des Kühl- und Heizventils erfolgt von einem Feuchtegeber.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Die Abluft aus dem Kontrollbereich wird nach Abschluss des Spülbetriebes (vgl. auch Kap. 3.2.4) über die Spülluftkanäle und ggf. über die Bedarfsfilteranlage geführt. Die Unterdruckhalteanlage und deren Filter werden dann ggf. nur noch gebraucht, um die Systemluft gefiltert ableiten zu können. Sobald keine betriebliche Notwendigkeit mehr für die Nutzung der Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter besteht (d. h. keine Systemluft mehr gefiltert abgeführt werden muss oder bspw. mobile Filteranlagen als Ersatz genutzt werden), kann diese außer Betrieb genommen und demontiert werden.

3.3.3 Bedarfsfilteranlage

Die Bedarfsfilteranlage besteht bei Konvoi-Anlagen aus drei parallelen Filterstrecken (3 x 33,33 %) und drei Ventilatoren (3 x 50 %) und ist im RHAG angeordnet. In älteren Anlagen können abweichende Konfigurationen vorliegen (z. B. zwei Filterstrecken (2 x 50 %) und zwei Ventilatoren (2 x 100 %) o. ä.). Die Drehzahlen der Ventilatoren werden überwacht. Bei Ausfall eines Ventilators erfolgt automatisch die Umschaltung auf das Reserveaggregat. Die Filterstrecken verfügen über Schwebstoff- und Jodfilter

Bei Bedarf, d. h. bei erhöhter Luftaktivität in einem Raumbereich, können die Abluftstränge der Spülluft, des Reaktorgebäude-Ringraums sowie der Anlagenräume und der Labor- und Sozialräume des RHAG gemeinsam über die Bedarfsfilteranlage geführt werden. Ebenso kann die Bedarfsfilteranlage auch von Hand von der Hauptwarte zugeschaltet werden. Somit wird die mit der Fortluft abzuleitende Menge an radioaktiven Stoffen geringgehalten.

Die Bedarfsfilteranlage ist nicht notstromgesichert. Jedoch öffnet die im Bypass zu den Druckerhöhungsventilatoren der Bedarfsfilteranlage geschaltete Regeljalousieklappe bei Notstrom automatisch.

3.3.4 Systemluft einschließlich Filteranlage

Die Systemluft ist ein von der Raumluft getrenntes, separates System. Es führt über eine eigene Filteranlage mit Schwebstofffiltern und Jodfiltern Abluft und Abgase aus aktivitätsführenden Komponenten, Schiebeluft aus Behältern und Absaugungen von Arbeitsplätzen und Maschinen ab. Die Filteranlage ist im RHAG angeordnet und besteht aus zwei Filterstrecken (2 x 100 %). Die gefilterte Luft wird auf die Saugseite der Ventilatoren der Unterdruckhalteanlage führt. Den Strängen der Filteranlage sind ein Tropfenabscheider sowie ein Lufterhitzer vorgeschaltet, um die Lufttemperatur anzuheben und die relative Feuchte soweit abzusenken, dass die Auslegungsbedingungen für die Filter eingehalten werden. Folgende Anlagen und Systeme sind an die Systemluft angeschlossen:

- Laborabzüge, mobile Labormessgeräte,
- Nukleartechnisches Probeentnahmesystem,
- „Heiße“ Werkstatt,
- Feststoffpresse,
- Fasswaschanlage,
- Filterwechselmaschine,
- Dekontspeicher des Dekontaminierungssystems,
- Konzentratvorlagenbehälter der Behandlung radioaktiver Stoffe,
- Dekontbox und Säurebecken, Läppmittelbehälter, Abwassersammelbehälter der Dekontaminationsanlage für Kleinteile,
- Mischbettfilter, Gaskühler, Schlammbehälter und Abfallbehälter der Behandlung radioaktiver Abwässer,
- Abwassersammelbehälter, Konzentratbehälter, Kontrollbehälter und Abwasserbehälter der Lagerung radioaktiver Abwässer,
- Gebäudeentwässerungssystem,
- Stutzen für die mobile Bituminieranlage in der LKW-Einfahrt.

Die Aufgaben der Systemluft und ihrer Filteranlage werden in älteren DWR von diversen Filteranlagen übernommen.

An die sogenannte Teilstromfilteranlage sind diejenigen Räume und Komponenten angeschlossen, bei denen zeitweise mit radioaktiver Schwebstofffreisetzung gerechnet werden muss, z. B.

- Dekontboxen, Dekontwanne und Ultraschallwannen im Dekontaminierungsraum,
- „Heiße“ Werkstatt (hier zusätzlich Feinfilter gegen Kanalverschmutzung),
- Einfahrtsschleuse,
- Feststoffpressenraum,
- Sacklagerraum,
- Dekontraum für Kleinteile,
- Waschmaschinen der heißen Wäscherei,
- Laborabzüge im Strahlenschutzlabor und Chemielabor,
- Spektrometer im Wägraum,
- Aufbereitungsgebäude für radioaktive Abfälle.

Zur Förderung der Abluft zur Filteranlage existieren in einzelnen Strängen Schubventilatoren. Die Teilstromfilteranlage besteht aus einer 1 x 100 %, bezogen auf den Abluftvolumenstrom, ausgelegten Filterstrecke mit Fein- und Schwebstofffiltern, die im RHAG angeordnet ist.

Wird die Luft aus dem Aufbereitungsgebäude für radioaktive Abfälle (auch Entsorgungsgebäude / Konditionierungsgebäude) nicht über die Teilstromfilteranlage geführt, so wird auch hier eine separate Filterstrecke in der Abluft des Gebäudes eingesetzt.

Neben der Teilstromfilteranlage existiert in diesen älteren DWR die separate Filteranlage für Laborabzüge und Probenahmebox. Diese besteht aus Fein-, Schwebstoff- und Jodfiltern in einer 1 x 100 % Filterstrecke, bezogen auf den Abluftvolumenstrom. Durch einen vorgeschalteten Tropfenabscheider und elektrischen Erhitzer wird die relative Luftfeuchte soweit gesenkt, dass kein Kondensatanfall in den Jodfiltern auftritt.

Eine separate Filteranlage ist in diesen älteren DWR für die Schiebeluft aus den Behältern zur Behandlung radioaktiver Abwässer vorgesehen. Diese besteht aus einer ein-

strängigen Filterstrecke mit Schwebstoff- und Jodfiltern, denen ebenfalls ein Tropfenabscheider und ein Lufterhitzer vorgeschaltet sind.

Alle vorgenannten Filterstrecken führen die gefilterte Luft über die Fortluftanlage ab.

Weitere Abluftstränge des RHAG dieser älteren Anlagen, für die keine eigene Filteranlage vorgesehen ist (z. B. Anlagenräume), oder auch Abluftstränge des Reaktorgebäude-Ringraums können wie bei Konvoi-Anlagen bei Bedarf auf die Bedarfsfilteranlage umgeschaltet werden, bevor die Luft über die Fortluftanlage abgegeben wird.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Die Systemluft bzw. die entsprechenden Filteranlagen älterer DWR werden solange gebraucht, bis die daran angeschlossenen Systeme stillgesetzt bzw. nicht mehr gebraucht werden.

3.3.5 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Filteranlagen

Tab. 3.3 Anpassungen der Filteranlagen in Stilllegung und Abbau

System	Änderungsmaßnahme	Phase
allgemein	Bei Bedarf können die Filteranlagen, abhängig von den betrieblichen Anforderungen, durch mobile Filteranlagen ergänzt bzw. ersetzt werden.	2-4
allgemein	Wird ein Abluftstrang nicht mehr benötigt und kann dieser dauerhaft außer Betrieb genommen werden, gilt dies auch für die zugehörige Filterstrecke (sofern diese nicht für weitere, noch benötigte Abluftstränge vorzuhalten ist). Hierbei ist darauf zu achten, dass etwaige Verbindungen bzw. Trennstellen zu den Systemen, Teilsträngen und Komponenten der Systemluft, die auch im weiteren Verlauf des Abbaus genutzt werden, z. B. Dekontaminations- und Konditionierungsanlagen, im Rahmen des Änderungsverfahrens erfasst und unter Berücksichtigung der Vorgaben zur sicherheitstechnischen Bedeutung, Strahlen- und Arbeitsschutz technisch verschlossen und weitere notwendige Anpassungen (z. B. Anpassung der Aktivitätsmessung an geänderte Luftvolumina, Anpassung von Lüftern und Regelungen, Brandschutz etc.) umgesetzt werden. Ebenfalls sind die Trennstellen in der technischen Dokumentation (u. a. Schaltplänen) und die sich aus den Anpassungen ergebenden Änderungen in den relevanten Betriebsordnungen umzusetzen.	ab 2
allgemein	Entsorgung von Aktivkohlebetten aus Brandschutzgründen. Dies ist möglich, wenn nach Beendigung des Leistungsbetriebs Jod- und Edelgasaktivitäten so weit abgeklungen sind, dass auch ohne Lüftungsabschluss Tagesgrenzwerte nicht mehr erreicht werden und dies nachgewiesen wurde.	2
Umluftfilteranlage große Anlagenräume	Die Filteranlage kann ab dem Zeitpunkt dauerhaft außer Betrieb genommen werden, zu dem eine nachgewiesene Unterschreitung der Tagesgrenzwerte für Ereignisse, zu deren Beherrschung der Betrieb der Filteranlage erforderlich war, vorliegt.	2
Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter	Die Abluft aus dem Kontrollbereich wird im Restbetrieb über die Spülluft und ggf. über die Bedarfsfilteranlage geführt. Die Unterdruckhalteanlage und deren Filter werden dann ggf. nur noch gebraucht, um die Systemluft gefiltert ableiten zu können. Sobald keine betriebliche Notwendigkeit mehr für die Nutzung der Unterdruckhaltung mit Aktivkohlefilter besteht (d. h. keine Systemluft mehr gefiltert abgeführt werden muss oder bspw. mobile Filteranlagen als Ersatz genutzt werden), kann diese außer Betrieb genommen und demontiert werden. Nach der Entfernung der Aktivkohlebetten können auch die zugehörigen Aktivitätsmessstellen außer Betrieb genommen werden.	ab 2
Systemluft einschließlich Filteranlage	Die Systemluft bzw. die entsprechenden Filteranlagen älterer DWR werden solange gebraucht, bis die daran angeschlossenen Systeme stillgesetzt bzw. nicht mehr gebraucht werden.	ab 2

3.4 Umluftanlagen

Um örtlich im RSB entstehende Wärmemengen abzuführen, sind eine Anzahl von Umluftanlagen vorgesehen, die die angefallene Wärmemenge in der Raumluft an Kühlwassersysteme abgeben. Die Komponenten, deren Wärme abgeführt wird, werden im Nach- und Restbetrieb sukzessive außer Betrieb genommen, weswegen die Notwendigkeit der entsprechenden Umluftanlagen entfällt.

Anpassungen in Stilllegung und Abbau

Nach Ende des Leistungsbetriebes und dem Verladen der Brennelemente aus dem RDB in das BE-Lagerbecken fallen keine wesentlichen Wärmemengen aus Primär- und Sekundärkreis sowie von Großkomponenten und den zugehörigen Leistungskabeln an. Die Umluftanlagen sind daher langfristig nicht mehr zur Wärmeabfuhr erforderlich. Bei der FSD anfallende Wärmemengen können entweder durch die Umluftanlagen oder mobile Kühlaggregate abgeführt werden.

Angepasst an den betrieblichen Bedarf besteht die Möglichkeit, diese Umluftanlagen dauerhaft außer Betrieb zu nehmen und zu demontieren. Hierbei ist die Rückwirkungsfreiheit auf andere, noch benötigte, Systeme sicherzustellen.

3.4.1 Umluftanlagen Reaktorsicherheitsbehälter

3.4.1.1 Umluftanlagen Betriebsräume im Reaktorsicherheitsbehälter

Die in den Betriebsräumen anfallenden Wärmemengen werden durch Umluftanlagen mittels Luftkühler an das Kältemediumsystem abgeführt. Die Anlagen verfügen über jeweils vier Ventilatoren (4 x 25 %). Die Volumenströme des Kältemediumsystems sind fest eingestellt. Die Ventilatoren saugen die Luft direkt vor dem Luftkühler an, fördern die warme Luft über die zugeordneten Kühler und blasen die gekühlte Luft wieder in den Raum.

3.4.1.2 Umluftanlagen „große Anlagenräume“

Die Umluftanlagen der großen Anlagenräume haben die Aufgabe, die dort freiwerdenden Wärmemengen über Luftkühler an das Betriebskomponenten-Kühlsystem abzuführen. Für die Wärmeabfuhr stehen vier Umluftanlagen (4 x 50 %) zur Verfügung. Von

diesen Umluftanlagen sind im Leistungsbetrieb zwei in Betrieb. Bei Ausfall einer Anlage wird automatisch auf die Reserveanlage umgeschaltet. Der Massenstrom eines jeden Kühlers ist auf einen konstanten Wert eingestellt.

Die zu kühlende Luft wird von den beiden laufenden Umluftventilatoren unterhalb der Dampferzeugerdecke, die die Dampferzeugerräume nach oben hin verschließt, abgesaugt und über den zugeordneten Kühler geführt. Über ein Umluft- / Zuluft-Kanalnetz wird die gekühlte Luft den o. g. großen Anlagenräumen wieder zugeführt.

3.4.1.3 Umluftanlagen „kleine Anlagenräume“

Die in den kleinen Anlagenräumen und Betriebsräumen durch installierte Systeme anfallenden Wärmemengen oder auch Transmissionswärmen aus den großen Anlagenräumen werden über Luftkühler an das Kältemediumsystem abgegeben.

