

- 6. SEP. 1979

Hanseatisches Oberlandesgericht

BUNDESANZEIGER

HERAUSGEGEBEN VOM BUNDESMINISTER DER JUSTIZ

Heft 31

Ausgegeben am Donnerstag, dem 6. September 1979

Nummer 167a

Bekanntmachung von Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission

Vom 25. Mai 1979

Stempel-Nr. für Beilagen:

31/79

**Bekanntmachung
von Empfehlungen
der Reaktor-Sicherheitskommission**

Vom 25. Mai 1979

Nach § 9 Abs. 2 der Bekanntmachung über die Bildung einer Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) in der Fassung vom 25. Mai 1973 (BAnz. Nr. 118 vom 29. Juni 1973) werden als Ergebnis der Beratungen der

141. Sitzung am 24. Januar 1979 und der

145. Sitzung am 25. April 1979

nachstehende Empfehlungen bekanntgegeben. In der 140., 142., 143. und 144. Sitzung der RSK wurde keine Empfehlung verabschiedet.

Bonn, den 25. Mai 1979

RS I 4 — 517 016/2

Der Bundesminister des Innern

Im Auftrag

Dr. Gast

Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission auf ihrer 141. Sitzung am 28. Januar 1979

1. Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage 2 (KNK 2)

Herabsetzung des Reaktimetergrenzwertes

Änderungen an der Entgasungsleitung

Die Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (KBG) mbH in Eggenstein-Leopoldshafen, die die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage 2 (KNK 2) betreibt, hat

1. die Änderung des Reaktimetergrenzwertes von $-7,3$ auf -12 e und
2. den Einbau von Drosselarmaturen in die Entgasungsleitung

beantragt. Diesem Antrag liegt folgender Sachverhalt zugrunde:

Seit Sommer 1977 befindet sich KNK 2 in der Inbetriebnahme. Nach erfolgreichem Abschluß der Inbetriebnahmestufe (bis 40% Nennleistung) wurde im August 1978 mit den Versuchen der zweiten Inbetriebnahmestufe (bis 100% Nennleistung, entsprechend 20 MWe) begonnen. Am 12. und 19. August 1978 erfolgten bei jeweils etwa 60% Nennleistung Schnellabschaltungen des Reaktors über den Grenzwert „negative Reaktivität hoch“. Zur Klärung der Ursachen hat der Betreiber daraufhin im Einvernehmen mit der Genehmigungsbehörde und dem Gutachter ein umfangreiches Versuchsprogramm durchgeführt, in dessen Rahmen am 4., 20. und 30. November 1978 weitere Schnellabschaltungen aus offensichtlich gleicher Ursache erfolgten.

Die den Schnellabschaltungen vorangegangenen Reaktivitäts- und Temperaturverläufe im Kern zeigten in allen Fällen die gleiche Tendenz und Korrelation zueinander und wiesen darauf hin, daß die Ursache der Reaktivitätserniedrigung Gasblasen waren. Die bisher durchgeführten Versuche haben deutliche Hinweise darauf ergeben, daß der Gaseintrag in das obere Natriumplenum des Reaktortanks durch den sogenannten Storchenschnabel — das ist das im Reaktorkern befindliche Endstück der zwischen Blendenverstellereinrichtung und Reaktortank angeordneten Entgasungsleitung — erfolgt. Das Gas wird vermutlich durch einen Spalt aus dem Argon-Schutzgasplenum angesaugt, der an der Stelle der Einmündung der Entgasungsleitung in den Reaktortank zwischen dem Reaktortank und dem Drehdeckel vorhanden ist. Das während des Reaktorbetriebs durch die Entgasungsleitung strömende Natrium saugt offensichtlich durch diesen Spalt das Gas an und führt es dem Natriumplenum zu, wo es von dem aus dem Reaktorkern kommenden Natriumhauptstrom erfaßt und mit diesem mitgeführt wird; noch ehe es in das Argon-Schutzgasplenum entweichen kann. Dieses Gas wird offensichtlich in der Blendenverstellereinrichtung nicht abgeschieden und deshalb in das untere Plenum des Reaktortanks und von dort in den Reaktorkern eingetragen.

Die restlose Aufklärung dieser Mechanismen und die experimentelle Absicherung der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen soll in einem weiteren Versuchsprogramm erfolgen. Dazu sowie ggf. zur endgültigen Abhilfe sind die beantragten Änderungsmaßnahmen vorgesehen. Mit dem Einbau der Drosselarmaturen in die Entgasungsleitung soll die Möglichkeit geschaffen werden, den Durchsatz im Bereich zwischen $1 \text{ m}^3/\text{h}$ und $7,5 \text{ m}^3/\text{h}$ unabhängig von der Reaktorleistung einstellen zu können, um auf diese Weise die oben beschriebene Gasansaugung am Storchenschnabel — falls sie sich als die einzige Quelle herausstellt — auf ein erträgliches Maß zu reduzieren bzw. ganz auszuschalten und das Gas in das Argon-Schutzplenum austreten zu lassen. Diese Maßnahme soll für die Dauer der weiteren Inbetriebnahme bis 100% Nennleistung durch die Verkleinerung der Empfindlichkeit des Reaktimeters, d.h. durch Herabsetzung des Reaktimetergrenzwertes, unterstützt werden; insbesondere beabsichtigt der Antragsteller, hiermit die Wahrscheinlichkeit für Schnellabschaltungen zu vermindern.

Die vom Antragsteller beantragten Änderungen sowie das von ihm geplante weitere Vorgehen werden von der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) wie folgt beurteilt:

Die beantragten Änderungen sollten grundsätzlich nur zu dem Zweck ausgeführt werden, die beobachteten Phäno-

мене aufzuklären und die Randbedingungen zu ermitteln, unter denen ein Gaseintrag in das System vermieden wird. Unter diesem Gesichtspunkt sowie unter den nachfolgend genannten Einschränkungen hält es die RSK für zulässig, einen zeitlich befristeten Betrieb mit den Drosselarmaturen durchzuführen. Im einzelnen sollte folgendes beachtet werden:

1. Änderung des Reaktimetergrenzwertes von $-7,3$ auf -12 e

Der Reaktimeter ist eines von drei unterschiedlich wirkenden Überwachungssystemen zur sicheren Erkennung und Beherrschung von lokalen Kühlfluß- und Brennelementstörungen. Es ist Bestandteil des Sicherheitsystems.

Die RSK ist der Auffassung, daß seine Grenzwerteinstellung bei $-7,3$ e grundsätzlich belassen und nur bei einigen wenigen Versuchen, die unter Punkt 2 beschrieben werden, verändert werden sollte.

2. Einbau von Drosselarmaturen in die Entgasungsleitung

Die RSK geht davon aus, daß die vorgesehenen Drosselarmaturen in einer ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung gemäßen Qualität ausgelegt, an die gesicherte Notstromversorgung angeschlossen und in einer Einstellung verwendet werden, die in ihrem Anforderungsfall nach einer Schnellabschaltung bzw. nach einem Leckagestörfall eine sichere Entgasung und den Naturumlauf im System gewährleisten würde. Zum Nachweis der Gewährleistung der Naturkonvektion ist unter geeigneten Bedingungen ein entsprechender Versuch durchzuführen. Die RSK ist der Ansicht, daß zu Beginn der Versuchsreihe die niedrigsten Natriumdurchsätze in der Entgasungsleitung bei einer Grenzwerteinstellung des Reaktimeters von $-7,3$ e gefahren werden sollten. Eine solche Einstellung sollte hinreichend lange — etwa zwei Wochen — bei hoher Leistung des Reaktors beibehalten werden. Dabei ist eine mehrmalige schnelle Änderung des Primärkühlmitteldurchsatzes vorzunehmen, um auf diese Weise eventuell vorhandene dynamische Gasspeicher festzustellen. Falls bereits bei diesen Versuchsbedingungen deutlich wird, daß immer noch Gaseintrag erfolgt, ist das Versuchsprogramm zu revidieren.

Ers, wenn die ständig vorzunehmenden Reaktivitätsmessungen vermuten lassen, daß eine weitere Erhöhung des Natriumdurchsatzes durch die Entgasungsleitung bei ansonsten beibehaltener Fahrweise des Reaktors — einschließlich der mehrmaligen schnellen Änderung des Primärkühlmitteldurchsatzes — Reaktivitätswerte erreichen, die mit einer Schnellabschaltung gerechnet werden muß, darf die Grenzwerteinstellung des Reaktimeters — um das für notwendig gehaltene Maß — geändert werden, um bei diesem Versuch eine Schnellabschaltung zu vermeiden. Eine solche Verstellung des Reaktimetergrenzwertes sollte lediglich dazu dienen, die obere Grenze des Natriumdurchsatzes durch die Entgasungsleitung zu ermitteln, von der an ein signifikanter Gaseintrag in den Kreislauf erfolgt.

Zusammenfassend stellt die RSK fest, daß das Ziel aller Änderungsmaßnahmen — insbesondere des Einbaus der Drosselarmaturen — nur die Ermittlung derjenigen Randbedingungen sein darf, unter denen ein Gaseintrag in das System vermieden wird.

Die RSK geht davon aus, daß die detaillierte Gestaltung des Versuchsprogramms mit dem Gutachter abgestimmt wird. Antragsteller bzw. Hersteller sollten Vorschläge unterbreiten, in welcher Weise ein Geistransport vor seinem Eintritt in den Reaktorkern rechtzeitig meßtechnisch erfaßt werden kann. Weiterhin erwartet die RSK, daß ihr ausführliche quantitative Untersuchungen über die Wirkungsweise des Entgasungssystems und über seine Wirksamkeit unter den verschiedenen relevanten Störfall- und Normalbetriebsbedingungen vorgelegt werden. Darüber hinaus

erwartet die RSK die Vorlage einer Studie zur konstruktiven Verbesserung der Entgasungsanlage.

Die RSK empfiehlt dem Bundesminister des Innern, mit den vorstehenden betrieblichen Einschränkungen den Änderungen zuzustimmen, damit die vorhandenen Probleme aufgeklärt werden können. Nach Vorlage des abschließenden Versuchsberichtes sowie der sonstigen, oben genannten Unterlagen wird die RSK erneut über KNK 2 beraten.

Im Zusammenhang mit den vorstehend beschriebenen Problemen an der Anlage KNK 2 hat der Bundesminister des Innern an die RSK die Frage gerichtet, ob und ggf. inwie-

weit diese für das Kernkraftwerk Kalkar (SNR—300) von Bedeutung seien. Die RSK stellt hierzu fest:

Die beim Versuchsbetrieb der KNK 2 aufgetretenen Schwierigkeiten liegen offensichtlich in einem für diesen Reaktor spezifischen Konstruktionsdetail (sogenannter Storchenschnabel) begründet, welches beim SNR—300 nicht verwendet wird. Beim SNR—300 ist zur Vermeidung eines Blasen-eintrags in den Reaktorkern überdies ein Gasblasenabscheider vorgesehen, den die RSK bereits in ihren Beratungen zum Konzept positiv beurteilt hat. Auch insofern sind also die an der Anlage KNK 2 aufgetretenen Probleme auf den SNR—300 nicht übertragbar.

2. RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren
2. Ausgabe vom 24. Januar 1979

Einleitung

Vorwort	7.0.0	Beitragen	7.0.0
1. Betriebsbestimmungen	7.0.1	Technische Unterlagen	7.0.1
2. Standort	7.1	Notabschaltsystem	7.1
2.1 Standortbeurteilung	7.1.1	Elektrische Energieversorgung der Sicherheitssysteme	7.1.1
2.2 Annahmen zur Ermittlung der Strahlenbelastung der Umgebung nach Störfällen	7.1.2	Schaltwarte	7.1.2
3. Reaktorkern	7.2	Lüftungsanlagen	7.2
3.1 Reaktorauslegung	7.2.1	Strahlenschutzüberwachung	7.2.1
3.1.1 Nukleare und thermohydraulische Auslegung	7.2.1.1	Strahlenschutzüberwachung in der Anlage	7.2.1.1
3.1.2 Abschaltssysteme	7.2.1.2	Überwachung der Ortsdosisleistung	7.2.1.2
3.1.3 Betriebstransienten mit Anforderung des Schnellabschaltsystems	7.2.1.3	Überwachung der Radioaktivität der Luft	7.2.1.3
3.2 Inhärente Sicherheit	7.2.2	Kernkraftüberwachung	7.2.2
3.3 Reaktorüberwachung	7.2.3	Feststellung von Kontaminationen	7.2.3
4. Behälter und Rohrleitungssysteme	7.3	Aktivitätsüberwachung	7.3
4.1 Druckführende Umschließung des Reaktorkühlmittels	7.3.1	Aktivitätsüberwachung im Abwasser	7.3.1
4.1.1 Geltungsbereich	7.3.1.1	Aktivitätsüberwachung in der Fortluft	7.3.1.1
4.1.2 Auslegung, Gestaltung und Werkstoffwahl	7.3.1.2	Brandschutz	7.3.1.2
4.1.3 Fertigung	7.3.1.3	Fluchtwege und Alarmierung	7.3.1.3
4.1.3.1 Grundsätze	7.3.1.3.1	Gestaltung von Arbeitsablauf, Arbeitsplatz und Arbeitsumgebung	7.3.1.3.1
4.1.3.2 Begleitende zerstörende Prüfungen	7.3.1.3.2	Vorkehrungen für Arbeiten in der Anlage	7.3.1.3.2
4.1.3.3 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen	7.3.1.3.3	Handhabung und Lagerung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen	7.3.1.3.3
4.1.4 Betrieb	7.3.1.4	Stilllegung und Beseitigung	7.3.1.4
4.1.4.1 Grundsätze	7.3.1.4.1	Vorsorge gegen Versagen von Komponenten	7.3.1.4.1
4.1.4.2 Begleitende zerstörende Prüfungen (Einhängeproben)	7.3.1.4.2	Vorsorge gegen Turbinenversagen	7.3.1.4.2
4.1.4.3 Wiederkehrende Druckprüfung	7.3.1.4.3	Vorsorge gegen Pumpenschwungradversagen	7.3.1.4.3
4.1.4.4 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen am Reaktor-druckbehälter	7.3.1.4.4	Vorsorge gegen Versagen von Rückflußverhinderern	7.3.1.4.4
4.1.4.4.1 Prüftechnik	7.3.1.4.4.1	Naturbedingte Einwirkungen	7.3.1.4.4.1
4.1.4.4.2 Anforderungen an den Prüfumfang	7.3.1.4.4.2	Erdbeben	7.3.1.4.4.2
4.1.4.4.3 Zulässige Fehler (Festlegung wird noch erarbeitet)	7.3.1.4.4.3	Zivilisationsbedingte Einwirkungen	7.3.1.4.4.3
4.1.4.4.4 Prüfmesswerte	7.3.1.4.4.4	Flugzeugabsturz	7.3.1.4.4.4
4.1.4.5 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen an sonstigen Komponenten und Systemen der Druckführenden Umschließung	7.3.1.4.5	Chemische Explosionen	7.3.1.4.4.5
4.2 Äußere Systeme	7.3.2	Giftige und explosionsgefährliche Gase	7.3.1.4.4.6
4.2.1 Geltungsbereich	7.3.2.1	Einwirkungen Dritter	7.3.1.4.4.7
4.2.2 Anforderungen an Konstruktion, Auslegung, Werkstoffe, Herstellung, Prüfbarkeit	7.3.2.2	Versagen des Schnellabschaltsystems bei Betriebstransienten	7.3.1.4.4.8
4.2.3 Herstellung	7.3.2.3	Zu unterstellende Leckagen und Brüche	7.3.1.4.4.9
4.2.4 Betrieb	7.3.2.4	Zu unterstellende Leckagen und Brüche in der Druckführenden Umschließung und Maßnahmen zu ihrer Beherrschung	7.3.1.4.4.10
5. Sicherheitsbehälter	7.4	Zu unterstellende Leckagen und Brüche in der Frischdampf- bzw. Speisewasserleitung	7.3.1.4.4.11
5.1 Auslegungsgrundlagen	7.4.1	Systeme zur Wärmeabfuhr nach Störfällen	7.4
5.2 Betriebliche Gestaltung	7.4.2	Kern- und Notkühlsysteme	7.4.1
5.3 Auslegungsvorgänge und -kriterien	7.4.3	Anforderungen	7.4.1.1
5.4 Herstellung	7.4.4	Auslegung	7.4.1.2
5.5 Dichtheitsprüfungen, Leckratenprüfungen	7.4.5	Annahmen für die Kernnotkühlrechnungen	7.4.1.3
5.6 Durchführungen	7.4.6	Notstandssystem	7.4.1.4
6. Elektrische Einrichtungen des Betriebssystems	7.5	Maßnahmen zur Begrenzung der Wasserstoffkonzentration	7.5
6.1 Betriebsüberwachung	7.5.1	Störfallinstrumentierung	7.5.1
6.2 Betriebliche Steuer- und Regeleinrichtungen	7.5.2	Allgemeine Anforderungen	7.5.1.1
7. Elektrische Einrichtungen des Sicherheitssystems	7.6	Störfallablaufinstrumentierung	7.5.1.2
7.1 Geltungsbereich	7.6.1	Störfallfolgeinstrumentierung	7.5.1.3
7.2 Allgemeine Anforderungen	7.6.2	Auslegung	7.5.1.4
7.2.1 Auslegung	7.6.3	Funktionsprüfungen	7.5.1.5

Vorwort

Die 1. Ausgabe der RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren vom 24. April 1974 ist in der hier vorliegenden 2. Ausgabe überarbeitet und erweitert worden.

Die Reaktor-Sicherheitskommission hat im folgenden die sicherheitstechnischen Anforderungen, die ihrer Ansicht nach bei der Auslegung, dem Bau und dem Betrieb eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor erfüllt werden sollen, in Leitlinien zusammengefaßt.

Die Reaktor-Sicherheitskommission wird diese Leitlinien ab Januar 1979 ihren Beratungen zum Standort und zum Sicherheitskonzept zur Errichtungsgenehmigung anstehender Druckwasserreaktoren zugrundelegen und die entsprechenden Kernkraftwerke im Laufe der Errichtung an diesen Leitlinien messen. Sie sind nicht ohne weiteres gedacht für eine Anpassung von bestehenden, in Bau oder Betrieb befindlichen Kernkraftwerken. Der Umfang der Berücksichtigung dieser Leitlinien wird bei diesen Anlagen von Fall zu Fall zu prüfen sein.

Zweck der Leitlinien ist es vor allem, den Beratungsprozeß innerhalb der Reaktor-Sicherheitskommission zu vereinfachen sowie bereits frühzeitig Hinweise auf die von der Reaktor-Sicherheitskommission für notwendig erachteten sicherheitstechnischen Anforderungen zu geben.

Bei Erfüllung der Leitlinien durch Hersteller und Betreiber wird die Reaktor-Sicherheitskommission kurzfristig zu Einzelprognosen Stellung nehmen. Kann oder will der Antragsteller eine Leitlinie nicht erfüllen, so muß nachgewiesen werden, daß durch andere Maßnahmen die Sicherheit mindestens in gleicher Weise gewährleistet ist. Hierdurch soll insbesondere der Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik der notwendige Raum gegeben werden.

Es wird erforderlich sein, die in Form einer Loseblattsammlung herausgegebenen Leitlinien in angemessenen Abständen fortzuschreiben, um den aktuellen, der Planung eines Kernkraftwerks zugrundezulegenden Stand von Wissenschaft und Technik sowie die Fortentwicklung des technischen Regelwerkes zu berücksichtigen.

Einige Kapitel der Leitlinien sind sehr ausführlich gehalten, weil entsprechende Regeln noch fehlen. Wenn entsprechende Regeln oder Richtlinien erstellt worden sind, ist im Text auf diese verwiesen.

Köln, 24. Januar 1979

1. Begriffsbestimmungen

(1) Sicherheitssystem

Das Sicherheitssystem ist die Gesamtheit aller Einrichtungen einer Reaktoranlage, die die Aufgabe haben, die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen zu schützen und bei auftretenden Störfällen deren Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Anlage und die Umgebung in vorgegebenen Grenzen zu halten.

2. Standort

2.1 Standortbeurteilung

Folgende BMI-Richtlinie liegt hierzu vor:

„Richtlinie über die im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke zur Prüfung erforderlichen Informationen,

1. Zusammenstellung der im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke zur Prüfung erforderlichen Informationen über den Standort“.

Stand: 11. 6. 1975

Ergänzend gilt:

(1) In dem Gutachten über die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des Standortes sollen folgende Punkte behandelt werden:

1. Strahlenexposition durch die beantragte Abgabe radioaktiver Stoffe aus dem zu errichtenden Kernkraftwerk im bestimmungsgemäßen Betrieb,
2. Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des beantragten Standortes durch die Abgabe radioaktiver Stoffe aus anderen kerntechnischen

Anlagen und dem Umgang mit radioaktiven Stoffen.

Die Berechnungen sollen nach Maßgabe der vom Bundesminister des Innern zur Durchführung des § 45 StrlSchV veröffentlichten Berechnungsgrundlagen in ihrer jeweils gültigen Fassung erfolgen. Trotzdem sollen die Grundlagen der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des Standortes zusammenfassend dargestellt werden. Insbesondere sollen die betrachteten Belastungspfade und die verwendeten Berechnungsmodelle, einschließlich der Eingabedaten, vollständig aufgelistet werden, so daß Inhalt und Umfang der Berechnungen eindeutig dokumentiert sind.

2.2 Annahmen zur Ermittlung der Strahlenbelastung der Umgebung nach Störfällen

(1) Durch geeignete Auslegungsmassnahmen müssen die radiologischen Auswirkungen von Störfällen innerhalb der durch § 28 Abs. 3 Satz 1 StrlSchV zulässigen Grenzen so gering wie möglich gehalten werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Störfälle eine ausreichend geringe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen müssen. Freisetzungen bei anomalen Betriebsfällen (z. B. kurz dauernder Ausfall der Eigenbedarfsversorgung) sind auf die betrieblichen Abgaben gemäß § 45 StrlSchV anzurechnen.

(2) In Analysen sind die relevanten Störfälle zu ermitteln, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung des Kernkraftwerks führen können.

(3) Für die gemäß Absatz (2) ermittelten Störfälle ist die Strahlenbelastung der Umgebung unter Verwendung realistischer, hinreichend gesicherter Annahmen über die Spaltproduktfreisetzung in die einschließenden Systeme, über die Ablagerungsfaktoren an den Einbauten sowie über den zeitlichen Verlauf von Leck- bzw. Ausströmraten für die einschließenden Systeme zu berechnen.

(4) Insbesondere sind der Berechnung der Strahlenbelastung nach dem unterstellten Bruch einer Hauptkühlmittelleitung folgende hypothetische Annahmen zugrunde zu legen:

1. Effektive Einsatzzeit der Brennstäbe

Die effektive Einsatzzeit der Brennstäbe ist mit 2,5 Vollast-Jahren anzunehmen.

2. Umfang der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Brennstäben

Bezogen auf das Kerninventar, sind folgende Anteile an Spalt- und Aktivierungsprodukten als in den Sicherheitsbehälter freigesetzt anzunehmen:

10 % der Edelgase und Halogene

5 % der flüchtigen Feststoffe (z. B. Cs, Te, Ru)

0,1 % der sonstigen Feststoffe

3. Rückhaltefaktoren

Der Anteil der durch Ablagerung, Auswaschung und ähnliche Effekte auf dem Transportweg in den Sicherheitsbehälter und in diesem selbst zurückgehaltenen radioaktiven Stoffe ist — bezogen auf die unter Punkt 2 genannten Anteile — bei den

Edelgasen mit 0% und

bei allen übrigen Stoffen mit 75%

anzusetzen.

4. Chemische Form der luftgetragenen Halogene

Es ist anzunehmen, daß nach Ablauf der unter Punkt 3 angegebenen Abscheideprozesse von den im Sicherheitsbehälter dann noch luftgetragen vorliegenden Halogen 85% elementar, 10% in organisch gebundener Form und 5% aerosolförmig vorliegen.

5. Leckrate des Sicherheitsbehälters

Den Berechnungen ist bis zum praktischen Ausgleich der Drücke innerhalb und außerhalb des Sicherheitsbehälters die spezifizizierte maximale integrale Leckrate zugrundezulegen. Danach braucht keine weitere Leakage unterstellt zu werden.

6. Anteil organischen Jods in der Filterzuluft

Das elementare Jod wandelt sich auf dem Transport zu den Filtern zum Teil in organisch gebundenes Jod um. Es ist daher ein Anteil von 30% organischen Jods am Gesamtjod in der Filterzuluft anzunehmen.

7. Abscheidegrade der Störfallfilter

Für die Wirksamkeit der zur Beherrschung des Störfalls vorgesehenen Filter sind folgende Abscheidegrade anzusetzen:

- 0 % für Edelgase
- 99 % für Halogene in organisch gebundener Form
- 99,9% für alle übrigen Stoffe.

2. Reaktorkern

2.1 Reaktorauslegung

3.1.1 Nukleare und thermohydraulische Auslegung

(1) Die der Wärmeentwicklung im Reaktorkern zugrundegelegten Wärmestromdichten dürfen bei bestimmungsgemäßem Betrieb mit Sicherheit nicht überschritten werden. Ihre Einhaltung muß durch Messung ausreichend überwacht werden können.

(2) Der Reaktor muß so ausgelegt sein, daß bei bestimmungsgemäßem Betrieb Filmsieden mit ausreichendem Sicherheitsabstand vermieden wird. Für die Bestimmung des Abstandes vom Filmsieden sind durch Messungen ausreichend abgesicherte Beziehungen zu verwenden.

(3) Durch Schwankungen der Betriebsvariablen bei bestimmungsgemäßem Betrieb (Leistung, Durchsatz, Temperatur, Druck) dürfen die als zulässig spezifizierten Grenzwerte für die Brennelemente und der für die Kernintegrität wichtigen Anlagenteile nicht überschritten werden.

(4) Bei der Auslegung der Brennelemente und der Berechnung sind höchste Anforderungen an die Berechnungsgrundlagen und -methoden zu stellen, wobei alle bedeutsamen Effekte zu berücksichtigen sind, wie z.B. der Einfluß der Bestrahlung auf Werkstoffeigenschaften, chemische Vorgänge, statische und dynamische, mechanische und thermische Belastungen, dynamisches (Struktur-)Verhalten des Brennstoff- und Hüllmaterials sowie Unsicherheiten in der Berechnung.

3.1.2 Abschaltssysteme

(1) Der Reaktor muß zwei voneinander unabhängige und verschiedenartige Abschaltssysteme besitzen. Jedes dieser beiden Abschaltssysteme muß den Reaktor aus jedem stationären Betriebszustand in den unterkritischen Zustand bringen können, ohne daß dabei die zulässigen Betriebsgrenzwerte des Reaktorkerns überschritten werden.

(2) Wenigstens eines der beiden Abschaltssysteme (als Schnellabschaltssystem bezeichnet) muß in der Lage sein, den Reaktor — auch bei möglichen Reaktivitätsstörungen — so schnell in den unterkritischen Zustand zu bringen, daß die jeweils zulässigen Grenzwerte nicht überschritten werden. Mindestens eines der beiden Abschaltssysteme muß in der Lage sein, den Reaktorkern langfristig allein unterkritisch zu halten.

(3) Mindestens ein Abschaltssystem muß in der Lage sein, bei betriebsmäßig zu erwartenden Transienten die Überschreitung von jeweils spezifizierten Werten und bei Störfällen, zusammen mit anderen Sicherheitseinrichtungen, die Beschädigung des Reaktorkerns und der Druckführenden Umschließung zu verhindern. Diese Bedingungen müssen auch erfüllt sein, wenn bei einer beliebigen Störung die zuerst am schnellsten Anregung ausfällt.

(4) Es ist ein Schnellabschaltssystem vorzusehen, (vgl. Absatz 2), das von Anregungen ausgelöst wird, die grundsätzlich von verschiedenen Prozeßvariablen abgeleitet und in sich redundant sind. Falls bei bestimmten Störfällen Anregungen nur von einer Pro-

zeßvariablen ausgehen können, ist dafür zu sorgen, daß die betreffende Signalerfassung und -übertragung im Verhältnis zur Signalerfassung und -übertragung der übrigen Größen entsprechend sicherheitstechnisch höherwertig ausgeführt wird.

(5) Die Antriebe der Steuerelemente, einschließlich aller dazugehörigen Hilfssysteme, dürfen nur insoweit gemeinsame Komponenten haben, als sichergestellt ist, daß ein Einzelfehler die zuverlässige Abschaltung des Reaktors nicht beeinträchtigt.

(6) Die Abschaltssysteme müssen derart ausgeführt sein, daß beim Eintreten mehrerer voneinander nicht unabhängiger Ereignisse (z.B. Brände, Wassereintritt) die Abschaltung des Reaktors sichergestellt ist.

(7) Der Reaktivitätsgewinn bei maximaler Abkühlungsleistung (auch bei Störfällen, wie z.B. Frischdampfungsbruch oder Zulauf von kaltem Wasser) muß durch Abschaltssysteme so schnell ausgeglichen werden können, daß der Reaktorkern in den unterkritischen Zustand überführt und diesem gehalten werden kann. Ein kurzes Wiederkritischwerden ist hierbei zulässig, wenn bestimmte spezifizierte Grenzwerte nicht überschritten werden.

(8) Arbeitet eines der beiden Abschaltssysteme mit einer Boreinspeisung, so ist eine Überwachung der Borkonzentration in den für die Sicherheit wichtigen Vorratsspeichern vorzusehen.

(9) Das mit den Steuerelementen arbeitende Abschaltssystem ist so auszulegen, daß die berechnete Abschaltreaktivität bei Nulllast im betriebswarmen Zustand und bei gezogenem, wirksamsten Steuerelement den Wert von 1% während der Kernlebensdauer nicht unterschreitet.

(10) Gegen das unkontrollierte Ausfahren von Steuerelementen sind Maßnahmen vorzusehen. Es ist nachzuweisen, daß ein derartiger Störfall dennoch beherrscht werden kann.

(11) Gegen den Auswurf eines Steuerelements, z.B. infolge eines Bruches des Gehäuserohres oder des Betriebs, ist außer der sicheren Auslegung und der sorgfältigen Fertigungskontrolle des Gehäuserohres eine davon unabhängige zweite Sicherheitsmaßnahme zu treffen, z.B. eine Auffangvorrichtung, es sei denn, die Energiefreisetzung infolge des Auswurfs des Steuerelements mit dem größten Reaktivitätswert ist mit Sicherheit zu keiner Beschädigung des Reaktorkerns und des Reaktorsystems. In diesem Falle ist vom Antragsteller ein entsprechender Nachweis vorzulegen. Durch den Bruch eines Steuerelementengehäuserohres oder eines Steuerelementes dürfen an benachbarten Steuerelementengehäuserohren oder Steuerelementen keine Schäden auftreten, die die Funktionsfähigkeit anderer Steuerelemente beeinträchtigen würden. Wenn ein Folgeschaden nicht ausgeschlossen werden kann, ist nachzuweisen, daß auch bei diesem Störfall der Reaktorkern unbeschädigt bleibt.

(12) Wenn das Schnellabschaltssystem (z.B. Steuerelemente) gemeinsame Komponenten mit dem Steuersystem hat, muß sichergestellt sein, daß keine Funktion des Steuersystems (auch nicht eine durch Fehler im Steuersystem erzeugte Funktion) das bestimmungsgemäße Funktionieren des Schnellabschaltssystems verhindert oder ungünstig beeinflusst.

(13) In regelmäßigen Zeitabständen sind alle Steuerelemente auf Leichtgängigkeit zu prüfen und die Stabfallzeiten zu registrieren.

(14) Läßt sich ein Steuerelement nicht mehr verfahren, so ist der Reaktor unterkritisch zu machen und die weitere Betriebsfähigkeit zu überprüfen.

3.1.3 Betriebstransienten mit Anforderung des Schnellabschaltssystems

(1) Der Verlauf von Transienten, mit deren Eintreten während der Reaktorlebensdauer zu rechnen ist (Betriebstransienten) und in deren Ablauf so große Änderungen der Betriebsvariablen erzeugt werden, daß

eine Reaktorschnellabschaltung erfolgt, ist zu untersuchen.

(2) Es ist zu zeigen, daß bei den beschriebenen Transienten

1. die Wärmestromdichten einen hinreichenden Abstand zur kritischen Wärmestromdichte haben,
2. der Druck in der Druckführenden Umschließung grundsätzlich unterhalb des Ansprechdrucks der Sicherheitsventile bleibt,
3. die Energiefreisetzung in den Brennstäben so gering ist, daß Schmelzen vermieden wird.

Bei den Analysen sind die für derartige Untersuchungen typischen Ausgangsbedingungen (z. B. Überlast oder Ausfall der ersten Schnellabschaltanregung) anzusetzen.

3.2 Inhärente Sicherheit

(1) Neben dem negativen Reaktivitätskoeffizienten der Brennstofftemperatur soll der Reaktivitätskoeffizient der Kühlmitteltemperatur bei Nennbetriebszustand negativ sein. Ist der Reaktivitätskoeffizient der Kühlmitteltemperatur vorübergehend während der Inbetriebsetzungsphase nicht negativ, so ist im Hinblick auf Störfälle (Kühlmittelverlust) nachzuweisen, daß der zusätzliche Leistungsbeitrag unbedenklich ist.

(2) Für den Nennbetriebszustand ist nachzuweisen, daß jede bei Störfällen mit Druckentlastung mögliche lokale Dampfblasenbildung stets eine negative Rückwirkung auf die Reaktivität und die lokale Leistungsdichte hat.

(3) Ist für Zustände unterhalb der Nenntemperatur eine vorübergehend positive Rückwirkung (Zyklusbeginn) nicht auszuschließen, so ist im Hinblick auf Störfälle nachzuweisen, daß der zusätzliche Leistungsbeitrag unbedenklich ist.

3.3 Einbauten im Reaktordruckbehälter

(1) Die Einbauten im Reaktordruckbehälter müssen den während des bestimmungsgemäßen Betriebs auftretenden Beanspruchungen standhalten. Die Einbauten im Reaktordruckbehälter müssen so ausgelegt sein, daß bei den in Kapitel 21.1 genannten Störfällen die Unterkritikalität des Reaktors durch das Schnellabschaltssystem (Einfall einer ausreichenden Anzahl von Steuerelementen), die langfristige Abschaltung und die Kühlbarkeit des Reaktorkerns durch die dafür vorgesehenen Systeme gewährleistet sind.

(2) Es müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um lose oder abgelöste Teile, die sich in der Druckführenden Umschließung befinden, feststellen zu können. Zusätzlich ist anzustreben, daß durch geeignete Maßnahmen lose oder abgelöste Teile in der Druckführenden Umschließung geortet werden können.

(3) Das Schwingungsverhalten der Einbauten im Reaktordruckbehälter ist durch geeignete Messungen schon während der Inbetriebnahme der Anlage zu untersuchen. Auch während der Betriebszeit der Anlage sollten Messungen wiederholt werden können.

4. Behälter und Rohrleitungssysteme

4.1 Druckführende Umschließung des Reaktorkühlmittels

4.1.1 Geltungsbereich

(1) Zur Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels gehören der Reaktordruckbehälter, die Primärkühlmittel führenden Teile der Dampferzeuger, der Druckhalter, die Hauptkühlmittelpumpen und die verbindenden Rohr- und Anschlußleitungen, einschließlich der ersten Absperrarmatur. Der Sekundärmantel der Dampferzeuger ist hinsichtlich der Werkstoffwahl, der Auslegungsgrundsätze, der Qualitätssicherung, der Fertigungskontrolle und der wiederkehrenden Prüfungen ebenso wie die Druckführende Umschließung zu behandeln. Für Rohrleitungen kleiner Nennweiten, z. B. Meß- und Steuerleitungen, gilt sinngemäßes, wenn bei deren Versagen sicherheitstechnisch bedeutsame Folgen nicht auszuschließen sind.