3.4.2 Umluftanlagen Reaktorgebäude-Ringraum

Die Räume des Reaktorgebäude-Ringraumes werden im Normalbetrieb von den Zuluft- und Fortluftanlagen be- und entlüftet. Zur Abfuhr der Verlustwärme aus den Räumen der Kabelkanäle, Nachkühlpumpen und verschiedener Anlagenräume sind jeweils Umluftkühlgeräte vorhanden. Die EIN- / AUS-Schaltung der Umluftkühlanlagen erfolgt automatisch in Abhängigkeit der Raumtemperatur. Für die Einhaltung der geforderten Raumluftzustände im oberen Ringraum ist eine separate Umluftanlage installiert, welche ständig in Betrieb ist.

Ein Teil dieser Umluft kann zur Reduzierung der Luftaktivität parallel über Jod- und Schwebstofffilter geführt werden, falls dies notwendig sein sollte. Die Reinigungswirkung dieser Filter entspricht den Werten der Abluftfilter. Außerdem wird in den Umluftkühlern Jod-Aktivität (im kondensierenden Wasserdampf) zurückgehalten.

3.4.2.1 Umluftanlage oberer Ringraum

Mit der Umluftanlage oberer Ringraum wird der obere Teil des Ringraumes im Umluftbetrieb belüftet und beheizt. Dadurch wird Kondensation an der Wandung des RSB infolge Unterschreitung der Taupunkttemperatur vermieden. Ein Ventilator saugt Luft aus

der Kuppel an, leitet den Luftstrom über einen vom Heizwasser durchströmten Wärmetauscher und drückt die Luft wieder in den Ringraum zurück. Die Heizung der Luft wird in Abhängigkeit der Raumtemperatur geregelt.

3.4.2.2 Umluftanlagen Kabelkanäle Ringraum

In vier Räumen ist je eine Umluftanlage installiert. Über die Kühler dieser vier Umluftanlagen werden die im bestimmungsgemäßen Betrieb und im Notstrombetrieb in den Kabeln erzeugten und an die Raumluft abgegebenen Verlustwärmen an das Kältemediumsystem abgegeben. Die Umluftanlagen sind mit Doppelkühlern und parallel geschalteten Ventilatoren (2 x 100 %) ausgerüstet. Jeweils einer der beiden Ventilatoren saugt die Raumluft über einen vom Kaltwasser durchflossenen Kühler an, kühlt die Luft dabei ab und drückt die gekühlte Luft über ein Umluft-Zuluftkanalnetz wieder in den Raum. Dem Raum wird zusätzlich ein Außenluftanteil zugeführt.

Je ein Kühler wird mit notstromgesichertem Kaltwasser, ein Ventilator vom Notstromnetz 1 versorgt. Der Massenstrom des Kältemediumsystems für beide Hälften des Doppelkühlers ist auf eine konstante Menge eingestellt. Die Raumtemperatur wird überwacht. Die Drehzahlen der Ventilatoren sind ebenfalls konstant und werden überwacht, um bei Ausfall eines Ventilators die Umschaltung auf das Reserveaggregat zu ermöglichen.

3.4.2.3 Umluftanlagen Nachkühlpumpenräume Ringraum

Die vier Nachkühlpumpen sind in vier separaten Räumen untergebracht, deren Raumlufttemperatur überwacht wird. Jeder dieser Räume verfügt über eine Umluftanlage. Über die Kühler der Umluftanlagen wird ein Teil der bei Betrieb aus den Räumen abzuführenden Wärmemengen an das Kältemediumsystem abgegeben. Die Raumluft wird über einen vom Kaltwasser durchströmten Kühler vom Ventilator angesaugt und wieder in den Raum eingeblasen. Der Massenstrom des Kältemediumsystems ist fest eingestellt. Die Ventilatoren laufen kontinuierlich.

3.4.3 Anpassungen in Stilllegung und Abbau – Umluftanlagen

Tab. 3.4 Anpassungen der Umluftanlagen in Stilllegung und Abbau

System	Änderungsmaßnahme	Phase
Umluftanlagen große Anlagenräume	Nach Ende des Leistungsbetriebes und dem Verladen der Brennelemente aus dem RDB in das BE-Lagerbecken fallen keine wesentlichen Wärmemengen aus Primär- und Sekundärkreis sowie von Großkomponenten und den zugehörigen Leistungskabeln an. Die Umluftanlagen sind daher langfristig nicht mehr zur Wärmeabfuhr erforderlich. Bei der FSD anfallende Wärmemengen können entweder durch die Umluftanlagen oder mobile Kühlaggregate abgeführt werden. Angepasst an den betrieblichen Bedarf besteht die Möglichkeit, diese Umluftanlagen dauerhaft außer Betrieb zu nehmen und zu demontieren. Hierbei ist die Rückwirkungsfreiheit auf andere, noch benötigte, Systeme sicherzustellen.	2-4
Umluftanlagen kleine Betriebsräume		
Umluftanlagen Betriebsräume		
Umluftanlagen Reaktorgebäude-Ringraum		

4 Luftfilter

4.1 Filter und Filterklassen

Luftfilter werden zur Reinigung der Zuluft und / oder Umluft in Lüftungsanlagen sowie zur Reinigung kontaminierter Abluft benutzt. Zur Abscheidung von luftgetragenen Partikeln, Schwebstoffen oder Nebeln werden in Kernkraftwerken zum einen mechanisch filternde Abscheider (Faserfilter), z. B. Grob-, Feinstaub- und Schwebstoffilter sowie adsorbtive Filter (Aktivkohle) eingesetzt.

Die Einteilung erfolgt unter Berücksichtigung der verschiedenen Filtermedien, also Art und Weise der Fähigkeit der Filter Partikel abzuscheiden. Filter als Systemkomponenten innerhalb von Lüftungssystemen haben grundsätzlich folgende Aufgaben:

- Schutz von Belüftungssystemen vor Verunreinigungen und Ablagerungen,
- Verteilung und Vergleichmäßigung von Luftströmungen,
- Verringerung von Massen- und Partikelanzahlkonzentrationen,
- Abscheidung von gasförmigen Schadstoffen und Geruchsstoffen (bei adsorptiven Filtern),
- Sicherstellung von Hygieneanforderungen bei Belüftung von Räumen,
- Sicherstellung der Reinheitsklasse von Räumen.

Wesentliche Bestimmungs- und Leistungsgrößen für die praktische Anwendung von Luftfiltern bei gegebenen Luftmengen sind die Abscheidegrade bezogen auf:

- Anfallenden Staub (max. Reinluftkonzentrationen),
- Anfangsdruckdifferenzen und Differenzdruckverläufe,
- Standzeiten (mögliche Einsatzdauer).

Diese Größen sind eng miteinander verknüpft und unterliegen einer gegenseitigen Beeinflussung. Sie lassen sich durch das Filtermedium und die Filterkonstruktion erheblich verändern. Weitere Parameter, z. B. effektive Filterfläche, Luftgeschwindigkeit, Packungsdichte, Flächengewicht, Filterdicke etc., sind erforderlich, um die Filterspezifikation zu beschreiben, jedoch keine Leistungsgrößen.

Wichtige Einflussgrößen auf Auswahl und Auslegung von Luftfiltern sind Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Eigenschaften der abzuscheidenden Partikel und deren Konzentration. Die wesentliche technische Kenngröße für mechanische Filter (Faserfilter) ist neben der anliegenden Druckdifferenz deren Filterklasse gemäß geltender Normen.

4.2 Grob- und Feinstaubfilter

Grobstaubfilter werden im Wesentlichen als Vorfilter für nachfolgende Filterstufen eingesetzt. Das Einsatzgebiet der Grobstaubfilter ist für Fasern und grobe Stäube im Größenbereich > 10 µm vorgesehen.

Die Abscheidung von Stäuben und Partikel dieser Größe erfolgt hauptsächlich durch Trägheits- und Siebeffekte, wodurch die Partikel an der Anströmseite der Filterfaser hängenbleiben. Die Ausnutzung des Trägheitseffekts setzt eine Luftgeschwindigkeit von 2-2,5 m/s durch das Filtermaterial und eine ausreichende Masse der Partikel voraus. Bei niedrigeren Strömungsgeschwindigkeiten folgen die Partikel dem Luftstrom um die Filterfasern, bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten erfolgt ein Mitreißen der Partikel. In beiden Fällen sinkt also der Abscheidegrad. Eine nennenswerte Abscheidung durch den Trägheitseffekt wird erst bei einer Partikelgröße > 5 µm erreicht.

Feinstaubfilter dienen der Abscheidung von partikulären Luftverunreinigungen < 10 µm. Bei Feinstaubfiltern spielen Sperr- und Diffusionseffekte mit zunehmendem Anspruch eine größere Rolle in der Abscheidemechanik. Dementsprechend steigt die Filtereffizienz gegenüber kleineren Partikelfraktionsgrößen bei geringeren Strömungsgeschwindigkeiten.

Grob- und Feinstaubfilter wurden in Europa gemäß der DIN EN 779 „Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik“ /DIN 12/ geprüft und klassifiziert. Entsprechend der Norm wurden Grobstaubfilter Gruppe G gravimetrisch nach deren mittleren Abscheidegraden (Am) gegenüber einem synthetischen Staub (ASHRAE-Staub), Feinstaubfilter der Gruppen M und F entsprechend deren mittleren Wirkungsgraden (Em) gegenüber der Partikelgröße 0,4 µm klassifiziert.

Bei einigen Filtertypen wird die Abscheideleistung der eingesetzten Filtermedien in verschiedenen Maßen durch elektrostatische Ladung begünstigt. Diese kann den Abscheidegrad von Filtern erhöhen, ohne einen zusätzlichen Druckverlust über den Filter zu verursachen. Unter bestimmten Betriebsbedingungen, z. B. hoher Luftfeuchtigkeit oder Beaufschlagung der Filter

mit massiven Konzentrationen, kann die Wirkung der elektrostatischen Ladung durch Entladungsvorgänge oder Abschirmeffekten beeinträchtigt werden, wodurch der Wirkungsgrad der Filter mit der Einsatzzeit abnimmt. Ist in der zu filternden Luft eine hinreichende Menge Staub gegeben, wird dieser Effekt durch die Einlagerung von Staub und der damit verbundenen Zunahme des mechanischen Wirkungsgrades wieder kompensiert. Im Revisionsstand 2012 der DIN EN 779 /DIN 12/ wurde für Feinstaubfilter der Gruppe F zusätzlich die mechanische Mindesteffizienz (M.E.) als Leistungskriterium für die Klassifizierung ergänzt.

Die DIN EN 779 /DIN 12/ wurde 2018 durch die DIN EN ISO 16890 /DIN 17/ abgelöst. Sie unterscheiden sich bei vergleichbaren Prüfabläufen und Messerhebungen bei Filterprüfungen darin, dass die Klassifizierung der Filter mittels einer Effizienzmessung gegenüber Feinstaubspektren (PMx) erhoben werden und nicht mittels Effizienzmessung gegenüber einer einzigen Partikelgröße bzw. dem gravimetrischen Abscheidegrad.

Die DIN EN ISO 16890 /DIN 17/ gruppiert die Filter gemäß ihren Wirkungsgraden gegenüber den Partikelspektren die jeweils alle gemessenen Partikel deren Größe kleiner oder gleich 1 µm (PM1), 2,5 µm (PM2,5) oder 10 µm (PM10) ist. Die kleinste gemessene Fraktionsgröße ist hierbei 0,3 µm. Die Klassifizierung ePMx ergibt sich dabei aus den gemittelten Wirkungsgraden über alle Partikelgrößenklassen, d. h. für die Bestimmung der Mindesteffizienz E_{min}(ePM1) und E(ePM1) werden alle Größenklassen von 0,3 µm bis einschließlich 1 µm herangezogen; analog für die Spektren PM2,5 0,3 µm bis 2,5 µm sowie 0,3 µm bis 10 µm für PM10.

Durch die unterschiedlichen Mess- und Bewertungsverfahren ist eine einfache Zuordnung von Filterklassen der DIN EN 779 /DIN 12/ zu den Filterklassen der DIN EN ISO 16890 /DIN 17/ nicht möglich. Eine Einordnung der Klassifizierungen entsprechend gängiger Normen ist den Abbildungen Abb. 5.1 und Abb. 5.2 zu entnehmen.

Grobstaubfilter der Klasse G4 (nach DIN EN 779) werden entsprechend der KTA 3601 /KTA 17a/ in nuklearen Lüftungssystemen als Vorfilter für Schwebstofffilter eingesetzt.

Feinstaubfilter der Klassen M5, M6 (nach DIN EN 779) finden als Vorfilter, Nachfilter hinter Grobstaubfiltern oder als Kombination mit Grobstaubfiltern als Vorfilter Anwendung, z. B. in Zuluftanlagen oder auch in Fortluftanlagen der Unterdruckhaltung in älteren DWR-Anlagen.

Feinstaubfilter der Klasse F7 (nach DIN EN 779) werden z. B. als Vorfilter in mobilen Filteranlagen / Absaugungen eingesetzt, die im Rahmen des Nach-, Restbetriebs und Abbaus zum Einsatz kommen.

Feinstaubfilter der Klasse F9 (nach DIN EN 779) werden als Nachfilter in der gemeinsamen Außen- / Zuluftanlage eingesetzt. Ein weiteres Anwendungsgebiet dieser Filterklasse ist der Einsatz als Vorfilter für Schwebstofffilter in neuen externe Ersatzlüftungsanlagen, die vor dem Abbau der technischen Gebäudeausrüstung und der Restbetriebssysteme in Betrieb genommen werden.

4.3 Schwebstofffilter

Schwebstofffilter, auch EPA (efficient particular airfilter), HEPA (high efficiency particular airfilter) und ULPA (ultra low particular airfilter), dienen, wie Feinstaubfilter, der Abscheidung von partikulären Luftverunreinigungen < 10 µm. Sie werden eingesetzt um auch kleinste Partikel < 1 µm sicher aus Luftströmen zu entfernen. Sie liefern die höchsten Abscheidegrade im Rahmen der mechanischen Luftfiltration. Sie werden als finale Filterstufen in sensiblen Prozessen und anderen Zuluftbereichen mit höchsten Ansprüchen an Sicherheit und Abscheideleistung eingesetzt. Daneben finden sie in sicherheitsrelevanten Abluftbehandlungen Anwendung, z. B. zur Abscheidung radioaktiver oder asbesthaltiger Partikel. Die Luftgeschwindigkeit durch diese Filtermedien beträgt i. d. R. 2 - 12 cm/s. Der Gesamtabscheidegrad dieser Filter setzt sich aus verschiedenen Filtrationswirkungen zusammen, weswegen er bei gewissen Verhältnissen einen bestimmten Mindestwert besitzt. Sperr- und Trägheitseffekte nehmen mit größeren Partikelgrößen zu, während Diffusionseffekte abnehmen. Hieraus resultiert, dass es bestimmte Partikelgrößen gibt, die von einem Filter am schwersten abgeschieden werden können. Im Bereich 0,1 bis 0,3 µm ergibt sich eine eingeschränkte Effizienz, da Sperreffekte von Geschwindigkeiten unabhängig sind und Diffusionsabscheidung mit steigender Partikelgröße und zunehmender Anströmgeschwindigkeit abnimmt. Unter normalen Betriebsverhältnissen sind Partikel dieser Größe in Schwebstofffiltern am schwersten abzuscheiden. Aus diesem Grund wird bei der Klassifizierung der Filter der Leistungsgrad bei einer spezifischen Partikelgröße im besagten Spektrum der sogenannte „MPPS“ (most penetrating particle size) angegeben, sowie ein Nennluftvolumenstrom (oder eine Nennluftgeschwindigkeit) angegeben.

Als wesentliche Leistungsdaten eines Schwebstofffilters gelten:

- Nennvolumenstrom,
- Anfangsdruckdifferenz,
- Gesamtabscheidegrad (integraler Abscheidegrad) gegenüber der Partikelgröße mit der höchsten Penetration,

- Lokale Abscheidegrade gegenüber der Partikelgröße mit der höchsten Penetration,
- Leckfreiheit (keine Unterschreitung von lokalen Mindestabscheidewerten) ab Klasse H13 bzw. ISO 29463 ISO 35 H.

Weltweit existieren eine Reihe nationaler Standards zur Prüfung und Klassifizierung von Schwebstofffiltern. Die DIN EN 1822 /DIN 19/ und die ISO 29463 /ISO 17/ haben sich weltweit als anerkannter Standard für die Prüfung und Klassifizierung von Schwebstofffiltern durchgesetzt. Die Gliederung der Schwebstofffilterklassen ist den Abbildungen Abb. 4.1 und Abb. 4.2 zu entnehmen.

In der DIN EN 1822 /DIN 19/ beinhaltet die Prüfung drei Prozessschritte. Im ersten Prozessschritt muss zunächst die Partikelgröße mit dem größten Duchlassgrad, der sogenannte „MPPS“ bestimmt werden. Im zweiten Prozessschritt wird das Filterelement auf Leckfreiheit geprüft. Da selbst kleinste Leckagen, die bei Produktion, Fertigung oder sonstige mechanische Einwirkungen auftreten können zu lokal stark erhöhten Partikeldurchlässen führen können, sind HEPA und ULPA Filter der Klassen DIN EN 1822 H13 bis H17 bzw. ISO 29463 ISO 35 H bis ISO 75 U bei Fertigungsende einer Einzelprüfung auf Leckfreiheit zu unterziehen. Gegenstand des dritten Prozessschritts ist die Bestimmung des integralen Abscheidegrades für das gesamte Filterelement bzw. dessen Abströmfläche.

Schwebstofffilter verschiedener Klassen nach DIN EN 1822 /DIN 19/ finden z. B. in den folgenden Bereichen Anwendung:

Die Filterklasse E11 wird entsprechend den Vorgaben der KTA 3601 /KTA 17a/ als Nachfilter hinter höher klassifizierten Schwebstofffiltern oder als Nachfilter hinter Aktivkohlefiltern eingesetzt.

Die Filterklasse E12 kann z. B. im Verlauf des Restbetriebs vor der Außerbetriebnahme der Be- und Entlüftung für Behälter der Konzentrat- und Abwasseraufbereitungssysteme als Be- und Entlüftungsfilter, falls radiologisch erforderlich, eingesetzt werden, wenn die „Atmung“ des Behälters mit Raumluft erfolgt und kein direkter Anschluss an die vorhandenen Abluftsysteme erfolgt. Eine weitere Anwendung dieser Filterklasse ergibt sich aus den Anforderungen der technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS). Entsprechend ist z. B. bei schweißtechnischen Arbeiten grundsätzlich nach Gefahrstoffverordnung keine Luftrückführung von abgesaugten Schweißstäuben und Rauchgasen erlaubt. Ausnahmen existieren für Fälle bei denen eine Ableitung ins Freie nicht möglich ist. In diesen Fällen dürfen gefilterte Abgase auch zurück in die

Arbeitsumgebung geführt werden. Hierbei ist u. a. eine Absauganlage mit der Schweißrauchabscheideklasse W3 einzusetzen, die Filter mit einem Abscheidegrad größer als 99 % vorschreibt. /KLS 18a/

Schwebstofffilter der Filterklasse H13 sind entsprechend der KTA 3601/KTA 17a/ in Fortluft-, Umluft- und Jodfilteranlagen eingesetzt. Bestehen im Rahmen von z. B. thermischen Zerlegearbeiten, Bereiche in denen Aktivitäten freigesetzt werden könnten, so sind diese Bereiche entsprechend den Anforderungen des § 44 StrlSchV einzuhausen und mittels einer Absaugung eine gerichtete Strömung in die Einhausung sicherzustellen. Für die Rückführung von Abluft von eingesetzten mobilen Absaugungen in die Raumluft sind Schwebstofffilter mindestens der Filterklasse H13 nach DIN EN 1822 /DIN 19/ einzusetzen.

Die Filterklasse H14 nach DIN EN 1822 /DIN 19/ kommt im Rahmen der Stilllegung vor allen bei mobilen Absaugungen bzw. Filtern zum Einsatz. Vorgaben für die Filterklasse H14 ergeben sich aus den TRGS z. B. für die Absaugung von asbesthaltigen Stoffen. Diesen Schwebstofffiltern ist in mobilen Absaug- bzw. Filteranlagen ein Filter der Klasse H13 (optional auch als abreinigbares Filterelement) als Vorfilter vorgeschaltet.

<table>
<tr><th>EN 779
Gruppe G</th><th>EN 779
Gruppe M und F</th><th>ISO 16890</th><th>EN 1822</th><th>ISO 29463</th><th>US-Mil.Std.</th><th>EN 60335</th></tr>
<tr><td>Grobstaubfilter
Abscheidegrad
Am (Gewicht)
Enddruck
250 [Pa]</td><td>Feinstaubfilter
mitl.Wirkungsgrad
Em = 0,4 [µm]
Enddruck
450 [Pa]</td><td>ISO coarse: Abscheide-
grad Gewicht (AM)
ISO ePMx Effizienz in
[%] gegen Fraktions-
größen</td><td>HEPA- und ULPA- Filter
Anfangsabscheidegrad
A
Prüfaerosol
DEHS, PSL, POM
MPPS 0,1-0,3 [µm]</td><td>HEPA- und ULPA- Filter
Anfangsabscheidegrad
A
Prüfaerosol
DEHS, PSL, POM
MPPS 0,1-0,3 [µm]</td><td>Schwebstofffilter
Anfangsabscheidegrad
A
Prüfaerosol
DOP >0,3 [µm]</td><td>Schwebstofffilter
maximaler Durch-
lassgrad
D in [%]</td></tr>
<tr><td>50 % < Am < 65 %
G1
A < 65 %</td><td rowspan="4">M.E. =
Mindesteffizienz,
Anfangseffizienz
im elektrostatisch
entladenem Zustand.</td><td rowspan="3">ISO Coarse 15 %

bis

ISO Coarse 65 %</td><td rowspan="8"></td><td rowspan="8"></td><td rowspan="8"></td><td rowspan="8"></td></tr>
<tr><td>50 % < Am < 65 %
G2</td></tr>
<tr><td>50 % < Am < 65 %
G3</td></tr>
<tr><td>90 % < Am
G4</td><td>ISO Coarse >=65 %</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td>40 % < Em < 60 %
M5</td><td>ISO ePM10 50 %
bis
ISO ePM10 70%</td></tr>
<tr><td>60 % < Em < 80 %
M6</td><td>ISO ePM10 60 %
bis
ISO ePM2.5 50%</td></tr>
<tr><td>80 % < Em < 90 %
M.E.: 35 %
F7</td><td>ISO ePM1 50 %
bis
ISO ePM1 65%</td></tr>
<tr><td>90 % < Em < 95 %
M.E.: 55 %
F8</td><td>ISO ePM1 65 %
bis
ISO ePM1 75 %</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">D < 1 %
L
200 mg/m³
Quarzstaub
90% 0,2-2µm</td></tr>
<tr><td>95 % < Em
M.E.: 70 %
F9</td><td>ISO ePM1 80 %
bis
ISO ePM1 90 %</td><td>A(intergr.) > 85 %
E10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A (integr.) > 95 %
E11</td><td>ISO 15 E</td><td>95 %</td><td rowspan="2">D < 0,1 %
M
200 mg/m³
Quarzstaub
90 % 0,2-2 µm</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A(integr.) > 99,5 %
E12</td><td>ISO 25 E</td><td>99,97 %</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A(integr.) > 99,95 %
H13
A(lokal) > 99,75 %</td><td>ISO 35 H</td><td>99,99 %</td><td rowspan="2">D < 0,005 %
H
Paraffinölnebel
90 % < 1 µm</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A(integr.) > 99,995 %
H14
A(lokal) > 99,975 %</td><td>ISO 45 H</td><td>99,999 %</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A (integr.) > 99,9995 %
U15
A(lokal) > 99,9975 %</td><td>ISO 55 U</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A(integr.) > 99,99995 %
U16
A(lokal) > 99,99975%</td><td>ISO 65 U</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>A(integr.) > 99,999995 %
U17
A(lokal) > 99,9999 %</td><td>ISO 75 U</td></tr>
</table>

Abb. 4.1 Übersicht gängiger Filternormen, Fraktionsgrößen und Abscheidemöglichkeiten /LFB 19/

Übersicht der Filterklassen

Filteranwendung:
Partikelluftfilter für die allemeine Raumlufttechnik

Prüfstandart:
DIN EN ISO 16890-1:2017 Effizienzklassifizierung basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM) gemessen bei 0,944 m³/s oder Nennvolumenstrom

ISO ePM-Gruppe			
ISO Coarse (ePM_{10} < 50 %)	ISO ePM_{10} (ePM_{10} ≥ 50 %)	ISO $ePM_{2,5}$ ($ePM_{2,5}$ ≥ 50 %)	ISO ePM_1 ($PM_{1\,1min}$ ≥ 50 %)
Prüfaerosol zur Bestimmung der Abscheideleistung			
ISO A2-Staub (~ AC Fine) (gemäß ISO 12103) Aufgabe von 30 g Prüfstaub	KCl (festes Aerosol) (Kaliumchlorid) 1 – 10 µm		DEHS (flüssiges Aerosol) (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat) 0,3 – 1,0 µm
Prüfstaub zur Bestimmung des Staubspeichervermögens: AC Fine und ISO A2 (gemäß ISO 12103)			
30% | 35% | 40% | 45% | 50% 40% | 45% | 50% | 55% | 60% | 65% 60% | 65% | 70% | 75% | 80% | 85% 80% | 85% | 90% | 95%	50% | 55% | 65% | 70% 60% | 65% | 70% | 75% | 85%	50% 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75%	50% | 55% | 60% | 65% 65% | 70% | 75% | 80% | 85% | 90% 80% | 85% | 90% 90% | 95% 95%

Filteranwendung:
Partikelluftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik

Prüfstandard:
DIN EN 779:2012 Bestimmung der Filterleistung gemessen bei 0,944 m³/s (oder Nennvolumenstrom)

ungültig seit Juli 2018

Filtergruppe	Filterklasse	Prüfstaub/-aerosol	Mindestwirkungsgrad bei Partikel mit 0,4 µm in %
G	G1	ASHRAE-Staub (72 % Prüfstaub, fein ISO 12103-1-A2 23 % Molocco Ruß und 5 % Baumwolllinters)	–
	G2		–
	G3		–
	G4		–
M	M5	DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat) 0,2 – 3,0 µm	–
	M6		–
F	F7		35
	F8		55
	F9		70

Filteranwendung:
Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA)

Prüfstandard:
DIN EN 1822-1:2019 | ISO 29463-1:2017
Bestimmung der Filterleistung beim Nennvolumenstrom

Filtergruppe	Filterklasse nach DIN EN 1822-1:2019	Filterklasse nach ISO 29463-1:2017	Prüfaerosol	Integralwert Abscheidegrad im MPPS in %	Integralwert Durchlassgrad im MPPS in %	Lokalwert Abscheidegrad im MPPS in %	Lokalwert Durchlassgrad im MPPS in %	Verafet: DIN EN 1822:1998 (Vorgänger DIN 24184)
EPA: Hochleistungs-Partikelfilter	E10	–	DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat) MPPS 0,1 – 0,3 µm	≥ 85	≤ 15	–	–	H10
	E11	ISO 15 E		≥ 95	≤ 5	–	–	H11
		ISO 20 E		≥ 99	≤ 1			
	E12	ISO 25 E		≥ 99,5	≤ 0,5	–	–	H12
		ISO 30 E		≥ 99,9	≤ 0,1			
HEPA: Schwebstofffilter	H13	ISO 35 H		≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25	H13
		ISO 40 H		≥ 99,99	≤ 0,01	≥ 99,95	≤ 0,05	
	H14	ISO 45 H		≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025	H14
		ISO 50 U		≥ 99,999	≤ 0,001	≥ 99,995	≤ 0,005	
ULPA: Hochleistungs-Schwebstofffilter	U15	ISO 55 U		≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025	U15
		ISO 60 U		≥ 99,9999	≤ 0,0001	≥ 99,9995	≤ 0,0005	
	U16	ISO 65 U		≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025	U16
		ISO 70 U		≥ 99,99999	≤ 0,00001	≥ 99,9999	≤ 0,0001	
	U17	ISO 75 U		≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001	U17