4.1.2

Auslegung, Gestaltung, Werkstoffwahl

(1) Die nachfolgenden Anforderungen ergeben eine Basissicherheit der Druckführenden Umschließung, welche ein katastrophales, auf Grund herstellungsbedingter Mängel eintretendes Versagen eines Anlagenteils ausschließt.

Diese Basissicherheit eines Anlagenteils wird durch

- hochwertige Werkstoffeigenschaften, insbesondere Zähigkeit

- konservative Begrenzung der Spannungen

- Vermeidung von Spannungsspitzen durch optimale Konstruktion

- Gewährleistung der Anwendung optimierter Herstellungs- und Prüftechnologien

- Kenntnis und Beurteilung ggf. vorliegender Fehlerzustände

- Berücksichtigung des Betriebsmediums

bestimmt. Im einzelnen müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

(2) Die Druckführende Umschließung muß so ausgelegt werden, daß sie hinreichend oft den während des bestimmungsgemäßen Betriebs und bei Störfällen maximal auftretenden Belastungen ausgesetzt werden kann.

(3) Alle Komponenten der Druckführenden Umschließung sind konstruktiv so zu gestalten, daß die Prüfungen bei der Herstellung und am Aufstellungsort und die wiederkehrenden Prüfungen in ausreichendem Maße möglich sind. Dies gilt insbesondere für die Schweißnähte.

(4) Die Werkstoffe für die Druckführende Umschließung einschließlich Plattierung müssen so beschaffen sein, daß alle Komponenten entsprechend den Festlegungen dieser Leitlinien in ausreichendem Maße zerstörungsfrei prüfbar sind.

(5) Nicht oder nur beschränkt wiederkehrend prüfbare Bereiche der Druckführenden Umschließung müssen so klein gehalten werden, daß postulierte Fehler, die so groß sind wie die nicht prüfbaren Bereiche, zu keinem Versagen des Bauteils führen können, dessen Folgen nicht beherrschbar wären.

(6) Durch Werkstoffauswahl und sachgerechte Formgebung, Schweißung und Wärmebehandlung muß an allen Stellen der Druckführenden Umschließung bei allen betriebs- und störfallmäßig durchführbaren Anlagenzuständen ein ausreichend zäher Werkstoffzustand während der Lebensdauer der Anlage erhalten bleiben. Dieses ist u. a. durch eine Begrenzung der maximalen Neutronenfluenz im kernnahen Bereich der Wand des Reaktordruckbehälters auf 10^{18} cm^{-2} (Energie $> 1 \text{ MeV}$, sicherzustellen. Für die bei Neutronenstrahlung ausgesetzten Bereiche der Druckbehälterwand sind im Grundwerkstoff und im Schweißgut alle Anforderungen an die chemische Zusammensetzung einzuhalten, die zu einer Verminderung der Strahlenversprödung führen.

(7) Die Anforderungen an Auslegung, Gestaltung, Werkstoff und Herstellungsverfahren sind grundsätzlich vom Reaktoranlagenlieferer und Komponentenhersteller gemeinsam mit den Gutachtern in allen Einzelheiten abzustimmen. Die Auslegung, Werkstoffwahl und Verarbeitungsschritte sind unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik durch den Gutachter zu überprüfen.

(8) Für alle Komponenten der Druckführenden Umschließung sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, für die eine auf den Hersteller, die Erzeugnisform und das Herstellungsverfahren bezogene Begutachtung stattgefunden hat. Diese Begutachtung muß spätestens bis zur Inbetriebnahme abgeschlossen oder durch eine entsprechende, auf die Komponente ausgerichtete Einzelbegutachtung abgedeckt sein.

1. Sie umfaßt für ferritische Werkstoffe (ausgenommen Schraubenstähle) u. a. eine Überprüfung des Seigerungsverhaltens und Untersuchungen der

Schweißleistung und der Schweißsicherheit, zu denen u. a. Schweißsimulationsversuche, Fördereinschweißversuche bei dickwandigen Erzeugnisformen und Tangentialschliffprüfungen gehören. Ziel der Untersuchungen an schweißsimulierten Proben ist es, die Veränderungen des Zähigkeitsverhaltens von Gefügen der Wärmeinflusszone nach thermomechanischen Belastungen im Temperaturbereich des Spannungsarmglühens festzustellen. Der Mindestwert der Kerbschlagarbeit von 68 J — ermittelt an praxisnah simulierten Proben — darf bei Temperaturen der Betriebszustände nicht unterschritten werden.

2. Das Bauteilzähigkeitsverhalten ist mittels Großproben und bauteilähnlicher Versuche unter Berücksichtigung geschädigter und fehlerhafter Werkstoffbereiche zu untersuchen.
3. Darüberhinaus sind die Langzeitbeanspruchungsschwingender Beanspruchungen und bei statischen und zyklischen Beanspruchungen die Korrosionseinwirkungen, einschließlich der Bedingungen zu untersuchen, bei denen Spannungsrisskorrosion auftritt.
4. Alle Untersuchungen sind auf einer hinreichend breiten Parameterbasis durchzuführen.
5. Für Werkstoffe, von denen auf Grund sonstiger Untersuchungen, umfangreicher Fertigungserfahrung und langjähriger betrieblicher Bewährung bekannt ist, daß sie auch hinsichtlich der vorgenannten Gesichtspunkte für Komponenten der Druckführenden Umschließung geeignet sind, gilt die Bedingung der Begutachtung dann als erfüllt, wenn der Gutachter dies ausdrücklich mit Begründung bestätigt.)

(9) Zähigkeitsanforderungen

1. Die ferritischen Werkstoffe müssen so beschaffen sein, daß für Grundwerkstoffe, Schweißgut und Wärmeinflusszone die Referenz-NDT-Temperatur um mindestens 33 K sowohl unter der niedrigsten beanspruchten Beanspruchungstemperatur als auch unter der Druckprüfungstemperatur liegt. Hierbei ist die Referenz-NDT-Temperatur durch die folgenden Maßnahmen definiert:

— Festlegung einer Temperatur T_{NDT} , welche gleich oder höher liegt als die Spröbbruchübergangstemperatur, festgestellt mit Hilfe von Fallgewichtversuchen.

— Bei einer Temperatur nicht größer als $T_{NDT} - 33\text{ K}$ soll jede Probe aus dem Kerbschlagbiegeversuch (ISO-V-Querproben) mindestens 0,9 mm laterale Breitung und nicht weniger als 68 J Kerbschlagarbeit aufweisen. Sind diese Anforderungen erfüllt, ist die T_{NDT} die RT_{NDT} . Die Kerbschlagarbeit muß in der Höhe (ISO-Querproben) oder in der Tiefe (ISO-V-Querproben) von einem Viertel der Vergütungswanddicke einen Wert von mindestens 100 J ergeben (Einzelwert).

Tiefe von einem Viertel der Vergütungswanddicke einen Wert von mindestens 100 J ergeben (Einzelwert).

— Für den Fall, daß die oben genannten Forderungen nicht erfüllt sind, sind zusätzlich Kerbschlagbiegeprüfungen (ISO-V-Querproben) durchzuführen, in Sätzen von jeweils drei Proben, um die Temperatur T_{AV} zu bestimmen, bei welcher oben genannte Anforderungen erfüllt sind. In diesem Fall ist die Referenz-Temperatur $RT_{NDT} = T_{AV} - 33\text{ K}$. Somit ist die Referenz-Temperatur RT_{NDT} die höhere Temperatur von T_{NDT} und $T_{AV} - 33\text{ K}$.

— Falls der Kerbschlagbiegeversuch nicht bei $T_{NDT} \pm 33\text{ K}$ durchgeführt wurde oder wenn er nicht bei $T_{NDT} \pm 33\text{ K}$ die Minimalwerte von 68 J und 0,9 mm laterale Breitung aufweist, soll die Temperatur, bei der das Minimum der Kerbschlagarbeit von 68 J und der lateralen Breitung von 0,9 mm vorhanden ist, aus der vollständigen Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve ($av-T$ -

Kurve) ermittelt werden, die aus den unteren 1/4-erter aller Proben gebildet wird.

Für die Kerbschlagbiegeversuche ist bei der ursprünglichen Temperatur eine Wiederholungsprüfung unter folgenden Bedingungen gestattet:

- Der Mittelwert der Prüfergebnisse darf den spezifizierten Einzelwert nicht unterschreiten.
- Nicht mehr als eine Probe darf unter dem spezifizierten Einzelwert liegen.
- Das Ergebnis der ausgefallenen Probe, die den spezifizierten Einzelwert nicht erreichte, darf nicht niedriger sein als 13,6 J oder 0,13 mm unter dem spezifizierten Wert.

Eine Wiederholungsprüfung besteht aus zwei zusätzlichen Proben für die jeweils ausgefallene Probe, welche so nahe wie möglich am Ursprungsprobenentnahmeort entnommen werden müssen. Zur Erfüllung der Wiederholungsprüfung müssen beide Proben den spezifizierten Einzelwert erreichen.

4. Falls der Nachweis der NDT-Temperatur wegen der Bauteilgeometrie (dünnwandige Erzeugnisform) nicht möglich ist, muß, soweit von den Bauteilabmessungen her eine Kerbschlagprobenentnahme möglich ist, nachgewiesen sein, daß die Kerbschlagarbeit mindestens 68 J und die laterale Breitung mindestens 0,9 mm betragen. Diese Werte sind in der Regel von ISO-V-Querproben zu erbringen. Bei geringer Wanddicke können ISO-V-ähnliche Proben zur Beurteilung herangezogen werden.

5. Bei nicht ferritischen Werkstoffen (martensitisch, austenitisch) sind die Zähigkeitsanforderungen im Rahmen der Pläne für die Fertigung und Prüfung mit dem Gutachter zu regeln.

(10) In Ergänzung zur-Werkstoffbegutachtung ist das Zähigkeitsverhalten nach Langzeitbeanspruchung (Temperatur, Lastwechsel, Neutronenbestrahlung und Korrosion) an Kleinproben zur Beurteilung des Langzeitverhaltens zu ermitteln.

(11) Für die geraden Stränge der Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung sind in der Regel nahtlose Rohre zu verwenden. Die Verwendung nahtloser Krümmer ist anzustreben.

Fertigung

Grundsätze

Die Fertigung und ihre Überwachung müssen von Beginn der Fertigung an in einen formalen Genehmigungsprozess einbezogen werden. Vor Beginn der Fertigung sind vom Komponentenersteller Pläne für die Fertigung und Prüfung aufzustellen. Diese sind von den Bauteilherstellern und Gutachtern über den Bauteilhersteller, Reaktorinstallationshersteller und Gutachter haben dafür zu sorgen, daß der gesamte Fertigungsablauf vollständig überwacht und dokumentiert wird. Einzelne Festlegungen über die zerstörende und zerstörungsfreie Prüfung sind in den folgenden Kapiteln enthalten:

(1) Jedes Ausarbeiten und Ausbessern eines Fehlers bedarf der vorherigen Abstimmung mit dem Gutachter oder seinem Beauftragten. Dabei ist abzuwägen, inwieweit die vorgesehene Reparatur gegenüber einem Belassen des Fehlers sicherheitstechnische Vor- oder Nachteile bringt. Arbeitsvorgänge und charakteristische Fehlerdaten sind zu dokumentieren.

(2) Für Schweißgut, Schweißzusatzwerkstoffe und Schweißhilfsstoffe sind geeignete Zulassungsprüfungen bzw. Eignungsprüfungen vorzunehmen.

(3) Auftragsschweißplattierungen müssen zerstörungsfrei prüfbar sein und so beschaffen sein, daß der Trägerwerkstoff von innen und außen einwandfrei mit Wasser durchgeprüft werden kann.

(4) Bei Stahlgußgehäusen sind die für die Qualität und die Fehlerfreiheit maßgebenden gießtechnischen Einzelheiten in den Plan über die Fertigung aufzunehmen. Fertigungsschweißungen sind bei ferritischen

*) Die auf weiteres sollten diese Bestätigungen mit der RSK abgestimmt werden.

Stählen je nach Werkstoff entweder zu normalisieren oder zu vergüten oder spannungsarm zu glühen. Sie sind zu dokumentieren.

4.1.3.2 Begleitende zerstörende Prüfungen

(1) Durch geeignete Prüfungen ist nachzuweisen, daß über die gesamte Wanddicke ausreichende Zähigkeits- und Festigkeitseigenschaften vorliegen.

(2) Falls bei Bauteilen mit großer Wanddicke Unterschreitungen der in den Werkstoffblättern genannten Mindestwerte für Streckgrenze und Zugfestigkeit im Wandinnern auftreten, sind sie nur dann zulässig, wenn sie z. B. im zylindrischen Bereich nicht über 10% und in Rohrböden und Flanschringen nicht über 20% liegen und wenn gezeigt wird, daß die Kerbschlagarbeit bei einer Prüftemperatur von 80° C auch in der Wandmitte einen Wert von mindestens 68 J erreicht.

(3) Daß diese Anforderungen erfüllt werden, ist nicht nur durch die Untersuchungen im Rahmen der Begutachtung zu zeigen, sondern auch dann im Zuge der begleitenden Prüfungen im repräsentativem Umfang nachzuweisen, wenn dies am Halbzeug durch Entnahme von Bohrkernen, z. B. im Bereich von Stützen-ausschnitten und dgl., möglich ist.

(4) Im Rahmen der Verfahrens- und Arbeitsprüfungen sind im repräsentativen Umfang erweiterte Prüfungen metallographischer Art (Querschliff- und Mehrstufen-Tangentialschliffe über die ganze Wanddicke) durchzuführen. Diese Prüfungen sind auch für Reparatur-schweißungen vorzunehmen. Ebenso sind in repräsentativem Umfang Schweißsimulationsversuche der eingesetzten Schmelzen durchzuführen. Auf diese erweiterten Prüfungen kann innerhalb bestimmter Analysengrenzen verzichtet werden, wenn im Zuge der Werkstoffbegutachtung nach 4.1.2 (8) für diese Analysen nachgewiesen wurde, daß keine Relaxationsversprödungen und keine Relaxationsrisse auftreten. Wenn jedoch im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Untersuchungen bei der Fertigung Ribbildung auftritt oder Hinweise auf Versprödung oder Ribbildung vorhanden sind, sind Tangentialschliffuntersuchungen und Schweißsimulationsversuche wieder erforderlich. Für den Werkstoff der Schale des Reaktordruckbehälters (ausgenommen Stützen und Anschweißteile) sind bei der Herstellung schmelzenweise schweißsimulierte Proben herzustellen und entsprechend Absatz 4.1.2 (8) zu prüfen.

4.1.3.2 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen

(1) Alle für die Druckführende Umschließung vorgesehenen Erzeugnisformen sind mit ausreichender Fehlererkennbarkeit zerstörungsfrei zu prüfen. Hierzu gehören die Ultraschallprüfung eines jeden Volumenelements und eine lückenlose Oberflächenrißprüfung. Bei größeren Rohrlängen mit Nennweiten unter 500 mm ist die Oberflächenrißprüfung an den Innenoberflächen soweit durchzuführen, wie diese von den Enden aus zugänglich sind.

(2) Die Auswahl der Prüftechniken und Einschallrichtungen ist so zu treffen, daß alle sicherheitstechnisch bedeutsamen Fehler mit beliebiger Orientierung gefunden werden. Dabei sind Fehler mit Orientierungen senkrecht zu den Hauptspannungsrichtungen (Betriebsbeanspruchung) durch die Wahl von hierfür besonders geeigneten Prüftechniken und Einschallrichtungen zu berücksichtigen. Z. B. muß die Prüfung bei Schmiedestücken, Blechen, Gußstücken, Rohren mit Außendurchmessern von 100 mm aufwärts und Rohren für Regelstabdurchführungen sowohl mit Normal- als auch mit Schrägeinschallung vorgenommen werden. Bei der Schrägeinschallung sind mindestens zwei verschiedene Prüfrichtungen anzuwenden, die sich um etwa 90° voneinander unterscheiden sollen, wenn nur aus zwei Richtungen geprüft wird. An Schmiedestücken mit Wanddicken über 100 mm ist bei der Ultraschallprüfung zusätzlich die Tandemtechnik oder eine vergleichbare Prüftechnik anzuwenden. Rohre mit Außendurchmessern unter 100 mm sind mindestens auf Längsfehler zu prüfen. Die Oberflächenrißprüfung muß alle Richtungen erfassen.

(3) Bei den dickwandigen Erzeugnisformen der Wand des Reaktordruckbehälters, des Druckhalters, der Dampfergehäuse (einschließlich der Sekundärmäntel) und der durchgesteckten Stützen ist darüberhinaus der Schalldurchgang zu beachten. Dies bedeutet, daß an allen Stellen, an denen auf Grund der Geometrie ein Rückecho oder ein Formecho zu erwarten ist, auch ein solches Echo auftritt. Stellen, an denen dieses Echo verschwindet oder erheblich geschwächt wird, müssen mittels verfeinerter Methoden auf die Ursache dieser Beeinträchtigung des Schalldurchgangs untersucht werden.

(4) Bei Armaturengehäusen aus Stahlguß ist an Stelle der in Absatz 1 und 2 beschriebenen Ultraschallprüfung eine vollständige Durchstrahlungsprüfung vorzunehmen. Bei ferritischem Stahlguß sind Ultraschallprüfungen an Fertigungsschweißungen, Anschweißenden und solchen Stellen durchzuführen, bei denen die Durchstrahlungsprüfungen nicht die erforderliche Aufnahmegüte erreicht oder bei denen konstruktive oder giebtechnische Besonderheiten dies erforderlich machen. Bei austenitischem Stahlguß sind Einschränkungen der Durchstrahlungsprüfung durch entsprechende konstruktive Maßnahmen zu vermeiden.

(5) An den Schweißnahtflanken ist vor dem Schweißen eine Oberflächenrißprüfung vorzunehmen, die bei ferromagnetischem Werkstoff mit Magnetpulver durchgeführt werden soll.

(6) Alle Schweißnähte sind nach ihrer letzten Wärmebehandlung mittels Ultraschall und einem Verfahren der Oberflächenrißprüfung mit ausreichender Fehlererkennbarkeit zu prüfen. Bei Schweißnähten an Komponenten mit Nennweiten unter 500 mm, bei denen die Empfindlichkeit der Ultraschallprüfung durch die Werkstoffeigenschaften so beeinträchtigt wird, daß auch bei Anwendung der nach dem Stand der Technik verfügbaren Verfahren der Impulsschallmethode wie Einkopftechnik, fokussierende Prüfköpfe (mit gekrümmten Linsen), Sender-Empfänger-Technik, Breitbandprüfköpfe, Einsatz von Longitudinalwellen, keine aussagefähige Prüfung zustandekommt, kann die Ultraschallprüfung durch die Durchstrahlungsprüfung ersetzt werden.

(7) Bei Bauteilen mit 100 mm Außendurchmesser und mehr sind die Schweißnähte nach der Druckprüfung erneut zu prüfen. Einzelheiten sind mit dem Gutachter abzustimmen. Bei Rundnähten an Rohrleitungen kann diese Prüfung dann entfallen, wenn hier senkrecht zur Schweißnaht keine wesentlichen Beanspruchungen aufgetreten sind.

(8) Ergibt sich aus der Fertigungsfolge, daß die Prüfungen nach der letzten Wärmebehandlung nur mit einer geringeren Fehlererkennbarkeit durchgeführt werden können als vorher, ist eine zusätzliche Prüfung zu einem früheren Zeitpunkt notwendig, zu dem die Bedingungen für eine genügend hohe Fehlererkennbarkeit noch gegeben sind. Bei Stumpfnähten mit einer Wanddicke von 40 mm und darunter ist zusätzlich eine Durchstrahlungsprüfung zu einem hierfür geeigneten Zeitpunkt der Fertigungsfolge vorzunehmen. Bei Rundnähten mit Außendurchmessern unter 100 mm und einem Verhältnis der Nennwanddicke zum Außendurchmesser von weniger als 0,1 kann bei einer nach der letzten Wärmebehandlung ausgeführten Durchstrahlungsprüfung bei bestmöglicher Bildgüte in Abstimmung mit dem Gutachter auf die Ultraschallprüfung verzichtet werden.

(9) Zur Ultraschallprüfung der Stumpf-, Stützen- und Anschweißnähte sind bei Wanddicken von 40 mm an aufwärts für jedes Volumenelement mindestens zwei verschiedene Einschallwinkel zu benutzen. Im Hinblick auf die Prüfrichtung (Projektion des Hauptstrahls auf die Tangentialebene) sind alle Fehlerorientierungen senkrecht zur Oberfläche zu erfassen. Die Fehlerrichtungen längs und quer zur Schweißnaht, bei Großschweißungen auch 45° zur Naht Richtung, sind durch Hin- und Herbewegen des Prüfkopfes bei annähernd gleichbleibender Prüfrichtung zu berücksichtigen. Auf die dazwischenliegenden Fehlerrichtungen ist durch zusätzliches Hin- und Herfahren des Prüfkopfes unter fächerndem Schwenken zu prüfen.

Bei Wanddicken von 100 mm an aufwärts ist zusätzlich zu dem üblichen Einkopfverfahren die Tandemtechnik anzuwenden.

(10) Falls einseitig geschweißte Nähte unvermeidbar sind, wie z. B. bei den Montagenähten der Rohrleitungen, ist die nach 4.1.2 geforderte Prüfbarkeit u. a. durch genaue Anpassung, Vermeiden von störendem Nachversatz, gleichmäßige Wurzelbildung und ausreichend große Ankopplungsflächen beiderseits der Naht für die Ultraschallprüfung uneingeschränkt sicherzustellen.

(11) Auftragsschweißungen sind nach der letzten Wärmebehandlung vollständig auf Oberflächenrisse zu prüfen. Austenitische Auftragsschweißungen sind mittels Senkrechteinschallung und ferritische Auftragsschweißungen zusätzlich mittels Schrägeinschallung nach der letzten Wärmebehandlung zu prüfen.

(12) Hilfsschweißungen, d. h. solche Schweißungen, die zu Montagezwecken angebracht und wieder entfernt werden, sind so durchzuführen, daß der Brand in den tragenden Werkstoff auf die übliche Aufschmelztemperatur begrenzt bleibt. Es sind die Schweißnahtschweißnähten vergleichbarer zäher Werkstoffzustand im Schweißgut und in der Wärmeeinflußzone vorhanden sein. Alle Hilfsschweißstellen sind — auch wenn die Hilfsnähte entfernt wurden — unter genauer Angabe ihrer Lage und Ausdehnung zu dokumentieren. Sie sind nach der letzten Wärmebehandlung einer Härteprüfung, Oberflächenrißprüfung, Ultraschallprüfung auf Fehler unter der Oberfläche zu unterziehen und in den Umfang der wiederkehrenden Prüfung mit einzubeziehen, sofern nicht durch Überprüfung mittels Anätzen sichergestellt ist, daß der Überhitzungsbereich der Wärmeeinflußzone durch Abarbeiten vollständig beseitigt ist.

(13) Die gesamte Oberfläche im zugänglichen Bereich der Druckführenden Umschließung ist nach der letzten Wärmebehandlung mit einem Verfahren der Oberflächenrißprüfung zu untersuchen. Bei örtlicher Glühung beschränkt sich die Prüfung auf den durch die Glühung beeinflussten Bereich.

(14) Bei austenitischem Stahlguß ist durch geeignete Prüfungen (z. B. Bauteil-Metallographie) nachzuweisen, daß ein einwandfreier Gefügestand vorliegt. Dies hat bei jedem größeren Bauteil stückweise und bei kleineren Bauteilen losweise zu erfolgen.

4.1.3 Betrieb

4.1.3.1 Grundsätze

(1) Für alle Teile der Druckführenden Umschließung sind ausreichende Inspektions- und wiederkehrende Prüfmöglichkeiten vorzusehen. Für die Konzeptberatung ist deshalb ein Plan für die wiederkehrenden Prüfungen vorzulegen.

(2) Ein zum selben Zeitpunkt vorzulegender Plan soll Art und Anzahl von Werkstoffproben des Reaktordruckbehälters ausweisen, welche zur Feststellung von Änderungen der Materialeigenschaften durch Betriebseinflüsse, als Folge von Neutronenbestrahlung, nach bestimmten Betriebszeiten dienen. Durch Einhängenproben ist sicherzustellen, daß die Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften von Grundwerkstoff und Schweißverbindung nach bestimmter Neutronenbestrahlung ermittelt werden können.

(3) Die in Absatz 1 und 2 geforderten Pläne sind mit dem Gutachter abzustimmen.

(4) Die Druckführende Umschließung ist laufend auf Leckagen zu überwachen. Die Lokalisierung von Leckagen soll möglich sein.

(5) In Bereichen erhöhten Strahlenpegeis sind an den zu inspizierenden Teilen Isolierungen so auszuführen, daß die erforderlichenfalls schnell abgenommen und wieder montiert werden können. Eine Mechanisierung der Ultraschallprüfung soll mit Rücksicht auf die Strahlenbelastung des Personals möglich sein.

(6) Die Aussagefähigkeit der zerstörungsfreien Prüfungen ist vor der ersten Inbetriebnahme und bei

wiederkehrenden Prüfungen vom Gutachter zu bestätigen.

An Systemen der Druckführenden Umschließung und stützenden Gebäudeteilen müssen Setzungsdifferenzen feststellbar sein.

Das Schwingverhalten der Komponenten und Systeme der Druckführenden Umschließung muß im Bereich zwischen Mindest- und Volllast der Anlage unter Berücksichtigung repräsentativer Betriebszustände während der Inbetriebnahme überprüft und in Meßprotokollen dokumentiert werden. Diese Messungen müssen auch als wiederkehrende Prüfungen durchführbar sein und während des Betriebs durch registrierbare Messungen ergänzt werden können.

Begleitende zerstörende Prüfungen (Einhängeproben)

Für die nach 4.1.4.1 (2) geforderte Bestrahlungsprogramm sind die Auswahl der Werkstoffe und die Festlegung der sonstigen Bedingungen mit dem Gutachter zu treffen. Hierbei sind die Bedingungen nach DIN EN 10072 mit zu berücksichtigen.

Wiederkehrende Druckprüfung

(1) Die wiederkehrende Druckprüfung ist so durchzuführen, daß mindestens eine vergleichbare Sicherheitstechnische Aussage wie bei der Erstdruckprüfung erzielt wird. Dazu müssen die wiederkehrenden Druckprüfungen an der gesamten Druckführenden Umschließung mit dem Druck der am Reaktordruckbehälter durchgeführten Erstdruckprüfung möglich sein. Die Prüftemperatur soll nicht mehr als 55 °C über der für den Prüfzeitpunkt berechneten NDT-Temperatur liegen, sie braucht jedoch nicht unter 50 °C zu liegen.

(2) Die Prüfintervalle werden im Regelfall auf 8 Jahre festgelegt.

(3) Im Anschluß an die wiederkehrende Druckprüfung ist eine zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfung, z. B. mit Ultraschall, am Reaktordruckbehälter und an den im Hinblick auf die Beanspruchung repräsentativen Stellen der anderen Komponenten der Druckführenden Umschließung durchzuführen.

Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen am Reaktordruckbehälter

4.1.4.1 Prüftechnik

(1) Beim gegenwärtigen Stand der Prüftechnik sind die Verfahrensweisen der Ultraschallprüfung anzuwenden.

Der Einsatz anderer Prüfverfahren (z. B. mittels Röntgenstrahlung, magnetischer Streiffluß, Potentialprobe, Eindringflüssigkeiten) kann als zusätzliche Maßnahme an einzelnen Stellen notwendig werden, wenn auf Grund weiterer Erfahrungen hier mit den Ultraschallprüfungen nicht sicherheitsmäßig bedenklichen Oberflächenrisse zu rechnen ist. Andere Prüfverfahren sind anzuwenden, wenn sich herausstellt, daß die Ultraschallprüfung die zu suchenden Fehler nicht sicher genug zu finden vermag.

(2) Die Prüftechniken und Einschallrichtungen müssen so gewählt sein, daß Risse und sonstige Trennungen mit den möglichen Orientierungen angezeigt werden können. Als solche Fehlerorientierungen gelten:

1. Die senkrecht zu den Hauptspannungsrichtungen verlaufenden Flächen
2. die Schmelzflächen an Schweißnähten
3. die zur Richtung von Schweißnähten senkrechten Ebenen (Querfehlerprüfungen)

Für Prüfung auf nicht oberflächennahe Fehler in der Behälterwand sind in der Regel Tandem- und Einzelkopftechnik zu kombinieren.

(3) Die Empfindlichkeitseinstellung der Ultraschallprüfung ist abhängig von der jeweils angewandten Prüftechnik. Für einige wichtige Techniken gelten die folgenden Festlegungen:

(a) Bei einer Technik, die darauf beruht, daß der Schallstrahl senkrecht auf die Rißfläche in der

erwarteten Orientierung trifft, oder bei einer auf dieser Orientierung ausgerichteten Tandemtechnik muß die Registriergrenze höchstens gleich der Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors von 10 mm Durchmesser mit den in Absatz 3 Ziffer 1, 2, 3 angegebenen Orientierungen sein. Diese Bedingung muß an jeder Stelle des angewendeten Schallbündelquerschnitts erfüllt sein. Durch Versuche ist nachzuweisen, daß die üblicherweise auftretenden Orientierungsschwankungen von Fehlerflächen durch diese Bedingung erfaßt werden.

2. Wenn bei einer Einkopftechnik mit einem Einzelschwinger nur diffuse Streustrahlung von Rißflächen zur Anzeige ausgenutzt wird, d. h. die im Glanzwinkel zur Rißorientierung abgestrahlte Schallintensität gelangt nicht zum Prüfkopf, muß ein Kreisscheibenreflektor von 3 mm Durchmesser mit einer Orientierung senkrecht zum Schallstrahl als Registriergrenze angesetzt werden. Auch diese Bedingung muß an jeder Stelle des angewendeten Schallbündelquerschnitts erfüllt sein.

(5) Für andere Ultraschalltechniken, z. B. Streuanzeigeverfahren, Einkopftechnik mit getrenntem Sender- und Empfängerschwinger (SE-Kopf), sind die erforderlichen Empfindlichkeiten durch Versuche zu bestimmen.

(6) Die durch Ankopplung, Schwächung und Streuung bedingten Schwankungen der Schallintensitäten sind grundsätzlich mittels Durchschallung in den zur Prüfung angewendeten Richtungen zu kontrollieren. Ist diese Kontrolle nicht durchführbar, ist durch andere Verfahren, z. B. Messung der Rückstreuung und Erfassung von formbedingten Rückechos, zumindest eine Ankopplungskontrolle vorzunehmen.

(7) Die Ergebnisse der in Absatz 6 geforderten Kontrollen sind aufzuzeichnen und bei der Empfindlichkeitskalibrierung und Auswertung zu berücksichtigen.

4.1.4.2 Anforderungen an den Prüfumfang

(1) Grundsätzlich ist für die gesamte innere und äußere Oberfläche der Reaktordruckbehälterwand die Möglichkeit zu einer Besichtigung zu schaffen. Optische Hilfsmittel, z. B. Fernsehkamera, können hierbei eingesetzt werden.

(2) Für solche Stellen der Reaktordruckbehälterwand, an denen eine Besichtigung der Oberfläche wegen unvermeidbarer, konstruktionsbedingter Behinderungen nicht durchführbar ist, muß dargelegt werden, in welcher Weise etwaige Mängel, wie z. B. klaffende Risse, Abhebungen, Ablösungen von Anschweißbauteilen, durch andere Prüfverfahren sicher erkannt werden können.

(3) Für die Außeninspektion ist ein ausreichender Spalt zwischen Reaktordruckbehälter und biologischer Abschirmung mit den notwendigen Vorrichtungen erforderlich.

(4) Am Reaktordruckbehälter, insbesondere an den Schweißnähten, müssen nach der Inbetriebnahme Ultraschallprüfungen über das gesamte Volumen der Wand mit ausreichender Fehlererkennbarkeit von innen und ergänzend von außen (oder von außen und ergänzend von innen) durchführbar sein.

(5) Die Konstruktion des Reaktordruckbehälters, seine Oberflächen, sein Werkstoffzustand, einschließlich des Zustands der Schweißplattierungen, und die Prüfeinrichtungen müssen so beschaffen sein, daß das gesamte Volumen der Reaktordruckbehälterwand einwandfrei geprüft werden kann, soweit sich dies nur ermöglichen läßt. Die Einschränkungen der Prüfmöglichkeiten müssen auf die nachfolgend genannten Fälle unter den dort genannten Bedingungen begrenzt bleiben:

1. In Volumenzone der Flansche, die weder von der Innenoberfläche noch von der Außenoberfläche aus wegen der Abschattung durch Kühlmittelstützenöffnungen oder Schraubenbolzenbohrungen mit einem Ultraschallstrahl in einer geeigneten Richtung erreicht werden können, darf auf eine Prüf-

möglichkeit nur dann verzichtet werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

— Für alle oberflächennahen Zonen innen und außen sind Prüfmöglichkeiten vorhanden. Die üfende Schichtdicke beträgt mindestens 35 mm. Eine Prüfung auf Oberflächenrisse ist durchführbar.

— Für die unprüfbaren Volumenzone innerhalb der Wand ist nachzuweisen, daß die Beanspruchungen klein sind. Sofern sich hier Schweißnähte befinden, ist zu zeigen, daß die unprüfbaren Bereiche klein sind gegenüber den kritischen Rißgrößen.

2. Sind einzelne Stege in Bohrfeldern bei Anwendung aller in Frage kommenden Ultraschalltechniken nicht über ihren ganzen Volumenbereich prüfbar, ist darzulegen, daß verteilte Risse in der Größe der nicht geprüften Gebiete nicht zu Leckstellen oder Brüchen führen können, welche im Falle ihres plötzlichen Auftretens nicht von der Notkühlung und den sonstigen Maßnahmen der Reaktorsicherheitsysteme beherrscht werden. Außerdem sind die genannten Beeinträchtigungen des Prüfumfanges an den Stegen bei Festlegung der Prüfzeiten zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 4.1.4.4.4).

(6) Die verwendete Ultraschalleinrichtung kann so beschaffen sein, daß die Prüfköpfe für einzelne Bereiche des Reaktordruckbehälters entweder nur an der Innenseite oder nur an der Außenseite angebracht sind. Hierbei muß vorausgesetzt werden, daß der gesamte Wandquerschnitt ausreichend geprüft wird. Für den Fall, daß diese Prüfkonzepktion auf Grund späterer Erfahrungen revidiert werden muß, muß eine zusätzliche Prüfung von der komplementären Seite aus nachträglich ermöglicht werden können.

(7) Wie in Absatz 4 und 5 dargelegt, ist die Prüfbarkeit der gesamten Reaktordruckbehälterwand gefordert. Soweit künftige Erfahrungen keine Ausweitung des Prüfumfanges notwendig werden lassen, können die im Wiederholungsfall zu prüfenden Bereiche auf die folgenden Reaktordruckbehälterteile begrenzt bleiben:

1. Alle Stumpf-, Stützen- und Anschweißnähte, einschließlich einer benachbarten Grundwerkstoffzone, deren Breite für Stumpf- und Stützennähte mindestens 50 mm bei Unterpulver- und Lichtbogenhandschweißung und 100 mm bei Elektroschweißung, und deren Breite und Tiefe bei Anschweißnähten mindestens 25 mm beträgt. Die Prüfung erfolgt auf längs und quer zur Nahtverlaufende Fehler.