Filteranwendung:
Staubbeseitigende Maschinen (SBM) bzw. eingesetztes Filtermaterial zur Luftfiltration für die Rückführung in Arbeitsräume

Prüfstandard:
DIN EN 60335-2-69:2010 Anhang AA

Staubklasse	Prüfstaub/-aerosol	Maximaler Durchlassgrad in %	Geeignet für trockene, gesundheitsgefährliche, nicht brennbare Stäube	Verafet: berufsgenossenschaftliche Vorschrift ZH 1/487
				U
L	200 mg/m³ Quarzstaub 90 % 0,2 – 2 µm (Stokes)	<1	Stäube mit AGW > 1 mg/m³	S
				G
M		<0,1	Stäube mit AGW >0,1 mg/m³	C
H	10 mg/m³ bis 80 mg/m³ Paraffinölnebel 90% < 1 µm (Stokes)	< 0,005	Stäube mit AGW, krebserzeugende Aerosole, Stäube mit Krankheitserregern	K1/K2

Anmerkungen zur Reihe DIN EN ISO 16890:2017
Die Fraktionsabscheidegradmessungen werden am gesamten Filterelement durchgeführt, im Neuzustand und im Zustand nach Entladung mit Isopropanol. Daraus wird der mittlere Abscheidegrad berechnet.
Die Abscheidegrade ePM_1, $ePM_{2,5}$ und ePM_{10} werden nur mit Aerosol (DEHS, KCl) gemessen, nicht in Verbindung mit einer Bestaubung.
Die Bestaubung mit AC Fine Prüfstaub findet statt, um den Abscheidegrad der ISO Coarse Filter zu ermitteln und um optional das Staubspeichervermögen aller ISO ePM_x und ISO Coarse-Gruppen zu ermitteln.
Die Abscheidegrade ePM_1, $ePM_{2,5}$ und ePM_{10} werden aus messtechnischen Gründen für die Feinstaubfraktionen 0,3 – 1,0 µm (ePM_1), 0,3 – 2,5 µm ($ePM_{2,5}$) und 0,3 – 10 µm (ePM_{10}) angegeben.
Die Filterklassen bei hohen Abscheidegraden (z.B. ePM_1 > 90 %) können mit niedrigen Filterklassen aus DIN EN 1822:2011 übereinstimmen (z.B. E10 oder E11).

Anmerkung zur DIN EN 779:2012
Der Mindestwirkungsgrad ist der niedrigste Wirkungsgrad ermittelt aus dem Wirkungsgrad des entladenen Filters, des Anfangswirkungsgrades und dem niedrigstem Wirkungsgrad, der während des Beladungsvorgangs gemessen wird. Die Bemessungsgrundlage für den Wirkungsgrad war ausschliesslich die Partikelgröße 0,4 µm. Andere Partikelgrößen wurden nicht berücksichtigt. Seit Juli 2018 ist die EN 779:2012 zurückgezogen. Sie wurde durch die ISO 16890:2016 ersetzt.
In Deutschland ist die ISO 16890 gültig als DIN EN ISO 16890:2017.

Anmerkungen zur Reihe DIN EN 1822:2011 und ISO 29463:2017
Zuerst wird am planen Filtermedium der Fraktionsabscheidegrad gemessen und die Partikelgröße im Abscheidegradminimum bestimmt (MPPS). Der integrale Abscheidegrad des Filterelementes wird im Abscheidegradminimum (MPPS) bei Nennvolumenstrom ermittelt. Für die Einteilung von Filtern der Gruppe E ist eine Leckprüfung nicht möglich und nicht erforderlich, Gruppe E Filter werden statistisch bewertet (ISO 29463-5). Filter der Gruppen H und U müssen einzeln integral sowie individuell auf Leckfreiheit geprüft werden. Dazu müssen Filter der Gruppe H ausgewählte Leckprüfungsmethoden bestehen, die in ISO 29463-4 beschrieben sind. Filter der Gruppe U werden ausschließlich nach dem Scan-Verfahren (ISO 29463-4) geprüft. Die Partikelgröße im Abscheidegradminimum beträgt bei Glasfasermedien 0,1 bis 0,2 µm, bei PTFE-Membranfiltermedien weniger als 0,1 µm.
Die Internationale Norm ISO 29463 basiert in ihren wesentlichen Elementen auf der europäischen Norm EN 1822. Durch die in 2019 erfolgte Übernahme der ISO 29463-2 bis -5 in das europäische Normenwerk wurden die europäischen Normen EN 1822-2 bis -5 ersetzt und zurückgezogen. Allein EN 1822-1 ist erhalten geblieben und nach Überarbeitung im September 2019 als DIN EN 1822-1 erschienen..

Anmerkungen zur DIN EN 60335-2-69:2010 Anhang AA
Staubbeseitigende Maschinen (SBM, z.B. Staubsauger und Entstauber für den gewerblichen Bereich) wurden gemäß der ZH 1/487 geprüft und klassifiziert. Dieses rein nationale Prüfverfahren wurde in eine internationale Norm überführt, die seit 1998 Bewertungsgrundlage für SBM ist. Diese Norm DIN EN 60335-2-69 wurde 2010 an die grundlegenden Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG angepasst, mit dem Ziel, sie unter dieser Richtlinie zu listen.
AGW = Arbeitsplatzgrenzwert

! Wichtige Hinweise zum Lesen der Tabelle !

Die beiden Normen DIN EN 779:2012 und DIN EN 1822:2011 bauten aufeinander auf und waren aufeinander abgestimmt. Aufgrund unterschiedlicher Prüfbedingungen zwischen diesen beiden Normen und der DIN EN 60335:2010 ist ein Vergleich der Staubklassen mit den Filterklassen nur näherungsweise möglich! Eine direkte Zuordnung von Filterklassen und Staubklassen ist nicht möglich!

Aufgrund der unterschiedlichen Prüfgrundlagen gibt es keine direkte Übersetzung von Filterklassen der inzwischen ungültigen EN 779:2012 in die Filtergruppierung der DIN EN ISO 16890:2017. Es existieren Übersetzungshilfen von verschiedenen Verbänden, wie z.B. VDMA, VDI, EUROVENT, FGK, usw., die teilweise nicht übereinstimmen. Eine übersichtliche Hilfe bietet z.B. die VDMA Luftfilterinformation (2018-06) „DIN EN ISO 16890:2017 Ein Schritt zu mehr Praxisnähe".

Die Klassifizierung von Luftfiltern wird durch die Einteilung in Gruppen und Filterklassen entsprechend den Prüfergebnissen erreicht. Bei den unterschiedlichen Prüfverfahren werden verschiedene Prüfaerosole bzw. -stäube und Prüfbedingungen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit eingesetzt. Die Ergebnisse und Klassifizierungen sind nur bei identischen Prüfverfahren vergleichbar.

Abb. 4.2 Übersicht der Filterklassen /VDMA 19/

4.4 Jodfilter

Zur Abscheidung (Adsorption) gas- und dampfförmiger Luftverunreinigungen hat sich Aktivkohle als wirksames Mittel erwiesen. Aktivkohle wird daher in Lüftungsanlagen zur Umluft- und Fortluftfilterung eingesetzt.

Spaltjod kann an Partikel gebunden sein oder im gasförmigen Zustand bei Abhängigkeit von den bei der Freisetzung und auf dem Transportweg gegebenen Bedingungen als elementares Jod und als organische Jodverbindung auftreten, vorwiegend als Methyljodid.

Elementares Jod kann infolge seines günstigen Adsorptionsverhaltens und seiner hohen chemischen Reaktionsfähigkeit leicht durch Chemiesorption an festen Adsorbern wie z. B. Aktivkohle gebunden werden. Methyljodid ist jedoch reaktionsträger. Seine Abscheidung an festen Sorptionsmaterialien wird durch hohe Gasfeuchten bzw. Dampf erschwert.

Jodfilteranlagen sind entsprechend den Vorgaben der KTA 3601 /KTA 17a/ aus 3 - 4 Stufen aufgebaut. Die erste Stufe besteht aus einem Schwebstofffilter der Klasse H13 nach DIN EN 1822 /DIN 19/, die zweite Stufe stellen die eigentlichen Jodsorptionsfilter zur Abscheidung von gasförmigen Spaltjod dar, während die dritte Stufe wiederum der Schwerstoffabscheidung dient. In der dritten Stufe werden Schwebstofffilter der Klasse E11 nach DIN EN 1822 /DIN 19/ eingesetzt. Die KTA 3601 /KTA 17a/ sieht vor, dass für diejenigen Filteranlagen, die während oder unmittelbar nach Störfällen betrieben werden müssen, vor der ersten Stufe zusätzlich ein Grobstaubfilter (G4 nach DIN EN 779) als Vorfilter eingesetzt werden sollte.

Partikelförmiges Jod wird durch diesen Aufbau bereits vor dem Jodsorptionsfilter abgeschieden. Radioaktiv kontaminierte Partikel des Sorptionsmaterials werden durch die letzte Filterstufe zurückgehalten. Um etwaige in der zu reinigenden Luft enthaltene größere Kondensatmengen abzuscheiden, sind den Jodfilteranlagen Tropfenabscheider in Form von Prallblechen oder Fasermatten vorgeschaltet. Dies dient der Vermeidung einer zu starken Beladung der Schwebstofffilter mit Wasser und einem damit einhergehenden starken Anstieg des Differenzdruckes über die Filter. Weiterhin sind Lufterhitzer hinter den Tropfenabscheidern und vor der Filterstrecke vorhanden, die zur Verhinderung von Taupunktunterschreitung in der Filterstrecke die zu filtrierende Luft bei Bedarf erhitzen.

In Kernkraftwerken wird praktisch nur imprägnierte Aktivkohle zur Radiojodabscheidung eingesetzt. Die Imprägnierung dient der Entfernung spezieller Schadstoffe und ermöglichen die

Anpassung der Aktivkohle mit passenden Reaktionspartnern für spezielle Anwendungsfälle. Die Aktivkohle wird bei Mehrweg-Sorptionsfiltern (MWS) zwischen Drahtgeweben und Lochblechen in einem Gehäuse untergebracht. Es wird waagerecht vom Luftstrom durchströmt. Das Gehäuse ist gasdicht geschweißt und ist mit einem Einfüllstutzen am oberen Ende und einem Auslassstutzen am unteren Ende versehen. Die Schichtdicke der Aktivkohle beträgt ca. 0,5 mm. Diese Schichtdicken sind in der Regel auf zwei übereinander angeordnete Betten aufgeteilt. Der Luftstrom wird dabei umgelenkt. In Abhängigkeit der Luftvolumenströme werden mehrere Filtergehäuse parallel angeordnet.

Die Bestimmung des Abscheidegrades der Jodfilter kann per Laborauswertung entweder durch parallel zu den Filtergehäusen angeordneten Probefiltern oder durch Probenahme direkt aus dem Filtergehäuse bestimmt werden.

Je länger die Kontaktzeit ist oder je mehr Aktivkohle spezifisch eingesetzt wird, umso besser ist die Ausnutzung der Aktivkohle. Da die Aktivkohle staubempfindlich ist, sind den Aktivkohlebetten die Schwebstofffilter und ggf. Vorfilter zur Abscheidung vorgeschaltet. Liegt die Temperatur des Luftstromes oberhalb von 50 °C tritt für flüchtige Stoffe bereits eine Desorption ein. Typische Filterabscheidegrade von Jodsorptionsfiltern betragen ca. 90 % bei +30 °C und 70 % relativer Feuchte. Störfallfilteranlagen, wie z. B. die Aktivkohlefilter der Containmentabsaugeanlage erreichen Abscheidegrad von bis zu 99 % bei +30 °C und 98-100 % relativer Feuchte.

5 Tätigkeiten des Abbaus bei denen zusätzliche bzw. Ersatzmaßnahmen für Lüftungsanlagen zum Einsatz kommen

Im Rahmen des Abbaus einer kerntechnischen Anlage fallen häufig Tätigkeiten an, welche im direkten oder indirekten Zusammenhang Anforderungen an das Be- und Entlüften von Räumen und Raumteilen, der Filterung von Luft oder der Demontage von Lüftungsanlagen und Anlagenteilen stellen. In diesem Kontext müssen vorhandene Konzepte wie das Lüftungskonzept, eine etwaige Druckstaffelung oder Filteranlagen stetig überprüft und angepasst werden. Dies ist zum einen nötig, um die Einhaltung der in Kapitel 1 genannten Schutzziele zu gewährleisten, und zum anderen, um die im jeweiligen Bereich tätigen Personen vor jedweden Gefahren bestmöglich zu schützen. Dies beinhaltet die Rückhaltung von kontaminierten Medien wie Schwebstoffen und aktivierten Stäuben. In vielen Fällen gehen diese Gefahren während des Abbaus vermehrt von den zum Bau oder zum Brandschutz verwendeten Materialien aus. Hierzu zählen vor allem asbesthaltige Dämmstoffe, polychlorierte Biphenyle (PCB), künstliche Mineralfasern (KMF) und chromhaltige Beschichtungen.