2. Stege zwischen den Bohrungen für die Durchführung der Steuerstutzen und Ventilstutzen.

3. Innenkanter der Kühlmittelstützen über ihren gesamten Umfang.

4. Schraubenbolzen und Muttern der Flanschverbindung zwischen Deckel und Unterteil.

(8) Vor der Inbetriebnahme sind von allen nach Absatz 5 als prüfbar anzusehenden Bereichen der Reaktordruckbehälterwand Basismessungen durchzuführen und in einem Meßwertatlas (Nullatlas), der bei den wiederkehrenden Prüfungen zum Vergleich heranzuziehen ist, so zu dokumentieren, daß bei den wiederkehrenden Prüfungen ein Vergleich möglich ist.

4.1.4.4.3 Zulässige Fehler (Festlegung wird noch erarbeitet)

4.1.4.4.4 Prüfintervalle

(1) Die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen sind in Prüfzyklen von vier Jahren durchzuführen.

(2) Bei Prüftechniken mit verhältnismäßig geringer Empfindlichkeit sind kürzere Fristen festzulegen.

4.1.4.5 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen an sonstigen Komponenten und Systemen der Druckführenden Umschließung

(1) An den sonstigen Komponenten der Druckführenden Umschließung sind zerstörungsfreie wiederkeh-

rende Prüfungen erforderlich. Prüfungsfumfang und Art der Prüfungen an den Komponenten sind, entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung, mit dem Gutachter festzulegen.

4.2 Äußere Systeme

4.2.1 Geltungsbereich

(1) In den Geltungsbereich fallen die druckführenden Wandungen der Rohrleitungen, Formstücke, Armaturen, Druckbehälter und Pumpen mit sicherheitstechnischer Bedeutung¹⁾. Für die Zuordnung von Systemen und Komponenten zu den Äußeren Systemen im Sinne dieser Leitlinien werden die folgenden Kriterien genannt:

1. Das Anlagenteil ist bei der Beherrschung von Störfällen notwendig hinsichtlich Abschaltung, Aufrechterhaltung langfristiger Unterkritikalität und Nachwärmeabfuhr.
2. Bei Versagen des Anlagenteils werden große Energien freigesetzt und die Versagen können sich nicht durch bauliche Maßnahmen, Redundanz Trennung oder sonstige Sicherheitsmaßnahmen auf ein im Hinblick auf die nukleare Sicherheit vertretbares Maß beschränkt.
3. Das Versagen des Anlagenteils kann unmittelbar oder in einer Kette von anzunehmenden Folgeereignissen zu einem Störfall (gemäß BMI-Leitlinien für die Auslegung von Kernkraftwerken gegen Störfälle²⁾) im Sinne des § 28 Abs 3 StrlSchV führen.

(2) Anlagenteile, die Hilfsfunktionen für diese Systeme ausführen, insbesondere Systeme und Komponenten kleiner Nennweite, fallen nicht in den Geltungsbereich der Äußeren Systeme. Für die Sekundärmantel der Dampferzeuger gelten die Regelungen nach Kapitel 4.1.

4.2.2 Anforderungen an Konstruktion, Auslegung, Werkstoffe, Herstellung, Prüfbarkeit

Die geforderte inhärent hohe Sicherheit der Komponenten und Systeme der Äußeren Systeme ist auf der Grundlage der Rahmenspezifikation „Basissicherheit von druckführenden Komponenten“³⁾ sicherzustellen. Die Grundzüge der Anforderungen sind nachfolgend in Absatz 1 bis 5 und in Abschnitt 4.2.3 und 4.2.4 festgelegt.

(1) Die Konstruktion der Komponenten der Äußeren Systeme muß insgesamt optimiert sein hinsichtlich:

- Funktion
- Beanspruchung
- Werkstoff
- Herstellung (Prüfung und Fertigung)
- Wartung
- wiederkehrender Prüfungen.

(2) Die Auslegung der Komponenten der Äußeren Systeme muß alle während des bestimmungsgemäßen Betriebs und bei Störfällen maximal auftretenden Belastungen mit den zu erwartenden Häufigkeiten berücksichtigen. Auslegungsüberdruck und -temperatur sind so festzulegen, daß die maximalen Drücke und Temperaturen im jeweiligen Systemabschnitt (z. B. Ansprechen der Sicherheitsventile) abgedeckt werden.

(3) Die aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechnete Vergleichsspannung ist auf $1/4$ Zugfestigkeit zu begrenzen. Durch Spannungs- und Ermüdungsanalysen ist nachzuweisen, daß bei den auftretenden Lastfällen die vorgegebenen zulässigen Spannungen für alle Spannungs-kategorien (Primär- und Sekundärspannungen) eingehalten werden.

(4) Bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Betriebsbeanspruchung sowie mit geringer thermisch induzierter Wechselbeanspruchung kann alternativ die Spannungsanalyse auf den Nachweis der Primärspannungen begrenzt bleiben. In diesem Fall darf die aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechnete Vergleichsspannung $1/4$ Zugfestigkeit nicht überschreiten. Hierbei wird auch vorausgesetzt, daß optimale Konstruktionsmerkmale vorliegen.

(5) Für alle Komponenten der Äußeren Systeme sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, für die eine auf den Hersteller, die Erzeugnisform und das Herstellungsverfahren bezogene Begutachtung stattgefunden hat. Stangenmaßes gilt für Schweißzusatzwerkstoffe und Schweißhilfsstoffe.

Es sind grundsätzlich solche Werkstoffe einschließlich Schweißzusatzwerkstoffe zu verwenden, die auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung, Homogenität, Zähigkeit, Verarbeitungssicherheit und Prüfbarkeit zusammen mit den Anforderungen an Konstruktion und Auslegung ein spontanes, bzw. katastrophales Versagen der Komponenten der Äußeren Systeme ausschließen lassen. Hierzu ist u. a. grundsätzlich erforderlich, daß bei den drucktragenden Schalen der Komponenten der Äußeren Systeme aus ferritischen Werkstoffen die Kerbschlagarbeit bei der Temperatur $T_{NDT} + 33 \text{ K}$ bzw. $RT_{NDT} + 33 \text{ K}$ bei mindestens 68 Joule liegt. Dabei wird davon ausgegangen, daß durch dieses Zähigkeitskonzept alle beanspruchsmäßig relevanten Betriebszustände abgedeckt sind. Die Kerbschlagarbeit ist an ISO-V-Querproben zu ermitteln.

(7) Die Äußeren Systeme müssen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit prüfbar sein.

Herstellung

(1) Für die Herstellung der Komponenten der Äußeren Systeme sind nur qualifizierte Hersteller zuzulassen, die herstellenseitig über eine zuverlässige Qualitätssicherung verfügen. Die Einhaltung der Anforderungen an die Qualitätssicherung des Komponenten- bzw. Halbzeugherstellers ist zu gewährleisten.

(2) Vor Beginn der Fertigung sind vom Komponentenersteller Fertigungs- und Prüfungsunterlagen zu erstellen, die vom Reaktor-anlagenlieferer zu bestätigen und vom Gutachter im Rahmen ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in ausreichendem Umfang überprüft sein müssen. Betreiber, Reaktor-anlagenlieferer und Komponentenersteller haben in geeigneter Weise für Sorge zu tragen, daß die in den Fertigungs- und Prüfungsunterlagen enthaltenen Anforderungen erfüllt werden und deren Einhaltung dokumentiert wird. Es ist sich von Beginn an in angemessenen Zeitabständen vom geforderten Fertigungsstandard überzeugen.

(3) Die bei der Werkstoffbegutachtung festgelegten mechanisch-technologischen Eigenschaften sind dem Gutachter im Rahmen der begleitenden Kontrolle für Grundwerkstoff, Schweißgut und Wärmeeinflußzone nachzuweisen.

(4) Erweiterte zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen der Wärmeeinflußzone auf Versprödung und/oder Rißbildung sind dann durchzuführen, wenn dies auf Grund von Erkenntnissen über die verwendeten Werkstoffe oder sonstiger Prüfergebnisse begründet ist.

(5) Nach Fertigstellung der Komponenten ist grundsätzlich eine Wasserdrukprüfung mit 1,3fachen Auslegungsdruck vorzunehmen. Im Anschluß daran sind zerstörungsfreie Prüfungen an solchen Schweißnähten durchzuführen, die im Hinblick auf Beanspruchung, Fertigungsverfahren und Werkstoff hinreichend repräsentativ sind.

4.2.3 Betrieb

(1) An den Druckbehältern der Äußeren Systeme sind unter Hinzuziehung des Sachverständigen wiederkeh-

¹⁾ Auflistung der in den Geltungsbereich der Äußeren Systeme fallenden Systeme und Komponenten, RSK

²⁾ Leitlinien für die Auslegung von Kernkraftwerken gegen Störfälle (§ 28 Abs. 3 StrlSchV), BMI

³⁾ Rahmenspezifikation „Basissicherheit von druckführenden Komponenten“, RSK

rende innere Prüfungen, erforderlichenfalls ergänzt durch zerstörungsfreie Prüfungen, im Zyklus von vier Jahren vorzunehmen. Alle acht Jahre sind an diesen Druckbehältern Wasserdruckprüfungen vorzunehmen, es sei denn, daß im Einzelfall eine andere Regelung getroffen wird.

(2) An den übrigen, nicht unter Absatz 1 genannten Komponenten der Äußeren Systeme sind an höher beanspruchten Stellen wiederkehrende Prüfungen durchzuführen.

(3) Der Plan für die wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen ist mit dem Gutachter abzustimmen.

(4) Wiederkehrende Wasserdruckprüfungen sind mit dem Druck der Erstdruckprüfung vorzunehmen.

(5) Wenn bei der wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfung andere Verfahrenstechniken angewendet werden als bei der Fertigungsprüfung, ist vor der Inbetriebnahme eine Basisprüfung mit den für die wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfung vorgesehenen Verfahren notwendig. Die Aussagefähigkeit der vorgesehenen Prüfung ist dem Gutachter nachzuweisen.

(6) Im Anschluß an die wiederkehrende Wasserdruckprüfung sind zerstörungsfreie Prüfungen an solchen Schweißnähten durchzuführen, die im Hinblick auf Beanspruchung, Fertigungsverfahren und Werkstoff hinreichend repräsentativ sind. Die Einzelheiten sind im Prüfplan festzulegen.

5. Sicherheitsbehälter

(1) Grundsätzlich müssen alle unter Primärkühlmittel-Druck stehenden Systeme der Reaktoranlage in einem Sicherheitsbehälter untergebracht werden. Hiervon ausgenommen sind Leitungen kleineren Querschnitts, wie z. B. Meßleitungen, soweit dies technisch notwendig ist und sofern deren Bruch nur zu geringfügigen Strahlenbelastungen führen würde.

5.1. Auslegunggrundlagen

(1) Der Sicherheitsbehälter einschließlich aller Durchführungen und Kühleinrichtungen, soweit ihre Funktion zur Beherrschung der Störfallfolgen notwendig ist, ist so zu gestalten und auszulegen, daß er unter Einhaltung der zugrunde gelegten Leckrate den statischen, dynamischen und thermischen Belastungen (z. B. Kräften, inneren und äußeren Überdrücken und Temperaturen) standhält, die im Zusammenhang mit den gemäß Kapitel 21.1 behandelten Störfällen und ihren Folgen sowie während des bestimmungsgemäßen Betriebes und bei betrieblichen Störungen auftreten können.

(2) Bei der Ermittlung des maximalen Störfalldruckes für das gesamte Leckspektrum ist davon auszugehen, daß der Störfall bei Nennbetriebszustand eintritt. Außerdem ist dabei zu unterstellen, daß während des Ausströmens des Primärkühlmittels über eine sekundärseitige Leckage auch der gesamte Energie- und Masseinhalt einer Sekundärseite eines Dampferzeugers einschließlich der Frischdampfleitung bis zur ersten Absperrarmatur in den Sicherheitsbehälter freigesetzt wird. Die Wärmeabgabe der Dampferzeuger an das ausströmende Kühlmittel bzw. an die Sicherheitsbehälteratmosphäre ist ebenfalls den Analysen zugrunde zu legen. Das in den Störfallrechnungen eingesetzte freie Volumen des Sicherheitsbehälters, der Druckführenden Umschließung und des Sekundärteiles des vorstehend angesprochenen Dampferzeugers bis zur ersten Absperrarmatur ist im Rahmen der Funktions- und Abnahmeprüfungen experimentell nachzuweisen. Bei der Ermittlung des maximalen Störfalldruckes ist folgende Vorschrift zu beachten:

1. Für die Freisetzung der oben definierten Energie- und Masseinhalte ist die ungünstigste Ausströmzeit und ein um 2% (Bautoleranzen) größeres Volumen der Druckführenden Umschließung und des Sekundärkreises anzusetzen.

2. Spalt- und Nachzerfallsleistung werden nach 1,2-fachem ANS-Standard¹⁾ unmittelbar dem Energieinhalt des ausströmenden Kühlmittels zugeschlagen.

3. Die zeitliche Abgabe der Speicherwärme von Reaktorkern, Reaktordruckbehälter, dessen Einbauten und den übrigen Teilen der Druckführenden Umschließung werden dem Energieinhalt des Sicherheitsbehälters zugeschlagen.

4. Soweit notwendig, sind sekundärseitige Energien aus den übrigen Dampferzeugern sowie die Reaktionswärme von Metall-Wasser-Reaktionen zu berücksichtigen.

5. Das Volumen des Sicherheitsbehälters ist um 2% niedriger anzusetzen, die Auslegungsbedingungen für die Sicherheitsbehälteratmosphäre und für die Strukturen sind konservativ (hoher Druck, niedrige Temperatur, niedrige Luftfeuchtigkeit) festzulegen.

6. Thermodynamisches Ungleichgewicht zwischen Wasser- und Dampfphase im Sicherheitsbehälter ist konservativ zu berechnen oder pauschal mit zusätzlich 0,3 bar für Auslegungsschleiss zu berücksichtigen.

7. Es dürfen nur Wärmeübergangskorrelationen verwendet werden, deren Anwendbarkeit in transienten Fluidodynamik-Rechenmodellen experimentell nachgewiesen ist.

Der Auslegungsdruck des Sicherheitsbehälters muß mindestens 15% über dem so berechneten Störfalldruck liegen. Der Zuschlag von 15% kompensiert nicht den für die Toleranzen der Bauausführung des Sicherheitsbehälters und seiner Einbauten oder der Druckführenden Umschließung und des Sekundärkreises anzusetzenden Zuschlag. Rechnungs- und Modellunsicherheiten sind in dem Sicherheitszuschlag enthalten.

(3) Für die Auslegungstemperatur der Stahlwand des Sicherheitsbehälters wird die beim Störfall auftretende maximale Ausgleichstemperatur der Sicherheitsbehälteratmosphäre zugrunde gelegt. Darüber hinaus sind bei der Auslegung die beim Störfall auf Grund von instationären Temperaturen örtlich auftretenden Wärmespannungen zu berücksichtigen.

(4) Bei der Auslegung von Räumen und Einbauten innerhalb des Sicherheitsbehälters ist zu beachten, daß Differenzdrücke, die sich im Verlauf der Druckausgleichsvorgänge während der gemäß Kapitel 21.1 zu behandelnden Störfälle einstellen, nicht zu einer Beschädigung des Sicherheitsbehälters und seiner sicherheitstechnisch wesentlichen Einbauten führen. Die Standsicherheit von Zwischenwänden bzw. Einbauten muß bei den auftretenden Differenzdrücken gewährleistet sein. Bei der Ermittlung der Differenzdrücke, ausgehend vom Nennbetriebszustand, ist folgendermaßen zu verfahren:

1. Beim Einsatz von Mehrfachpunktmodellen muß eine hinreichend feine Nodalisation gewählt werden.

2. Für die Freisetzung der unter Absatz 2 definierten Energie- und Masseinhalte müssen die maximal möglichen Freisetzungsraten zu Beginn des Ausströmvorganges angesetzt werden.

3. Für jeden Raum muß die ungünstige Bruchsituation erfaßt werden.

4. Wärmeabgabe an die Strukturen kann bei den Differenzdruckberechnungen in konservativer und experimentell abgesicherter Weise berücksichtigt werden.

5. Die beim Überströmvorgang zwischen den Räumen auftretenden Strömungswiderstände sind in realistischer Weise zu erfassen, jedoch für den Bruchraum konservativ anzusetzen. Die getroffenen Annahmen sind durch Experimente abzusichern.

6. Die verwendeten Rechenmodelle sollen Wassertransport- und Wasserabscheidevorgänge explizit

¹⁾ Proposed ANS-Standard, Decay Energy Release Rates Following Shut-down of Uranium-Fueled Thermal Reactors, ANS-5.1, Decay Heat Power in LWR, Revised Standard 5.78

ermitteln. Werden Rechenmodelle verwendet, die nur eine Erfassung durch empirische Konstanten erlauben, so sind diese Konstanten konservativ für das Differenzdruckverhalten festzulegen.

7. Annahmen, die nicht durch Experimente abgesichert sind, müssen konservativ getroffen werden.

Der Sicherheitszuschlag auf die so berechneten maximal auftretenden Differenzdrücke muß mindestens 15% betragen. Er darf nicht kleiner sein als 0,1 bar.

(5) Für die Ermittlung der Belastung aus den gemäß Kapitel 21.1 zu betrachtenden Störfällen auf die sicherheitstechnisch wesentlichen Einbauten durch Strahlkräfte und Sprengstücke, ausgehend vom Nennbetriebszustand, sind geeignete Rechenmodelle heranzuziehen, die Freistrahlausbreitung und Rückwirkung auf im Wege liegende Strukturen erfassen. Für die Berechnung der Strahlkräfte auf die Struktur insbesondere die Sicherheitsbehälterwände selbst ist die ungünstigste Bruchlage zu wählen. Zur Berechnung der Reaktionskräfte der Rohre sind entsprechende Rechenmodelle bzw. experimentell abgesicherte Beziehungen anzuwenden. Für die Belastung der sicherheitstechnisch wesentlichen Einbauten durch Strahlkräfte und Sprengstücke ist ein Sicherheitszuschlag von 15% zugrunde zu legen.

5.2 Bauliche Gestaltung

(1) Der Sicherheitsbehälter, seine Absperrarmaturen und KÜhlssysteme sowie die für seine Funktion erforderlichen Einbauten und die zur Überwachung und Beherrschung von Störfällen notwendigen meß- und regeltechnischen Geräte müssen gegen Sprengstücke und Strahlkräfte, die als Folge der in Kapitel 21.1 genannten Störfälle auftreten, geschützt sein. Soweit die Standfestigkeit bzw. Integrität von Einbauten und Räumen erhalten bleiben muß, ist diese rechnerisch nachzuweisen.

(2) Der Sicherheitsbehälter muß von einer Betonhülle umgeben sein. Der Zwischenraum muß Inspektionen sicherheitstechnisch relevanter Anlagenteile erlauben. Er muß möglichst weitgehend, insbesondere jedoch an den Durchführungen und den hochbeanspruchten Bereichen, inspizierbar sein. Im Zwischenraum muß langfristig ausreichender Unterdruck gehalten werden können, auch wenn im Sicherheitsbehälter die Auslegungsbedingungen herrschen. Der Zwischenraum muß über Filter und Kamin zu entlüften sein.

(3) Die Betonhülle des Reaktorgebäudes muß Direktabstrahlung nach außen in genügendem Maße abschirmen. Sie muß die Anlage gleichzeitig gegen Einwirkungen von außen schützen (vgl. Kapitel 19).

(4) Alle für die Beherrschung von Störfällen notwendigen elektrischen und mechanischen Einrichtungen innerhalb des Sicherheitsbehälters sind den umgebungsbedingte Umgebungsbedingungen auszulegen.

(5) Im Sicherheitsbehälter verlegte Kabel und Rohrleitungen, die zur Beherrschung von Störfällen erforderlich sind, müssen redundant und räumlich ausreichend voneinander getrennt verlegt werden. Sie dürfen infolge eines Störfalles und seiner Folgen, wie z.B. infolge von Rohrbrüchen oder Bränden, sowie infolge von Einwirkungen von außen nicht in dem Maße in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, daß die sichere Abschaltung des Reaktors und die Nachwärmeabfuhr verhindert werden.

(6) Eine sichere Handhabung des Wasserstoffs im Sicherheitsbehälter und in den Kreisläufen während des bestimmungsgemäßen Betriebs ist zu gewährleisten. Falls notwendig, müssen hierfür besondere Einrichtungen vorhanden sein.

5.3 Auslegungsbedingungen und Anforderungen an den Werkstoff

(1) Die Anforderungen an Auslegung, Werkstoff und Weiterverarbeitung sind grundsätzlich vom Reaktor-anlagenlieferer und Komponentenhersteller gemeinsam mit dem Gutachter in allen Einzelheiten abzustimmen. Auslegungsdruck und Auslegungstempera-

ture sind als Grundlage bestimmend für die Dimensionierung des gesamten Sicherheitsbehälters.

(2) Durch konstruktive Gestaltung sind örtlich auftretende Spannungen möglichst klein zu halten. Schweißnähte sind möglichst nicht in Gebiete hoher Spannungen zu legen.

(3) Konstruktion und Oberflächenzustand des Sicherheitsbehälters müssen so beschaffen sein, daß ausreichende und aussagefähige zerstörungsfreie Prüfungen, insbesondere der Schweißnähte, möglich sind.

(4) Bei der Auslegung sind die nachfolgend angeführten Bedingungen für die zulässigen Spannungen einzuhalten:

Für die statische Berechnung (ohne Berücksichtigung von Eigenspannungen):

1.1 Primäre allgemeine Membranspannungen:

maximal $0,67 \cdot R_{p0,2}$

1.2 Überlagerung primärer allgemeiner und primärer lokaler Membranspannungen:

maximal $0,75 \cdot R_{p0,2}$

1.3 Überlagerung von primären Biegespannungen mit primären Membranspannungen nach Ziffer 1.1 und 1.2:

maximal $0,75 \cdot R_{p0,2}$

1.4 Überlagerung von primären und sekundären Spannungen im gestörten Bereich einschließlich der Spannungen infolge von Temperatureinflüssen:

maximal $\frac{2 R_{p0,2}}{1,2}$, jedoch nicht über 500 N/mm²

1.5 Bei Berücksichtigung von äußeren Einwirkungen (z. B. Flugzeugabsturz, Erdbeben) können die maximal zulässigen Spannungen bei den Ziffern 1.1 bis 1.4 um den Faktor 1,25 größer gewählt werden.

1.6 Während der Druckprüfung dürfen die zulässigen Spannungen wie folgt erhöht werden:

auf $0,9 \cdot R_{p0,2}$ bei den Ziffern 1.1 bis 1.3,

um 10% bei der Ziffer 1.4.

Für $R_{p0,2}$ ist die gewährleistete Mindeststreckgrenze (0,2%-Dehnungsgrenze) für die Auslegungstemperatur, bei primären allgemeinen Spannungen jedoch nicht mehr als 370 N/mm² bei Raumtemperatur und 320 N/mm² bei 150° C einzusetzen.

Witzenspannungen sind im Rahmen einer Bruchzustandsanalyse abzusichern.

1.7 hohen Lastwechselzahlen ist mit dem Sicherheitsbeiwert 2 gegen Dauerfestigkeit zu rechnen. Dabei sind insbesondere die den Schweißverbindungen entsprechenden Dauerfestigkeitskennwerte einzusetzen.

1.8 Bei Berechnung der Wanddicke können Schweißnähte mit einem Schweißnahtfaktor $V = 1,0$ bewertet werden.

1.9 Die Grenze der Wanddicke, bis zu der auf ein Spannungsarmglühen verzichtet werden kann, liegt bei 38 mm.

(5) Für alle Teile des Sicherheitsbehälters sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, für die eine auf den Hersteller, die Erzeugnisform und das Herstellungsverfahren bezogene Begutachtung stattgefunden hat. Diese Begutachtung muß spätestens bis zur Druckprüfung abgeschlossen oder durch eine entsprechende Einzelbegutachtung abgedeckt sein. Dabei sind die Bedingungen, die bei der Herstellung des Sicherheitsbehälters bestehen, zu berücksichtigen. Die Untersuchungen der Grundwerkstoffeigenschaften müssen eine Überprüfung des Seigerungsverhaltens umfassen. Die Werkstoffeigenschaften müssen sicherstellen, daß an allen Stellen der in Absatz 6 geforderte zähe Werkstoffzustand unter allen betriebs- und störfallbedingten Anlagenzuständen erhalten bleibt. Zu den

Untersuchungen der Schweißneigung und der Schweißsicherheit gehören u. a. Schweißsimulationsversuche. Für schweißsimulierte Proben, die alle vorgesehenen Schweißverfahren hinreichend praxisnah abdecken müssen, gelten die Zähigkeitsanforderungen nach Absatz 6. Das Bauteilverhalten, hierzu zählen auch Schweißnahtausbildung, Anteil an Überhitzungsgefüge, Kerbschlagzähigkeit (ISO-V-Kerbe) in der Wärmeinflußzone, ist mittels Großproben (Großplattenzugversuche mit Fehlerstellen in der Probe) und bauteilähnlicher Stützeinschweißversuche zu untersuchen.

(6) Zähigkeitsanforderungen

1. Die ferritischen Werkstoffe müssen so beschaffen sein, daß für Grundwerkstoff, Schweißgut und Wärmeinflußzone die Referenz-NDT-Temperatur um mindestens 33 K sowohl unter der niedrigsten betrieblichen Beanspruchungstemperatur als auch unter der Druckprüfungstemperatur liegt. Hierbei ist die Referenz-NDT-Temperatur durch die folgenden Maßnahmen definiert:

- Festlegung einer Temperatur T_{NDT} , welche gleich oder höher liegt als die Sprödbruchübergangstemperatur, festgestellt mit Hilfe von Fallgewichtversuchen.
- Bei einer Temperatur nicht größer als $T_{NDT} + 33 \text{ K}$ soll jede Probe aus dem Kerbschlagbiegeversuch (ISO-V-Querproben) mindestens 0,9 mm laterale Breitung und nicht weniger als 68 J Kerbschlagarbeit aufweisen. Sind diese Anforderungen erfüllt, ist die T_{NDT} die RT_{NDT} .
- Für den Fall, daß die oben genannten Forderungen nicht erfüllt sind, sind zusätzliche Kerbschlagbiegeprüfungen (ISO-V-Querproben) durchzuführen, in Sätzen von jeweils drei Proben, um die Temperatur T_{AV} zu bestimmen, bei welcher oben genannte Anforderungen erfüllt sind. In diesem Fall ist die Referenz-Temperatur $RT_{NDT} = T_{AV} - 33 \text{ K}$. Somit ist die Referenz-Temperatur RT_{NDT} die höhere Temperatur von T_{NDT} und $T_{AV} - 33 \text{ K}$.

2. Die Lage der Kerbschlagarbeits-Temperatur-Kurve darf nicht unter 100 J liegen.

5.4 Herstellung

(1) Die Fertigung und ihre Überwachung müssen von Beginn der Fertigung an in einen formalen Genehmigungsprozeß einbezogen werden. Vor Beginn der Fertigung sind vom Komponentenhersteller Pläne über Fertigung und Prüfung aufzustellen. Diese sind mit dem Reaktoranlagenlieferer und Gutachter abzustimmen. Die Komponentenhersteller, Reaktoranlagenlieferer und Gutachter haben dafür zu sorgen, daß der gesamte Fertigungsablauf vollständig überwacht und dokumentiert wird.

(2) Durch Auswahl der Fertigungsverfahren (Schweißen und Wärmebehandlung) ist sicherzustellen, daß an allen Stellen der geforderte zähe Werkstoffzustand unter allen betriebs- und störfallbedingten Anlagenzuständen erhalten bleibt.

(3) Der Prüfdruck bei der Erstdruckprüfung ist gleich dem 1,1fachen Auslegungsdruck multipliziert mit dem Verhältnis der Streckgrenzen bei Prüf- und Auslegungstemperatur. Die Druckprüfung ist durch begleitende Spannung- und Dehnungsmessungen zu überwachen.

(4) Nach der Druckprüfung und im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen sind zerstörungsfreie Prüfungen durchzuführen. Das Vorgehen ist mit dem Gutachter abzustimmen.

5.5 Dichtheitsprüfungen, Leckratenprüfungen

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

*Integrale Leckratenprüfung des Sicherheitsbehälters mit der Absolutdruckmethode (KTA 3405)
Fassung 2/79*

Ergänzend gilt:

(1) Der Sicherheitsbehälter und seine Durchführungen sowie deren Abkammerungen sind vor der Inbetrieb-

nahme einer Druckprüfung und einer Leckratenprüfung bis zum Auslegungsdruck zu unterziehen. Vor Beginn der Leckratenprüfung müssen alle mit der Druckprüfung in Verbindung stehenden Arbeiten abgeschlossen sein. Die Leckratenprüfung ist, ausgehend vom drucklosen Zustand des Sicherheitsbehälters mit ansteigender Druckstufenfolge bei dem für die regelmäßig wiederkehrenden Leckratenprüfungen vorgesehenen Druck von mindestens 0,5 bar Überdruck und Auslegungsdruck vorzunehmen.

(2) Grundsätzlich müssen zur ersten integralen Leckratenprüfung alle Durchführungen des Sicherheitsbehälters bis zum ersten inneren oder äußeren Festpunkt sowie ihre ersten inneren oder äußeren Absperrrichtungen vorhanden sein. Die Durchführungen des Sicherheitsbehälters sind durch die vorgesehenen Absperrrichtungen mit betriebsgerechtem Antrieb abzuschließen. Bei der Prüfung dürfen Blindverschlüsse bei denjenigen Systemen verwendet werden, die im späteren Betrieb nicht mit der Atmosphäre des Sicherheitsbehälters direkt in Verbindung stehen, weiterhin bei der Sumpfsaugleitung und an den für die Auslösung der Notmaßnahmen notwendigen Wirkdruckleitungen, falls nachgewiesen wird, daß der Einfluß dieser Systeme auf die Dichtheit des Sicherheitsbehälters vernachlässigbar ist.

(3) Um die geforderte Dichtheit des Sicherheitsbehälters im Laufe der Betriebszeit zu gewährleisten, sind regelmäßig wiederkehrende Prüfungen der integralen Leckrate durchzuführen. Sie müssen bei solchen Drücken durchgeführt werden, bei denen die gemessenen Leckraten reproduzierbar sind und bei denen ein ausreichender Rückschluß auf die Leckrate bei Auslegungsbedingungen möglich ist. Der Prüfdruck muß mindestens 0,5 bar Überdruck betragen. Sind die gemessenen Leckraten trotz durchgeführter Ertüchtigungsarbeiten nicht innerhalb der zutreffenden Meßgenauigkeit reproduzierbar oder ist ein ausreichender Rückschluß auf die Leckrate bei Auslegungsbedingungen nicht möglich, so muß die Wiederholungsprüfung der integralen Leckrate bis hin zum maximalen Störfalldruck durchgeführt werden. Die Kammerungen der Durchführungen müssen bei Auslegungsdruck des Sicherheitsbehälters prüfbar sein.

(4) Die erste wiederkehrende Leckratenprüfung für den Sicherheitsbehälter ist vor Aufnahme des ersten Leistungsbetriebes durchzuführen. Alle weiteren wiederkehrenden Prüfungen der integralen Leckrate sind am Ende einer Abschaltphase nach Abschluß aller Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen, die die Dichtheit des Sicherheitsbehälters verändern können.

(5) Die Dichtheit der an das Leckabsaugsystem angeschlossenen Komponenten sowie das System selbst sind in einer gemeinsamen Messung mindestens einmal jährlich zu Beginn und am Ende einer Revisionsphase quantitativ zu bestimmen.

(6) Die Ummantelungen der Durchführungen des Sicherheitsbehälters sind regelmäßig im Betrieb auf Dichtheit zu prüfen.

(7) Der Erfolg aller Wartungs- und Reparaturmaßnahmen an Komponenten, die für die Dichtheit des Sicherheitsbehälters von Bedeutung sind, ist zu begutachten und ggf. zu prüfen.

(8) Für die beim Kühlmittelverluststörfall gegebenen Bedingungen ist die Zuverlässigkeit des Behälterabschlusses mit der dabei geforderten Dichtheit zu ermitteln.

(9) Die Absperrorgane sind regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen zu unterziehen.

5.6 Durchführungen

Folgende KTA-Regeln liegen hierzu vor:

— *Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter vor Kernkraftwerken (KTA 3403)
Fassung 11/76*)*

*) Entsprechend ihrer Stellungnahme in der 134. RSK-Sitzung wird die RSK — bis zum Vorliegen der überarbeiteten KTA-Regel 3403 — zusätzlich ihre Änderungsvorschläge zur Fassung 10/76 der KTA-Regel 3403 berücksichtigen.

— **Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken, Personenschleusen (KTA 3402)**
Fassung 11/76

Ergänzend gilt:

(1) Den Sicherheitsbehälter durchdringende an die Druckführende Umschließung anschließende Leitungen müssen grundsätzlich durch mindestens zwei Absperrarmaturen gesichert sein. In den Primärkühlmittel führenden Leitungen, die an die Druckführende Umschließung anschließen, ist je eine Absperrarmatur innen und außen nahe am Sicherheitsbehälter anzuordnen. Ausnahmen von diesen beiden Forderungen müssen sicherheitstechnisch begründet sein. Abschlußarmaturen müssen, sofern sie nicht in Meßleitungen angeordnet sind, fernbetätigt oder passiv schließen und ausreichend dicht sein. Für sicherheitstechnisch relevante Leckquerschnitte muß die Signalfunktion für das Schließen dieser Absperrarmaturen zuverlässig gewährleistet sein. Der plötzliche vollständige Bruch einer Leitung mit derartigen Armaturen muß sicherheitstechnisch beherrscht werden.

(2) Durchführungen, die zur Einhaltung der Funktion des Sicherheitsbehälters geschlossen werden müssen, sind durch Mehrfachauslegung der Abschlußorgane in Hintereinandersetzung zu sichern. Die Abschlußorgane müssen im Störfall automatisch betätigt werden. Die Abschlußorgane und ihre Versorgung mit Energie müssen voneinander unabhängig sein. Ausreichende räumliche Trennung ist erforderlich. Die Abschlußorgane müssen gegen Sprengstücke geschützt sein. Dasselbe gilt für ihre Energieversorgung und ihre zugehörige Steuerung, sofern sie aus Sicherheitsgründen funktionstüchtig bleiben müssen. Jedes einzelne Abschlußorgan muß die spezifizierten Dichtbedingungen für sich allein voll erfüllen. Die Abschlußorgane müssen unter den möglichen Störfallbedingungen (z. B. Überdruck, Temperatur, Strahlung und Feuchte) einwandfrei funktionieren.

(3) Die zur Be- und Entlüftung des Sicherheitsbehälters notwendigen Querschnitte der Leitungen, die in den Sicherheitsbehälter führen, sollen möglichst klein sein. Die Absperrklappen müssen im Bedarfsfall schnell und mit hoher Zuverlässigkeit schließen und hinreichend lange dicht bleiben.

(4) Montageöffnungen und Reservedurchführungen müssen nach Benutzung auf Dichtheit überprüft werden.

(5) Alle übrigen Öffnungen des Sicherheitsbehälters müssen während des Betriebs geschlossen sein. Der geschlossene Zustand muß von der Warte aus überwacht werden können.

(6) Bei der Auslegung des Sicherheitsbehälters und seiner Rohrleitungsdurchführungen ist darauf zu achten, daß ein Bruch bzw. ein Riß einer an einer Absperrarmatur anschließenden Rohrleitung nicht zu einer Beeinträchtigung der Integrität des Sicherheitsbehälters einschließlich der Absperrventile führt und/oder die Nachwärmeabfuhr gefährdet wird. Für den Rohrleitungsabschnitt zwischen den Gebäudeabsperarmaturen ist durch sorgfältige Auslegung, Auswahl geeigneter Werkstoffe sowie durch Prüfung ein Riß oder Bruch auszuschließen.

(7)*) Bei den Primärkühlmittel führenden Leitungen ist der Leitungsabschnitt zwischen Sicherheitsbehälter und äußerem Absperrventil konstruktiv so auszugestalten, daß eine Leckage in diesem Abschnitt äußerst unwahrscheinlich wird. Dies bedeutet unter anderem, daß kurze Rohrlängen anzustreben sind. Rohrverzweigungen und Abzweigstutzen sind zwischen beiden Absperrarmaturen und dem Sicherheitsbehälter nicht zulässig. Die Durchführungen durch den Sicherheitsbehälter müssen räumlich so weit voneinander getrennt und so ausgeführt werden, daß eine Störung an einer Durchführung nicht die Beschädigung weiterer Durchführungen zur Folge hat. An jeder Durchführung müssen wiederkehrende Prüfungen oder gleichwertige Ersatzmaßnahmen möglich sein.

*) vgl. hierzu auch Kapitel 4.2

(8) Die besonders beanspruchten Durchführungen des Sicherheitsbehälters müssen an der Durchführungsstelle in Kammern eingeschlossen werden, die regelmäßig im Betrieb auf Dichtheit zu überprüfen sind.

(9) Schleusen und Lüftungsklappen sind an ein Lecksaugsystem anzuschließen, mit dem Leckagen in den Sicherheitsbehälter zurückgepumpt werden können.

Eine Liste sämtlicher Durchführungen mit Angabe der Anforderungen an die verschiedenen Durchführungstypen (z. B. Angabe der Funktion, Beanspruchungsart, Ausführung) ist vorzulegen.

Elektrische Einrichtungen des Betriebssystems

Für die Durchführung des bestimmungsgemäßen Betriebs ist eine Betriebsinstrumentierung vorzusehen. Zur Betriebsinstrumentierung gehören alle Meßeinrichtungen und meßwertverarbeitenden Einrichtungen, wie z. B. die Meß-, Steuer- und Regeleinrichtungen, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlich sind.

6.1 Betriebsüberwachung

(1) Die zur Beurteilung des Betriebszustandes notwendigen Daten sind in der Warte anzuzeigen und zu dokumentieren.

(2) Wichtige Stellungsanzeigen von aktiven Komponenten sind möglichst direkt vom verfahrenstechnischen Stellglied abzugreifen. Eine zuverlässige Kopplung zwischen dem Stellungssignalgeber und dem verfahrenstechnischen Stellglied muß gewährleistet sein.

6.2 Betriebliche Steuer- und Regeleinrichtungen

(1) Betriebliche Steuer- und Regeleinrichtungen sind möglichst einfach und zuverlässig aufzubauen.

(2) Die Steuer- und Regeleinrichtungen sind so auszugestalten und einzustellen, daß sie im Zusammenwirken mit den vermaschten Regelstrecken im Betriebsbereich der jeweiligen Einrichtung stabil arbeiten.

Elektrische Einrichtungen des Sicherheitssystems

Geltungsbereich

Zu den elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems gehören:

- das Reaktorschutzsystem
- die Energieversorgung des Sicherheitssystems
- die aktiven und passiven elektrotechnischen Komponenten sicherheitstechnisch wichtiger Systeme wie z. B. der Abschaltsysteme, der Kernkühl- und Nachwärmeabfuhrsysteme und des Durchdringungsabschlußsystems.

7.2 Allgemeine Anforderungen

7.2.1 Auslegung

(1) Grundsätzlich ist sicherzustellen, daß eine Reaktoranlage nur mit einem funktionsbereiten Sicherheitssystem betrieben wird. Bei jedem Anlagenzustand muß die jeweils erforderliche Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Sicherheitssystems gegeben sein.

(2) Bei der Auslegung der elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind Störungen und Störfälle innerhalb und außerhalb des Sicherheitssystems in Betracht zu ziehen.

(3) Ein einzelnes versagenauslösendes Ereignis darf eine erforderliche Funktion des Sicherheitssystems im Bedarfsfall nicht verhindern.

Eingriffe von Unbefugten in die elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind so weitgehend wie möglich durch technische Einrichtungen zu erschweren oder zu verhindern. Darüber hinaus sind gegen unzulässige Eingriffe administrative Maßnahmen

men in einem ausreichenden Umfang vorzusehen. Eingriffe in die elektrischen Einrichtungen des Reaktorschuttsystems sind anzuzeigen. Eingriffe in die übrigen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind zu dokumentieren.

(5) Die elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind zur Sicherung ihrer Funktionsfähigkeit zuverlässig auszulegen. Auch bei Prüfungen, Wartungsarbeiten oder Reparaturen der elektrischen Einrichtungen muß das Sicherheitssystem seine Aufgabe mit ausreichender Zuverlässigkeit erfüllen.

— Die elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind daher redundant, sowie räumlich getrennt oder durch sicherheitstechnisch gleichwertige Maßnahmen geschützt und elektrisch unabhängig auszuführen.

— Ein Ausfall in einem Strang oder einer Redundanzgruppe darf die Funktion weiterer Stränge oder Redundanzgruppen nicht beeinträchtigen.

— Ein einzelnes anlageninternes versagen auslösendes Ereignis darf nicht zum Ausfall von mehr als einem Strang oder einer Redundanzgruppe führen.

— Die elektrischen Einrichtungen, die für die Funktionsfähigkeit des Sicherheitssystems nach Eintritt von Störfällen erforderlich sind, müssen den jeweils ungünstigsten Umgebungs- und Störfallbedingungen standhalten, die im zugehörigen Aufstellungs- oder Installationsbereich durch den Aufbau und die Auslegung des Kernkraftwerks vorgegeben sind.

— Zum Schutz gegen Einwirkungen von außen müssen die einzelnen Stränge oder Redundanzgruppen so unabhängig sein, daß bei Ausfall von Strängen oder Redundanzgruppen durch Einwirkungen von außen die übrigen Stränge oder Redundanzgruppen zur Beherrschung des jeweiligen Störfalles ausreichen.

(6) Es sind eignungsgeprüfte oder für den Einsatzfall und für die unterstellten Einsatzbedingungen betriebsbewährte und möglichst wartungsfreie Geräte zu verwenden.

(7) Die Störfallfestigkeit der elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems ist, soweit erforderlich, vor deren Einsatz nachzuweisen.

(8) Leitungen und Kabel sind nach Strängen oder Redundanzgruppen getrennt und, soweit zur Beherrschung von Störfällen erforderlich, gegen äußere Einwirkungen geschützt zu verlegen. Leitungen und Kabel zur Signalübertragung und Stromversorgung von redundanten Meß- und Steuereinrichtungen des Sicherheitssystems sollen ohne Einschleifen in Warten oder zentrale Rangierverteiler unmittelbar zu den signalverarbeitenden Baugruppen geführt werden. Sie sind so zu verlegen, bzw. so abzuschirmen, daß durch äußere Störquellen, wie z. B. durch Starkstromkabel, eine unzulässige Beeinflussung der Meß- und Steuersignale vermieden wird.

(9) Die elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sind so auszulegen, daß eine regelmäßige und lückenlose Überprüfung in Abschaltphasen und soweit aus Zuverlässigkeitsgründen erforderlich, auch während des Normalbetriebs möglich ist. Die Prüfungen sollen mittels eingebauter Prüfhilfen leicht durchführbar sein. Prüfeingriffe und Handbefehle dürfen notwendige Sicherheitsfunktionen weder verhindern noch die Zuverlässigkeit ihrer Anregung signifikant vermindern.

(10) Es ist sicherzustellen, daß eine gleichzeitige Prüfung redundant vorhandener elektrischer Einrichtungen des Sicherheitssystems verhindert wird. Satz 2 von 7.2.1 (5) ist anzuwenden.

(11) Es sind Maßnahmen vorzusehen, die es ermöglichen, die Funktionsfähigkeit der elektrischen Einrichtungen und deren Zusammenwirken mit den aktiven und passiven Komponenten des Sicherheitssystems zu überprüfen und den Zustand dieser sicherheitstechnischen Einrichtungen zu überwachen.

(12) Müssen die Bereitschaftsstellungen von Sicherheitseinrichtungen verändert werden, so ist sicherzustellen, daß

— diese Veränderungen nur durchgeführt werden, wenn entsprechende Freigabebedingungen erfüllt sind, und

— diese Veränderungen automatisch (z. B. bei den Druckspeicherarmaturen beim An- und Abfahren der Anlage) oder durch betriebstechnische und administrative Maßnahmen wieder aufgehoben werden, wenn die Freigabebedingungen nicht mehr erfüllt sind. In dem sicherheitstechnisch geforderten Zustand sind dann die Einrichtungen gegen Eingriffe weitgehend zu sichern.

Soweit bei Sicherheitseinrichtungen eindeutige Bereitschaftsstellungen von Stellgliedern bei Normalbetrieb vorgeschrieben sind, ist das Verlassen dieser Bereitschaftsstellungen durch die Gefahrenmeldeanlage zu erfassen.

(13) Die elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems sollten nur für Aufgaben innerhalb des Sicherheitssystems benutzt werden. Sofern Sicherheitseinrichtungen auch für betriebliche Aufgaben eingesetzt werden, müssen die zugehörigen elektrischen Einrichtungen so ausgelegt werden, daß die geforderte Zuverlässigkeit dieser Sicherheitseinrichtungen nicht unzulässig beeinträchtigt wird.

(14) Die Hilfsanlagen und die Hilfsmedienversorgung des Sicherheitssystems sind so zuverlässig auszulegen, daß sie die Nichtverfügbarkeit der zu versorgenden Systeme nicht bestimmen.

7.2.2 Prüfungen

(1) Die Funktionsfähigkeit der elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems ist während der Nutzungsdauer der Anlage durch geeignete Prüfungen nachzuweisen. Diese Prüfungen müssen alle funktionswichtigen Komponenten erfassen.

(2) Art und Umfang der Prüfungen und die Zeitabstände zwischen den Prüfungen sind in allen Einzelheiten festzulegen.

(3) Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.

7.2.3 Vorzulegende Unterlagen

(1) Zur Begutachtung sind Unterlagen vorzulegen, die alle sicherheitstechnisch wichtigen Einzelheiten der elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems prüffähig beschreiben. Hierzu gehört auch eine Liste, in der alle Antriebe und Stellglieder des Sicherheitssystems aufgeführt sind.

7.3 Reaktorschutzsystem

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

*Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen (KTA 3501)
Fassung 3/77*)*

7.4 Elektrische Energieversorgung des Sicherheitssystems

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

*Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken,
Teil 1: Einblockanlagen (KTA 3701)
Fassung 6/78*

Ergänzend gilt:

(1) Es ist nachzuweisen, daß die Notstromverbraucher ihre sicherheitstechnische Aufgabe bei den im Störfall herrschenden Umgebungsbedingungen und ver-

*) Die RSK wird bei der Beurteilung eines konkreten Reaktorschutzsystems und der zugehörigen Steuerungen — bis zum Vorliegen der überarbeiteten KTA-Regel 3501 — zusätzlich zum Leitlinienabschnitt 7.3 (Reaktorschutzsystem), den Abschnitt 7.2 (Allgemeine Anforderungen) und ihre Änderungsvorschläge zur Fassung 3/77 der KTA-Regel 3501 berücksichtigen. Die Änderungsvorschläge zur KTA-Regel 3501, Fassung 3/77 wurden von der RSK auf ihrer 135. Sitzung verabschiedet.

fahrtstechnischen Belastungen auch dann sicher erfüllen, wenn die jeweils ungünstigsten zulässigen elektrischen Bedingungen auftreten.

8. Schaltwarte

(1) Die Warte ist so anzuordnen, zu gestalten, abzusichern, zu belüften und mit Notstrom zu versorgen, daß sich das Personal im Bedarfsfall in der Warte aufhalten, sie verlassen und betreten kann.

(2) Die Informationsdarbietung in der Warte muß dem Betriebspersonal jederzeit einen ausreichenden Überblick über den Betriebszustand und das Verhalten der Anlage vermitteln. Hierfür sollten funktionsmäßig zusammengehörige Größen in gemeinsamen Wartenfeldern zusammengefaßt werden.

(3) Die für einen sicheren Betrieb der elektrotechnischen Systeme und für die Beherrschung von Störfällen notwendigen Steuerungsmaßnahmen und Schalthandlungen müssen von der Warte aus vorgenommen werden können.

(4) Die für die Durchführung von Steuerungsmaßnahmen und Schalthandlungen notwendigen Unterlagen müssen in unmittelbarer Nähe der Schaltwarte und in der Notsteuerstelle greifbar bereitliegen.

9. Lüftungsanlagen

Folgende BMI-Richtlinie liegt hierzu vor:

Auslegungsrichtlinien und -richtwerte für Jod-Sorptionsfilter zur Abscheidung von gasförmigem Spaltjod in Kernkraftwerken; Stand: 25.2.1976

Ergänzend gilt:

(1) Räume, die dauernd zum Kontrollbereich gehören müssen, sind an die Lüftungsanlagen anzuschließen. In solchen Räumen muß durch Unterdruckhaltung und entsprechend gerichtete Strömungsführung oder durch Schließen geeigneter Absperrklappen ein unkontrolliertes Entweichen von Aktivität in die Umgebung verhindert werden. Die dazu notwendigen Zuluftstränge dieser Lüftungsanlagen müssen von der Warte aus absperrbar sein. Die Abluft muß überwacht und erforderlichenfalls über Filter abgegeben werden. Abluft, die zur Unterdruckhaltung bei bestimmungsgemäßem Betrieb aus Bereichen des Sicherheitsbehälters, in denen Primärkreis Komponenten vorhanden sind, anfällt, ist kontinuierlich durch Schwefel- und Jodsorptionsfilter zu reinigen.

(2) Filteranlagen, die während oder nach Störfällen zur Reinigung der Abluft und damit zur Begrenzung der Störfallfolgen eingesetzt werden, sind so zu errichten und zu betreiben, daß eine Schadstoffbelastung der Filter vor Beginn des Störfallbedingten Einsatzes mit Sicherheit vermieden wird. Die Funktionsfähigkeit solcher Filteranlagen ist auch unter den für den Störfall definierten Bedingungen nachzuweisen. Der Nachweis der Vermeidung einer Schadstoffbelastung der Filter kann darin bestehen, daß gezeigt wird, wie im Zeitraum zwischen Störfalleintritt und Einsatz der Filteranlage das Filtermaterial gewechselt wird. Dabei ist nachzuweisen, daß die Strahlenbelastung des Personals die zulässigen Grenzwerte nicht übersteigt und die erneuerten Filter leckdicht sind.

(3) Filteranlagen nach Absatz 2 sind bezüglich ihrer aktiven Komponenten (Ventilator und Nacherhitzer) 3 · 100% oder 4 · 50% und bezüglich ihrer passiven Komponenten 2 · 100% (wahlweise zuschalt- und umschaltbar) auszuliegen. Sie sind mit Feuchteabscheidern und Nacherhitzern oder technisch gleichwertigen Einrichtungen auszustatten, um Taupunktunterschreitungen in der Filterzuluft und Kondensateinspeicherung zu verhindern oder auf ein Ausmaß zu begrenzen, das nachweisbar nicht zur Überschreitung des maximal zulässigen Durchlaßgrades führen kann. Die während oder nach Störfällen auftretenden Bedingungen in der Filterzuluft sind vom Reaktorhersteller anzugeben. Eine Aufstellung redundanter Filter in einem Raum ist zulässig.

(4) Es dürfen nur Schwefelstofffilter eingesetzt werden, die Typprüfzeugnisse vorliegen. Bei Verwendung Schwefelstofffiltern der Klasse S ist die Dichtheit Filterzelle und der Filtersitze durch Vor-Ort-Prüfungen nachzuweisen. Geeignete Vorrichtungen derartige Prüfungen sind vorzusehen.

Die Eignung des Sorptionsmaterials von Jod- oder Iod-Form ist im Laborversuch unter Bedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs und unter Störfallbedingungen nachzuweisen. Bei der Festlegung der Mengen des Jodsorptionsmaterials sind dessen Alterung und Vergiftung zu berücksichtigen. Zur Überwachung des Zeitstandsverhaltens sind am Jodsorptionsmaterial mit Kontrollfiltern ausgerüstete Bypass-Schleifen oder gleichwertige Einrichtungen anzubringen. Weiterhin sind Vorrichtungen vorzusehen, die eine Vor-Ort-Prüfung der Filter erlauben.

Die Anordnung der Lüftungsanlagen ist mit den Anforderungen für Brandschutz abzustimmen.

10. Strahlenschutzüberwachung

10.1 Strahlenschutzüberwachung in der Anlage

10.1.1 Überwachung der Ortsdosisleistung

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

Ortsfestes System zur Überwachung von Ortsdosisleistungen innerhalb von Kernkraftwerken (KTA 1501)

Fassung 10/77

Ergänzend gilt:

(1) Für Wartungs- und Reparaturarbeiten, für Störfälle sowie für das Betreten nicht routinemäßig begangener Räume soll eine ausreichende Anzahl geeigneter tragbarer Strahlenschutzmeßgeräte vorhanden sein.

10.1.2 Überwachung der Radioaktivität der Raumluft

Räume oder Raumgruppen des Kontrollbereiches, die vom Betriebspersonal regelmäßig betreten werden und in denen Raumluftkontaminationen auftreten können, die bei dauernder Einwirkung zu einer Überschreitung der in § 52 Abs. 1 Punkt 1 der StrlSchV aufgeführten Grenzwerte der Aktivitätszufuhr führen, sind durch kontinuierliche Direktmessung der Aktivitätskonzentration von Aerosolen und gasförmigem Jod mit kontinuierlichen Anreicherungsverfahren zu überwachen. Eine entsprechende Überwachung ist auch für in hohem Maße kontaminationsgefährdete Räume oder Raumgruppen des Kontrollbereiches, die regelmäßig betreten werden bei längerer Aufenthaltsdauer von Betriebspersonal vorzusehen. Es können bewegliche Meßgeräte eingesetzt werden.

10.1.3 Kreislaufüberwachung

(1) Zur frühzeitigen Entdeckung etwaiger Freisetzungen radioaktiver Stoffe ist in sämtlichen Kreisläufen, die als Barriere gegen das Entweichen radioaktiver Stoffe dienen, die Konzentration radioaktiver Stoffe durch ortsfeste Einrichtungen kontinuierlich zu messen. Die Meßeinrichtungen müssen die Aktivitätskonzentration und deren Änderungen im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen mit der erforderlichen Genauigkeit erfassen und bei Überschreiten vorgegebener Grenzwerte Gefahrenmeldungen in der Warte auslösen. Außerdem ist die Aktivitätskonzentration in regelmäßigen Abständen durch Probenahme zu bestimmen.

(2) Für den Primärkreislauf und die damit unmittelbar verbundenen Kreisläufe kann die Überwachung durch ortsfeste Einrichtungen entfallen, wenn in hinreichend kurzen Abständen die Aktivitätskonzentration durch Probenahme bestimmt wird. Dasselbe gilt für die Dampferkühl- und Reinigungskreisläufe.

(3) Eine Bestimmung der Aktivitätskonzentration in den Kreisläufen durch Probenahme hat außerdem zu erfolgen, wenn Anzeichen für eine erhöhte Aktivitätskonzentration vorliegen.

10.1.4 Feststellung von Kontaminationen

(1) Das Kernkraftwerk muß über geeignete Einrichtungen und Geräte verfügen, mit denen Kontaminationen von Personen und Gegenständen gemessen werden können (z. B. Hand-Fuß-Kleider-Monitore und Kontaminationsmonitore). Diese Geräte müssen ständig betriebsbereit und an zweckmäßig gewählten Orten, wie z. B. auf Verbindungswegen zwischen Überwachungs- und Kontrollbereich, an Personenschleusen, in Dekontaminationspassagen, aufgestellt sein. Entsprechend ihrer Zuverlässigkeit ist eine angemessene Zahl von Ersatzgeräten bereitzuhalten.

(2) Sämtliche Geräte müssen in regelmäßigen Abständen mit dünnen β -Präparaten und gegebenenfalls mit dünnen α -Präparaten kalibriert und geprüft werden, wobei die Kalibrierfaktoren und die Empfindlichkeiten bezogen auf eine punktförmige Aktivität und auf eine homogene Flächenaktivität anzugeben sind. Falls die Geräte auch Kontaminationen niederenergetischer β -Strahlen nachweisen sollen (z. B. H3 und C14), ist eine Kalibrierung mit entsprechend dünnen Präparaten (z. B. radioaktiv markierte Folien) durchzuführen. Wenn kein dünnes Präparat zur Verfügung steht, kann eine Kalibrierung auch mit einem Präparat in sättigungsdicker Schicht erfolgen.

10.2 Aktivitätsüberwachung

10.2. Aktivitätsüberwachung im Abwasser

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen (KTA 1504) Fassung 6/78

10.2.2 Aktivitätsüberwachung in der Fortluft

(1) Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, mit denen es möglich ist, die Ableitung und Freisetzung gasförmiger und aerosolförmiger radioaktiver Stoffe kontinuierlich und getrennt zu überwachen und zu registrieren. Die hierfür erforderlichen Einrichtungen sind hinreichend zuverlässig auszulegen.

(2) Zur Überprüfung der tatsächlich auftretenden Strahlenbelastung ist während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Nuklidzusammensetzung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe zu ermitteln und zu registrieren. Die hierfür eingesetzte Meßmethode muß entsprechend den sich aus der Abgabegenehmigung ergebenden Forderungen gewählt werden. Die Abgabe radioaktiver Gase muß durch eine kontinuierliche Messung der Aktivitätskonzentration mit ausreichender Nachweisgrenze überwacht werden. Beim Nachweis radioaktiver Gase ist eine Direktmessung der Aktivitätskonzentration nur dann ausreichend, wenn der gesamte Fortluftstrom keinen größeren zeitlichen Schwankungen unterliegt. Andernfalls ist eine Messung des Aktivitätsausstoßes, bei der der Fortluftstrom zwangsläufig berücksichtigt ist, erforderlich. Für die Messung radioaktiver Aerosole und gasförmigen Jods muß ein kontinuierliches Anreicherungsmeßverfahren mit hinreichender Nachweisgrenze benutzt werden. Bei zeitlich konstantem Fortluftstrom müssen die Aktivitätskonzentrationen und bei veränderlichem Fortluftstrom der Aktivitätsausstoß gemessen werden. Die Probeentnahme muß repräsentativ für die Aktivitätsabgabe in die Atmosphäre sein, d. h. sie muß hinter den Abluftfiltern erfolgen (Siehe auch folgende BMI-Richtlinie:

„Richtlinie zur Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Kaminluft von Kernkraftwerken mit leichtwassergekühltem Reaktor“, Stand: September 1975).

(3) Geräte zur kontinuierlichen Aktivitätsüberwachung müssen mit Doppelgrenzwerteinheiten für automatische Funktionskontrolle und Alarmgabe bei Überschreiten vorwählbarer Grenzwerte für die Freisetzung ausgerüstet sein. Sämtliche Meßwerte müssen registriert werden.

(4) Zur Bilanzierung und Überwachung der radioaktiven Ableitungen aus Bereichen außerhalb des Sicherheitsbehälters sind die Abluft und Abgase aus aktivi-

tätsführenden Behältern und sonstigen Anlagenteilen zu überwachen. Dies kann beispielsweise durch eine Sammelüberwachung vor der Kaminüberwachung erfolgen.

11.

Brandschutz

(1) Die Verwendung brennbarer Stoffe als Konstruktionselemente oder als Betriebsstoffe ist möglichst zu vermeiden. In Bereichen, in denen die Verwendung solcher Stoffe unvermeidbar ist, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die der Entstehung von Bränden vorbeugen und deren Ausbreitung begrenzen. Baustoffe müssen aber mindestens der Baustoffklasse B1 (schwer entflammbar) nach DIN 4102 entsprechen. Soweit in Räumen mit sicherheitstechnischen Einrichtungen brennbare Stoffe verwendet werden, sind für diese schnell wirksame Löscheinrichtungen vorzusehen. Automatische Löscheinrichtungen sind gegen fehlerhafte Auslösung zu sichern bzw. die Räume sowie deren Anlagen dagegen auszulegen. Beim Einbringen brennbarer Stoffe im Zusammenhang mit Wartungs- und Reparaturarbeiten sind gesonderte Vorsichtsmaßnahmen zu treffen.

(2) Die einzelnen redundanten Systeme des Sicherheitssystems sind zueinander so anzuordnen, daß im Brandfall ein durch Brandhitze oder Rauchgase bedingter Ausfall der anderen redundanten Systeme ausgeschlossen werden kann. Wenn eine ausreichende räumliche Trennung nicht durchführbar ist, so sind die einzelnen redundanten Systeme mindestens mit einer Feuerwiderstandsklasse F90 abzuschotten. Ist dies nicht möglich, so sind gleichwertige brandschutztechnische Maßnahmen zu treffen, die geeignet sind, im Brandfall einen Ausfall von anderen redundanten Systemen zu verhindern.

(3) Leitungen und Kabel zur Signalübertragung und Stromversorgung von Meß- und Steuereinrichtungen sind grundsätzlich getrennt von warmgehenden Rohrleitungen oder solchen, die brennbare Medien führen, zu verlegen. Bei unvermeidbaren Kreuzungen sind besondere Maßnahmen zu treffen. Leistungskabel müssen hinreichend getrennt von Signal- und Steuerkabeln verlegt werden. Die Isolation sicherheitstechnisch wichtiger Kabel muß mindestens aus schwer entflammablem Material hergestellt sein.

(4) Anlagenbezirke mit Sicherheitseinrichtungen und Kontrollbereiche sind mit einer geeigneten Instrumentierung zur Früherkennung von Bränden auszustatten. Die Einrichtungen zur Früherkennung von Bränden sind hinreichend zuverlässig (z. B. redundant) auszuführen.

(5) Die Abfuhr von Brandhitze und von Brandgasen darf weder die Funktion von Rettungswegen noch von Redundanzbereichen gefährden. Werden die raumlufttechnischen Anlagen zur Entlastung verwendet, sind diese entsprechend den zu erwartenden thermischen Belastungen auszulegen. Gegebenenfalls sind besondere Rauch- und Wärmeabzugsanlagen vorzusehen. Die Trennung der einzelnen Brandabschnitte ist gegebenenfalls dadurch sicherzustellen, daß in den Lüftungskanälen Brandschutzklappen vorgesehen werden.

(6) Bei der Auswahl und Installation der aktiven und passiven Brandschutzmaßnahmen sind die im Kontrollbereich vorhandenen Beschränkungen zu beachten.

(7) Die Brandschutzeinrichtungen sind regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen im Hinblick auf ihre Funktionsfähigkeit zu unterziehen. Die Prüfungen sind entsprechend dem Gefährdungspotential der Anlagen und der Anfälligkeit der Brandschutzeinrichtungen vom Gutachter festzulegen. Ein Alarmplan für Maßnahmen im Brandfall ist zu erstellen. Aus dem Betriebspersonal ist eine Betriebslöschmannschaft zu bilden. Neben dieser ist auch die zuständige Feuerwehr mit den Räumlichkeiten der Anlagen sowie den besonderen Gegebenheiten eines Kernkraftwerks vertraut zu machen. Diese Einweisung ist regelmäßig zu wiederholen. Einsatzübungen sind in ausreichenden Abständen durchzuführen.

12. Fluchtwege und Alarmierung

Folgende KTA-Regeln liegen hierzu vor:

- *Alarmanlagen, Personensuchanlagen und Fernmeldeverbindungen in und von Kernkraftwerken (KTA 3901)*
Teil 1: Einblockanlagen, Fassung 3/77
- *Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken — Personenschleusen (KTA 3402), Fassung 11/76*

Ergänzend gilt:

(1) Fluchtwege müssen auf möglichst kurzem Weg aus der Gefahrenzone führen. Fluchtwege müssen so gekennzeichnet und ausreichend beleuchtet sein, daß eine Orientierung auch unter erschwerten Bedingungen, wie z. B. Rauch- oder Dampfentwicklung möglich ist. Die Beschaffenheit der Fluchtwege sollte den Transport Verletzter aus gefährdeten Bereichen ermöglichen.

(2) Es sollen anlagen- und störfallspezifische Kriterien für die Art und den Auslösezeitpunkt der festgelegten Alarmer, ggf. automatische Alarmer, aufgestellt und die erforderlichen Aktionen des Personals in u. U. mehreren Alternativen geplant und — soweit möglich — in gewissen Zeitabständen auch geprobt werden.

(3) Durch technische Maßnahmen muß gewährleistet werden, daß dem Personal beim Ansprechen von Sicherheitsventilen im Sicherheitsbehälter (insbesondere Ansprechen der Berstscheibe des Druckhalterabblasebehälters) ausreichend Zeit zur Flucht bleibt oder unter den auftretenden Bedingungen ausreichender Schutz gewährt ist.

13. Gestaltung von Arbeitsablauf, Arbeitsplatz und Arbeitsumgebung

Folgende BMI-Richtlinien liegen hierzu vor:

- *Richtlinie über das Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in Kernkraftwerken*;
Stand: 10. Mai 1978
- *Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor: Die während der Planung der Anlage zu treffende Vorsorge*;
Stand: 10. Mai 1978

Ergänzend gilt:

(1) Arbeitsabläufe, bei denen mit einer nennenswerten Strahlenexposition des Personals zu rechnen ist, so zu planen, daß die Strahlenbelastung des Personals so gering wie möglich bleibt. Entsprechende Anweisungen sind in geeigneter Form möglichst vollständig festzuhalten.

(2) Arbeitsabläufe, bei denen die Verfügbarkeit sicherheitstechnisch wichtiger Systeme eingeschränkt wird, sind sorgfältig zu planen und in geeigneter Form möglichst vollständig festzuhalten.

(3) Schwierige Arbeiten an Komponenten, bei denen eine hohe Strahlenbelastung erwartet wird, sollten soweit möglich, mechanisiert und vorher erprobt und geübt werden, ggf. an Modellen der Komponenten, wenn hierdurch eine nennenswerte Herabsetzung der Strahlenbelastung erreichbar ist.

14. Vorkehrungen für Arbeiten in der Anlage

Folgende BMI-Richtlinie liegt hierzu vor:

Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor: Die während der Planung der Anlage zu treffende Vorsorge;
Stand: 10. Mai 1978

Ergänzend gilt:

(1) Die bauliche Gestaltung der Gebäude und die Ausführung und Anordnung der Komponenten hat so zu erfolgen, daß bei späteren Inspektions-, Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie bei wiederkehrenden Prüfungen die Arbeiten zuverlässig ausgeführt werden können und die Strahlenbelastung für das Personal so gering wie möglich bleibt. Insbesondere sind ausreichende Zugänglichkeit, Abschirmung der Zugangs- und Transportwege sowie geeignete Vorkehrungen für die Ausführung von Dekontaminationsarbeiten, auch an Behältern und Rohrleitungssystemen (z. B. durch mechanische Reinigung und Spülung), sicherzustellen. Bei der Planung der vorgesehenen Maßnahmen ist von einem nach langjährigem Betrieb — diese Voraussetzung zu erwartenden Strahlenbelastung auszugehen.

(2) Bei der baulichen Gestaltung der Anlage sowie bei der Konstruktion und Anordnung insbesondere der führenden Komponenten ist auch zu berücksichtigen, daß deren Austausch während der Lebenszeit eines Kernkraftwerks notwendig werden kann. Die deshalb zu treffenden Vorkehrungen müssen so geeignet sein, Komponenten — soweit technisch möglich und sinnvoll — unzerlegt und bei möglichst geringer Strahlenbelastung auszutauschen. Die zur Erfüllung dieser Forderung notwendigen Maßnahmen dürfen sicherheitstechnischen Erfordernisse nicht entgegenstehen; z. B. darf die Möglichkeit wiederkehrender Prüfungen der Komponenten nicht eingeschränkt werden.

15. Handhabung und Lagerung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen

Folgende KTA-Regel liegt hierzu vor:

Hebezeuge in kerntechnischen Anlagen (KTA 3902), Fassung 6/78

Ergänzend gilt:

(1) Für die Handhabung, Aufbereitung und vorübergehende Lagerung der im bestimmungsgemäßen Betrieb anfallenden radioaktiven festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe sind geeignete, in ihrer Kapazität für den zu erwartenden Anfall fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe ausreichend bemessene und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend ausgelegte Einrichtungen vorzusehen.

(2) Für die Erkennung und Beherrschung von Schäden an Brennelementen bei der Handhabung sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

(3) Für die vorübergehende Lagerung defekter Brennelemente sind Einrichtungen vorzusehen, die eine nennenswerte zusätzliche Kontamination der Komponenten des Brennelementenlagerbeckens verhindern.

(4) Der Wasserstand und die Temperatur im Brennelementenlagerbecken muß von der Schaltwarte aus überwachbar sein. Auch bei Undichtheiten des Brennelementenlagerbeckens oder beim Bruch von Anschlußleitungen muß eine wirksame Kühlung der Brennelemente gewährleistet sein.

(5) Die Transportwege der Brennelemententransportbehälter sind so zu gestalten, daß keine Bedingungen auftreten, die die Auslegungsbedingungen der Behälter überschreiten.

(6) Der Absturz eines Brennelemententransportbehälters oder anderer Lasten auf das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente muß entweder durch Verriegelungen und administrative Maßnahmen hinreichend unwahrscheinlich gemacht werden oder durch die Auslegung beherrscht werden.

Auslegung und Beseitigung

(1) Bei der Auslegung und Anordnung von Bauten, Komponenten und Systemen, insbesondere der im bestimmungsgemäßen Betrieb aktivierten und kontaminierten Anlagenteile, sind geeignete Maßnahmen

zur endgültigen Stilllegung der Anlage, zu ihrer Sicherung bzw. ihrer Beseitigung zu berücksichtigen (z. B. getrennter Aufbau des inneren und äußeren biologischen Schildes).

(2) Die in Betracht zu ziehenden Anlagenteile sind so auszulegen und anzuordnen, daß im Falle ihrer Beseitigung der Zugang zu ihnen, ihre Dekontamination, ihr Abbau und ihr Transport in der Anlage bei einer möglichst geringen Strahlenbelastung durchführbar sind.

(3) Die für die Stilllegung und Beseitigung der Anlage im Konzept vorgesehenen wesentlichen Vorkehrungen und Maßnahmen sind darzulegen.