Aus diesem Grund ist es an vielen Stellen erforderlich die Verbreitung von Gefahrstoffen mit Einhausungen und mobilen Filteranlagen zu unterbinden. An anderen Stellen kann es zudem erforderlich sein, dass Ersatzsysteme vorgehalten werden, um den Ausfall noch benötigter Lüftungssysteme und zugehöriger Komponenten zu verhindern oder um ihren Abbau zu ermöglichen.

Auf der anderen Seite ist es weiterhin notwendig für ausreichende Luftwechsel und Frischluftversorgung zu sorgen sowie Aspekte der Temperatur- und Feuchtigkeitsregulierung zu beachten.

5.1 Einhausungen und mobile Filteranlagen

Bauliche Vorgaben und die Größe von Bereichen, Räumen und Hallen kerntechnischer Anlagen erfordern in vielen Fällen mobile, flexible und modulare Lösungen zum Abgrenzen bestimmter Bereiche. Aus diesen Gründen werden häufig Zelte und zeltähnliche Konstruktionen in Kombination mit mobilen Lüftungsanlagen eingesetzt. Diese Einhausungen bestehen im Wesentlichen aus einem leichten Metallgerüst und einer Plane, die undurchlässig für Alpha-Strahler ist. Auf diese Weise ist es möglich unterschiedlichste Formen und Größen an Einhausungen zu errichten und ein hohes Maß an Flexibilität, z. B. für Schleusensysteme oder Nassarbeitsplätze, zu gewährleisten, siehe Abb. 5.1.

Die verwendeten Planen sind abreinigbar, um zum einen eine Wiederverwendung zu ermöglichen und zum anderen, sofern vorhanden, Kontaminationen zu verringen. Führende Firmen sind außerdem in der Lage genaue Auskunft über die verwendeten Bestandteile der Planen zu geben, um diese, falls erforderlich, ebenfalls als radioaktiven Abfall zu entsorgen. Von größer Bedeutung ist hierbei die Reduktion von organischen Bestandteilen wie Cellulose in den verwendeten Fasern, um eine Genehmigung zur Endlagerung zu erhalten.

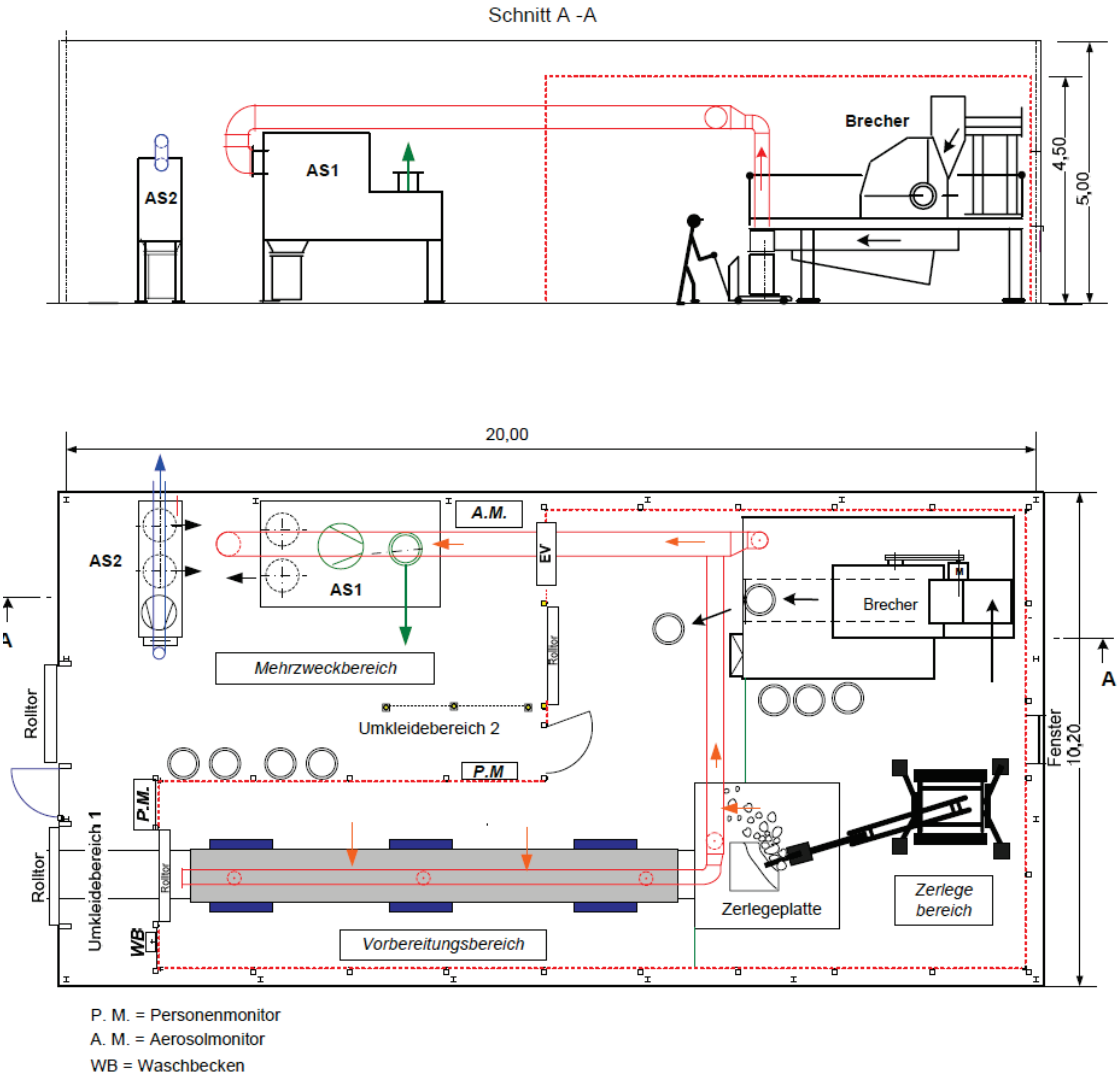

Abb. 5.1 Technische Darstellung (Schnitt und Draufsicht) für die Zerkleinerung und Verpackung von Betonabfällen. Der rot markierte Bereich ist durch eine Einhausung abgetrennt und verfügt über eine Zugangsschleuse mit Umkleiden. Die Anlagen AS1 und AS2 sind mobile Lüftungsanlagen mit einem Luftdurchsatz von 10.000 m³/h und 2.000 m³/h. /KON 09/

Ähnlich wie bei den Einhausungen ist auch für die verwendeten Filteranlagen ein hohes Maß an Flexibilität wichtig. Generelle Anforderungen an mobile Absaugungen in Kernkraftwerken stellt die DIN 25496 „Lüftungstechnische Komponenten in kerntechnischen Anlagen“ /DIN 13/

anzuwenden auf Komponenten der Lüftungsklasse 1 und 2 nach KTA 3601 /KTA 17a/ und für Komponenten von strahlenschutztechnischer Bedeutung dar.

Gängige Filteranlagen gibt es bis zu einem Volumenstrom von 10.000 m³/h, mit mehrstufigen Schwebstofffiltersystemen der Klasse H13 bzw. H14 nach /DIN 19/ (vgl. Kapitel 4.3) sowie der Möglichkeit eines berührungsfreien / kontaminationsfreien Filterwechsels (Schutzsackwechselmethode). Die nötige Mobilität der Anlagen wird durch eine kompakte Bauform und ein relativ geringes Gewicht von wenigen hundert Kilo erreicht, siehe Abb. 5.2. Aufgrund ihrer modularen Bauweise sind auch Kombinationen von Vorfiltersystemen mit Feinstaubfiltern, z. B. der Klassen F7 und F9 nach /DIN 12/ möglich (vgl. Kapitel 4.2).

In der Regel sind diese Art von Geräten steckerfertig vorkonfektioniert und verfügen über eine Bauartzulassung. Hersteller verfügen außerdem oft über entsprechende Zertifikate, wie etwa der Eignungsbestätigung zur Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 /KTA 17c/ für den Einsatz in Kernkraftwerken. Geräte wie in Abb. 5.2 zu sehen sind in fast allen deutschen Kernkraftwerken im Einsatz.

Abb. 5.2 Mobile Lüftungsanlage mit einem Nennvolumenstrom von 3.000 m³/h und einem Gewicht von 300 kg. Ausgerüstet ist diese Anlage mit einem Vorfilter Typ F6 und einem HEPA-Filter Typ H13. /KLS 18/

In den meisten Fällen sind jedoch die Wahl der Einhausung und der jeweiligen Lüftungsanlage davon abhängig welche Tätigkeiten durchgeführt werden sollen, welche Werkzeuge hierbei zum Einsatz kommen und welche Stoffe hierbei freigesetzt werden können, die von radiologischer Bedeutung sind bzw. gesundheitlich bedenklich sind. Besondere Bedeutung kommt hier den Schweißstäuben und Rauchgasen zu. Einen Überblick hinsichtlich der möglichen Kombinationen von eingesetzten Werkzeugen und zu bearbeitendem Werkstoff gibt Abb. 5.3. Hierbei ist farblich hervorgehoben, ob die jeweilige Tätigkeit mit diesem Werkzeug überhaupt gestattet ist, und wenn ja unter welchen lüftungstechnischen Bedingungen.

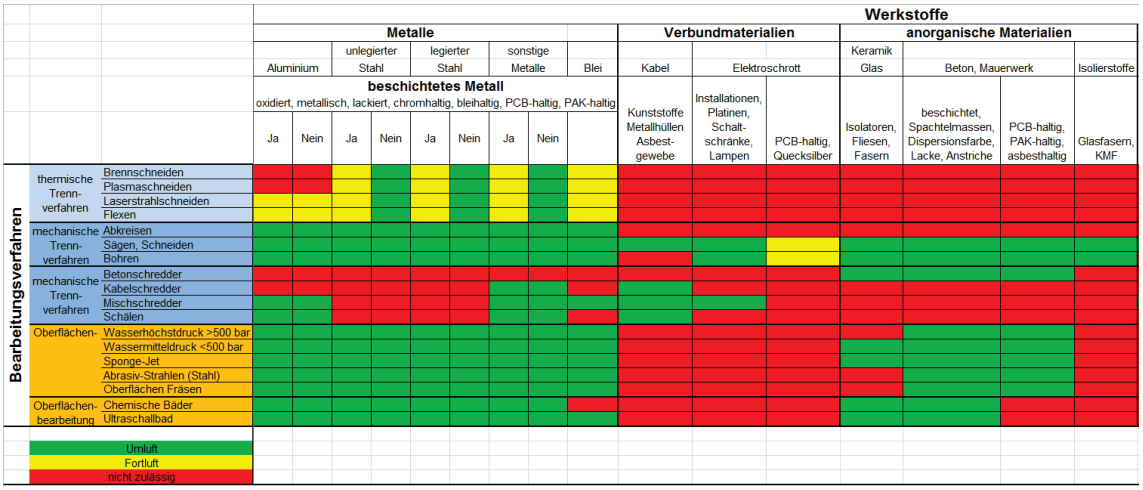

Abb. 5.3 Übersicht über die gängigen Kombinationen von eingesetztem Werkzeug und zu bearbeitendem Werkstoff bei Demonagearbeiten. Die farbliche Skalierung gibt Auskunft über das anzuwendende Lüftungskonzept. /KLS 18a/

5.2 Ersatzmaßnahme / Ersatzsysteme

In den KTA-Regeln wird eine Ersatzmaßnahme folgendermaßen definiert: „Ersatzmaßnahmen sind Maßnahmen, die während der Dauer einer Unverfügbarkeit einer Einrichtung deren sicherheitstechnische Funktion anderweitig zuverlässig gewährleisten“ /KTA 15b/. Je nach Zustand der kerntechnischen Anlage und zur Einhaltung der Schutzziele kann es daher erforderlich sein, dass solche Ersatzmaßnahmen durch die Installation von Ersatzsystemen bereitgestellt werden. Dies kann von einer einfach Raumbe- und -entlüftung bis hin zu einer kompletten Ersatzlüftungsanlage reichen und ist maßgeblich von dem bestehenden Gefährdungspotenzial sowie von den baulichen Gegebenheiten abhängig.

5.3 Ausführungsbeispiele

Im Folgenden sind einige konkretere Beispiele für die Ausführung von Arbeiten und Tätigkeiten im Abbau aufgezeigt, bei denen Einhausungen verschiedener Arten und mobile Lüftungseinrichtungen zum Einsatz kommen.

5.3.1 Entschichtungsarbeiten

Das Entfernen von Wand-, Boden- und Deckenbeschichtungen ist eine wesentliche Tätigkeit bei der Reinigung von Räumen und der Vorbereitung zum Abriss. Die Gefahren bei dieser Art von Tätigkeiten gehen in aller Regel nicht oder nur zu einem sehr geringen Teil von radiologisch aktivierten oder kontaminierten Bauteilen aus. Oftmals sind hier gesundheitsschädliche Beimischungen von Asbest, PCB, KMF und Korrosionsschutz wie Zinkchromat oder Bleimennige die vorrangigen Gefahrenquellen. In diesem Fall ist es zwingend erforderlich, den entstehenden Abrieb zu binden, um eine Verbreitung dieser Stäube in der Anlage zu verhindern. /VDI 18/, /KLS 18a/

Zu diesem Zweck werden ebenfalls häufig Einhausungen und mobile Lüftungsanlagen eingesetzt, siehe Abb. 5.4. Diese bieten den Vorteil, dass sie modular sind und sich adaptiv an die jeweiligen, zum Teil täglich wechselnden, Gegebenheiten anpassen lassen. Auf diese Weise lassen sich Flächen sukzessive und ohne eine Verunreinigung der bestehenden Lüftungsanlagen bearbeiten. Auch für diese Fälle sind mögliche Kombinationen von eingesetzten Werkzeugen und zu bearbeitendem Werkstoff in Abb. 5.3 dargestellt und farblich hervorgehoben, ob die jeweilige Tätigkeit mit diesem Werkzeug überhaupt gestattet ist, und wenn ja unter welchen lüftungstechnischen Bedingungen.