17. Vorsorge gegen Versagen von Komponenten

17.1 Vorsorge gegen Turbinenversagen

Gegen die Beschädigung sicherheitstechnisch wichtiger Anlagenteile durch Bruchstücke des Turbosatzes ist Vorsorge zu treffen. Z. B. kann die Gebäudeanordnung, auch bei Mehrblockanlagen, so gewählt werden, daß die sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten (Reaktorgebäude, Notspeisegebäude) nicht innerhalb der wahrscheinlichen Flugrichtung möglicher Bruchstücke des Turbosatzes (ca. ± 20 Grad senkrecht zur Turbinenachse) liegen. Befinden sich räumlich getrennte sicherheitstechnische Einrichtungen innerhalb des oben angegebenen Kegels, so darf angenommen werden, daß nur eine dieser sicherheitstechnischen Einrichtungen von den Bruchstücken getroffen wird.

17.2 Vorsorge gegen Pumpenschwungradversagen

Es sind Maßnahmen zu treffen, die gewährleisten, daß das Pumpenschwungrad infolge zu hoher Drehzahl beim Kühlmittelverluststörfall nicht zerstört wird.

17.3 Vorsorge gegen Versagen von Rückflußverhinderern

Alle Rückflußverhinderer im Kernkraftwerk, die im Normalbetrieb offen sind und bei einem Störfall bei hohem Druck und hoher Strömungsgeschwindigkeit sicher schließen müssen, sind so zu dämpfen, daß die hydrodynamischen Belastungen auf die Rückflußverhinderer, die Rohrleitungen und ihre Verankerung sowie ggf. auf die Sicherheitsbehälterdurchführungen tolerierbar sind. Dämpfungsmaßnahmen können entfallen, wenn unzulässige Belastungen auf die Rohrleitungen und deren Verankerungen auszuschließen sind.

18. Naturbedingte Einwirkungen

Erdbeben

Folgende KTA-Reihe liegt hierzu vor:

Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen (KTA 2201)

Teil 1: Grundsätze, Fassung 6/75

Teil 5: Seismische Instrumentierung, Fassung 6/77

Ergänzend gilt:

(1) Für die Druckführende Umschließung ist mit Hilfe von Analysen sicherzustellen, daß unter Beachtung der Zahl der Schwingungen, die durch das Erdbeben angeregt werden, die im Falle des Sicherheitserdbebens resultierenden Belastungen des Rohrleitungssystems die zulässigen Spannungsgrenzen nicht überschreiten. Werden dabei Stellen gefunden, die besonders gefährdet sind und deren Versagen zu einem Kühlmittelverluststörfall oder zu anderen gefährlichen Zuständen des Reaktors führen könnten, so ist durch Anpassung des Werkstoffs und der Auslegung sowie durch zweckmäßige Festlegung von Prüfungen Abhilfe zu schaffen. Andernfalls ist ein Kühlmittelverluststörfall als kausale Folge des Erdbebens nicht auszuschließen. Von der Überlagerung eines Sicherheitserdbebens mit einem Kühlmittelverluststörfall kann auch abgesehen werden, wenn sich aus den Analysen ein genügender zeitlicher Abstand beider Ereignisse ergibt.

19.

Zivilisationsbedingte Einwirkungen

19.1

Flugzeugabsturz

Die RSK hält es zur Verminderung des verbleibenden Risikos eines Flugzeugabsturzes auf das Reaktorgebäude eines Kernkraftwerks sowie auf Gebäude, die im Hinblick auf die sichere Nachwärmeabfuhr geschützt werden müssen und nicht durch entsprechende Redundanz geschützt sind, für erforderlich, daß die Anlage den nachfolgend spezifizierten Anforderungen genügt:

(1) Für die Konzeptberatung ist eine Liste der gegen Flugzeugabsturz zu schützenden Gebäude, Bauteile und Anlagenteile, einschließlich ihrer sicherheitstechnischen Funktionsbeschreibung, vorzulegen. Außerdem ist darzulegen, wie im Belastungsfall die Standicherheit der Bauteile und der Gesamtkonstruktion gewährleistet wird.

(2) Der Auslegung sind folgende Lastannahmen zugrunde zu legen:

1. Stoßlast-Zeit-Diagramm

Stoßzeit (ms)	Stoßlast (MN)
0	0
10	55
30	55
40	110
50	110
70	0

2. Auftrefffläche

Die Auftrefffläche ist mit 7 m² kreisförmig anzunehmen.

3. Auftreffwinkel

Der Auftreffwinkel ist als normal auf die Tangentialebene im Auftreffpunkt anzusetzen.

(3) Die Auslegung eines Bauteils auf Vollschutz ist immer dann erforderlich, wenn sich hinter dem Bauteil sicherheitstechnisch notwendige Anlagenteile befinden und diese bei der Auslegung des Bauteils nur gegen Penetration durch herausgeschleuderte Betonbrocken beschädigt werden könnten, sofern ihr Ausfall nicht durch das Prinzip der räumlichen Trennung abgedeckt werden kann.

(4) Die Auswirkungen von Trümmern und von Treibstoffbränden sowie die durch den Flugzeugaufprall induzierten Erschütterungen müssen bei der Auslegung beachtet werden. Die Schutzwirkungen vorgelagerter Bauteile dürfen dabei berücksichtigt werden. Der Schutz gegen Flugzeugtrümmer kann bei redundanten Systemen auch durch räumliche Trennung erreicht werden.

(5) Bei der Auslegung gegen einen Flugzeugabsturz ist das gleichzeitige Auftreten eines Einzelfehlers nicht zu unterstellen; auch ein gleichzeitiger Instandsetzungsfall wird nicht postuliert.

(6) Erfordert die Beherrschung eines derartigen Flugzeugabsturzes die Funktion von Sicherheitseinrichtungen eher als nach einer Zeit von 30 Minuten, so ist ein Einzelfehler in den aktiven Systemteilen zu unterstellen. Bei der Betrachtung der Langzeit-Nachkühlphase ist nachzuweisen, daß erforderlichenfalls an den für die Langzeit-Nachkühlphase benötigten Sicherheitseinrichtungen rechtzeitig Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden können.

19.2

Chemische Explosionen

Folgende BMI-Richtlinie liegt hierzu vor:

„Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände“,
Stand 13. September 1976

Ergänzend gilt:

(1) Für die Konzeptberatung ist eine Liste der gegen Druckwellen und gegen die dadurch induzierten Schwingungen auszuliegenden Gebäude- und Anlagenteile vorzulegen.

19.3 Giftige und explosionsgefährliche Gase

(1) Es ist aufzuzeigen, wie das Eindringen standortbedingter giftiger Gase in Räume festgestellt und verhindert werden kann, in denen der Aufenthalt von Personal möglich sein muß.

(2) Das Ansaugen standortbedingter explosionsgefährlicher Gase in sicherheitstechnisch wichtige Bereiche ist zu verhindern oder durch Redundanz und räumliche Trennung sowie sichere Lage der Ansaugöffnungen so einzuschränken, daß die Erfüllung der sicherheitstechnischen Funktion gewährleistet wird.

(3) Während der Lebenszeit der Anlage sind die Maßnahmen nach Absatz 1 und 2 den sich ändernden Gegebenheiten anzupassen.

19.4 Auswirkungen Dritter

(1) Gegen vorsätzliche Beschädigungen der Anlage ist Vorsorge zu treffen. Dies ist durch eine der folgenden Maßnahmen oder eine Kombination dieser Maßnahmen zu gewährleisten:

1. Prinzip der räumlichen Trennung, wonach die redundanten Systeme zur Abschaltung und Nachkühlung in getrennten Räumen so anzuordnen sind, daß die Zerstörung mehr als eines Systems aus der gleichen Ursache ausgeschlossen werden kann.

2. Bauliche Maßnahmen und stützende technische Einrichtungen.

3. Administrative Maßnahmen ergänzend zu Ziffer 1 und 2.

20. Vermögen der Schnellabschaltssysteme bei Betriebsstörungen

Zur Verminderung des verbleibenden Risikos beim Versagen des Schnellabschaltssystems bei Betriebsstörungen hält die RSK die im folgenden genannten Untersuchungen bzw. die Einhaltung der genannten Bedingungen für erforderlich:

(1) Der Verlauf von Betriebstransienten ist auch unter der Annahme zu untersuchen, daß das Schnellabschaltssystem vollständig ausfällt. Im einzelnen ist zu zeigen, daß bei den folgenden Betriebstransienten auch bei Ausfall des Schnellabschaltssystems die unter Absatz 2 und 3 genannten Bedingungen eingehalten werden:

1. Ausfall der Hauptwärmesenke, z.B. infolge Verlustes des Kondensatorvakuums bzw. Schließen der Frischdampfchiefer, bei vorhandener Eigenbedarfsversorgung,

2. Ausfall der Hauptwärmesenke bei ausgefallener Eigenbedarfsversorgung,

3. Maximaler Anstieg der Dampfentnahme, z.B. infolge Öffnens der Umleitstation oder der Frischdampfsicherheitsventile,

4. Maximale Reduzierung der Speisewasserversorgung, verursacht durch Fehler an einer aktiven Komponente,

5. Maximale Reduzierung des Kühlmitteldurchsatzes,

6. Maximale Reaktivitätszufuhr durch Ausfahren von Steuerelementen oder Steuerelementgruppen, ausgehend von den Betriebszuständen Vollast und heißer Bereitschaftszustand,

7. Druckenlastung durch unbeabsichtigtes Öffnen eines Druckhaltersicherheitsventils,

8. Maximale Reduzierung der Reaktoreintrittstemperatur verursacht durch einen Fehler in einer aktiven Komponente der Speisewasserversorgung.

Bei der Analyse dieser Ereignisse kann grundsätzlich vom normalen Betriebszustand ausgegangen werden.

Allerdings sind in der Analyse die durch Steuerungs- und Regelvorgänge eventuell verursachten Änderungen von Betriebsparametern und Systemzuständen mit zu berücksichtigen. Mit Ausnahme der als gestört angenommenen Systeme können alle übrigen Systeme als funktionsfähig vorausgesetzt werden, solange ihre Funktionsfähigkeit nicht durch die Auswirkungen des Ereignisses beeinträchtigt wird, d.h. das gleichzeitige Auftreten eines Einzelfehlers ist nicht zu unterstellen; auch ein gleichzeitiger Instandsetzungsfall wird nicht postuliert.

(2) Bei diesen Störfällen dürfen in der Druckführenden Umschließung die nach ASME Code Section III, Division 1, NB-3224 Level C Service Limits, zulässigen Spannungen nicht überschritten werden.

Das Fortwärtssystem (betriebliches System) zuzug, und die Systeme zur Wärmeabfuhr müssen so ausgelegt sein, daß ihre Funktionsfähigkeit unter diesen Ereignisbedingungen bzw. nach diesen Ereignissen gewährleistet ist und der Reaktor abgefahren werden kann.

21. Zu unterstellende Leckagen und Brüche

21.1 Zu unterstellende Leckagen und Brüche in der Druckführenden Umschließung und Maßnahmen zu ihrer Beherrschung)

(1) Zur Beherrschung der Folgen von Brüchen in der Druckführenden Umschließung sind die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen. Hierzu sind die Auswirkungen eines postulierten plötzlichen Bruches (Bruchzeit ca. 15 ms) einer Rohrleitung der Druckführenden Umschließung für verschiedene Bruchlagen und Leckquerschnitte (bis zum doppelendigen Rundriß) hinsichtlich der Kernnotkühlwirksamkeit zu analysieren. Dabei ist von den zulässigen Betriebszuständen der Anlage, einschließlich der ungünstigsten, auszugehen. Auch Betriebstransienten sind zu berücksichtigen.

(2) Hinsichtlich der Belastungsannahmen für die Berechnung der Reaktions- und Strahlkräfte ist ein noch unterkritischer Längsriß mit einem Bruchquerschnitt von 0,1 F** sowie ein doppelendiger Rundriß im Bereich relativ hoch beanspruchter Rundnähte zu unterstellen. Beim Rundabriß können die Belastungsannahmen verringert werden, wenn durch konstruktive Maßnahmen der wirksame Querschnitt auf kleinere Werte begrenzt wird.

(3) Es sind auch Vorkehrungen zu treffen, mit denen die Auswirkungen eines doppelendigen Bruches einer Hauptkühlmittelleitung unmittelbar am Stutzen des Reaktordruckbehälters beherrscht werden können.

(4) Um die Folgen von Brüchen in der Druckführenden Umschließung zu begrenzen, sind — falls erforderlich — Ausschlagsicherungen oder Stoßdämpfer anzubringen.

(5) Der Auslegung sind auch die Auswirkungen des plötzlichen Bruches eines Steuerelementstutzens mit dem maximal möglichen Leckquerschnitt sowie die gegebenenfalls zu berücksichtigenden Leckagen am Reaktordruckbehälter zugrunde zu legen. Mögliche Folgebrüche sind zu berücksichtigen und deren Auswirkungen zu analysieren.

(6) Im Hinblick auf die Verankerung des Reaktordruckbehälters, die Belastung der Reaktorkerneinbauten und die Auslegung des Kernnotkühlsystems ist am Reaktordruckbehälter auch ein Leck von etwa 20 cm² (geometrischer Querschnitt: kreisförmig) unterhalb der Reaktorkernoberkante zu unterstellen. Vorschäden am Reaktordruckbehälter, die zu einer Leckgröße von mehr als 20 cm² führen könnten, müssen mittels geeigneter Überwachungsmaßnahmen rechtzeitig erkennbar sein.

Die Auslegungsbedingungen für den Sicherheitsbehälter werden in Kap. 5 behandelt.

$$NW = \frac{NW^*}{4}$$

NW* = Nennweite

(6) Es sind Vorkehrungen gegen einen Druckaufbau im Niederdrucksystem infolge Versagens der Druckabsicherung zum Hochdrucksystem (Druckführende Umschließung) zu treffen (z. B. Wiederkehrende Prüfung der Funktion der Armaturen, Messung des Druckes zwischen zwei hintereinandergeschalteten Armaturen, Anzeige von Leckagen auf der Warte).

21.2 Zu unterstellende Leckagen und Brüche in der Frischdampf- bzw. Speisewasserleitung

(1) Die Belastungen, die beim Frischdampf- bzw. Speisewasserleitungsbruch oder Offenbleiben eines sekundärseitigen Sicherheitsventils auf die Dampferzeugerheizrohre durch die statische und transiente Beanspruchung (Druckwelle, Strömungskräfte, statische Druckdifferenzen über die Dampferzeugerheizrohre) auftreten, müssen bestimmt werden. Es ist nachzuweisen, daß die Dampferzeugerheizrohre diesen Belastungen standhalten. Jedoch ist bei der Störfallanalyse grundsätzlich das Versagen einiger weniger Dampferzeugerheizrohre als Einzelfehler zu unterstellen.

Beim Frischdampfleitungsbruch außerhalb der äußeren Absperrarmatur mit zusätzlichem Einzelfehler „Nicht-Schließen der Absperrarmatur“ braucht ein Dampferzeugerheizrohrversagen nicht unterstellt zu werden, wenn der oben genannte Belastungsnachweis positiv geführt worden ist.

(2) Die Auswirkungen eines Frischdampfleitungsbruchs sowie einer Kaltwassertransiente auf das Reaktivitätsverhalten und auf die Änderung von Druck und Temperatur im Reaktor sowie die daraus resultierenden Belastungen auf den Reaktordruckbehälter mit seinen Einbauten müssen beherrscht werden.

22. Systeme zur Wärmeabfuhr nach Störfällen

22.1 Kernnot- und Nachkühlsystem

(1) Zur Wärmeabfuhr nach Kühlmittelverluststörfällen muß ein zuverlässig wirksames redundantes Kernnot- und Nachkühlsystem vorhanden sein. Es muß geeignet sein, bei den in Kapitel 21.1 genannten Leckagen und Brüchen in der Druckführenden Umschließung die Kerntemperaturen langfristig auf einem niedrigen Wert zu halten.

22.1.1 Anforderungen

(1) Durch die Kernnotkühlung muß gewährleistet sein, daß:

1. die berechnete maximale Brennstabhüllentemperatur 1200°C nicht überschreitet,
2. die berechnete Oxidationstiefe der Hülle an keiner Stelle den Wert von 17% der tatsächlichen Hüllrohrwandstärke überschreitet,
3. bei der Zirkon-Wasser-Reaktion nicht mehr als 1% des gesamten in den Hüllrohren enthaltenen Zirkoniums reagiert,
4. infolge von Hüllrohrschäden die in Kapitel 2.2 (4) unter Ziffer 2 genannten Freisetzungen von Spaltprodukten nicht überschritten werden,
5. keine Änderungen in der Geometrie des Reaktorkerns auftreten, die eine ausreichende Kühlung des Reaktorkerns verhindern.

Die genannten Vorschriften sind bis zur Ablösung durch eine abgestufte Temperatur-Zeit-Funktion zu verwenden.

(2) Auch bei langfristiger Kühlung des Reaktorkerns nach einem Kühlmittelverluststörfall muß die Unterkritikalität des Reaktorkerns gewährleistet sein. Die Wirksamkeit des Schnellabschaltsystems darf bei der Langzeitreaktivitätsbilanz nicht berücksichtigt werden.

22.1.2 Auslegung

(1) Jedes Kernnotkühlteilsystem muß grundsätzlich aus redundanten, nicht vermaschten Strängen beste-

hen. Die Stränge müssen nicht nur maschinentechnisch, sondern auch bezüglich ihrer Energie- und Medienversorgung und der erforderlichen Instrumentierung und Steuerung getrennt ausgeführt werden (Anforderungen an elektrische Einrichtungen vgl. Kapitel 7). Den Strängen gemeinsame aktive Komponenten sind nicht zulässig. Eine gemeinsame Meßwerterfassung zur Ansteuerung redundanter aktiver Sicherheitseinrichtungen ist zulässig, wenn die Anforderungen im Kapitel 7 erfüllt werden. Sind gemeinsame Komponenten (z. B. Leitungen) in den Strängen unumgänglich, ist zu zeigen, daß:

1. es möglich ist, sich während des Reaktorbetriebes von der Funktionsbereitschaft der gemeinsamen Komponenten zu überzeugen,
2. ein Versagen der gemeinsamen Komponenten des Kernnotkühlsystems nicht zu einem Kühlmittelverluststörfall führt oder die Wirksamkeit der anderen Kernnotkühlteilsysteme behindert,
3. die Funktion der gemeinsamen Komponenten nicht durch die Folgen eines Kühlmittelverluststörfalles oder in dessen Verlauf beeinträchtigt werden kann,
4. eine derartige Schaltung die Zuverlässigkeit des Kernnotkühlsystems gegenüber einem unvermaschten System nicht verschlechtert.

(2) Der Ausfall eines Kernnotkühlstranges darf unabhängig von der Ausfallsursache nicht zum Ausfall eines weiteren Kernnotkühlstranges führen.

(3) Das Kernnotkühlsystem muß bei Auftreten eines Einzelfehlers seine sicherheitstechnische Aufgabe mit ausreichender Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit erfüllen. Dies muß auch während Prüfungen und Reparaturen gewährleistet sein. Wenn bei kurzzeitigen Reparaturen die Gesamtverfügbarkeit des Kernnotkühlsystems nicht wesentlich verschlechtert wird, braucht ein zusätzlicher Einzelfehler bei passiven Systemen nicht vorausgesetzt zu werden.

(4) Der Raum um den Reaktordruckbehälter muß bei einem Leck am Reaktordruckbehälter mindestens bis zur Reaktorkernoberkante geflutet werden können.

(5) Durch Leckagen in Nachkühlern oder Dampferzeugern darf die zum Unterkritischhalten des Reaktors benötigte Borkonzentration im Primärkühlmittel nicht in unzulässigem Maße vermindert werden.

(6) Bei einem Leck im Nachkühlsystem an beliebiger Stelle außerhalb des Sicherheitsbehälters muß der Wasservorrat im Gebäudesumpf für die Kernnotkühlung ausreichend bleiben. Die Funktionsfähigkeit des Nachkühlsystems darf nicht durch Überflutung beeinträchtigt werden.

(7) Um zu verhindern, daß bei einem Leck in der Sumpfsaugleitung zwischen Sicherheitsbehälter und Absperrarmatur während der Kernnot- und Nachkühlphase das Wasser aus dem Sumpf des Sicherheitsbehälters in den Ringraum fließt und dadurch die Kernnot- und Nachkühlung vollständig ausfällt, müssen technische Vorkehrungen getroffen werden (z. B. Doppelrohr).

(8) Die Kernnotkühlteilsysteme müssen vor Störfällen geschützt sein. Insbesondere sind die Auswirkungen von Brüchen druckführender oder rotierender Teile zu berücksichtigen. Die dabei entstehenden Bruchstücke, die Reaktions- und Strahlkräfte sowie der Einfluß von Druck, Temperatur und Feuchte dürfen keine Beeinträchtigung der Kernnotkühlung bewirken. Wegen der geforderten Redundanz müssen räumliche Trennung oder bauliche Schutzmaßnahmen vorgesehen sein, durch die gemeinsame Fehlerursachen oder gegenseitige Beeinflussung redundanter Stränge verhindert werden.

(9) Die Kernnotkühlteilsysteme müssen baulich und elektrisch derart ausgeführt sein, daß durch Wassereinbruch im Reaktorgebäude die Kernnot- und Nachkühlung des Reaktors nicht gefährdet wird. Dies gilt ebenso für die nachgeschalteten Kühlsysteme. Die wesentlichen aktiven Komponenten der Nachkühlteilsysteme müssen während des langfristigen Nachkühlvorganges gewartet werden können.

(10) Eine systemtechnische Verknüpfung der Kernnotkühlung mit der Brennelementlagerbeckenkühlung ist nur zulässig, wenn Störungen in dem einen System (z. B. Fehlschaltung von Armaturen) nachweislich nicht zu einer nennenswerten Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit der Kernnotkühlung und der Brennelementlagerbeckenkühlung führen können.

(11) Das Kernnotkühlsystem soll so ausgelegt werden, daß folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Angemessene Druck- und Funktionsprüfungen müssen regelmäßig durchführbar sein.
2. Die bauliche Integrität und Leckdichtigkeit seiner Komponenten muß gewährleistet sein.
3. Die Betriebsfähigkeit des gesamten Systems muß unter Bedingungen, die der Auslegung so nahe wie möglich kommen, getestet werden können.
4. Der Ablauf der gesamten Betriebsfolge für die Inbetriebnahme des Systems muß getestet werden können. Hierzu gehören der Betrieb der entsprechenden Teile des Schutzsystems, die Umschaltung von Normal- bzw. Eigenbedarfs- auf Notstromversorgung sowie der Betrieb des zugehörigen Kühlwassersystems.
5. Die Einspeisung des Notkühlmittels in die Druckführende Umschließung nach einer störfallbedingten Anregung muß zuverlässig angezeigt werden. Die hierfür erforderlichen Meßeinrichtungen sollen möglichst nahe bei den Stellen der Einspeisung in die Druckführende Umschließung angebracht werden.

(12) Zur Beherrschung kleiner Lecks müssen folgende Annahmen getroffen bzw. Auslegungsbedingungen erfüllt werden:

1. Komponenten und Systeme, die bei Auftreten kleiner Lecks zusätzlich erforderlich sind, (z. B. Notspeiserumpen, sekundäre Abblasestation sowie ihre Ansteuerungen) müssen als Teilsysteme des Kernnot- und Nachkühlsystems betrachtet werden, für das die Anforderungen an die Auslegung in diesem Kapitel festgelegt ist.
2. Für die Störfallanalyse ist der Ausfall der Eigenbedarfsversorgung zu unterstellen.
3. Sofern zur Störfallbeherrschung unmittelbar eine sekundärseitige Druckabsenkung erforderlich ist, muß diese automatisiert sein.
4. Der Wasservorrat für die Notspeisung sowie für die Flutbehälter muß ausreichend konservativ bemessen sein.

22.1.2 Annahmen für die Kernnotkühlrechnungen

(1) Für jeden relevanten Betriebsbereich sind experimentell abgesicherte analytische Nachweise über die ausreichende Wirksamkeit der Kernnotkühlung vorzulegen. Diese Nachweise sind mit folgenden Annahmen für die Berechnung der Brennstabtemperaturen zu führen (vgl. auch Kapitel 22.1.2 (3) und Kapitel 21.1):

1. Ausströmraten

Die Ausströmraten im unterkühlten Bereich des Wassers sind mit experimentell belegten Ausströmbeziehungen zu berechnen. Soweit der experimentelle Nachweis nicht erbracht werden kann, ist für die Bestimmung der Sicherheitsbehälterbelastung sowie der Belastungen der Rohrleitungen und der Einbauten der Druckführenden Umschließung nach der Bernoulli-Beziehung zu rechnen. Die Konservativität der verwendeten Ausströmbeziehungen ist auch im Hinblick auf die Ermittlung des Reaktorkerndurchsatzes zu begründen.

Für die kritische Zweiphasenströmung sind nach Möglichkeit neueste experimentelle Ergebnisse zu verwenden. Soweit der experimentelle Nachweis nicht erbracht werden kann, ist die Moody-Beziehung¹⁾ zu verwenden. Die ungünstigsten Auswirkungen auf das Brennstabverhalten sind in einer Parameterstudie für den Ausströmkoeffizienten zu ermitteln.

2. Burnout-Verzug

Die Festlegung des Burnout-Zeitpunktes ist für die Ausström-Rechnung und für die Heißstabberechnung mit den jeweils als konservativ zu betrachtenden Beziehungen vorzunehmen. Unmittelbar nach Überschreiten der kritischen Heizflächenbelastung sind bis zum Vorliegen relevanter experimenteller Ergebnisse für die Wärmeübergangszahlen Gleichungen für stabiles Filmsieden zu benutzen. Für sehr große Leckagen ist der Burnout-Zeitpunkt für die Ausström- bzw. Heißstabberechnung durch jeweils konservative Abschätzungen festzulegen.

Wärmeübergang beim Ausströmen und vor Trocknung des Reaktorkerns

Für die Heißstabberechnung sind nach Überschreiten der kritischen Heizflächenbelastung experimentell gesicherte Wärmeübergangsbeziehungen anzuwenden. Sofern diese nicht vorliegen, ist die modifizierte Dougall-Rohsenow-Gleichung²⁾ anzuwenden. Für die thermohydraulische Analyse des mittleren Kanals ist zu prüfen, ob bei Anwendung anderer Wärmeübergangsbedingungen für Filmsieden thermohydraulische Zustände erreicht werden können, die zu höheren Brennstabtemperaturen im Heißkanal führen.

4. Wärmeübergang vor Flutbeginn

Für die Phase vom Ende des Ausströmens bis zum Erreichen der Kernunterkante durch das Kühlwasser ist mit adiabatischer Kernaufheizung zu rechnen, oder es sind die Wärmeübergangszahlen anhand experimenteller Ergebnisse nachzuweisen.

5. Leckage aus der Bruchstelle

Das direkt zur Bruchstelle beförderte Wasser darf nicht für die Kühlung des Kerns berücksichtigt werden.

6. Wärmeübergang beim Wiederauffüllen

Oberhalb der Quenchfront bzw. zwischen den Quenchfronten ist mit experimentell gesicherten Werten zu rechnen; andernfalls ist die modifizierte Dougall-Rohsenow-Gleichung²⁾ zu verwenden.

Dampfblockade

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, daß durch Kondensation oder Ableitung des Dampfes eine Dampfblockade verhindert wird.

7. Pumpenverhalten

Bei der Berücksichtigung des Pumpenverhaltens während der Druckentlastungsphase und der Wiederauffüllphase sind die experimentell nicht hinreichend bestimmten Einflußgrößen durch jeweils konservative Annahmen abzudecken. Mögliche Versperrungen freier Strömungsquerschnitte in der Druckführenden Umschließung durch beschädigte Anlagenteile sind in die Betrachtungen einzubeziehen.

9. Restwassergehalt

Die Analysen zur Kernnotkühlung bei großem Leck in den Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung sind auch unter der Annahme durchzuführen, daß nach der Druckentlastungsphase kein Restwasser im Reaktordruckbehälter vorhanden ist. Andere Annahmen über den Restwassergehalt sind zu begründen und durch konservative Rechnung zu belegen.

¹⁾ E. J. Moody, Maximum Flow Rate of Single Component, Two Phase Mixture, Trans. ASME, Februar 1965, S. 134 — 142

²⁾ E. S. Dougall, W. M. Rohsenow, Film Boiling on the Inside of Vertical Tubes with Upward Flow of the Fluid at Low Qualities, MIT-Report 2079-26, Cambridge, Massachusetts, September 1963

10. Durchsatzreduktion

Der aus der eindimensionalen Druckentlastungsrechnung resultierende Massenstrom ist für die Heißstab-Temperaturberechnung unter Berücksichtigung thermohydraulisch bedingter Strömungsverteilungen und eventueller Kühlkanalverengungen um 20% zu reduzieren, solange keine anderen abgesicherten Werte vorliegen.

11. Gegendruck im Sicherheitsbehälter

Den Analysen ist der im Sicherheitsbehälter herrschende um 20% reduzierte Störfalldruck zugrunde zu legen.

12. Leistungsverteilung im Kern

Für die spezifische Stableistung und Leistungs-dichteverteilung im Reaktorkern ist von den ungünstigsten Werten auszugehen, die im bestimmungsgemäßen Betrieb unter Berücksichtigung der Begrenzungseinrichtungen auftreten können.

13. Druckdifferenzen im Reaktordruckbehälter

In den Rechenmodellen, die zu den Analysen herangezogen werden, muß eine zur Ermittlung der Druckdifferenzen im Reaktordruckbehälter geeignete Zonenaufteilung vorgenommen werden.

14. Nachzerfallsleistung des Kerns

Für die Berechnung bis zum Abschluß des Wiederauffüllvorganges ist die Nachzerfallsleistung nach dem ANS-Standard⁴⁾ zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 20% zu verwenden.

(2) Das Kernnotkühlsystem muß für große Lecks so ausgelegt sein, daß bei Kernnotkühlung nach Beendigung des Wiederauffüllvorganges Dampfabgabe aus der Druckführenden Umschließung langfristig vermieden wird.

(3) Für die Zulaufhöhe der Nachkühlpumpen muß nach Umschaltung auf Sumpfbetrieb mit Atmosphärendruck im Sicherheitsbehälter gerechnet werden.

Notstandssystem

(1) Bei Funktionsuntüchtigkeit der Warte muß sichergestellt sein, daß die Anlage mit Hilfe des Notstandssystems ohne Handeingriff in einen sicheren Zustand übergeht und mindestens 10 Stunden darin verbleiben kann. Darüber hinaus muß die Anlage mit Hilfe des Notstandssystems durch Abblasen auf der Sekundärseite in einen Zustand gebracht werden können, der die anschließende Nachwärmeabfuhr über das spezielle Notnachkühlsystem erlaubt. Für dieses Notnachkühlsystem ist keine Redundanz erforderlich. Notstandsmaßnahmen, für die eine hinreichende Karenzzeit besteht oder für deren Auslösung durch administrative Maßnahmen Vorsorge getroffen werden kann, müssen nicht automatisiert werden. Zur Langzeitbeherrschung des Notfalls kann auf örtliche Hilfsmaßnahmen zurückgegriffen werden.

(2) Das Notstandssystem soll im einzelnen folgenden sicherheitstechnischen Anforderungen genügen:

1. Komponenten und Teilsysteme des Notstandssystems müssen gegen äußere Einwirkungen und Einwirkungen Dritter besonders geschützt werden.
2. Durch eine konsequente Trennung des Notstandssystems von anderen Kernkraftwerkssystemen muß sichergestellt sein, daß die Funktion des Notstandssystems nicht durch Schäden in zerstörbaren Anlagenbereichen unzulässig beeinträchtigt werden kann. Dies gilt sowohl für verfahrenstechnische Systeme als auch für die Energieversorgung und das Reaktorschutzsystem.
3. Durch die Trennung muß darüber hinaus sichergestellt werden, daß Fremdeingriffe und Fehlbedienungen auf der Warte oder in anderen nicht besonders geschützten Anlagenbereichen nicht zu

einer unzulässigen Beeinträchtigung der Funktion des Notstandssystems führen können.

4. An dem Notstandssystem dürfen weder aus betrieblichen Gründen noch zu Prüfzwecken Eingriffe vorgenommen werden, die, wenn sie im Notstandsfall nicht mehr zurückgenommen bzw. zu Ende geführt werden können, zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der Funktion des Systems führen können.

23.

Maßnahmen zur Begrenzung der Wasserstoffkonzentration

(1) Zur Verhinderung einer Explosionsgefahr (oder Brandgefahr) im Sicherheitsbehälter darf zu keiner Zeit weder integral noch lokal während des Betriebes als auch infolge eines Kühlmittelverluststörfalles die Zündgrenze des Wasserstoffs (4% Wasserstoff in Luft) überschritten werden.

Sofern nicht nachgewiesen werden kann, daß Gemische mit höherer Wasserstoffkonzentration — auch in örtlich begrenzten Bereichen — nicht auftreten, müssen wirksame Gegenmaßnahmen vorgesehen werden.

(2) Das Überwachungssystem

1. Aufgabe des Überwachungssystems

Die örtliche und zeitliche Verteilung von Wasserstoff, infolge eines Kühlmittelverluststörfalles muß überwacht werden. Es muß ein Meßsystem vorhanden sein, welches auch unter den nach einem Störfall zu erwartenden Bedingungen eine zuverlässige Bestimmung der Wasserstoffverteilung innerhalb der kritischen Bereiche des Sicherheitsbehälters sicherstellt.

2. Auslegung des Überwachungssystems

— Zur Auslegung des Überwachungssystems sind geeignete Rechenverfahren zur Bestimmung der zu erwartenden örtlichen und zeitlichen Wasserstoffverteilung anzuwenden. Auf Grund dieser Rechnungen sind Meßstellen festzulegen, die eine zuverlässige Überwachung der Wasserstoffkonzentration ermöglichen.

— Zur Berücksichtigung der Einflußgrößen Temperatur, Druck und Feuchte sind bei den Meßstellen die Temperaturen zu messen. Druckwerte können der übrigen Störfallfolgeinstrumentierung entnommen werden. Im übrigen gelten die Bestimmungen zur Störfallfolgeinstrumentierung (Kapitel 24.3).

— Die Aktivität der entnommenen Gasproben muß gemessen werden können.

(3) Wasserstoffbildung und -freisetzung

Für die Wasserstoffbildung nach dem Kühlmittelverluststörfall sind folgende Quellen zu berücksichtigen:

- Radiolyse im Kern
- Radiolyse im Sumpf
- Radiolyse im Brennelement-Lagerbecken
- Metall-Wasser-Reaktion im Kern
- sonstige Metall-Wasser-Reaktionen

Die Berechnung der Wasserstoffbildung ist für mindestens 100 Tage nach Störfalleintritt durchzuführen. Hierbei ist der aus Metall-Wasser-Reaktionen stammende Wasserstoff als sofort freigesetzt, näherungsweise homogen verteilt anzunehmen. Der langfristige durch Radiolyse entstehende Wasserstoff ist als mit bzw. aus dem Kühlmittel kontinuierlich freigesetzt zu betrachten. Hierbei muß der Freisetzungsort berücksichtigt werden.

Für die Berechnung der Wasserstoffquellenstärken gelten folgende Vorschriften:

1. Nettoentstehungsraten für Kern- und Sumpfradiolyse
G(H₂)-Wert: 0,44 Moleküle/100 eV

⁴⁾ Proposed ANS-Standard. Decay Energy Release Rates Following Shutdown of Uranium-Fueled Thermal Reactors, ANS — 5.1, Decay Heat Power in LWR, Revised Standard 6.78

Dieser Wert stellt die experimentell abgesicherte obere Grenze der Bildungsrate für die zu erwartende wirksame Strahlung dar.