Abb. 5.4 Wandentschichtungsarbeiten am Standort Biblis /KLS 18a/

5.4 Austragschleusen

Im Zuge der Nachrüstung von Filter- und Lüftungsanlagen, kann es außerdem erforderlich sein sogenannte Austragschleusen zu installieren. Die Schleusen stehen in verschiedenen Ausführungen für Stäube, Metallspäne oder Schwebstoffe zur Verfügung. Diese Schleusen dienen dem Austrag von größeren Mengen an Verunreinigungen, so wie sie etwa bei Demontage- und Zerlegearbeiten entstehen. Auf diese Weise können nachfolgende gasdichte Kugelhähne oder feinere Filtersysteme vor Beschädigungen geschützt werden.

Austragschleusen verfügen in der Regel über eine automatisierte kontaminationsfreie Austragefunktion und entsprechende Sensorik, um Füllstände und Durchfluss zu messen. Für den Fall, dass der entsprechende Lüftungsstrang redundant ausgelegt sein muss, können Austragschleusen auch parallel betrieben werden.

5.4.1 Zerlegebereiche oder Zerlegecontainer

Vergleichbar mit den Wandentschichtungsarbeiten, beschrieben in Kap. 5.3.1, werden mobile Lüftungsanlagen und Einhausungen verschiedener Art auch zum Zweck von Nachzerlegearbeiten eingesetzt.

Das Beispiel in Abb. 5.5 zeigt einen Container, welcher z. B. für thermische Zerlegearbeiten genutzt wird. Durch den Einsatz einer mobilen Lüftungs- und Filteranlage kann hierbei die Kontamination der Umgebung bei laufenden Zerlegearbeiten vermieden werden. Zudem ist

eine gezielte Abluftüberwachung eines vergleichsweise kleinen Raumes technisch sehr leicht zu realisieren.

Abb. 5.5 Einsatz einer mobilen Absaugung an einem thermischen Zerlegecontainer /KLS **18a/**

Ein weiteres Beispiel für die Einrichtung eines mobilen Zerlegebereiches unter Zuhilfenahme einer mobilen Lüftung ist in Abb. 5.6 zu sehen. Hierbei handelt es sich um einen temporär eingerichteten Bereich für mechanische Nachzerlegearbeiten. Diese Arbeiten sind oft erforderlich, um demontierte Teile in eine transportfähige Größe zu zerlegen. Die hierbei entstehenden Späne und Stäube sollen schon während der Zerlegung abgesaugt werden, um eine mögliche Verschleppung von Kontaminationen und anderen gesundheitsgefährdenden Stoffen zu verhindern.

Diese Zerlegebereiche lassen sich in verschiedensten Größen und Bauformen errichten, um den Gegebenheiten gerecht zu werden.

Abb. 5.6 Einsatz einer mobilen Absaugung bei einem Zelt für mechanisches Nachzerlegen /KLS 18a/

5.4.2 RDB-Zerlegung

Die Einsatzmöglichkeiten für Einhausungen und mobile Lüftungsanlagen sind jedoch nicht nur auf Entschichtungs- und andere Abbautätigkeiten beschränkt, sondern können auch für die Demontage und Zerlegung von größeren Komponenten, wie dem RDB, eingesetzt werden. Im hier gezeigten Beispiel, siehe Abb. 5.7 und Abb. 5.8, ist die Einrichtung eines Trockenzerlegebereiches mit Hilfe einer Einhausung und einer mobilen Lüftungsanlage gezeigt. Hierdurch konnte ein separater Bereich geschaffen werden, in welchem größtenteils fernhantiert der gesamte RDB inklusive der Peripherie demontiert werden kann. Die Vorteile an diesem Vorgehen sind die deutlich verringerte Verschleppungs- und Kontaminationswahrscheinlichkeit sowie die deutlich geringere Belastung der Arbeiter.

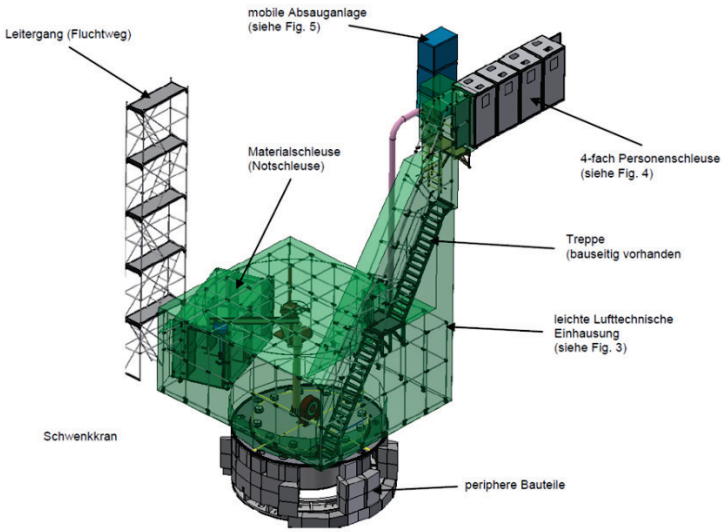

Abb. 5.7 Obere Einhausung zur Schaffung eines Trockenzerlegebereiches für einen RDB, schematische Darstellung. /KON 15a/

Abb. 5.8 Verschiedene Ansichten der fertigen Einhausung oberhalb des RDB. /KON 15a/

Auch in diesem Fall gehen gesundheitliche Gefahren nicht ausschließlich von radiologischen Kontaminationen und Aktivierungen aus, sondern häufig von Isolierungen und Beschichtungen Für diese Fälle müssen die Einhausung und die Lüftungsanlage ebenfalls ausgelegt sein. In Abb. 5.9 dargestellt ist der untere Teil der RDB-Einhausung. Hierbei besonders hervorgehoben sind die Verpackungsstelle sowie der Auslass für die RDB-Isolierung. Während der gesamten Arbeiten wird mittels mobiler Lüftungsanlagen eine gerichtete Luftströmung von oben nach unten eingestellt.

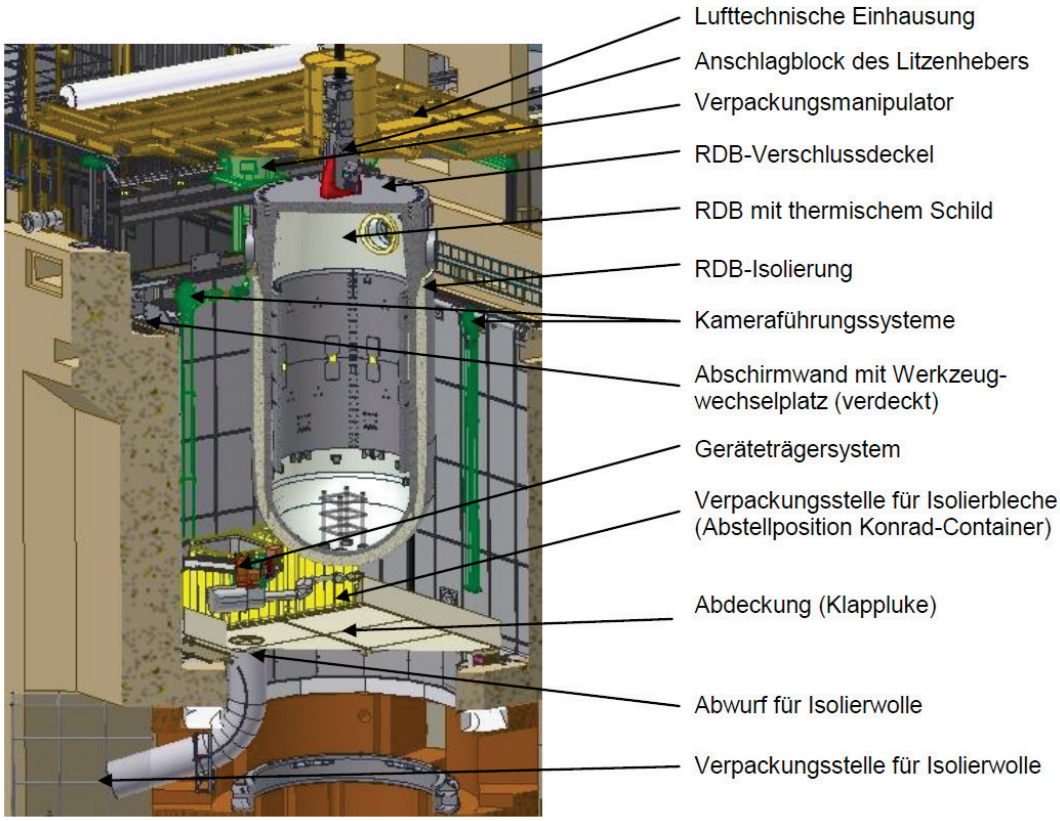

Abb. 5.9 Untere Einhausung zur Schaffung eines Trockenzerlegebereiches für einen RDB, schematische Darstellung. /KON 15a/

5.4.3 Biologischer Schild

Auch während der Demontage des Biologischen Schildes kommen Einhausungen und mobile Lüftungsanlagen zum Einsatz. Im hier gezeigten Beispiel, in Abb. 5.10, ist eine Einhausung um einen Reaktorschacht zu sehen. Im unteren Teil der Abbildung sind die Tätigkeiten am Biologischen Schild im Detail dargestellt. Die Einhausung wird auch in diesem Fall dazu verwendet, die Verschleppung von Kontaminationen, welche bei Abbrucharbeiten in Form von Staub und größeren Partikeln aus dem Material gelöst werden, zu verhindern. Die eingesetzten mobilen Lüftungsanlagen sorgen in diesem Beispiel dafür, dass es stets einen gerichteten Luftstrom in das Innere der Reaktorgrube gibt, wodurch eine entsprechende Druckstaffelung gewährleistet ist.

Wichtig für die Konzipierung der Einhausung sind in diesem Fall der benötigte Platz für das Ein- und Ausbringen von Werkzeugen zur Demontage sowie für das Ausbringen von Betonteilen. Zu diesem Zweck wurde, wie auf Abb. 5.10 zu sehen, ein Portalkran in der Einhausung installiert. Zudem wurden ein Roboter für fernhantierte Arbeiten sowie eine Verpackungsbox installiert.

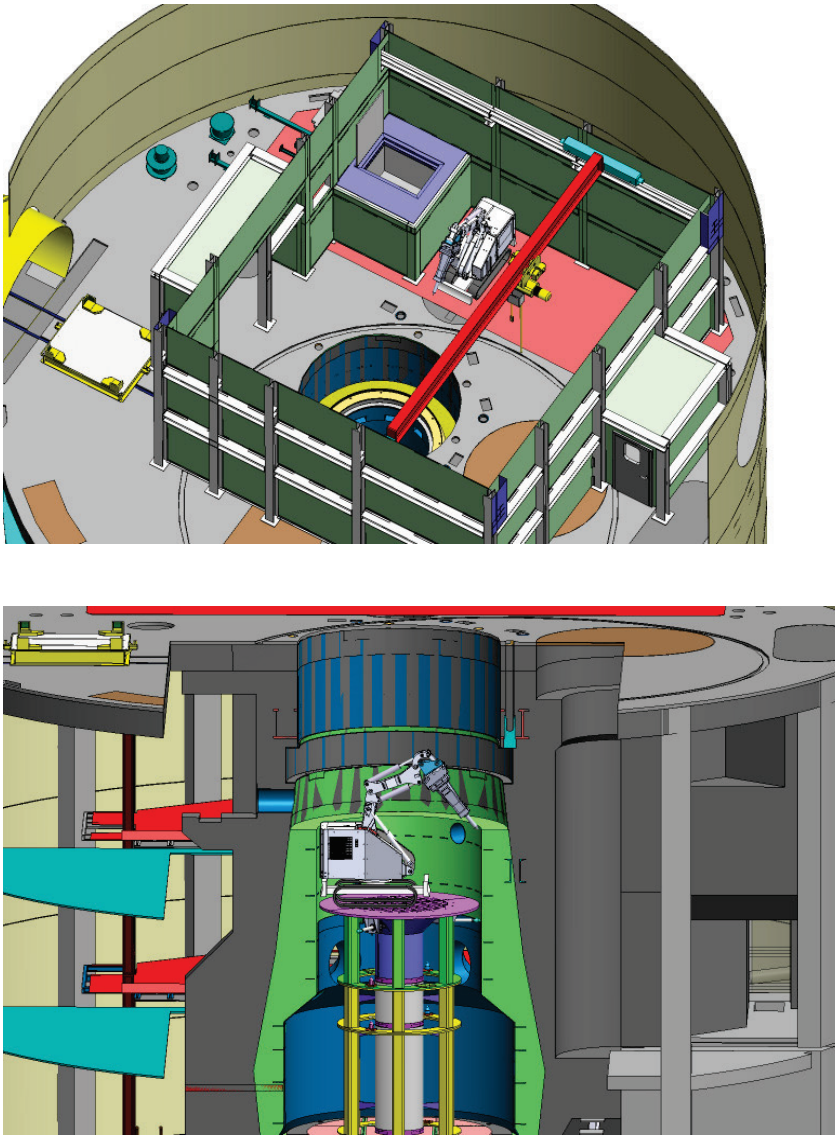

Abb. 5.10 Einhausung für die Demontage eines Biologischen Schildes. In der oberen Abbildung zu sehen ist die errichtete Einhausung um den Reaktorschacht. Auf der unteren Abbildung zu sehen sind die Demontagetätigkeiten am Biologischen Schild. /KON 15b/

5.4.4 Zusätzliche Lüftungseinrichtungen

Neben der Möglichkeit mobile Lüftungsanlagen einzusetzen oder komplette externe Ersatzlüftungssysteme zu errichten, gibt es die Möglichkeit eine zusätzliche Lüftungseinrichtung in bestehenden Gebäudeteilen zu errichten, siehe Abb. 5.11. Aufgrund der z. T. hohen Belastung der existierenden Lüftungssysteme durch Stäube und größere Partikel, welche bei den Demontage- und Zerlegearbeiten entstehen, kann die Installation zusätzlicher Vor- und auch Schwebstofffilter sinnvoll sein.

Die Installation eines solchen Systems in bestimmten Teilen der Anlage kann zudem dafür sorgen, die Ablagerungen und Kontaminationen in bestehenden Lüftungskanalsystemen zu minimieren, was deren spätere Demontage erheblich vereinfacht.

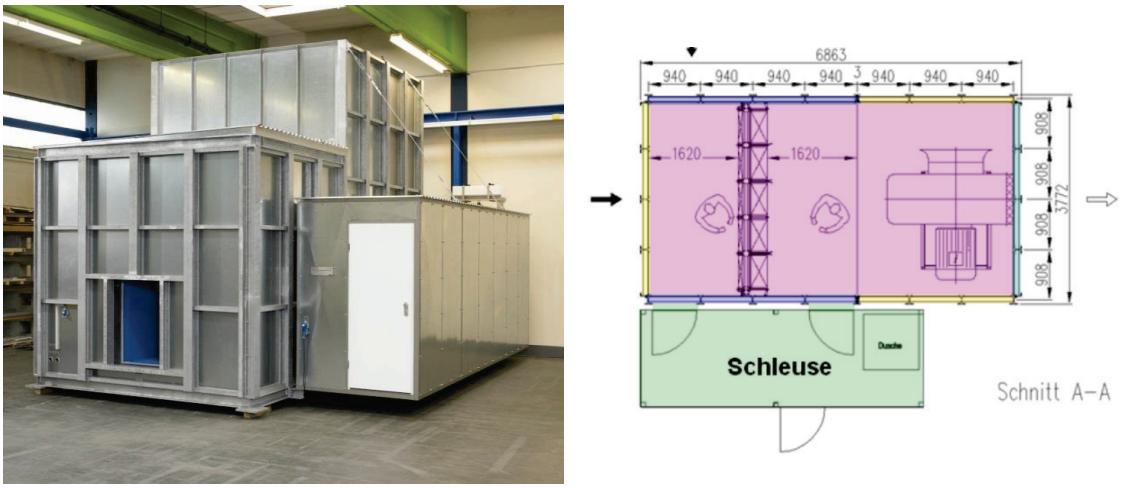

Abb. 5.11 Zusätzliche Lüftungsanlage, konstruiert für einen möglichst effizienten und schnellen Tausch der Vor- und Schwebstofffiltersegmente. Auf der linken Seite zu sehen ist die Außenansicht der neu errichteten Anlage. Auf der rechten Seite zu sehen ist eine schematische Draufsicht mit den drei Bereichen: Eine Schleuse für den Zutritt, ein Bereich für die Filterbänke und ein Bereich für den Hochleistungs-Radialventilator. /KLS 18b/

5.4.5 Externe Ersatzlüftungssystem

In einigen Fällen kann es nötig oder erwünscht sein, das gesamte Lüftungssystem außer Betrieb zu nehmen und zu demontieren, obwohl noch ein geregelter Luftstrom erforderlich ist und eine Druckstaffelung aufrechterhalten werden muss. In diesem Fall ist es nötig eine Ersatzlüftungsanlage zu installieren. Ein weiterer Grund für die Errichtung einer neuen Lüftungsanlage kann die Regelbarkeit des bestehenden Systems sein. Da die Lüftungssysteme für den Betrieb

der Anlage auf einen Luftdurchsatz von mehreren hunderttausend Kubikmeter pro Stunde ausgelegt sind, und diese Luftmengen während des Abbaus nicht mehr benötigt werden, kommen bestehende Systeme mitunter an die untere Grenze der Regelbarkeit.

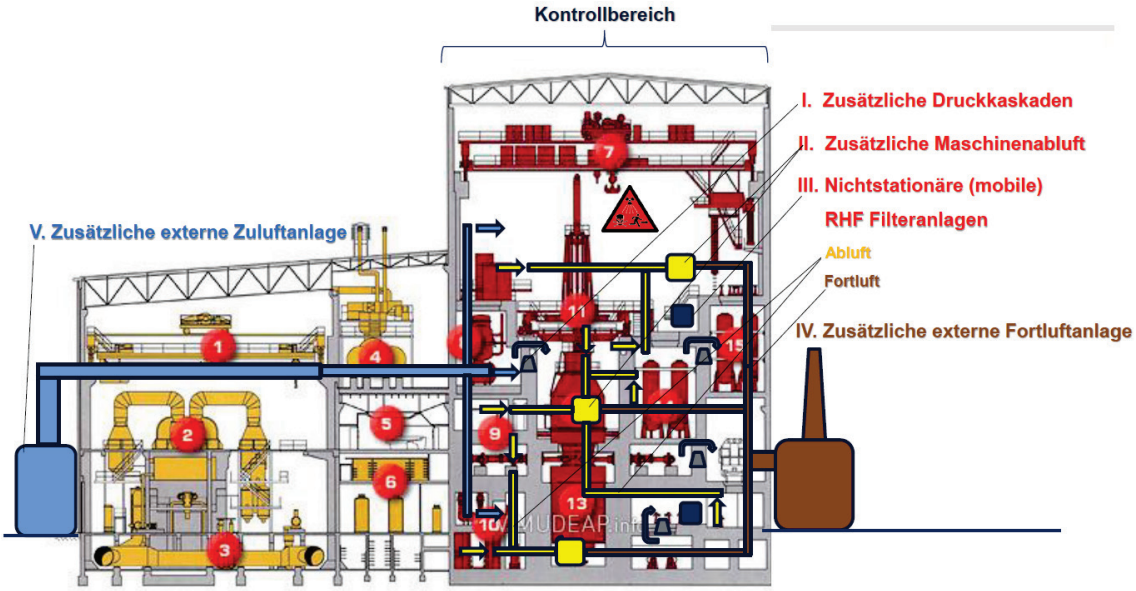

Abb. 5.12 Schematische Darstellung für die Installation einer zusätzlichen externen Lüftungsanlage am Standort Greifswald. /KLS 18b/

In Abb. 5.12 ist eine solche Anlage schematisch dargestellt. Zu sehen ist auf der linken Seite die zusätzliche Zuluftanlage, welche über eine Kernbohrung mit dem Gebäudeinneren verbunden wurde. Durch neu installierte Verrohrung und Brandschutzklappen kann hierdurch eine Belüftung und Druckstaffelung innerhalb des Gebäudes aufrechterhalten werden und dennoch mit der Stilllegung und Demontage der bestehenden Rohrsysteme begonnen werden. Dieser Typ von Anlage ist in der Lage einen Luftdurchsatz von 100.000 m³/h zu leisten. Auf der rechten Seite zu sehen ist die externe Fortluftanlage, welche ebenfalls über eine Kernbohrung mit dem Gebäudeinneren verbunden wurde.

Für den Fall, dass die externe Zuluft über Undichtigkeiten in der Außenhaut des Gebäudes geregelt wird, kann auf eine externe Zuluftanlage verzichtet werden. In diesem Fall ist es jedoch nötig zusätzlich eine Trocknungsanlage zu installieren, um den Wassergehalt der Luft im Gebäude regulieren zu können.

Erfahrungen mit externen Lüftungsanlagen und Untersuchungen in diesem Bereich haben jedoch gezeigt, dass es in jedem Fall sinnvoll und zielführend ist, die Luft im Inneren der Gebäude zu entfeuchten und auf einem geregelten Temperaturniveau zu halten. Hierdurch lässt sich Kondensatbildung an den Betonwänden verhindern, wodurch der Eintrag von Kontaminationen in die Gebäudestruktur unterbunden wird.

6 Zusammenfassung

In diesem Vorhaben wurden die lüftungstechnischen Einrichtungen sowie zugehörige Maßnahmen, die während der Stilllegung zum Einsatz kommen, recherchiert sowie die Vorgehensweise bei Änderungen an diesen Systemen und den dabei zu berücksichtigenden Aspekten aufgezeigt.

Ausgehend von den Vorgaben der Merkpostenliste für die Durchführung einer Bewertung des aktuellen Sicherheitsstatus der Anlage für die Nachbetriebsphase /BMU 14/, dem Stilllegungsleitfaden /BMU 21/ und der ESK-Leitlinien /ESK 20a/ wurden zunächst betriebliche Randbedingungen als Ausgangspunkt einer schutzziel- und nuklearen lüftungssystemorientieren Betrachtung des Nach- und Restbetriebs für einen generischen DWR festgelegt.

Die im Rahmen einer solchen Betrachtung zu berücksichtigenden Schutzziele entsprechend den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke /BMU 15a/, die Sicherheitsfunktionen gemäß der schutzzielorientierten Gliederung des kerntechnischen Regelwerks /BFS 96/ und die Definition verschiedener Phasen des Nach- und Restbetriebes sowie des Abbaus, die zur zeitlichen Einordnung der Betrachtung genutzt werden, wurden dargelegt bevor anhand der regulatorischen Vorgaben eine generalisierte Ereignisanalyse mit Bezug zu nuklearen Lüftungssystemen vorgenommen wurde. Das hierbei betrachtete generische Ereignisspektrum beinhaltet Ereignisse zu deren Beherrschung die Sicherheitsfunktionen von (Teil-) Systemen der nuklearen Lüftung benötigt werden, die die Lüftung selbst oder ggf. notwendige lüftungstechnische Ersatzmaßnahmen betreffen. Im Ergebnis der durchgeführten Ereignisanalysen wurden die Phasen identifiziert, in denen (Teil-) Systeme der Lüftung weiter benötigt werden bzw. außer Betrieb genommen werden können. Obgleich der unterschiedlichen Detailausführung der lüftungstechnischen Systeme durch einen Vergleich der Lüftungssysteme verschiedener DWR-Baureihen und Anlagen Rechnung getragen wurde, kann die vorgenommene, beispielhafte Betrachtung aufgrund der Komplexität der Lüftungssysteme eine anlagenspezifische Bewertung nicht ersetzen, insbesondere hinsichtlich der anlagenspezifisch getroffenen Maßnahmen und Änderungen.

Danach wurde der rechtliche Rahmen und das generelle Vorgehen bei nicht wesentlichen Änderungen erläutert und beschrieben, welchen Kategorien nicht wesentliche Änderungen zugeordnet werden und wie die Aufsichtsbehörden der Länder in diesen Prozess einbezogen werden, da Änderungen an den Lüftungssystem während der

Stilllegung systemspezifisch als nicht wesentliche Änderungen angezeigt werden. Anschließend wurden die hierbei zu berücksichtigenden, allgemeinen und spezifischen Anforderungen für Änderungen an lüftungstechnischen Anlagen aus den Bekanntmachungen des BMU, den KTA-Regeln und DIN-Normen abgehandelt. Abschließend wurde die Bewertungspraxis anhand der Strukturen von Änderungsanzeige und Gutachten erläutert und die für Änderungen an lüftungstechnischen Systemen besonderen Aspekte benannt.

Der zur Durchführung der generalisierten Ereignisanalyse vorgenommene Vergleich der baureihen- bzw. anlagenspezifischen Unterschiede wurde parallel genutzt, um anhand von Betreiberberichten, Fachkonferenzbeiträgen, Anlagenbesuchen und Fachgesprächen durchgeführten bzw. durchzuführenden Außerbetriebnahmen, Stillsetzungen und Änderungen an nuklearen Lüftungssystemen zu identifizieren, nachzuvollziehen und eine generelle Übertragbarkeit auf einzelne (Teil-) Systeme eines generischen DWR zu prüfen. Im Ergebnis wurde nach einer generellen Beschreibung des Aufbaus und Betriebs der einzelnen nuklearen Lüftungssysteme sowie der vorhandenen baureihen- bzw. anlagenspezifischen Unterschiede eine Aufstellung möglicher Änderungen an den entsprechenden (Teil-) Systemen unter Zuordnung der entsprechenden Phasen vorgenommen.

In Ergänzung zur Darstellung der nuklearen Lüftungssysteme und der daran vorgenommenen bzw. vorzunehmenden Änderungen wurden Tätigkeiten des Abbaus zusammengestellt, bei denen zusätzliche bzw. Ersatzmaßnahmen für die nuklearen Lüftungsanlagen zum Einsatz kommen. Die Notwendigkeit dieser Maßnahmen ergibt sich zum einen aus der Einhaltung der Schutzziele und zum anderen aus Gründen des Arbeitsschutzes der im jeweiligen Bereich tätigen Personen. Neben der Rückhaltung von kontaminierten Medien wie Schwebstoffen, aktivierten Stäuben und weiteren gesundheitsgefährdenden Gefahrstoffen, die im Rahmen von Abbautätigkeiten anfallen können (z. B. Asbest), sind ausreichende Luftwechsel zur Frischluftversorgung und Temperatur- bzw. Feuchtigkeitsregulierung konkrete Faktoren zur Anwendung dieser Maßnahmen, die anhand von Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Die Rückhaltung von Gefahrstoffen jeglicher Art wird sowohl bei stationären als auch bei mobilen Lüftungssystemen in Kernkraftwerken durch die dort eingesetzten Filterstrecken und der darin enthaltenen Luftfilter gewährleistet. Aus diesem Grund wurde für die zum Einsatz kommenden Luftfilterarten, d. h. Grob- und Feinstaubfilter, Schwebstofffilter und

Jodfilter jeweils deren grundlegender Anwendungsbereich, die Filtrationsart und Klassifizierung unter Nennung der entsprechenden Normen sowie der konkret zum Einsatz kommenden Filterklassen und Anwendungsgebiete in Druckwasserreaktoren dargestellt.