2. Wirksame Nachzerfallsleistung des Kerns

— Als Quelle der radiolytisch wirkenden Strahlung ist mindestens der der vorgesehenen Abbrandstrategie entsprechende Gleichgewichtskern am Zyklusende anzunehmen, wobei die Spaltstoffzusammensetzung einschließlich der Aktivierungsprodukte der im Kern befindlichen Brennelemente zu berücksichtigen ist. Für die Berechnung der Zeitfunktion der γ -Nachzerfallsleistung $P(t)$ sind die Werte von Shure¹⁾ zugrunde zu legen und mit einem Zuschlag von 20% zu versehen. Abweichende Werte und Rechenverfahren können zugelassen werden, wenn der Hersteller entsprechende Nachweise vorlegt.

— Der im Kühlmittel absorbierte Anteil der γ -Nachzerfallsleistung ist als Zeitfunktion zu ermitteln. Sind die für die Berechnung vereinfachenden Annahmen erforderlich (z.B. Einteilung in Energiegruppen, Vereinfachung der Reaktorkern-Geometrie), so ist der Nachweis zu führen, daß diese Annahmen zu konservativen Werten führen. Andernfalls ist ein zeitlich konstanter Wert von 10% zu verwenden.

— Eine Absorption von β -Strahlung im Kühlmittel braucht wegen des Selbstabschirmungseffekts nicht berücksichtigt zu werden.

3. Wirksame Nachzerfallsleistung im Sumpf

Für die in das Kühlmittel freigesetzten Spaltprodukte sind die im Kapitel 22.1.1 (1) Ziffer 4 genannten Werte konservativ auch dann zugrunde zu legen, wenn die Auslegung der Kernnotkühlung niedrigere Werte erwarten läßt. Für die Radiolyseberechnung ist anzunehmen, daß sich die freigesetzten Spaltprodukte vollständig im Kühlmittel befinden und ihre γ - und β -Strahlungsenergie zu 100% vom Sumpfwasser absorbiert wird.

4. Radiolyse im Brennelement-Lagerbecken

Die Radiolyse im Brennelement-Lagerbecken ist zu berücksichtigen.

5. Metall-Wasser-Reaktion im Reaktorkern

Zur Berechnung der reagierenden Zirkonmenge ist die Baker-Just-Gleichung²⁾ zu verwenden. Der zeitliche und räumliche Temperaturverlauf ist den Ergebnissen der Kernnotkühlrechnungen zu entnehmen.

6. Sonstige Metall-Wasser-Reaktionen

Sonstige Metall-Wasser-Reaktionen brauchen dann nicht berücksichtigt zu werden, wenn der Nachweis erbracht ist, daß aus ihnen keine nennenswerten Wasserstoffmengen freigesetzt werden.

(4) Maßnahmen zur Verhinderung von zündfähigen Wasserstoffkonzentrationen

Für Maßnahmen zur Verhinderung von zündfähigen Wasserstoffkonzentrationen in der Sicherheitsbehälteratmosphäre nach einem Kühlmittelverluststörfall gelten folgende Grundsätze:

1. Ergeben die Berechnungen, daß in Teilbereichen des Sicherheitsbehälters die Wasserstoffkonzentration auf Werte oberhalb der Zündgrenze ansteigen kann, so sind aktive Einrichtungen vorzusehen, die eine ausreichende Zwangsdurchmischung der Sicherheitsbehälteratmosphäre sicherstellen.
2. Ergibt die Berechnung der integralen Wasserstoffkonzentration, daß eine Volumenkonzentration von 4% nicht ausgeschlossen werden kann, so muß

gezeigt werden, daß aktive Maßnahmen (z.B. Anschlußmöglichkeit für einen Rekombinator) zur Anwendung kommen können, mit denen die Wasserstoffkonzentration unterhalb der Zündgrenze gehalten wird.

Als Planungsmaßnahmen zur Verringerung der integralen Wasserstoffkonzentration ist ein Aufbumpen des Sicherheitsbehälters nicht zulässig.

Sicherheitsanforderungen

Aktive Maßnahmen müssen rechtzeitig vor aber auch bei unterstellter Wasserstoffkonzentration von 4% Volumengehalt noch eingesetzt werden können.

Der Einsatz solcher Maßnahmen kann auf den Anforderungsfall beschränkt bleiben, d.h. auf Grund von Messungen mit Hilfe des Überwachungssystems. Ein Einzelfehler ist beim Einsatz solcher Maßnahmen nicht zu untersuchen, soweit Reparatur oder Ersatzmaßnahmen möglich sind.

Die Anforderung kann — falls sich um ein Langzeitproblem handelt — von Hand gesehen.

24. Störfallinstrumentierung

24.1. Allgemeine Anforderungen

(1) Die Störfallinstrumentierung hat die Aufgabe vor während und nach

— einem Störfall oder

— einem Ereignis, das zu einer erhöhten Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Kernkraftwerks-umgebung führen kann,

einen Überblick über den Betriebszustand zu ermöglichen und alle den Anlagenzustand beschreibenden wesentlichen Daten sowie die wichtigsten Wetterdaten anzuzeigen und zeitgerecht zu dokumentieren.

(2) Zur Erfüllung ihrer Aufgabe ist die Störfallinstrumentierung in eine Störfallablaufinstrumentierung und in eine Störfallfolgeinstrumentierung zu unterteilen.

(3) Die Störfallfestigkeit der Störfallinstrumentierung ist, soweit erforderlich, vor deren Einsatz nachzuweisen.

(4) Die Einrichtungen der Störfallinstrumentierung sind an eine unterbrechungslose Notstromversorgung oder an ein Notstromsystem anzuschließen.

Für jede erfaßte Meßgröße der Störfallinstrumentierung muß die Tageszeit aus den zugehörigen Dokumentationsunterlagen so genau bestimmt werden können, daß eine zeitliche Zuordnung zu Daten aus anderen Informationsquellen möglich ist.

Die Dokumentationsunterlagen sind so anzuordnen, daß das Zeitverhalten der Meßgrößen mit ausreichender Genauigkeit erfaßt wird.

(7) Zur Begutachtung sind Unterlagen vorzulegen, die das Auslegungskonzept und die sicherheitstechnisch wichtigen Einzelheiten der Störfallinstrumentierung prüffähig beschreiben.

24.2 Störfallablaufinstrumentierung

(1) Die Störfallablaufinstrumentierung ist so auszu-legen, daß die zur Feststellung eines Störfallablaufs ausgewählten Zustandsgrößen übersichtlich und in der richtigen zeitlichen Folge dokumentiert werden.

(2) Die Störfallablaufinstrumentierung muß grundsätzlich jederzeit in Betrieb sein. Eine eingeschränkte Funktionsfähigkeit (z.B. bei erforderlichen Instandsetzungsarbeiten) ist zulässig, wenn im Bedarfsfall eine ausreichende Mindestinformation durch den funktionsfähigen Teil der Störfallinstrumentierung gewährleistet ist. Die vollständige Funktionsfähigkeit der Störfallablaufinstrumentierung ist so schnell wie möglich wiederherzustellen.

(3) Es ist festzulegen, welche Einrichtungen der Störfallablaufinstrumentierung auch bei abgefahrter Reaktoranlage in Betrieb sein müssen.

¹⁾ E. Shure, Fission Product Decay Energy, WAPD-BT-24, 1961

²⁾ L. Baker jr., W. C. Just, Studies of Metal-Water-Reactions of High Temperatures III, Experimental and Theoretical Studies of the Zirconium-Water-Reaction, ANL-5548, 1962

(4) Für die Aufzeichnung und Speicherung der Störfallablaufdaten sind zwei möglichst diversitäre Datenspeicher einzusetzen. Der Ausfall eines Datenspeichers ist anzuzeigen.

(5) Die bei Störfallabläufen aufgezeichneten Störfallablaufdaten sind gesichert aufzubewahren. Es ist sicherzustellen, daß diese Daten weder verändert noch gelöscht werden.

(6) Die nach Eintritt eines anlageninternen Störfalls auftretenden Umgebungsbedingungen dürfen nicht zum Ausfall der zur Störfallbeurteilung erforderlichen Meßeinrichtungen und Informationen führen.

24.3 Störfallfolgeinstrumentierung

24.3.1 Auslegung

(1) Die Störfallfolgeinstrumentierung ist so auszu-
legen, daß die Daten, die nach Eintreten

- eines Störfalls oder
- eines Ereignisses, das zu einer erhöhten Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Kernkraftwerksumgebung führen kann,

für die Beurteilung der Anlagensicherheit, der Wirksamkeit des Sicherheitssystems und für die Entscheidung über Notfallschutzmaßnahmen¹⁾ eine entscheidende sicherheitstechnische Bedeutung haben, zuverlässig und ausreichend genau angezeigt und dokumentiert werden.

(2) Die Störfallfolgeinstrumentierung muß in bezug auf Meßbereiche, Störfallfestigkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit so ausgelegt werden, daß sich das Bedienungspersonal auf diese Instrumentierung jederzeit verlassen kann.

(3) Es sind eignungsgeprüfte oder für den Einsatzfall und für die unterstellten Einsatzbedingungen bewährte und möglichst wartungsfreie Geräte zu verwenden.

(4) Die Einrichtungen zur Erfassung, Verarbeitung und Dokumentation der Meßgrößen sind technisch so einfach wie möglich aufzubauen.

(5) Es sind zum Beispiel folgende Meßgrößen anzuzeigen und zu dokumentieren:

- Druck in der Druckführenden Umschließung
- Kühlmittelin- und -austrittstemperaturen in den Hauptkühlkreisläufen
- Neutronenflußdichte
- Füllstand im Druckhalter
- Füllstände in den Dampferzeugern
- Druck im Sicherheitsbehälter
- Temperatur der Sicherheitsbehälteratmosphäre

¹⁾ Um Notfallschutzmaßnahmen einleiten und durchführen zu können, ist neben der im Kap. 24 geforderten Störfallinstrumentierung innerhalb der Anlage eine rasche Durchführung von Messungen außerhalb der Anlage in der Kernkraftwerksumgebung sicherzustellen. (Siehe „Empfehlung zur Planung von Notfallschutzmaßnahmen durch Betreiber von Kernkraftwerken“, verabschiedet im Länderausschuß für Atomkernenergie am 15. und 16. Juni 1976.)

— Temperatur im Brennelementlagerbecken

— Ortsdosisleistung an der Personenschleuse

— Aktivität der Kaminfortluft (Aktivitätskonzentration und Durchsatz)

— Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungskategorie (z. B. durch Erfassung des Temperaturgradienten)

(6) Die Meßgrößen der Störfallfolgeinstrumentierung sind grundsätzlich in der Schaltwarte des Kernkraftwerks und in der Notsteuerstelle anzuzeigen und aufzuzeichnen.

(7) Durch Störfälle und deren Folgen darf die Funktion der Störfallfolgeinstrumentierung nicht so beeinträchtigt werden, daß die Erfassung, Anzeige und Aufzeichnung der Störfallfolgegrößen verhindert wird. Meßstellen außerhalb der Reaktoranlage sind so anzuordnen und zu installieren, daß ein Ausfall dieser Meßstellen zusammen mit sicherheitstechnisch wichtigen Teilen der Anlage durch Einwirkungen von außen hinreichend unwahrscheinlich ist.

(8) Eine redundante Meßwertfassung und Meßwertverarbeitung für eine Meßgröße ist nicht erforderlich, wenn nachgewiesen wird, daß

- der Informationsgehalt dieser Meßgröße auch durch Meßwerte anderer Meßgrößen der Störfallfolgeinstrumentierung — oder durch Meßgrößen einer nachweislich gleichwertigen Instrumentierung — vermittelt werden kann
- oder der Ausfall von Meßwerten einer Meßgröße im Bedarfsfall für eine bestimmte Zeitdauer akzeptiert und innerhalb dieser Zeit unter den dann herrschenden Bedingungen der Ausfall behoben oder eine Ersatzlösung realisiert werden kann
- oder Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten kurzfristig durchgeführt werden können.

(9) Die Einrichtungen der Störfallfolgeinstrumentierung im gegen Einwirkungen von außen ungeschützten Bereich sind rückwirkungsfrei von den Einrichtungen des geschützten Bereichs zu entkoppeln.

(10) Die Anzeigeeinrichtungen sind so auszulegen, daß sie eindeutig und mühelos abgelesen werden können.

(11) Die Anzeige- und Dokumentationseinrichtungen sind übersichtlich anzuordnen und deutlich und eindeutig zu kennzeichnen.

(12) Die Störfallfolgeinstrumentierung ist so auszulegen, daß jederzeit ihre lückenlose Überprüfung möglich ist. Die Prüfungen sollen leicht durchführbar sein.

24.3.2 Funktionsprüfungen

(1) Die Funktionsfähigkeit der Störfallfolgeinstrumentierung ist während der Nutzungsdauer der Anlage durch geeignete Prüfungen nachzuweisen. Diese Prüfungen müssen alle funktionswichtigen Komponenten erfassen.

(2) Art und Umfang der Prüfungen und die Zeitabstände zwischen den Prüfungen sind festzulegen.

(3) Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.

B.

Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission
auf ihrer 145. Sitzung am 25. April 1979

1. Anhang zu den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren
(2. Ausgabe vom 24. Januar 1979)
Kapitel 4.2

Auflistung der Systeme und Komponenten, auf die die „Rahmenspezifikation Basissicherheit von druckführenden Komponenten“ anzuwenden ist

Stand: 25. April 1979

Die „Rahmenspezifikation“ Basissicherheit von druckführenden Komponenten ist auf die nachfolgend in den Gruppen I und II aufgelisteten Systeme und Komponenten anzuwenden.

Gruppe I enthält die Systeme und Komponenten, die eine spezifisch reaktorsicherheitstechnische Bedeutung besitzen. Diese ist gegeben, wenn wenigstens eins der drei im Leitlinienkapitel 4.2.1 genannten Kriterien erfüllt ist (Äußere Systeme).

Gruppe II enthält die Systeme und Komponenten, die keine der oben angeführten Kriterien erfüllen, deren Versagen aber schwere anlageninterne Schäden nach sich ziehen kann. Hinsichtlich Prüf- und Dokumentationsrichte können geringere Anforderungen gestellt werden.

Gruppe I

KKS	Systembezeichnung	Grenzen *)
JDH	Zusatzboriersystem bzw. Sicherheitsboriersystem *)	
JDK *)	Notstands-Abschaltssystem	
JEW	Sperrmediumversorgung (für Primärkühlmittelpumpen)	an JEB (Primärkühlmittelpumpenanlagen) unabsperrbar angeschlossener Bereich, soweit nicht Bestandteil der Druckführenden Umschließung
JEG	Primärkühlmittel-Abblasesystem	soweit nicht Bestandteil der Druckführenden Umschließung (Grenze: Sicherheitsventile bzw. Abblaseventile)
JNA	Nachkühlssystem (einschließlich Anschlußleitung zum Funktionsprüfsystem JNP bis Absperrarmatur)	
JNB *)	Notstandsnachkühlssystem	
JND	HD-Einspeisesystem	
JNG	Druckbehälter-Einspeisesystem bzw. Kernflutsystem *)	
KAA	Nukleartechnischer Zwischenkühl-Kreislauf für sicherheitstechnisch wichtige Kühlstellen	inklusive unabsperrbar anschließende Rohrleitung von KAB (Betriebskomponentenkühlssystem) soweit im Ringraum
KAD *)	Nukleartechnischer Notstands-Zwischenkühlkreislauf	
KBA	Notstands- und Volumenregelsystem	Entnahmesrang bis HD-Reduzierstation Einspeiserang ab Festpunkt außerhalb Sicherheits- behälter bis Primärkreis
LAB	Speisewasserleitungssystem	einschließlich erste Absperrung außerhalb Sicherheits- behälter bis Dampferzeuger
LAF	An- und Abfahrssystem	
LAJ	An- und Abfahrpumpenanlage	Teil der Systeme LAF und LAJ sind der „Rahmenspezifikation Basissicherheit druckführender Komponenten“ zu behandeln, die zur Sicherstellung der Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger erforderlich sind, falls kein autarkes Notspeisesystem vorhanden ist.)
LAR/LAS	Notspeiseleitungssystem und -Pumpenanlage	
LAR/LASI	Notspeisewasserleitungssystem und -Pumpenanlage	
LBT	und Notkondensationssystem *)	
LAT *)	Notstandsspeisewassersystem	
LBA	Frishdampfleitungssystem	von Dampferzeuger bis inklusive erste Absperrung außer- halb Sicherheitsbehälter
LCQ	Dampferzeuger-Abschlammung bzw. Dampferzeuger-Absalzungssystem *)	bis zur Druckreduzierung
FAK	BE-Beckenkühlssystem	
FAN *)	Notstandsbeckenkühlssystem	
PE	Nebenkühlwassersystem für gesicherte Anlage	
PJ	Gesicherte Zwischenkühlanlage	
PLB/ *)	Notstandsnebenkühlwasserleitungssystem und	
PLC *)	-Pumpenanlage	

*) KKS- bzw. Systembezeichnung: herstellereigentliche Besonderheit

**) enthält nur Angaben, wenn abweichend von den durch KKS gegebenen Grenzen

Gruppe II¹⁾

KKS	Systembezeichnung	Grenzen ²⁾
LAA	Speisewasserbehälter	
LBJ	Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer	
LAD	HD-Vorwärmer	
LBQ	HD-Anzapfung ³⁾	
LAB	Speisewasserleitung	von der Hauptspeisepumpe bis zur ersten Absperrarmatur bis vor die Turbinenschnellschlußventile bzw. von der ersten Absperrarmatur nach dem Sicherheitsbehälter
LBA	Frischdampfleitung	

²⁾ enthält nur Angaben, wenn abweichend von den in KKS angegebenen Grenzen

¹⁾ Hersteller und Betreiber erklärten gegenüber der RSK ihre Absicht, die unter Gruppe II genannten Systeme und Komponenten nach dem Konzept der Basissicherheit auszuführen

²⁾ Auf die werkstofftechnischen Besonderheiten dieses Systems wird in der „Rahmenspezifikation Basissicherheit von druckführenden Komponenten“ abgehoben

2. Anhang zu den RSK-Leitlinien "1- Druckwasserreaktoren"

(2. Ausgabe vom 24. Januar 1979)

Kapitel 4.2

Rahmenspezifikation Basissicherheit von druckführenden Komponenten

Stand: 25. April 1979

Behälter, Apparate, Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen (ausgenommen sind: Einbauteile, Bauteile zur Kraftübertragung und durchführende Wandungen $\leq$ DN 50)

Inhalt

Grundsätze

1. Konstruktion

1.1 Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion

1.2 Vorschriften für Konstruktionsregeln

2. Berechnung

2.1 Festigkeitsberechnung

2.2 Analysen auf Grund von Bruchmechanik

3. Werkstoffe

3.1 Werkstoffe für druckführende Wandungen

3.2 Schraubenwerkstoffe

3.3 Werkstoffe für Sonderanwendungen

3.4 Schweißzusatzwerkstoffe

3.5 Qualifizierung der Werkstoffe (Begutachtung)

4. Herstellung

4.1 Herstellerqualifizierung

4.2 Herstellungsunterlagen

4.3 Fertigungsüberwachung

4.4 Herstellungsanforderungen

5. Prüfungen

5.1 Vorprüfung

5.2 Werkstoffprüfung

5.3 Bauprüfung

5.4 Dokumentation

6. Wiederkehrende Prüfungen

6.1 Basismessung

6.2 Wiederkehrende Prüfungen an Druckbehältern

6.3 Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen

6.4 Plan für die wiederkehrenden Prüfungen

Verzeichnis der Tabellen und Bilder

Abkürzungsverzeichnis

Grundsätze

- Die Basissicherheit eines Anlagenteils wird bestimmt durch
 - hochwertige Werkstoffeigenschaften, insbesondere Zähigkeit
 - konservative Begrenzung der Spannung
 - Vermeidung von Spannungspitzen durch optimale Konstruktion
 - Gewährleistung der Anwendung optimierter Herstellungs- und Prüftechnologien
 - Kenntnis und Beurteilung ggf. vorliegender Fehlerzustände
 - Berücksichtigung des Betriebsmediums

Bei Einhaltung der in dieser Rahmenspezifikation festgeschriebenen Anforderungen wird eine Basissicherheit der Komponenten der „Äußeren Systeme“ erreicht, welche ein katastrophales, auf Grund herstellungsbedingter Mängel eintretendes Versagen eines Anlagenteils ausschließt.

Erläuterungen zum Konzept

An die Konstruktion werden detaillierte Anforderungen gestellt, die einwandfreie Fertigungs- und Prüfbedingungen sowie einen günstigen Spannungsverlauf unter Betriebsbelastungen gewährleisten. Mit der Festigkeitsberechnung sind die bei allen zu berücksichtigenden Lastfällen auftretenden Spannungen zu erfassen und im Vergleich zum konventionellen Regelwerk gegen niedrigere Spannungen abzusichern (primäre Membranspannungen max. $\frac{1}{4}$ Zugfestigkeit bzw. $\frac{1}{3}$ Zugfestigkeit mit Sekundärspannungsanalysen).

Die Werkstoffwahl wird im Hinblick auf einfache Herstellung und erhöhte Betriebssicherheit auf wenige bewährte Werkstoffe begrenzt, für die gestuft nach Anforderungen, besondere Analysen- und Zähigkeitsanforderungen gelten (s. Tabelle 3.1).

Die ferritischen Stähle sind in zwei Werkstoffgruppen eingestuft.

Für die Herstellung von Erzeugnisformen und Komponenten sind nur qualifizierte Hersteller zugelassen. Durch die konstruktive Festlegung und die Werkstoffwahl bestehen optimale Voraussetzungen für eine im Sinne der Fehlerminimierung sichere Fertigung. Baubegleitende Herstellungsunterlagen, Qualitätssicherung und Dokumentation werden auf das Wesentliche festgelegt.

Ausgehend von dem Konzept der Basissicherheit, nämlich höchste Betriebssicherheit insbesondere durch optimale, auf den Anwendungsfall abgestimmte qualitätserzeugende Maßnahmen zu erzielen, erfolgt entsprechend dem Gefährdungspotential (Beanspruchungen, Abmessungen) und unter Beachtung der verwendeten Werkstoffe eine gestufte Festlegung des Prüfumfanges. Es werden drei Prüfgruppen A1 bis A3 gebildet, denen die gleiche Basissicherheit zugrundegelegt ist. Tabelle 1 zeigt die Kriterien für die Einstufung der Komponenten und die Verknüpfung mit den Werkstoffgruppen. Die Einstufung ist also kein Qualitätsmerkmal.

Der Hersteller muß durch entsprechende Qualitätssicherung in Eigenverantwortung die Qualität seiner Arbeiten überwachen und prüfen.

Im Rahmen von Störfallanalysen, die auf Grund der in Abschnitt 2.2 dargestellten Bruchpostulate durchzuführen sind, sind die Auswirkungen zu untersuchen, die eintreten können, wenn Systeme oder Komponenten versagen. Unter Versagen ist hier der Verlust der Integrität der druckführenden Wänden zu verstehen.

Diese Rahmenspezifikation ist ergänzender Bestandteil des Punktes 4.2 der RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 2. Ausgabe, 24. Januar 1979.

1 Konstruktion

1.1 Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion

Die Konstruktion der Komponenten muß folgenden Anforderungen genügen:

- Funktionsgerecht
- Beanspruchungsgerecht
- Werkstoffgerecht

— Herstellungsgerecht (prüf- und fertigungsgerecht)

— Wartungsfreundlich (gerecht für wiederkehrende Prüfungen)

Diese allgemeinen Anforderungen stehen in Wechselwirkung. Sie sind bei der konstruktiven Gestaltung in sinnvoller Kombination zu verknüpfen.

1.1.1 Funktionsgerechte, beanspruchungsgerechte Konstruktion

Bei der funktionsgerechten, beanspruchungsgerechten Konstruktion sind folgende Punkte zu beachten:

- Günstige Bedingungen für die Betriebsbelastungen unter Berücksichtigung der aus der Funktion der Komponente resultierenden Belastungen (z. B. Strömungskräfte und Schließkräfte).
- Günstiger Spannungsverlauf auch in gestörten Bereichen (Stützer, Rohrböden, Gehäusen, Auflagerstellen, Wändickenübergängen) um Dehnungsbehinderungen, die zu ungünstigen lokalen Spannungskonzentrationen führen, sinnvoll einzugrenzen.
- Schroffe Wändickenübergänge sind zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Komponenten, die transienten Temperaturbelastungen unterliegen.
- Rohrleitungen sind unabhängig von der Nennweite so zu verlegen, daß keine unzulässigen Belastungen (einschließlich Schwingungen) auftreten. Zum Nachweis der schwingungssicheren Verlegung sind in besonderen Fällen auch Schwingungsmessungen unter Betriebsbedingungen durchzuführen.
- Für Festpunkte von Rohrleitungen DN größer/gleich 250 und PN größer/gleich 40 und einer Auslegungstemperatur größer/gleich 100°C , die zur Abtragung hoher Belastungen dienen, sind grundsätzlich geschmiedete Formteile zu verwenden (z. B. Ausführungsform d nach Bild 1.2.6).
- Schweißnähte sind möglichst nicht in den Bereich der höchsten Spannungen zu legen.

1.1.2 Werkstoffgerechte Konstruktion

Bei der werkstoffgerechten Konstruktion sind, unter Berücksichtigung der im jeweiligen Anwendungsfall gestellten Anforderungen, folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Festigkeit
- Zähigkeit, Duktilität
- Herstellbarkeit (Minimierung von Herstellungsfehlern)
- Prüfbarkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Reparaturfähigkeit

Der Werkstoff ist in der für die Beanspruchungen geeigneten Erzeugnisform (Bleche, Schmiedeteile, Stahlguß) einzusetzen. Die Formgebung bei Guß- und Schmiedeteilen ist so zu wählen, daß optimale Werkstoffeigenschaften bezogen auf die Erzeugnisform sicher erzielt werden.

Die Verwendung verschiedener Werkstoffe innerhalb einer Komponente ist auf das notwendige Maß zu beschränken.

1.1.3 Prüfgerechte Konstruktion

Durch die prüfgerechte Konstruktion ist die Prüfbarkeit mit zerstörungsfreien Prüfverfahren, insbesondere der Schweißnähte, sicherzustellen.

Bei der prüfgerechten Konstruktion sind folgende Punkte zu beachten:

- Schweißnähte sind so anzuordnen, daß Oberflächenrißprüfungen, US-Prüfungen und/oder Durchstrahlungsprüfungen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit durchgeführt werden können.
- Kehlnähte an drucktragender Wand sind grundsätzlich nicht zugelassen. Anschweißungen an drucktragender Wand sind durchzuschweißen, so daß eine

zerstörungsfreie Prüfung der Anschlußnaht möglich ist.

Ausnahmen sind möglich:

Bei Anschweißungen auf austenitischen Schweißplatzierungen.

Bei Komponenten der Prüfgruppe A 3 mit Betriebsspannung kleiner/gleich 50 N/mm².

Falls durchgeschweißte Nähte zu deutlich ungünstigeren Konstruktionen führen als dies bei Einsatz von Kehinnähten der Fall ist.

Bei Rohrleitungen DN kleiner/gleich 50.

- Grundsätzlich sind alle zugänglichen Schweißnahtoberflächen an drucktragender Wand eben und K-Nähte mit kerbfreiem Übergang zu verschleifen.

In folgenden Fällen genügt es, nur kerbfrei zu beschleifen:

Rohrleitungen DN kleiner/gleich 150 oder 20 kleiner/gleich 25

Wandteile mit Wanddicken kleiner/gleich 16 mm

Beschleifen kann entfallen bei:

Rohrleitungen DN kleiner/gleich 50

Austenitischen Schweißnähten, bei denen durch das Schweißen eine glatte Schweißnahtoberfläche erzeugt wird, so daß die Oberflächenrißprüfung, Durchstrahlungsprüfung und ggf. auch die US-Prüfung durchgeführt werden kann.

Bei Wanddicken kleiner/gleich 16 mm und bei Begrenzung der primären Membranspannungen entsprechend Tabelle 2.1.1 ist eine Schleifzugabe zur Wanddicke von 1 mm zu wählen.

- Gehäuse aus Stahlguß sind so zu gestalten, daß die Durchstrahlungsprüfung und die Oberflächenrißprüfung auch an der Innenoberfläche möglich sind. Nur in Bereichen niedriger Betriebsnennspannungen (primäre Membranspannungen kleiner/gleich 50 N/mm²) sind Einschränkungen bzgl. der Durchstrahlungsprüfung zugelassen.
- Geschmiedete Gehäuse sind so herzustellen, daß die US-Prüfung am fertigen Stück oder am Schmiedehohlring nach der für den Werkstoff vorgeschriebenen Wärmebehandlung sowie die Oberflächenrißprüfung am Fertigteil möglich sind.
- Einseitig geschweißte Nähte sind, soweit technisch möglich, zu vermeiden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die Prüfbarkeit mit zerstörungsfreien Prüfverfahren sichergestellt ist.

1.1.4 Fertigungstechnische Gesichtspunkte

Die Fertigung ist so zu gestalten, daß die Fertigungsfehler weitgehend ausgeschlossen werden können.

Für die fertigungsgerechte Konstruktion gelten folgende Kriterien:

- Einsatz eines für den Anwendungsfall möglichst einfach zu verarbeitenden Werkstoffes.
- Es sind Erzeugnisformen und Wanddicken zu wählen, die günstige Voraussetzungen für die Verarbeitung und zerstörungsfreie Prüfung gewährleisten.
- Bei Teilen, die gummiert oder beschichtet werden, ist auf eine Formgebung zu achten, die den für die Beschichtung gestellten Anforderungen genügt.
- Schweißnähte sind so anzuordnen, daß die Fertigungsgesichtspunkte, wie z. B. Zugänglichkeit beim Schweißen (unter Beachtung der Vorwärmung) und Minimierung von Schweißzugspannungen berücksichtigt werden.
- Die Anzahl von Schweißnähten ist sinnvoll zu minimieren.
- Halteeisen (auch Hilfseisen) an ferritischen Wänden sind mindestens 2lagig anzuschweißen (die letzte Lage darf den Grundwerkstoff nicht berühren).

- Einfache Montagebedingungen in Verbindung mit den erforderlichen Verankerungen sind bereits bei der Konstruktion der Komponenten zu berücksichtigen. Nachträgliches Anschweißen von Halteeisen ist grundsätzlich nicht erlaubt.

1.1.5 Wartungsfreundliche Konstruktion

Die Konstruktion von Komponenten ist auf eine möglichst einfache Wartung und gute Durchführbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen zu achten.

Es sind folgende Punkte zu beachten:

- Möglichst einfache Durchführbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen (gute Zugänglichkeit zur Prüfung bzw. visuellen Kontrolle, einfache Prüfgeometrien in den zerstörungsfrei zu prüfenden Bereichen sowie eindeutig definierte und reproduzierbare Prüfkriterien).
- Minimierung der Anzahl von Schweißnähten. Dies gilt insbesondere bei Komponenten, bei denen aus Strahlungsgründen eine erschwerte Zugänglichkeit besteht. Strahlungsführende Komponenten sind so zu konstruieren, daß Ablagerungen soweit wie möglich vermieden werden.
- Schweißnähte im Sperrbereich nach Strahlenschutzverordnung sind so zu gestalten, daß die Rüstzeiten für die wiederkehrenden Prüfungen, insbesondere das Entfernen der Isolierung, möglichst kurz sind.
- Für die Innenbesichtigung von Komponenten sind, soweit für wiederkehrende Prüfungen erforderlich, Mannlöcher bzw. Besichtigungsöffnungen vorzusehen.
- Der Austausch von Verschleißteilen muß möglichst einfach und schnell durchgeführt werden können. Dies gilt insbesondere für Komponenten im Strahlbereich.
- Bei Komponenten, die weder für wiederkehrende innere Prüfungen noch wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen zugänglich sind, ist die Betriebsnennspannung auf max. 50 N/mm² zu begrenzen.

1.1.6 Vorschriften für Konstruktionsdetails

Die für die Basissicherheit von Komponenten wichtigsten Konstruktionsdetails sind wie folgt festzulegen:

1.2.1 Wanddickenübergänge, Durchmesserübergänge

Bei der Verbindung von Schalenteilen unterschiedlicher Wanddicke ist ein stetiger Wanddickenübergang auszuführen. Bild 1.2.1 zeigt beispielhaft bzgl. US-Prüfbarkeit zulässige Ausführungsformen von Wanddickenübergängen. Andere spannungsgünstige Übergänge sind zulässig, wenn die geometrischen Voraussetzungen zur Durchführung der US-Prüfung nachgewiesen werden oder wenn eine Durchstrahlungsprüfung durchgeführt wird (siehe Tabellen 5.3/1 und 5.3/2). Bei Zugänglichkeit von 2 Wandseiten ist eine Abschrägung der dickeren Wand mit einer Neigung max. 1:3 zulässig.

Bild 1.2.1/2 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von zylindrischen Durchmesserübergängen.

1.2.2 Mindestwanddicken

Ferritische Rohrleitungen DN größer/gleich 150 und ferritische druckführende Komponenten mit vergleichbaren Abmessungen sind grundsätzlich mit einer Wanddicke von größer/gleich 10 mm auszuführen. Für austenitische Komponenten beträgt die entsprechende Wanddicke größer/gleich 6 mm bei gleichen Abmessungen.

Ausnahmen sind bei kaltgehenden Niederdrucksystemen (Auslegungsdruck kleiner/gleich 25 bar) und Auslegungstemperatur kleiner/gleich 100° C zugelassen.

1.2.3 Stutzen

Ein Stutzen mit einem Innendurchmesser größer/gleich 200 mm und Wanddicken größer/gleich 15 mm ist grundsätzlich die Grundschale im Ganzen zu verstärken unter Beachtung eines günstigen Spannungsverlaufs. Bei Abzweigen ist ein Durchmesser Verhältnis vom Stutzen zur Grundschale bis zu 0,8 zulässig. Bei größerem Durch-

messerverhältnis ist ein Spannungsnachweis zu erbringen.

Es ist ein möglichst kleines Wanddickenverhältnis vom Stutzen zur verstärkten Grundschale anzustreben. Maximal ist ein Wanddickenverhältnis von 1,3:1 zulässig.

Dieses Wanddickenverhältnis kann in folgenden Ausnahmefällen größer sein:

- Die zusätzliche Wanddicke des Stutzens wird nicht zur Verstärkung des Stutzenausschnittes herangezogen, sondern aus konstruktiven Gründen gewählt (z. B. Mannloch-Blockflansch oder zusätzliche Sicherheit).
- Der Stutzen wird mit verkürztem Verstärkungsbereich ausgeführt (z. B. Stutzen, die aus Gründen der verbesserten Prüfbarkeit des Rohrleitungsanschlusses konisch ausgebildet sind).
- Der Stutzen ist mit einem angeschmiedeten Übergang zur Grundschale versehen (Ausführung d und e in Bild 1.2.3/1).
- Das Verhältnis von Stutzendurchmesser zum Durchmesser der Grundschale ist kleiner/gleich 1:10 und der Stutzeninnendurchmesser ist kleiner/gleich 120 mm.

Bei großem Stutzendurchmesser im Vergleich zum Grundschalendurchmesser ist das Wanddickenverhältnis zu reduzieren. Im Falle einer 1:1-Abzweigung ist ein maximales Wanddickenverhältnis von 1:1 zulässig.