Der im Rahmen dieses Vorhabens erstellte Bericht, als auch die themenspezifischen Einzelkapitel eignen sich anlagenunabhängig als Einstieg, um sich dem komplexen Thema Änderungen an nuklearen Lüftungssystemen in der Stilllegung von Druckwasserreaktoren, zum Einsatz kommenden zusätzlichen bzw. Ersatzmaßnahmen sowie der in diesem Zusammenhang zu berücksichtigenden Aspekte zu nähern und sich auf konkrete stilllegungsgerichtete Umsetzungen und Änderung in Anlagen vorzubereiten.

Literaturverzeichnis

/ATG 20/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I 1985, Nr. 41, S. 1565), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist.

/ATV 18/ Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes (Atomrechtliche Verfahrensverordnung – AtVfV) vom 3. Februar 1995 (BGBl. I 1995, Nr. 8, S. 180), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 11. November 2020 (BGBl. I S. 2428) geändert worden ist.

/BFS 96/ Bundesamt für Strahlenschutz: Fachbereich Kerntechnische Sicherheit, Arbeitsgruppe Schutzzielkonzept: Schutzzielorientierte Gliederung des kerntechnischen Regelwerks, Übersicht über die übergeordneten Anforderungen, Dezember 1996.

/BMI 00/ Richtlinien über die Anforderungen an Sicherheitsspezifikationen für Kernkraftwerke vom 27. April 1976 (GMBl 1976, Nr. 15, S. 199), Stand 12/00

/BMI 01/ Richtlinie für das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten in Kernkraftwerken vom 1. Juni 1978 (GMBl. 1978, Nr. 22, S. 342), Stand 12/01

/BMU 01/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden vom 16. Januar 1989 (BAnz 1989, Nr. 63a), letzte Ergänzung vom 14. Januar 1994 (BAnz 1994, Nr. 19), Stand 12/01

/BMU 02/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV und Neufassung der „Berechnung der Strahlenexposition“ vom 29. Juni 1994 (BAnz. 1994, Nr. 222a), Stand 12/01, Bonn

/BMU 05/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen: Teil 2: Die Strahlenschutzmaßnahmen während des Betriebs und der Stilllegung einer Anlage oder Einrichtung – IWRS II vom 17. Januar 2005 (GMBl 2005 S. 258).

/BMU 08/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle vom 19. November 2008 (BAnz. 2008, Nr. 197, S. 4777), Bonn, 2008

/BMU 14/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Merkpostenliste für die Durchführung einer Bewertung des aktuellen Sicherheitsstatus der Anlage für die Nachbetriebsphase mit Anschreiben des BMUB vom 2. Oktober 2014, Bonn, 2014.

/BMU 15a/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015, BAnz AT 30.03.2015 B2, Bonn, 2015.

BMU 15b/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Bekanntmachung der Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, vom 29. November 2013 (BAnz AT 10.12.2013 B4), geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3), Bonn, 2015.

/BMU 19/ Länderausschuss für Atomkernenergie: Handbuch über die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern im Atomrecht, Juni 2019.

/BMU 21/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes vom 16. September 2021, BAnz AT 23.11.2021 B2, Bonn, 2021.

/DIN 12/ Deutsches Institut für Normung (DIN), Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung; Deutsche Fassung EN 779:2012.

/DIN 13/ Deutsches Institut für Normung (DIN), Lüftungstechnische Komponenten in kerntechnischen Anlagen, DIN 25496, 2013.

/DIN 17/ Deutsches Institut für Normung (DIN), Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM) (ISO 16890-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 16890-1:2016.

/DIN 19/ Deutsches Institut für Normung (DIN), Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung; Deutsche Fassung EN 1822-1:2019.

/ESK 20a/ RSK/ESK-Geschäftsstelle beim Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung: Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen, Empfehlung der Entsorgungskommission, 05.11.2020.

/ESK 20b/ RSK/ESK-Geschäftsstelle beim Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung: Leitlinien für die Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung,
Empfehlung der Entsorgungskommission, 10.12.2020.

/GRS 18/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH: Untersuchungen zu sicherheitstechnisch bedeutsamen Aspekten bei der Dekontamination von Reaktorkühlkreisläufen in Kernkraftwerken, GRS – 492, Köln, März 2018.

/GRS 21/ Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit gGmbH: Erforschung eines Bewertungsansatzes zu Auswirkungen von Änderungen an nach- und restbetriebsrelevanten Systemen, GRS- 628, Köln, Juni 2021.

/ISO 17/ ISO (the International Organization for Standardization), High efficiency filters and filter media for removing particles from air — Part 1: Classification, performance, testing and marking, ISO 29463-1:2017.

/KLS 18/ Krantz GmbH Lüftungsseminar November 2018,
„Keine Dicke Luft – Rückbau aus Sicht des Sachverständigen“, TÜV SÜD Energietechnik GmbH.

/KLS 18a/ Krantz GmbH Lüftungsseminar November 2018,
„Einsatz von mobilen Absauganlagen in Kernkraftwerken“, RWE Nuclear GmbH, Kraftwerk Biblis.

/KLS 18b/ Krantz GmbH Lüftungsseminar November 2018,
„Lüftungskonzepte für Rückbau kerntechnischer Anlagen“,
Krantz GmbH.

/KON 09/ KONTEC April 2009,
„Der nukleare Rückbau und seine Hürden aus Beton - Errichtung einer Anlage zur Zerlegung und Freimessung von Betonstrukturen aus Nukleararbereichen“, Forschungszentrum Jülich GmbH.

/KON 15a/ KONTEC März 2015,
„Fernbediente Demontage der RDB-Isolierung im Kernkraftwerk Obrigheim“, Energiewerke Nord GmbH, EnBW Kernkraft GmbH.

/KON 15b/ KONTEC März 2015,
„Anpassung des Konzeptes zum Abbau des Biologischen Schildes der KNK“, Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs-GmbH.

/KTA 03/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 3602 Lagerung und Handhabung von Brennelementen und zugehörigen Einrichtungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, November 2003.

/KTA 15b/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 3303 Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, November 2015.

/KTA 15c/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 2101.1 Brandschutz in Kernkraftwerken, Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes, November 2015.

/KTA 15d/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 2101.2 Brandschutz in Kernkraftwerken, Teil 2: Brandschutz an baulichen Anlagen, November 2015.

/KTA 15e/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 2101.3 Brandschutz in Kernkraftwerken, Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen, November 2015.

/KTA 16a/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 1503.1 Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe; Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb, November 2016

/KTA 17a/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 3601 Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken, November 2017.

/KTA 17b/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 1502 Überwachung der Aktivitätskonzentrationen radioaktiver Stoffe in der Raumluft von Kernkraftwerken, November 2017.

/KTA 17c/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 1401 Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung, November 2017

/KTA 20a/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 3902 Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken, Dezember 2020.

/KTA 20b/ Kerntechnischer Ausschuss (KTA): KTA 3905 Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken, Dezember 2020.

/LFB 19/ HS-Luftfilterbau GmbH, Grundlagen Filtertechnik, Mai 2019 https://www.luftfilterbau.de/cms/upload/produkte/Grundlagen/PDF/Filtertechnik_0l00.pdf, abgerufen Mai 2021

/RSK 20/ Reaktorsicherheitskommission (RSK): RSK-Stellungname zu Anforderungen an die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken im Restbetrieb, 518. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 21.10.2020, Oktober 2020.

/SSG 21/ Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Mai 2021 (BGBl. I S. 1194) geändert worden ist.

/SSK 83/ Strahlenschutzkommission (SSK): Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien des BMI zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV, Juli 1983.

/SSV 17/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch nach Maßgabe des Artikel 10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222) geändert worden ist [Anmerkung: Ersetzt durch /SSV 21/].

/SSV 21/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die zuletzt durch Artikel 83 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

/UMBW 16/ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Handbuch für die staatliche Aufsicht über die baden-württembergischen Kernkraftwerke Aufsichtshandbuch – AHB –, Februar 2016.

/VDI 18/ VDI Wissensforum Rückbau kerntechnischer Anlagen April 2018, „Schadstoffsanierung beim Rückbau kerntechnischer Anlagenbauteile im Restbetrieb“, DMG Ingenieurbüro.

/VDMA 19/ VDMA Allgemeine Lufttechnik, Luftfilterinformation (2019-10), Filterklassen der Raumluft- und Entstaubungstechnik im Überblick, Oktober 2019.

/WLN 14/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Weiterleitungsnachricht 2014/03: Schäden an Komponenten infolge Primärkreisdekontamination, Köln, 22. Mai 2014.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 4.1 Übersicht gängiger Filternormen, Fraktionsgrößen und Abscheidemöglichkeiten /LFB 19/ 125

Abb. 4.2 Übersicht der Filterklassen /VDMA 19/ 126

Abb. 5.1 Technische Darstellung (Schnitt und Draufsicht) für die Zerkleinerung und Verpackung von Betonabfällen. Der rot markierte Bereich ist durch eine Einhausung abgetrennt und verfügt über eine Zugangsschleuse mit Umkleiden. Die Anlagen AS1 und AS2 sind mobile Lüftungsanlagen mit einem Luftdurchsatz von 10.000 m³/h und 2.000 m³/h. /KON 09/ 130

Abb. 5.2 Mobile Lüftungsanlage mit einem Nennvolumenstrom von 3.000 m³/h und einem Gewicht von 300 kg. Ausgerüstet ist diese Anlage mit einem Vorfilter Typ F6 und einem HEPA-Filter Typ H13. /KLS 18/ 131

Abb. 5.3 Übersicht über die gängigen Kombinationen von eingesetztem Werkzeug und zu bearbeitendem Werkstoff bei Demonagearbeiten. Die farbliche Skalierung gibt Auskunft über das anzuwendende Lüftungskonzept. /KLS 18a/ 132

Abb. 5.4 Wandentschichtungsarbeiten am Standort Biblis /KLS 18a/ 134

Abb. 5.5 Einsatz einer mobilen Absaugung an einem thermischen Zerlegecontainer /KLS 18a/ 135

Abb. 5.6 Einsatz einer mobilen Absaugung bei einem Zelt für mechanisches Nachzerlegen /KLS 18a/ 136

Abb. 5.7 Obere Einhausung zur Schaffung eines Trockenzerlegebereiches für einen RDB, schematische Darstellung. /KON 15a/ 136

Abb. 5.8 Verschiedene Ansichten der fertigen Einhausung oberhalb des RDB. /KON 15a/ 137

Abb. 5.9 Untere Einhausung zur Schaffung eines Trockenzerlegebereiches für einen RDB, schematische Darstellung. /KON 15a/ 137

Abb. 5.10 Einhausung für die Demontage eines Biologischen Schildes. In der oberen Abbildung zu sehen ist die errichtete Einhausung um den Reaktorschacht. Auf der unteren Abbildung zu sehen sind die Demontagetätigkeiten am Biologischen Schild. /KON 15b/ 139

Abb. 5.11 Zusätzliche Lüftungsanlage, konstruiert für einen möglichst effizienten und schnellen Tausch der Vor- und Schwebstofffiltersegmente. Auf der linken Seite zu sehen ist die Außenansicht der neu errichteten Anlage. Auf der rechten Seite zu sehen ist eine schematische Draufsicht mit den drei Bereichen: Eine Schleuse für den Zutritt, ein Bereich für die Filterbänke und ein Bereich für den Hochleistungs-Radialventilator. /KLS 18b/ 140

Abb. 5.12 Schematische Darstellung für die Installation einer zusätzlichen externen Lüftungsanlage am Standort Greifswald. /KLS 18b/ 141

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1 Schutzziele entsprechend der SiAnf /BMU 15a/ und der schutzzielorientierten Gliederung des kerntechnischen Regelwerks /BFS 96/ 4

Tab. 1.2 Phasen im Nach- und Restbetrieb 5

Tab. 1.3 Ereignisspektrum mit Bezug zu lüftungstechnischen Systemen im Nach- und Restbetrieb 13

Tab. 1.4 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Verringerte Wärmeabfuhr aus dem BE Lagerbecken 19

Tab. 1.5 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Beschädigung von Brennelementen 22

Tab. 1.6 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand im Bereich der Abfallnachbehandlung 25

Tab. 1.7 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand in der Lüfterzentrale 29

Tab. 1.8 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen - Kabelbrand 33

Tab. 1.9 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Brand eines Filtermobils 36

Tab. 1.10 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit 40

Tab. 1.11 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Absturz von Gebinden mit festen radioaktiven Abfällen 43

Tab. 1.12 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Absturz mit flüssigen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen 46

Tab. 1.13 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Mobilisieren radioaktiver Schwebstoffe beim Ausisolieren 48

Tab. 1.14 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Abfälle 51

Tab. 1.15 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für flüssige radioaktive Abfälle 53

Tab. 1.16 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen - Leckage bei der Primärkreisdekontamination 56

Tab. 1.17 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen - Ausfall lüftungstechnischer Anlagen 63

Tab. 1.18 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Störung der elektrischen Eigenbedarfsversorgung 66

Tab. 1.19 Einteilung der erforderlichen (Teil-) Lüftungssysteme nach Systemfunktionen und Sicherheitsfunktionen – Störung im Abgassystem 68

Tab. 2.1 Kategorien im Änderungsverfahren bei nicht wesentlichen Änderungen 72

Tab. 3.1 Anpassungen der Zuluftsysteme in Stilllegung und Abbau 97

Tab. 3.2 Anpassungen der Ab-/Fortluftsysteme in Stilllegung und Abbau 105

Tab. 3.3 Anpassungen der Filteranlagen in Stilllegung und Abbau 113

Tab. 3.4 Anpassungen der Umluftanlagen in Stilllegung und Abbau 117

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Schwertnergasse 1
50667 Köln
Telefon +49 221 2068-0
Telefax +49 221 2068-888

Boltzmannstraße 14
85748 Garching b. München
Telefon +49 89 32004-0
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200
10719 Berlin
Telefon +49 30 88589-0
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig
Telefon +49 531 8012-0
Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de

ISBN 978-3-949088-54-4