Druckbehälter-Stutzen größer/gleich 120 mm Innendurchmesser sind mit mindestens der 2fachen Wanddicke wie die anschließenden Rohrleitungen auszuführen, wobei sich dieser Faktor auf die rechnerische Rohrwanddicke (Primärspannung) bezieht. Auf die Ist-Wanddicke bezogen, muß dieser Faktor mindestens 1,5 betragen.

Stutzen sind aus geschmiedeten Stangen (bei Stutzeninnendurchmessern kleiner/gleich 150 mm), nahtlos geschmiedeten Hohlkörpern oder nahtlosen Rohren herzustellen. Längsnahtgeschweißte Stutzen können bei DN größer/gleich 200 und einem Durchmesser/Wanddickenverhältnis des Stutzens von größer als 15:1 eingesetzt werden.

Es können sowohl aufgesetzte als auch durchgesteckte Stutzen verwendet werden. Aufgesetzte Stutzen sind vornehmlich bei geschmiedeten und/oder dickwandigen Schalen zu verwenden.

Stutzeinschweißungen sind grundsätzlich gegenzuschweißen. Ausnahmen sind erlaubt, wenn aus geometrischen Gründen (z. B. kleine Abmessungen, Formstücke und Armaturen) Gegenschweißen nicht möglich ist. In diesen Fällen ist die Wurzel mechanisch zu bearbeiten. Ist in besonderen Ausnahmefällen die mechanische Bearbeitung der Wurzel nicht möglich, muß die Prüfbarkeit der Schweißnaht durch besondere Maßnahmen sichergestellt werden (enge Toleranz für Kantenversatz im Wurzelbereich gemäß Bild 4.2.2, eindeutige Bedingungen für US- ggf. Durchstrahlungsprüfung).

Bei schräg angesetzten Stutzen sind eindeutige Einschweiß- und Prüfbedingungen nachzuweisen.

Bei plattierten Druckbehältern bzw. Apparaten ist es zulässig, durchgesteckte Stutzen DN kleiner/gleich 50 nur mit der Schweißplattierung zu verschweißen.

Bild 1.2.3/1 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von Stutzen an Druckbehältern. Bild 1.2.3/2 gilt beispielhaft für Stutzen an Rohrleitungs-Formstücken und Armaturen.

1.2.4 Auflagerung von Komponenten

Die Krafteinleitung von Standzargen und Unterstützungspratzen in die Komponente ist günstig zu gestalten (bevorzugt verstärkte Schalenteile). Bei warmgehenden Komponenten ist die Wärmeausdehnung zwischen zwei Auflagerpunkten zu beachten. Das gilt z. B. auch für stehende Druckbehälter, bei denen zur Abtragung von Schwingungsbelastungen eine seitliche Abstützung in einer zweiten Ebene erforderlich ist.

Bild 1.2.4 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von Auflagerkonstruktionen für Druckbehälter und Apparate.

1.2.5 Rohrböden

An Rohrböden sind zum Anschluß der Zylinderschüsse zylindrische Ansätze vorzusehen, um die Schweißnaht in einen Bereich niedriger Spannung zu legen und die US-Prüfbarkeit dieser Naht zu gestalten. Die Anschlußnaht des Zylinders an den Rohrboden ist grundsätzlich gegenzuschweißen, auf der Innenseite zu beschleifen und der Oberflächenrißprüfung zu unterziehen, d. h. sie sind grundsätzlich nicht als Schlußnaht auszuführen. Ausnahmen sind nur bei kleinen Abmessungen, die eine Zugänglichkeit von innen nicht gestalten, zulässig.

Bild 1.2.5 zeigt Beispiele typischer Ausführungsformen von Rohrböden.

Andere Ausführungsformen sind zulässig, wenn die geometrischen Voraussetzungen zur Durchführung der US-Prüfung nachgewiesen werden, oder nur eine Durchstrahlungsprüfung durchgeführt wird. Bei der Ausführungsform a nach Bild 1.2.5 ist zu beachten, daß die Prüflänge l_a nur an einer Nahtaußenseite vorhanden ist. Voraussetzung ist, daß bei der Herstellung die Innenseite für die US-Prüfung zugänglich ist.

Rohrböden sind in der Regel aus Schmiedeteilen herzustellen. Zugelassen ist auch eine kombinierte Schmiede-Walzherstellung.

1.2.6 Rohrleitungen

Rohre und Krümmer über PN 40 sind grundsätzlich nahtlos auszuführen. Längsnahtgeschweißte Rohre (Schmelzschweißungen) sind für Niederdruckleitungen (PN kleiner/gleich 40) bei großem Durchmesser-Wanddickenverhältnis (größer/gleich 50) zulässig.

Rohrleitungskrümmen sind grundsätzlich mit geraden Rohrenden auszuführen. Das gilt grundsätzlich bei Wanddickenunterschieden zwischen Krümmer und anschließender Rohrleitung. Die Wanddickenübergänge sind so auszuführen, daß eindeutige Prüfbedingungen für die Anschlußnaht sichergestellt werden (siehe Punkt 1.2.1).

Der Biegeradius R von Krümmern muß größer/gleich 1,5 DN betragen. Um einen möglichst gleichmäßigen Spannungsverlauf innerhalb des Rohrleitungssystems zu erzielen und zur Vermeidung wesentlicher Wanddickenunterschiede zwischen Rohrleitung und Krümmer sind Biegeradien der Krümmer von größer 2 DN anzustreben. Wenn in Ausnahmefällen auf Grund der räumlichen Anordnung diese Biegeradien nicht eingehalten werden können, dürfen kleinere Biegeradien in Abstimmung mit der Behörde oder dem von ihr zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) ausgeführt werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch z. B. gerade Rohrenden am Krümmer oder gleiche Wanddicke von Krümmer und Rohranschluß.

Geschweißte Anschlüsse an Rohrwandungen für Aufhängungen, Festpunkte oder Stoßbremsen sind mit durchgeschweißten Nähten anzuschließen. Bild 1.2.6 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen.

1.2.7 Kompensatoren

Beispiele für zulässige Ausführungsformen von Einwandkompensatoren sind in Bild 1.2.7 dargestellt. Mehrlagenkompensatoren sind nur für PN kleiner/gleich 40 zugelassen. Kompensatoren als Bestandteil der Rohrleitungen sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

1.2.8 Blinddeckel

Mögliche Ausführungsformen von Blinddeckeln sind in Bild 1.2.8 beispielhaft dargestellt.

Bei gekümpelten Blinddeckeln (Ausführungsform a) sind alle Bodenformen (flachgewölbte Böden, K'öpperböden, Korbbogenböden und Halbkugelböden) zulässig.

Für ebene Blinddeckel (Ausführungsform b) sind Schmiedeteile einzusetzen. Die kombinierte Schmiede-Walzherstellung, wie unter Punkt 1.2.5 beschrieben, ist ebenfalls zulässig. Bleche sind nur für Druckproben zugelassen.

Die Ausführungsform c gilt vornehmlich für Durchmesser kleiner/gleich 150 mm. Sie ist aus Schmiedestangen herzustellen. In der Regel ist die Anschlußnaht zu durchstrahlen.

2 Berechnung

2.1 Festigkeitsberechnung

Berechnungsmethoden und Berechnungsanforderungen

2.1.1 Berechnung mit Spannungsanalysen

Begrenzung der zulässigen, aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechneten Vergleichsspannung auf $1/3$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.1.

Durch Spannungs- und Ermüdungsanalysen ist nachzuweisen, daß bei den auftretenden Lastfällen die vorgegebenen zulässigen Spannungen für alle Spannungskategorien (Primär- und Sekundärspannungen) eingehalten werden.

2.1.2 Berechnung mit Auslegungsformeln

Begrenzung der zulässigen aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechneten Vergleichsspannung auf $1/3$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.2.

Für Rohrleitungen ist das Spannungsindexverfahren nach ASME NC 3650 zugelassen.

Die Konstruktionsrichtlinien dieser Rahmenspezifikation sind auch in diesem Falle anzuwenden.

2.1.3 Ermüdungsanalysen

Die Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen und die anzuwendenden Berechnungsverfahren sind in Tabelle 2.1.3 dargestellt.

2.1.4 Schraubenberechnung

Für die Auslegung von Schrauben für Flanschverbindungen DN größer 25 gelten die zulässigen Spannungen gemäß Tabellen 2.1.1 und 2.1.2 entsprechend der Einstufung der Komponente in Prüfgruppe A1 bzw. A2/A3. Bei Flanschverbindungen, die zusätzlich zum Innendruck noch durch höhere Kräfte und Momente belastet sind, ist die zulässige Spannung der Schrauben, bezogen auf den Innendruck, auf $R_{p0.2}/3$ zu begrenzen.

Für Flanschverbindungen DN kleiner/gleich 25 und für Serienprodukte gelten die Anforderungen nach AD-Merkblatt W 7.

2.1.5 Zulässige Spannungen

Ergänzend zu den in den Tabellen 2.1.1 und 2.1.2 angegebenen Kriterien für die zulässigen Spannungen, sind in Tabelle 2.1.5 die bei typischen Beanspruchungen und Geometrien auftretenden Spannungskategorien angegeben.

Die zulässigen Werte für S_m und S werden für die Werkstoffe nach Tabelle 3.1 gesondert tabellarisch festgelegt.

2.1.6 Belastungen

Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob und in welcher Kombination die nachfolgenden Belastungen zutreffen:

Statische Lasten

— Betriebsdruck, Betriebstemperatur

— Kräfte und Momente infolge Eigengewicht einschließlich Reaktionskräfte von Auflagerungen und Rohrleitungsanschlüssen

— Lasten durch postulierte Störfälle

— Lasten durch Druckprüfung oder Funktionsprüfung

— Montagelasten

Transiente Betriebslasten

Schwingende und dynamische Belastungen

— Kräfte und Momente resultierend aus der Funktion der Komponente bei Betrieb und Funktionsprüfungen

(Strömungskräfte, Schließkräfte, Einbauten, Verkehrsassen etc.).

— Schwingende und dynamische Belastungen bei postulierten Störfällen und bei Einwirkung von außen (F/A) unter Berücksichtigung der struktur-dynamischen Randbedingungen (z. B. Beeinflussung durch Gebäude, Auflager bzw. Aufhängungen, Rohrleitungen und benachbarte Komponenten).

2.1.7 Lastfälle

In der Regel sind die in Tabelle 2.1.7 angegebenen Lastfälle zu berücksichtigen. Sie sind für die jeweilige Komponente in den System- bzw. Komponentenblättern im einzelnen festzulegen.

Auslegungslastfall

Die Auslegung der Komponenten ist auf der Grundlage der spezifizierten Auslegungsüberdrucks, der Auslegungstemperatur und der mechanischen Lasten vorzunehmen. Die Auslegungsüberdruck und Auslegungstemperatur sind so festzulegen, daß die maximalen Drücke und Temperaturen in dem jeweiligen Systemabschnitt (z. B. Ansprechen der Sicherheitsventile) abgedeckt werden.

Die Komponenten eines Systemabschnittes sind für den gleichen Druck ausulegen, soweit dies zur Durchführung von Systemdruckprüfungen erforderlich ist.

Nach dem Ansprechen der Sicherheitsventile darf der Auslegungsdruck kurzzeitig um 10% überschritten werden (mit dem damit verbundenen Anstieg der Temperatur). Für diesen Fall sind keine gesonderten Spannungsnachweise erforderlich.

Es sind alle aus Transport, Montage und Aufstellungsort bedingten Lasten zu beachten.

Bestimmungsgemäßer Betrieb:

Lastfall A (Normalbetrieb)

Lastfall B (Anomaler Betrieb)

Der bestimmungsgemäße Betrieb ist definiert gemäß „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“, BfE, 21. Oktober 1977, Abschnitt 3.1.

Störfälle: Lastfall C (Notfall)

Lastfall D (Schadensfall)

Störfälle sind definiert gemäß „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“, BfE, 21. Oktober 1977, Abschnitt 3.1.

2.2 Anforderungen auf Grund von Bruchannahmen

In Verbindung mit der Basisicherheit sind folgende Bruchannahmen zu treffen:

— Kritische Risse in den Schweißnähten von Komponenten

— Bei Rohrleitungen DN größer/gleich 50 zusätzlich überkritische (instabile) Rundrisse an hochbelasteten Rundnähten, wenn eines von zwei Kriterien zutrifft:

a) Betriebsdruck (Lastfall A) größer/gleich 20 bar oder

b) Betriebstemperatur (Lastfall A) größer/gleich 100°C

und zusätzlich hierzu auch noch die beiden weiteren Kriterien überschritten werden

c) Benutzungszeit größer 20% und

d) Betriebsnennspannung größer 50 N/mm²

Wenn die Analysen zeigen, daß bei derartigen Bruchannahmen Auswirkungen auftreten können, die durch die Auslegung der Anlage nicht abgedeckt werden, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Diese können z. B. verfahrenstechnische Maßnahmen, sekundäre Schutzmaßnahmen oder zusätzliche, absichernde Maßnahmen zum Bruchausschluß sein.

Soweit nicht weitergehende absichernde Maßnahmen zum Bruchausschluß angewendet werden, sind in Tabelle 2.2 für die derzeit bestehenden Druckwasserreaktorkonzepte die Bruchannahmen und erforderlichen Störfallanalysen angegeben.

3 Werkstoffe

3.1 Werkstoffe für druckführende Wandungen

Für die druckführenden Wandungen von Komponenten, die den Bedingungen der Basissicherheit entsprechen, sind die in Tabelle 3.1 genannten Stähle mit den dort angegebenen Sonderanforderungen zu verwenden.

Die ferritischen Stähle sind in die Werkstoffgruppen WI und WII eingeteilt. Tabelle 1 zeigt die Kriterien für den Anwendungsbereich der Werkstoffgruppen und die Zuordnung zu den Prüfgruppen A1 bis A3.

3.2 Schraubenwerkstoffe

Es sind die in Tabelle 3.2 genannten Schraubenwerkstoffe mit den dort angegebenen zusätzlichen Anforderungen zu verwenden.

3.3 Werkstoffe für Sonderanwendungen

Werden auf Grund besonderer Beanspruchungen (z. B. Erosion, Korrosion, Temperatur, Verschleiß) weitere Werkstoffe erforderlich, können auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmte Stähle eingesetzt werden.

Bei erosionsbelasteten Komponenten (z. B. HD-Anzapfleitung) sind z. B. Cr-, CrMo- oder CrMoV-Stähle zulässig.

Für korrosionsbelastete Komponenten z. B. der gesicherten Nebenkühlwasserversorgung können z. B. duktiles Gußeisen für Rohre, Pumpen und Armaturen oder Betonrohre verwendet werden.

Die Bedingungen sind im Einzelfall in Abstimmung mit der Behörde oder dem von ihr zugezogenen Sachverständigen festzulegen.

3.4 Schweißzusatzwerkstoffe

Für das Schweißgut gelten entsprechende Mindestwerte für Zähigkeit und Festigkeit wie für die Grundwerkstoffe, denen sie zugeordnet werden.

Die zur Verwendung kommenden Schweißzusatzwerkstoffe sind auf den Anwendungsfall abzustimmen.

Die Schweißzusatzwerkstoffe sind durch Eignungsprüfungen zu qualifizieren.

3.5 Qualifizierung der Werkstoffe (Begutachtung)

Ferritische Werkstoffe

Werkstoffgruppe WI

Für die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe WI sind auf Hersteller und Erzeugnisform bezogene ergänzende Werkstoffbegutachtungen in Abstimmung mit dem Sachverständigen durchzuführen.

Für die Anwendung gemäß dieser Rahmenspezifikation gilt die Begutachtung der Werkstoffe 15 MnNi 63 und 20 MnMoNi 55 prinzipiell als abgeschlossen. Ergänzungen sind erforderlich, wenn neue Hersteller bzw. neue Erzeugnisformen eingesetzt werden. In diesen Fällen sind entsprechende Begutachtungen erforderlich, bei denen von den bestehenden Erkenntnissen auszugehen ist und gezielte Nachweise zu führen sind.

Werkstoffgruppe WII

Die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe WII sind entsprechend den in Tabelle 3.1 enthaltenen Anforderungen als Sondergüte auszuweisen.

Austenitische Werkstoffe

Anmerkung

Im Hinblick auf das Schweißgut von austenitischen Werkstoffen werden z. Z. ergänzende projektunabhängige Untersuchungen an Großplatten durchgeführt. Dabei wird der Einfluß unterschiedlicher Zähigkeit im Schweißgut untersucht. Nach Abschluß dieser Untersuchungen werden die in dieser Rahmenspezifikation festgelegten Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit überprüft.

4 Herstellung

4.1 Herstellerqualifizierung

Für die Herstellung von Komponenten, die den Bedingungen der Basissicherheit genügen, sind nur qualifizierte Hersteller zugelassen, die über eine zuverlässige Qualitätssicherung verfügen.

Bei der Herstellerqualifikation sind Personal, Fertigungseinrichtungen, Prüfeinrichtungen, Fertigungsverfahren und die Qualitätssicherung des Herstellers zu berücksichtigen.

Die hierbei zu erfüllenden Anforderungen sind mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) abzustimmen.

Für die Herstellung von Erzeugnisformen sind als Mindestvoraussetzung die Anforderungen nach AD-Merkblatt W0 und für die Herstellung von Komponenten die nach AD-Merkblatt HD0 zu erfüllen.

Weiterhin sind die Anforderungen, die der Reaktor-anlagenlieferer gemäß Qualitätssicherungsprogramm an die Qualitätssicherung des Komponenten- bzw. Erzeugnisformherstellers stellt, zu erfüllen.

4.2 Herstellungsunterlagen

Vor Beginn der Fertigung müssen auf den jeweiligen Fertigungsabschnitt bezogene, vorgeprüfte Herstellungs- und Prüfunterlagen vorliegen. Im jeweiligen Anwendungsfall sind dies, soweit erforderlich, z. B. Zeichnungen, Schweißpläne, Wärmebehandlungspläne, Reparaturpläne sowie Prüfanweisungen, Filmlagepläne, Druckprüfungspläne.

Zur Erfassung der bei der Herstellung durchzuführenden Prüfungen sind auf die Fertigungsfolge abgestimmte Prüfpläne zu erstellen.

4.3 Fertigungsüberwachung

Die Fertigungsüberwachung, Durchführung von Prüfungen und Dokumentation sind Aufgabe der unabhängigen Qualitätsstelle des Herstellers. Der Hersteller muß für alle Maßnahmen des Qualitätsnachweises über eine systematische Ablauforganisation verfügen und nach einer schriftlichen Anweisung in auditfähiger Form (QS-System) vorgehen. Durch den Antragsteller/Reaktor-anlagenlieferer und den Sachverständigen ist die Wirksamkeit der Qualitätssicherung des Komponentenherstellers in ausreichendem Umfang zu überprüfen.

4.4 Herstellungsanforderungen

4.4.1 Schweißen

Schweißerqualifikation, Schweißverfahren, Verfahrensprüfung

Zur Durchführung von Schweißarbeiten sind nur Schweißer mit nachgewiesener Eignung (DIN 8560) zugelassen. Die zum Einsatz kommenden Schweißverfahren sind durch Verfahrensprüfungen zu qualifizieren. Dabei sind für Grundwerkstoff, Schweißgut und WEZ die spezifizierten Güteanforderungen nachzuweisen. Es ist sicherzustellen, daß mit den gewählten Schweißparametern die erforderlichen mechanisch-technologischen Eigenschaften erreicht werden. Über den Fertigungszeitraum sind Arbeitsprüfungen durchzuführen, die eine Überwachung der Qualität der Schweißungen (einschließlich Schweißerqualifikation) erlaubt. Die Qualität der Schweißzusatzwerkstoffe ist im Zuge der Herstellung sicherzustellen und bei der Verarbeitung zu gewährleisten. Für Verbindungsschweißungen und Plattierungen sind nur nach VdTUV Merkblatt 1753 eignungsgeprüfte Zusatzwerkstoffe zugelassen. Darüberhinaus sind die in dieser Rahmenspezifikation gestellten zusätzlichen Zähigkeitsanforderungen zu erfüllen.

Schweißbedingungen, Härte, Spannungsarmglühen

Die Schweißbedingungen für ferritische Werkstoffe sind so zu wählen, daß in der Schweißverbindung werkstoffbezogen möglichst niedrige Härtewerte erreicht werden (Einzelwerte maximal zulässig bis ca. 350 HV 10).

Vergütungs-lagen, Wärmenachbehandlung

Um in der WEZ von ferritischen Schweißverbindungen möglichst hohe Zähigkeit, niedrige Härtewerte und hohe Sicherheit gegen das Auftreten von selektiver Korrosion zu erreichen, ist grundsätzlich die Vergütungs-lagentechnik (Temper-bead-Technik) anzuwenden.

In Fällen, in denen die Vergütungs-lagentechnik nicht angewendet werden kann (Einseitennähte), ist grundsätzlich eine Wärmenachbehandlung (Spannungsarmglühung) erforderlich. Bei Werkstoffen mit einer Kaltstreckgrenze kleiner/gleich 300 N/mm² kann die Spannungsarmglühung unterhalb der Glühgrenze nach AD-Merkblatt HP 0 entfallen.

Bei Schweißnähten, die spannungsarmgeglüht werden, kann werkstoffabhängig das Schweißen von Vergütungs-lagen entfallen.

Schweißreparaturen

Werden an Grundwerkstoff oder Schweißverbindungen Schweißreparaturen erforderlich, gelten die übigen Anforderungen.

4.4.2 Kantenversatz

Einseitig geschweißte, von innen nicht beschliffene Nähte Für alle Komponenten muß die Schweißnahtvorbereitung für einseitig geschweißte Nähte entsprechend DIN 2559 so erfolgen, daß die Innendurchmesser der zu verschweißenden Teile im Wurzelbereich um nicht mehr als 0,5 mm voneinander abweichen (maximal 0,3 mm bei DN kleiner/gleich 120).

Diese Anforderungen gelten für ferritische und vorläufig auch für austenitische Werkstoffe.

Rohrleitungen sind bevorzugt mechanisch auf Innendurchmesser zu bearbeiten (s. Bild 4.2.2). Durchmesserreduktionen im Schweißnahtbereich sollen wegen der Spannungskonzentration z. B. aus behinderter Wärme-dehnung möglichst klein gehalten werden. Dies wird z. B. durch Bestellung der Rohre auf Innendurchmesser oder Kalibrierung der Rohrenden und/oder Auswahl der miteinander zu verschweißenden Rohre erreicht.

Mit diesen Maßnahmen sind in Verbindung mit der mechanischen Bearbeitung eindeutige Voraussetzungen für die Wurzelschweißung zu schaffen.

Zum Schweißen sind die Rohre zur Anpassung der Wurzellippen zu zentrieren. Nach dem Zusammenbau hat eine Kontrolle der Zentrierung zu erfolgen, um die Voraussetzungen für eine einwandfreie Wurzelschweißung sicherzustellen. Diese Kontrolle soll visuell und soweit erforderlich, durch Nachmessen mit einer Lehrs durchgeführt werden. Messungen des Kantenversatzes über die Außenoberfläche und Wanddicke (im gehärteten und im fertig geschweißten Zustand) sind nur in Sonderfällen erforderlich.

Kantenversätze nach dem Zusammenschweißen sind entsprechend ASME-Code Section III, NB 4233, zulässig.

Durch eine einwandfreie Wurzelschweißung muß eine eindeutige Beurteilung des Wurzelbereichs bei der Schweißnahtprüfung (US- und Durchstrahlungsprüfung) erreicht werden. Für Schweißnähte, die der US-Prüfung zu unterziehen sind, ist die Einschallung von zwei Naht-seiten erforderlich. Um dies bei Anschlußnähten von Krümmern sicherzustellen, sind bevorzugt Krümmer mit geraden Rohrenden einzusetzen oder es ist zu zeigen, daß die Einschallung ohne die geraden Rohrenden möglich ist (z. B. bei großen Krümmerradien bzw. großen Krümmerabmessungen).

Innen und außen beschliffene Schweißnähte

Wenn es vom Durchmesser oder von der Fertigungsfolge her möglich und zulässig ist, ist gegenzuschweißen sowie die Schweißnaht von innen und außen zu beschleifen.

Der Kantenversatz darf vor dem Verschleifen folgende Werte nicht überschreiten.

Prüfgruppe	A 1	A 2, A 3
	(0,1 s; max. 2 mm)	(0,15 s; max. 3 mm)

Bei größeren Wanddicken und Durchmessern können bei gegengeschweißten Nähten in Abstimmung mit dem Sachverständigen größere Kantenversätze vor dem Verschleifen bzw. größere lokale Kantenversätze (z. B. in Abhängung an ASME NB 4232) zugelassen werden, wenn der Kantenversatz in einem Winkel von kleiner/gleich 5° verschliffen wird (Kriterium Prüfbarkeit).

Unterschleifungen

Unterschleifungen sind möglichst zu vermeiden. Sie sind unzulässig, wenn dadurch die Prüfbarkeit der Naht beeinträchtigt wird und/oder die zulässigen Beanspruchungen überschritten werden. (Es ist zu beachten, daß durch lokale, flach ausgemuldete Unterschleifungen die allgemeinen primären Membranspannungen nicht erhöht werden). Auftragsschweißungen sind zu vermeiden. Wanddickenunterschreitungen sind zu registrieren.

Prüfung

Die Fertigstellung der Komponenten ist in der Regel eine Wasserdruckprüfung durchzuführen.

1.3 Auslegungsdruk (unabhängig vom Verhältnis der Streckgrenzen kalt/warm)

Bei Luftdruckprüfungen sind die Bedingungen im Einzelfall mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) abzustimmen.

Bei Stahlguß ist im Werk eine Dichtheitsprüfung (z. B. Nekal) und eine Wasserdruckprüfung mit 1,5fachem Auslegungsdruk durchzuführen.

5 Prüfungen

5.1 Vorprüfung

Es dürfen nur solche Komponenten verwendet werden, die vom Hersteller und von der zuständigen Behörde oder dem im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) vorgeprüft sind. Der Reaktoranlagenlieferer gibt dem Komponentenhersteller die den Vorprüfunterlagen (Konstruktion, Berechnung) zugrunde zu legenden Auslegungsbedingungen und Lastangaben vor.

5.2 Werkstoffprüfungen

Die erforderlichen Zähigkeitsnachweise für die einzelnen Bauteilformen sind in den Tabellen 5.2/1, 5.2/2 und 5.2/3 dargestellt.

Tabelle 5.2/4 zeigt den Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an den Erzeugnisformen.

Für den Nachweis besonderer Eigenschaften in Dicken nachfolgend gelten die Anforderungen nach Tabelle 5.2/5.

Die erforderliche Zeugnisbelegung für die einzelnen Prüfgruppen ist in Tabelle 5.2/6 angegeben.

5.3 Bauprüfungen

Der Hersteller hat alle Qualitätseigenschaften zu prüfen. Die Prüfungen des Herstellers sind durch Audits und Überprüfungen des Reaktoranlagenlieferers zu ergänzen. Die zuständige Behörde oder der im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogene Sachverständige (§ 20 AtG) werden in erforderlichem Umfang entsprechend der Fertigungsfolge die Qualitätseigenschaften, die für die Integrität von Bedeutung sind, prüfen.

Der Prüfumfang für den Qualitätsnachweis für Behälter, Rohrleitungen, Armaturen, Apparate und Pumpen ist in den Tabellen 5.3/1 und 5.3/2 nach drei Prüfgruppen (A1, A2, A3) festgelegt.

Hierbei gelten folgende Grundsätze:

- Die Einteilung in drei Prüfgruppen gestattet bei gleicher Basissicherheit eine Abstufung des Prüfumfanges, abhängig von den Abmessungen und Belastungen (siehe Tabelle 1).
- Die Anforderungen zur Gewährleistung einer optimalen Prüfbarkeit gelten unabhängig von der Prüfgruppe und dem Prüfumfang.

- In allen drei Prüfgruppen sind die Schweißnähte einer optimalen 100%igen Oberflächenrißprüfung zu unterziehen.
- Schweißnähte sind bevorzugt der US-Prüfung zu unterziehen.
- Durchstrahlungsprüfungen sind dort anzuwenden, wo durch dieses Verfahren eine bessere Prüfaussage erreicht wird. Durchstrahlungsprüfungen können in gezieltem Umfang z. B. auch im Zuge von stichprobenweisen Nachprüfungen angesetzt werden (als unterschiedliches Prüfverfahren insbesondere bei Rundnähten).
- Bei gleicher Prüfempfindlichkeit ist in den Prüfgruppen A1 — A3 folgender Herstellerprüfungsvorzug zu sehen:
 Prüfungsvorgang für Schweißnahtprüfungen (US- oder Durchstrahlungsprüfung)
 Prüfgruppe A1 und A2 100%
 Prüfgruppe A3 mindestens 10%
 Detaillierte Angaben siehe Tabelle 5.3/1
- Stichprobenweise Prüfungen durch den Hersteller setzen voraus, daß eine ausreichend hohe Verarbeitungssicherheit vorliegt, mit der unzulässige Fehler auszuschließen sind.
- Der Sachverständige (§ 20 AtG) führt die zerstörungsfreie Prüfung an den Schweißnähten in ausreichendem Umfang durch. Die zuständige Behörde oder der im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogene Sachverständige (§ 20 AtG) werden den erforderlichen Umfang zur Überprüfung der Qualitätseigenschaften, die für die Integrität von Bedeutung sind, anordnen bzw. die Überprüfung durchführen.
- Stichprobenweise Prüfungen durch die Behörde oder den von ihr zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) sind frei wählbar. Bei Fehlerbefund erhöht sich der stichprobenweise Prüfungsvorgang.

5.4 Dokumentation

In der Dokumentation sind folgende Unterlagen bzw. Prüfergebnisse zu erfassen:

- Vorprüfunterlagen
- Ergebnisse der Werkstoffprüfungen
- Ergebnisse der Bauprüfungen

Sie sind vom Komponentenhersteller in übersichtlicher Form zu dokumentieren und vom Antragsteller/Lieferer der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) zur Überprüfung vorzulegen.

6 Wiederkehrende Prüfungen

6.1 Basismessungen

Als Basismessungen für die wiederkehrenden Prüfungen gelten die im Zuge der Fertigung durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen, wenn sie mit der gleichen Technik durchgeführt werden, die für die spätere Wiederholungsprüfung vorgesehen ist.

Soweit gemäß Tabelle 5.3/1 keine zerstörungsfreien Prüfungen nach der Erstdruckprüfung erforderlich sind, werden die letzten Prüfungen vor der Erstdruckprüfung anerkannt.

Basismessungen (Nullmessungen) vor oder nach der Druckprobe sind erneut erforderlich, wenn beabsichtigt wird, zur Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen andere Prüfmethoden als bei den ersten Fertigungsprüfungen einzusetzen.

6.2 Wiederkehrende Prüfungen an Druckbehältern

Bei Druckbehältern sind regelmäßige innere Prüfungen alle vier Jahre und wiederkehrende Wasserdrukprüfungen alle acht Jahre durchzuführen.

Die inneren Prüfungen sind vornehmlich visuelle Besichtigungen. Zerstörungsfreie Prüfungen sind durchzuführen, wenn die Besichtigung zu keiner ausreichenden Aussage führt. Darüberhinaus sind grundsätzlich zerstörungsfreie Prüfungen stichprobenweise an repräsentativen Stellen durchzuführen.

Im Anschluß an die wiederkehrende Wasserdrukprüfung sind zerstörungsfreie Prüfungen an solchen Schweißnähten durchzuführen, die im Hinblick auf Beanspruchung, Fertigungsverfahren und Werkstoff hinreichend repräsentativ sind. Die Einzelheiten sind im Prüfplan festzulegen. Wiederkehrende Druckprüfungen sind mit dem Druck der Erstdruckprüfung bzw. mit dem Prüfdruck des Systems durchzuführen, in das der Druckbehälter eingebaut ist.

6.3 Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen

Wiederkehrende Prüfungen sind an repräsentative Rohrleitungsschweißnähte und Steller mit besonderen Beanspruchungen auszurichten. Dies sind z. B. Anschlußnähte von Krümmern oder Formstücken, die durch Kräfte und Momente infolge behinderter Wärmedehnung zusätzlich besonders beansprucht werden.

Die Prüfungen sind so durchzuführen, daß innerhalb eines Zeitraumes von acht Jahren der mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) abgestimmte, repräsentative Prüfungsvorgang erfaßt wird.

6.4 Plan für die wiederkehrenden Prüfungen

Vom Reaktoranlagenlieferer und Betreiber sind Pläne für die Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen zu erstellen und mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen abzustimmen.

Tabellen

- 1 Einteilung der Prüf- und Werkstoffgruppen
- 2.1.1 Zulässige Spannungen und Spannungskategorien (Gruppe A1)
- 2.1.2 Zulässige Spannungen (Gruppe A2, A3)
- 2.1.3 Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen und zulässige Berechnungsverfahren
- 2.1.5 Spannungskategorien für typische Beanspruchungen und Konstruktionen
- 2.1.7 Prinzipielle Überlagerung von Belastungen und Einstufung in Lastfälle
- 2.2 Bruchannahmen für Rohrleitungen und zu berücksichtigende Belastungen für einen DWR
- 3.1 Werkstoffe mit besonderen Anforderungen
- 3.2 Schraubenwerkstoffe
- 3.2/1 Zähigkeitsnachweis für Bleche, Werkstoffgruppen WE und WM
- 3.2/2 Schmiedestücke, Werkstoffgruppen WI und WE
- 3.2/3 Zähigkeitsnachweis für Rohre, Werkstoffgruppen WE und WM
- 3.2/4 Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an Erzeugnisformen durch den Hersteller
- 3.2/5 Anforderungen an Konstruktionen aus ferristischen Werkstoffen mit Beanspruchungen senkrecht zur Wand
- 3.2/6 Zeugnisbelegung für Prüfungen an Erzeugnisformen
- 3.3/1 Bauprüfungen durch den Hersteller
- 3.3/2 Durchführung der US-Prüfungen

Bilder

- 1.2.1/1 Beispiele für zulässige Wanddickenübergänge von drucktragenden Wänden (US-Prüfung von der Außenseite)
- 1.2.1/2 Ausführung von zylindrischen Durchmesserübergängen (Beispiele)
- 1.2.2/1 Ausführung von Stutzen für Druckbehälter (Beispiele)
- 1.2.2/2 Ausführung von Formstücken für Rohrleitungen und Armaturen, Beispiele für einseitig geschweißte Nähte
- 1.2.4 Ausführung von Standzargen und Unterstützungen (Beispiele)
- 1.2.5 Ausführung von Rohrbödenanschlüssen (US-Prüfbarkeit von außen, Beispiele)
- 1.2.6 Ausführung von geschweißten Anschlüssen an Rohrwandungen für Aufhängungen und Festpunkte (Beispiele)
- 1.2.7 Ausführungen von Kompensatoren (Beispiele)
- 1.2.8 Ausführung von Blinddeckeln (Beispiele)
- 1.2.2 Toleranzen der Schweißkanten bei einseitig geschweißten Nähten (Rohrleitungs- und -nähte)

Abkürzungsverzeichnis

EVA Lastfälle	Belastung durch Einwirkungen von außen Dies sind: Flugzeugabsturz oder Erdbeben oder Gaswolkenexplosion	Pb	Primäre Biegespannung
Lastfall A	Normalbetrieb der Komponente (einschließlich An- und Abfahren).	Pe	Sekundärspannung ¹⁾ durch Ausdehnungsbehinderung z. B. bei Unterstützungsstrukturen
Lastfall B	Anomaler Betrieb Resultiert aus Fehlfunktion von Bauteilen oder Systemen. Die Fortführung des Betriebs wird dadurch nicht beeinträchtigt.	Q	Sekundärspannung ¹⁾ einschließlich Wärmespannung.
Lastfall C	Notfälle Bei Notfällen ist ein Abschalten der Anlage zur Wiederherstellung des betriebsbereiten Zustandes der Anlage erforderlich.	F	Spitzenspannung
Lastfall D	Schadensfälle Über Lastfall C hinaus kann eine Überprüfung, Reparatur oder Auswechslung der Komponente erforderlich sein.	Sa	Zulässige Spannungsamplitude bei wechselnden Belastungen
Betriebsnennspannung	Allgemeine primäre Membranspannung P_m infolge Beanspruchung im Normalbetrieb (Lastfall A).	S _m	Zulässiger Spannungswert für allgemeine primäre Membranspannungen P_m bei Spannungsabsicherung nach 1/2 Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.1
A _v	Kerbschlagarbeit	S	Zulässiger Spannungswert für allgemeine primäre Membranspannungen P_m bei Spannungsabsicherung nach 1/2 Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.2
R _p	Dehngrenze	NDT	Sprödbbruch-Übergang (bezogen auf Fallgewichtproben)
R _{p 0,2}	0,2 Dehngrenze	TNDT	NDT-Temperatur (auf Basis von Fallgewichtproben ermittelt)
R _{p 0,2 RT}	0,2 Dehngrenze bei Raumtemperatur	RTNDT	Referenz NDT-Temperatur (auf Basis von Fallgewichtproben ermittelt und zusätzlich durch Kerbschlagbiegeversuche korrigiert, damit bei RTNDT + 33 K auch eine vorgeschriebene Kerbschlagarbeit und laterale Breitung erreicht wird)
R _{p 0,2 T}	0,2 Dehngrenze bei Auslegungstemperatur	d _p	Anpaßdurchmesser für Rohrleitungs-nähte
R _{p 1,0}	1% Dehngrenze	s	Wanddicke
R _{p 1,0 RT}	1% Dehngrenze bei Raumtemperatur	DN	nominaler Durchmesser (Nennweite)
R _{p 1,0 T}	1% Dehngrenze bei Auslegungstemperatur	DP	Nenndruck
R _m	Zugfestigkeit	P	Auslegungsüberdruck
R _{m RT}	Zugfestigkeit bei Raumtemperatur	R	Biegeradius von Krümmern
R _{m T}	Zugfestigkeit bei Auslegungstemperatur	GW	Grundwerkstoff
	Allgemeine primäre Membranspannung	SG	Schweißgut
P _l	Lokale primäre Membranspannung (einschließlich P_m)	WEZ	Wärmeinflusszone

¹⁾ Sekundärspannungen sind u. a. dadurch gekennzeichnet, daß sie örtlich zulässiges Fließen abgebaut werden können. Durch behinderte Wärmedehnung hervorgerufene Spannungen, die dieses Kriterium nicht erfüllen, sind als Primärspannungen zu behandeln.

Prüf- gruppe	Auslegungs- spannung ¹⁾	Werkstoffe ²⁾		Zusätzliche Bedingungen für die Einstufung	
		Ferrit	Austenit		
A1	1/3 Zugfestigkeit: entsprechend Tab. 2.1.1	WI	in allen Prüfgr. grund- sätzlich gleich	A1/WI	Stutzen DN ≤ 50 und Halteeisen, z.B. zur Unterstützung, können aus Werkstoffen gemäß Werkstoffgruppe WII hergestellt werden
A2	1/4 Zugfestigkeit: entsprechend Tab. 2.1.2			A2/WI	
A3		WII		A2/WII	Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen DN > 150 und Druckbehälter mit Wanddicke s > 16 mm nur dann, wenn: Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm ²
	A3/WII			1. Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen nur wenn DN ≤ 150 und PN ≤ 2 2. Rohrleitungen, DN > 150 und Druckbehälter nur, wenn alle nachstehenden Bedingungen eingehalten werden : a) Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm ² b) Auslegungstemperatur ≤ 400 °C c) Auslegungsdruck ≤ 2 MPa d) Wanddicke ≥ 16 mm	

Bei ferritischen Werkstoffen beträgt die Wanddicke bei Abmessungen entspr. 0,1 bis 10 mm
grundsätzlich mind. 10 mm (bei Austenit 6 mm). Siehe Punkt 1.2.2

Komponenten aus Werkstoff 20MnMoNi 55,15 NiCuMoNb 5 und GS-18 NiMoCr3/ werden immer in A1 eingestuft.
Für Rohrleitungen, Stutzen, Pumpen und Armaturen DN ≤ 50 können Werkstoffe nach Regelwerk
ohne Sonderanforderungen eingesetzt werden. Die Einstufung erfolgt entsprechend A3.

¹⁾ Ermüdungsanalyse nach Tabelle 2.1.3

²⁾ Werkstoffe gemäß Tabelle 3.1.

Tabelle 1

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Einteilung der Prüf- und Werkstoffgruppen

Zulässige Spannungen			Auslegungslastfall			Lastfall A norm. Betrieb Lastfall B. anom. Betrieb	Druck- prüfung	Lastfall C Notfall	Lastfall D Schadensfall
Spannungskategorie			S _m : Kleinsten Wert von:			S _m	0,9 R _{p0,2 T'} T' Druckober- temperatur	Größter Wert von: 1,2 S _m R _{p0,2 T}	Kleinsten Wert von: 2,4 S _m 0,7 R _{mT}
Primär- + Sekundär- + Spitzenspannungen	Primär + Sekundärspannung	Primärspannungen	Ferrit	Austenit ³⁾	Stahlguß? Ferrit u. Austenit				
		P _{in}	R _{mRT/3} R _{mT/2,7} ¹⁾ R _{p0,2T/1,5}	R _{mRT/3} R _{mT/2,7} ¹⁾ R _{p0,2RT/1,5} 0,9R _{p0,2T}	R _{mRT/4} R _{mT/3,6} bei Ferrit: R _{p0,2T/2} bei Austenit: R _{p1,0T/2}				
		P _L	1,5 S _m			1,5 S _m	1,35 R _{p0,2 T'}	Größter Wert von: 1,8 S _m , 1,5 R _{p0,2T}	Kleinsten Wert von: 3,6 S _m , R _{mT}
		P _L + P _b	1,5 S _m			1,5 S _m	1,35 R _{p0,2 T'}	Größter Wert von: 1,8 S _m , 1,5 R _{p0,2T}	Kleinsten Wert von: 3,6 S _m , R _{mT}
		P _e (für Rohr.)	—			3 S _m	—	—	—
		P _L + P _b + P _e + Q	—			3 S _m	—	—	—
		P _L + P _b + P _e + Q + F	—			S _a ²⁾	—	—	—

1) Bezieht sich auf die gewährleistete Warmfestigkeit, hier: kein Gewährleistungswert vorhanden, für S auch 1/3 der Nenn-Warmfestigkeit benutzt werden.

2) Ermüdungsanalyse nach Tab. 2.1.3

3) oder entsprechend VdTÜV-Weisungsbeschl. 1

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 2.1.1

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Zulässige Spannungen und Spannungskategorien (Gruppe A1)

Zul. Spannungen			Auslegungslastfall	Lastfall A norm.Betrieb	Lastfall B anom.Betrieb	Druck- prüfung	Lastfall C Notfall	Lastfall D Schadensfall		
Spannungskategorie										
Primär + Sekundär + Spitzenspannungen	Primär + Sekundärspannungen	Primärspannungen	Minster Wert von:			S	1,5 S	$0,9 R_{p0,2 T'}$ T' Druckproben- temperatur	1,5 S	2,0 S
			Ferrit	Austenit	Stahlguß Ferrit u. Austenit					
			$R_m RT/4$	$R_m RT/4$	$R_m RT/4$					
		$R_{p0,2 T 5/8}$	$R_{p0,2 T} \cdot 0,9$	$R_m T/3,6$						
		$R_{p0,2 RT 5/8}$	$R_{p0,2 RT 5/8}$	bei Ferrit: $0,4 R_{p0,2 T}$ bei Austenit: $0,4 R_{p1,0 T}$						
		P_l	1,5 S							
$P_l + P_b$	1,5 S			1,5 S	1,65 S	$1,2 R_{p0,2 T}$	1,8 S	2,4 S		
$P_l + P_b + Q$	---			—	—	—	—	—		
$P_l + P_b + Q + F$	---			—	—	—	—	—		

Tabelle 2.12

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Zulässige Spannungen (Gruppe A2, A3)

Prüf- gruppe	Komponente	Ermüdungsanalyse	
		Kriterien	Verfahren
A1	Druckbe- hälter Pumpen Armaturen	Ermüdungsanalyse wenn Zyklenzahl >1000	Ermüdungsanalyse z.B. nach ASME NC 3219.2 oder NB 3222.4 Ermittlung der Zyklenzahl nach ASME NC 3219 (Alle Spannungsamplituden > 0,2 S _m . Thermisch induzierte Lastwechsel werden aus dem in der Wand der Komponente auftretenden ΔT ermittelt)
	Rohrleitun- gen	Ermüdungsanalyse immer erforderlich	Ermüdungsanalyse z.B. nach ASME NB3653.4 oder NB 3222.4
A2	Druckbe- hälter Pumpen Armaturen	Ermüdungsanalyse an besonderen Stellen, wenn Zyklenzahl >1000	Ermüdungsanalyse z.B. nach ASME NC 3219.2 oder geeignetes Spannungsindexverfahren
	Rohrleitun- gen	Ermüdungsanalyse immer erforderlich	Spannungsindexverfahren nach ASME NC 3611 (Begrenzung des S _A Wertes in Abhängigkeit der Zyklenzahl)
A3	Druckbe- hälter Pumpen Armaturen	Keine Ermüdungsanalyse (Auslegungstemperatur < 100°C)	
	Rohrleitun- gen	Ermüdungsanalyse immer erforderlich	Spannungsindexverfahren nach ASME NC 3611

Tabelle 2.1.3

Rahmenspezifikation Basissicherheit
Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen
und zulässige Berechnungsverfahren

Behälterbauteil	Stelle	Herkunft der Spannung	Art der Spannung	Spannungskategorie
Zylindrischer oder kugelförmiger Druckbehälter	Behälterwand außerhalb von Störstellen	Innendruck	Allgemeine Membransp. Gradient über die Blechdicke	P_m Q
		Axialer Temperaturgradient	Membransp. Biegesp.	Q Q
	Verbindung mit Boden oder Flansch	Innendruck	Membransp.	P_L
			Biegesp.	Q
Beliebiger Mantel oder Boden	Beliebiger Schnitt durch den ganzen Behälter	Außere Last oder Moment oder Innendruck	Allgem. Membransp., gemittelt über den ganzen Querschnitt. Spannungskomponente senkrecht zur Schnittfläche	P_m
		Außere Last oder Moment	Biegung über den ganzen Querschnitt. Spannungskomponenten senkrecht zur Schnittfläche	P_m
	Rand eines Stützens oder eines anderen Ausschnitts	Äußere Last oder Moment oder Innendruck	Lokale Membransp.	P_L
			Biegesp.	Q
	Beliebige Stelle	Temperaturunterschied zwischen Mantel und Boden	Membransp. Biegesp.	Q Q
Gewölbter Boden oder Kegelboden	Wand	Innendruck	Membransp.	P_m
			Biegesp.	P_b
	Krempe oder Anschluß an den Mantel	Innendruck	Membransp.	P_L
			Biegesp.	Q
Flacher Boden	Mittlerer Bereich	Innendruck	Membransp.	P_m
			Biegesp.	P_b
	Anschluß an den Mantel	Innendruck	Membransp. Biegesp.	P_L Q
Lochplatte oder Rohrboden	Typischer Steg in einer regelmäßigen Anordnung	Druck	Membransp. (Mittel über den Querschnitt)	P_m
			Biegesp. (Mittel über die Stegbreite, aber Gradient durch die Plattendicke)	P_b
			Spitzensp.	F
	Einzelner oder unregelmäßiger Steg	Druck	Membransp. Biegesp. Spitzensp.	Q Q F
Stützen	Querschnitt senkrecht zur Stützenachse	Innendruck oder äußere Last oder Moment	Allgem. Membransp., (Mittel über den ganzen Querschnitt), Spannungskomponente senkrecht zum Schnitt	P_m
			Biegung über den Stützquerschnitt	P_m
	Stützenwand	Innendruck	Allgemeine Membransp.	P_m
			Lokale Membransp.	P_L
			Biegesp.	Q
			Spitzensp.	F
		Unterschiedliche Dehnung	Membransp. Biegesp. Spitzensp.	Q Q F
Plattierung	Beliebig	Unterschiedliche Dehnung	Membransp. Biegesp.	F F
Beliebig	Beliebig	Radiale Temperaturverteilung	Gleichwertige geradl. Spannung Nicht geradl. Anteil der Spannungsverteilung	Q F
Beliebig	Beliebig	Beliebig	Spannungsspitze (Kerbwirkung)	F

Tabelle 2.1.5 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Spannungskategorien für typische Beanspruchungen
und Konstruktionen

Belastungen (Im jeweiligen Anwendungsfall ist unter Berücksichtigung der Einstufung -A1 oder A2/A3 - zu prüfen, welche Belastungen zutreffen) Lastfälle		Statische Belastungen							Transiente, stat. u. dyn. Belastung	Schwingende u. dynamische Belastungen						
		Auslegungsdruck	Auslegungstemperatur	Betriebsdruck	Betriebstemperatur	Eigengewicht u. andere Lasten	Mechanische Betriebslasten, Reaktionskräfte	Behinderte Wärmedehnung	Prüfbelastungen (stat. u. dynamisch)	Anomale Belastungen (stat. u. dynamisch)	Transiente Betriebslasten, dynam. Belastung, z. B. Betrieb	EVA - Belastungen				Einwirkungen von innen
												Auslegungserdbeben	Sicherheitserdbeben	Flugzeugabsturz	Gaswolkenexplosion	
Auslegung 1)		x	x			x										
Bestimmungsmäßiger Betrieb	Lastfall A			x	x	x	x	x			x					
	Lastfall B			x x	x x	x x	x x	x x		x		x 4)				
	Prüffall					x			x							
2) Störfälle	Lastfall C			x x	x x	x x	x x				x 5) x		4) x 3)			x
	Lastfall D			x x x	x x x	x x x	x x x							x	x	x

1) Es sind weitere Belastungen zu berücksichtigen sofern auslegungsbestimmend

2) Bei aktiven Systemen ist die ausreichende Funktion sicherzustellen

3) Einstufung nach Lastfall D in begründeten Ausnahmefällen

4) Vorläufig bis Klärung in KTA

5) Mech. Lastanteile sind zu berücksichtigen soweit vom zeitlichen Ablauf erforderlich

Tabelle 2.17

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Prinzipielle Überlagerung von Belastungen u. Einstufung in Lastfälle

	Sicherheitstechnisch wichtige Systeme	Bruchannahmen				zu berücksichtigende Belastungen
		Bruchlage	Longsriß Br-fläche	Bruchlage	Br-fläche	
Ferritische Systeme / Komponenten	Frischdampfsystem	beliebig	unterkrit. Riß 1)		2 F - u	Reaktivitätsverhalten
				hochbelastete Schweißnahte	2 F - b	Gebäude (Differenzdruck) (Strahlkraft)
					2 F - b	Druckführende Komponenten (Reaktionskraft)
					2 F - b	Stützkonstruktion (Reaktionskraft)
	Speisewassersystem, Dampferzeugerabschlammungssystem ^x	beliebig	unterkrit. Riß 1)	außerhalb Arm-kammer	2 F - u	int. Belastungen (int. Druckwelle)
					2 F - u	Gebäude (Differenzdruck) (Strahlkraft)
					2 F - b	Druckführende Komponenten (Reaktionskraft)
					2 F - b	Stützkonstruktion (Reaktionskraft)
Austenitische Systeme	Volumenreglersystem ^x Volumenausgleichssystem ^{xx} (Einspeisestrang, Entnahmestrang bis HD-Reduzierstation) $p > 20$ bar	beliebig	unterkrit. Riß 1)	hochbelastete Schweißnahte	2 F - u	Gebäude (Differenzdruck) (Strahlkraft)
					2 F - b	Druckführende Komponenten (Reaktionskraft)
					2 F - b	Stützkonstruktion (Reaktionskraft)
					2 F - u	int. Belastungen (int. Druckwelle)
	Nukleares Nachkühlsystem, (Druckspalteinspeiseleitung, Kernflutleitung ^{xx})	beliebig	unterkrit. Riß 1)	hochbelastete Schweißnahte	2 F - u	Gebäude (Strahlkraft)
					2 F - b	Druckführende Komponenten (Reaktionskraft)
					2 F - b	Stützkonstruktion (Reaktionskraft)
					2 F - u	int. Belastungen (int. Druckwelle)
Zellulosegehalt (p=20 bar, v=100°C, v=50) hochlastete Systeme	Notspeisesystem ^x Notspeisewassersystem ^{xx} positiver Einzelfehler	beliebig	unterkrit. Riß 1)	beliebig	unterkrit. Riß	Gebäude (Überflutung)
	Nukleares Nachkühlsystem Nachkühlfall, Einzelfehler					Gebäude (Differenzdruck) (Überflutung) (Strangausfall) Systemanalyse Notk
Niederenergiesysteme (p=20 bar, v=100°C, v=50)	Nukleares Zwischenkühlsystem	beliebig	unterkrit. Riß 1)	beliebig	unterkrit. Riß	Gebäude (Überflutung)
	Nebenkühlwassersystem					Gebäude (Überflutung)
	Zusatzbarriersystem ^x Sicherheitsbarriersystem ^{xx}					Systemanalyse (Strangausfall)

Legende: - u = unbehindert
 - b = behindert
 - an Positionen ohne Anschlagbegrenzung 2F-u
 - an Positionen mit Anschlagbegrenzung 2F-b
 - für unterkritische Risse wird die stationäre Ersatzlast angesetzt

x - KWU-spezifisch
 xx - BBC/BBR-spezifisch

1) Unterkritische Risse werden auf der Basis der Bruchmechanik ermittelt und auf max. 0,1F begrenzt

Tabelle 2.2 Rohmenspezifikation Basissicherheit
 Bruchannahmen für Rohrleitungen und zu berücksichtigende Belastungen für einen DWR.

Erzeugnisform		Bleche	Schmiede- stücke	Rohre	Stahl- guß	Anforderungen
Werkstoff						
Ferritische Werkstoffe	Werkstoffgruppe WI	15 MnNi 63	X	X	X	Analysenanforderungen werden werkstoffbezogen festgelegt. 1) Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ: 68J und 25mm Breite bei RT + 33 K Zusätzlich für GW: Hochlage 100 J (ISO-V-Proben quer, kleinste Einzelwerte) Minimale Belastungstemperatur (Druckprüfung, Betrieb) RT _{NDT} + 33°K
		20 MnMoNi 55	X	X	X	
		15 NiCuMoNb 5	X	X	X	
		(W)St E 26,29,32,36	X	X	X	
		C 22.8		X		
		GS-18 NiMoCr 37			X	
		GS-C 25			X	
	Werkstoffgruppe WII	(W)St E 26,29,32,36	X	X	X	Analysenanforderungen: S max. 0,015% 1) P max. 0,020% Cu max. 0,18% V max. 0,02% Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ: 41 J (ISO-V-Proben quer, Mittelwert) Prüftemperatur Kbz: 0°C bei Betriebstemp. 0°C 20°C bei wärmegehenden Komponenten (niedrigste Druckprüftemp. 20°C)
		C 22.8		X		
		15 Mo 3	X	X	X	
		St 35.8			X	
		St 37-3	X	X	X	
		GS-C 25			X	
Austenitische Werkstoffe		W.Nr. 14550	X	X	X	Analysenanforderungen zur Vermeidung von LK und Warmrisse. 2) Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ bei DN > 150 oder Wanddicke > 16mm: ungeglüht 70 J/60 J geglüht 55 J/40 J (Mittelwert / kleinster Einzelwert, ISO-V-Proben quer) DN ≤ 150 und s ≤ 16 mm Anforderungen nach AD-W2
		W.Nr. 14580	X	X	X	
		W.Nr. 14541	X	X	X	
		W.Nr. 14571	X	X	X	
		W.Nr. 14552			X	
		W.Nr. 14581			X	

Legende - Anwendungsbereich siehe Tabelle 1

-Aufgrund der besonderen Anforderungen können Sonderbezeichnungen für die Werkstoffe erforderlich werden.

1) Keine Mikro-Legierungselemente

2) Überstabilisierung ist zu vermeiden

Tabelle 3.1 Rahmenspezifikation Basisicherheit:
Werkstoffe mit besonderen Anforderungen

Schraubenwerkstoff (Festigkeitsklasse)		Regelwerk	Zusätzliche Anforderungen												
Ck 35 24 Cr Mo 5 21 Cr MoV 5 7		DIN 17240	An zusätzlichen ISO - V - Längs - proben gelten folgende Anforderungen 2) <table><tr><td>Schrauben Ø (mm)</td><td><25</td><td>>25+100</td><td>100</td></tr><tr><td>Breitung (mm)</td><td>-</td><td>0,6</td><td>0,6</td></tr><tr><td>Kerbschlag- arbeit (J)</td><td>-</td><td>-</td><td>61</td></tr></table> Erprobung losweise	Schrauben Ø (mm)	<25	>25+100	100	Breitung (mm)	-	0,6	0,6	Kerbschlag- arbeit (J)	-	-	61
Schrauben Ø (mm)	<25	>25+100		100											
Breitung (mm)	-	0,6		0,6											
Kerbschlag- arbeit (J)	-	-		61											
20 Ni Cr Mo 14 5		VdTÜV WBL 137													
26 Ni Cr Mo 14 6		VdTÜV WBL 137													
34 Cr Ni Mo 6		VdTÜV WBL 137													
W.Nr. 1.4541 W.Nr. 1.4550 W.Nr. 1.4571 W.Nr. 1.4580	Ø ≤ 60 mm	DIN 17440 (AD-W2)													
W.Nr. 1.4541 W.Nr. 1.4571	Stahlgruppe A2 - 1 ≤ M39 Stahlgruppe A4 - 1 < M39	DIN 287 (AD-W2)													
Festigkeitskl. 5.6, 6.6 und 8.8	≤ M30 ≤ 25 bar ≤ 100°C	DIN 287 (AD-W2)													
Festigkeitskl. 4.6-2	Bei Festigkeits- klasse 8.8 zusätzlich DN ≤ 500	VdTÜV Werkstoffblatt 12-55	Nur für Komponenten in Prüfgruppe A3												

1) Es sind jeweils nur die in dieser Tabelle angegebenen
Stähle bzw. Festigkeitsklassen zugelassen

2) Entsprechend ASME NB 2300

Tabelle 3.2 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Schraubenwerkstoffe

Prüfungen				Erprobung								
Prüfkriterien nach Tab. 3.1 Prüftemperaturen sind auf niedrigste Belastungstemperatur zu beziehen				(bezogen auf endgültigen Wärmebehandlungszustand)								
				Werkstoffgruppe WI				Werkstoffgruppe W II				
Wanddicke s (mm)				10 ÷ 16	> 16 ÷ 38	> 38 ÷ 64	> 64	10 ÷ 16	> 16 ÷ 38	> 38 ÷ 64	> 64	
Jeweils an einem Probeentnahmestort	Prüfgruppe	A1, A2	2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung	Probenform P2 Erprobung ab 19 mm Wanddicke	-	S	B	B	-	-	-	-
		A1, A2	Kbz-Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze)	Probenform: ISO-V-quer Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm)	S	S	S	S	S	S	S	S
		A1	1 Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hochlagenwert (entfällt, wenn bereits b. niedrigst. Belastungstemp. nachgewiesen)	Probensatz: 3 Proben Probenlage: DIN 17 155	-	B	B	B	-	-	-	-
	A1, A2, A3	1 Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungstemperatur	(Kopf-Mitte, Fuß-Rand) DIN 17 100 (Walztafelweise) Probeentn. bei WI in 1/4 T (Stirn s. 1/2 T)	B	B	B	B	B	B	B	B	

1) Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemp. werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn d. NDT-Temp. werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemp. sehr niedrig liegt.

2) Bei Wanddicken ≥ 150 mm zusätzlich Erprobung in Blechdickenmitte (Siehe Leitf. 4.13.2 Abs.(2))

Tabelle 5.2/1

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Zähigkeitsnachweise für Bleche Werkstoffgruppen WI u WII

Prüfungen				Erprobung				P (pro Schmiedestück)				
Prüfkriterien nach Tab. 3.1				(bezogen auf endgültigen				S (pro Schmelze, Wärmebehandlungslos				
Prüftemperaturen sind auf niedrigste				Wärmebehandlungszustand)				und Abmessung)				
Belastungstemperatur zu beziehen				Werkstoffgruppe WI				L Losgröße max. 10 Stück oder max. 1000 kg				
Schmiedegewicht kg								Werkstoffgruppe W II				
				50 + 100 norm. verg.		150 + 500	> 500	150	150 + 500	500		
wenn an einem Probeentnahmeort	Prüfgruppe	A1, A2	2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung	Probenform P2 (Erprobung soweit P2 Proben möglich)		-	S	S	P	-	-	-
		A1, A2	Kbz - Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze)	Probenform: ISO - V - quer (Bei Stäben bis Ø 68 mm längs) Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm)		S	S	S	S	-	S	S
		A1	1 Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hochlagenwert (entfällt, wenn bereits b. niedrigst. Belastungstemp. nachgewiesen)	Probensatz: 3 Proben Probengröße: Ø > 50 mm 2 Sätze Ø > 20 mm 1 Satz 2 Stimmzeiten L > 500 mm norm. L > 200 mm verg.		-	-	L	P	-	-	-
	A1, A2, A3	1 Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungs- temperatur	Probeentn. bei WI in 1/4 T (Stirn, 1/2 T)		L	L	P	P	L	L	P	P
									2)			2)

1) Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemp. werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn d. NDT-Temp. werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemp. sehr niedrig liegt.

2) Zusätzliche Erprobung an einem Probeentnahmeort aus Wanddickenmitte bei $s \geq 150$ mm (Siehe Lfdz. 4.1.3.2 Abs.(2))

Tabelle 5.2/2

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Schmiedestücke

Werkstoffgruppen WI u. W II

Prüfungen				Erprobung			H (pro Herstellungslänge) S (pro Schmelze, Wärmebehandlungslos und Abmessung) L Losgröße ist mit dem Sachverständigen abzustimmen			
Prüfkriterien nach Tab. 3.1 Prüftemperaturen sind auf niedrigste Belastungstemperatur zu beziehen				(bezogen auf endgültigen Wärmebehandlungszustand)						
Wanddicke s (mm)				Werkstoffgruppe WI			Werkstoffgruppe W II			
				10 ÷ 16	16 ÷ 38	> 38	10 ÷ 16	16 ÷ 38	> 38	
Jeweils an einem Probeentnahmeort	Prüfgruppe	A1, A2	2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung	Probenform P2	-	S	L	-	-	-
		A1, A2	Kbz - Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze)	Probenform ISO-V-quer Abmessungsbedingt sind ersatzweise Längsproben erlaubt.	S	S	S	-	S	S
		A1	1Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hochlagenwert (entfällt, wenn bereits b. niedrigst. Belastungstemp. nachgewiesen)	Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm) Probensatz: 3 Proben Probelage: norm. 1 Stirnseite verg. 2 Stirnseiten 180° verdreht	-	H ²⁾	H	-	-	-
	A1, A2, A3	1Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungstemperatur		L	H ²⁾	H	L	H ²⁾	H	

1), Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemp. werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn d. NDT-Temp. werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemp. sehr niedrig liegt.

2) Bei normalisierten Werkstoffen kann abmessungsabhängig in Abstimmung mit dem Sachverständigen losweise Erprobung vereinbart werden.

Tabelle 5.2/3

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Zähigkeitsnachweise für Rohre Werkstoffgruppen WI u WII

Gruppe	Erzeugnisform	Durchstrahlungs- prüfung %	US-Prüfung ¹⁾ %	Oberflächen- rißprüfung % (ferrit Werkst mögl. MP)
A1	Bleche / warmumgef. Böden	—	Raster a I	—/(100)
	Schmiedeteile	—	100 b II	100
	Rohre / (warmumgef. Rohrbogen)	—	100 c II ⁴⁾	Stichproben—/(100)
	Stahlguß austenitisch	100	—	100 ³⁾
	ferritisch	100	Stichproben	100 ³⁾
A2	Bleche / warmumgef. Böden	—	Raster a I	—/(100)
	Schmiedestücke	—	100 b I, b II ⁶⁾	100
	Rohre / (warmumgef. Rohrbogen)	—	100 c I, c II ^{4), 5)}	—/(100)
	Stahlguß austenitisch	100 ²⁾	—	100 ³⁾
	ferritisch	100 ²⁾	—	100 ³⁾
A3	Bleche	—	Raster a I	—
	Schmiedeteile	—	100 b I	100
	Rohre	—	100 c I	—
	Stahlguß austenitisch	—	—	100
	ferritisch	—	—	100

1) Bezeichnungen siehe Tabelle 5. 72

2) Stichproben an gieß- und spannungsgelassenen
bevorzugten Stellen und bei Serienproduktion

3) Außen- und Innenoberfläche

4) Je nach Verwendungszweck auch Dopplungsprüfung (Stutzen)

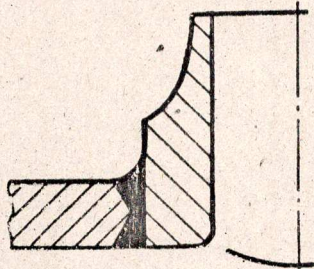
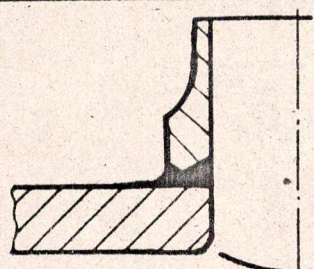
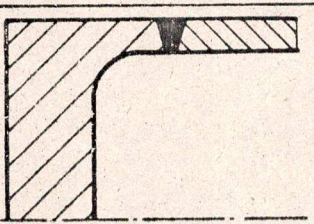
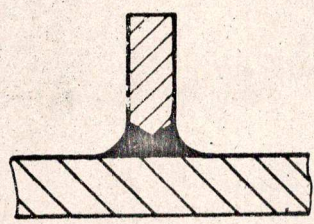
5) c II bei gepilgerten Rohren

6) b II bei DN > 300

Tabelle 5.2/4

Rahmenspezifikation Basissicherheit

Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an Erzeugnisformen durch den Hersteller

Ausführungsform	Erzeugnisform	Zusätzliche Prüfungen	
		Zugprobe in Dickenrichtung	Senkrecht-Einschallung
Durchgesteckter Stutzen	Stutzen		
	Geschmiedet	—	Bei Innendurchmesser ≥ 120 mm: Senkrecht-Einschallung nach dem Einschweißen
	Nahtloses Rohr	—	
	Blech, Längsnaht geschweißt	X	
Aufgesetzter Stutzen	Grundkörper		
	Geschmiedet	—	Senkrecht-Einschallung, wenn zugänglich und aufgrund des Wanddickenverhältnisses Stutzen/Grundkörper möglich
	Nahtloses Rohr	X	
	Blech, Längsnaht geschweißt	X	
		Ausnahme Nippel DN ≤ 80 ohne wesentliche Kräfteinleitung	
Rohrboden od. Blinddeckel	Rohrboden oder Blinddeckel		
	Geschmiedet	—	Senkrecht-Einschallung vor dem Schweißen
	Komb. Blech- und Schmiedeausführung	X	
Halteeisen zur Kraftübertragung	Grundkörper		
	Geschmiedet	—	Einschallung nach Tabelle 5.2/2
	Nahtloses Rohr	X	
	Blech, Längsnaht geschweißt	X	

Anforderung an Zugproben in Dickenrichtung

Prüf-, Werkstoffgruppe	Anforderung
A1, A2/WI	Z 3 (SEL 096)
A2/WII	Z 2 (SEL 096)
A3	keine Anforderung
(Austenit Werkst)	(keine Anforderung)

Tabelle 5.2/5 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Anforderungen an Konstruktionen aus ferritischen Werkstoffen mit Beanspruchung senkrecht zur Wand

Zeugnisbelegung DIN 50 049	Prüfungsmethode		
	A1	A2	A3
31.0	X	X	Soweit durch techn. Regelwerk gefor- dert
31.8		deren Aus-	X

Analysen H
 NDT-Prüfungen H
 Wärmebehandlung H
 IK-Test H
 Verwechslungsprüfung H

Tabelle 5.2/6 Rahmenspezifikation Basissicherheit
 Zeugnisbelegung für Prüfungen
 an Erzeugnisformen

Gruppe	Schweißnahttyp		Oberflächen- rißprüfung (ferrit Werkst mögl MP) H %	US - Prüfung %		Durchstrahlungs- prüfung	Prüfungen nach Druckprüfung
				Prüf- aus-1) führung	H		
A1	Langs - Rundnähte		100	d I	100	Bei Rohrleitungsschweiß- nähten im Einzelfall zusätzlich bei: s ≤ 40 mm Statt US - Prüfung im gleichen Umfang bei s < 10 mm austenitische Werk- stoffe in Prüfgruppe A2 und A3 Bei A1 bevorzugt US - Prüfung, sofern US - Prüfung aus- reichende Prüf- aussage ergibt)	Stichproben an spannungs- technisch ausgewählten Schweißnähten. (einschl Längsnähten)
	Stutznähte 2)		100	e I	100		
	K - Nähte	Kraftübertragend	100	f I + f II	100		
		Anschweißungen		f II			
	Schweißplattierung		100	Haftungs- prüfung			
Schweißkanten > 10 mm		100	-	-			
A2	Langs - Rundnähte		100	d I	100 3)	Bei A1 bevorzugt US - Prüfung, sofern US - Prüfung aus- reichende Prüf- aussage ergibt)	Stichproben
	Stutznähte 2)		100	e I	100 3)		
	K - Nähte	Kraftübertragend	100	f I	100 3)		
		Anschweißungen		-	-		
	Schweißplattierung		100	Haftungs- prüfung	100 3)		
Schweißkanten > 10 mm		100 3)	-	-			
A3	Langs - Rundnähte		100	d I	mind 10		
	Stutznähte 2)		100	e I	mind. 10		
	K - Nähte	Kraftübertragend	100	f I	mind 10		
		Anschweißungen		-	-		
	Schweißplattierung		mind 10	-	-		
Schweißkanten > 10 mm		mind 10	-	-			

Es sind grundsätzlich US - Prüfungen durchzuführen. Statt US - Prüfungen können auch teilweise D - Prüfungen durchgeführt werden. (Insbesondere bei Rohrleitungsrundnähten)

1) vgl. Tabelle 5.3/2

2) US - Prüfungen nur bei Stützen DN ≥ 80 und s > 15
Senkrecht - Einschallung bei Stützen - Innendurchmesser ≥ 120 mm

3) Bei Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm² kann eine Verringerung d. Prüfumfangs vereinbart werden

Tabelle 5.3/1 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Bauprüfungen durch den Hersteller

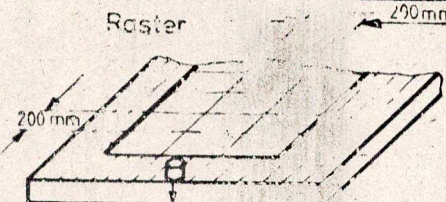
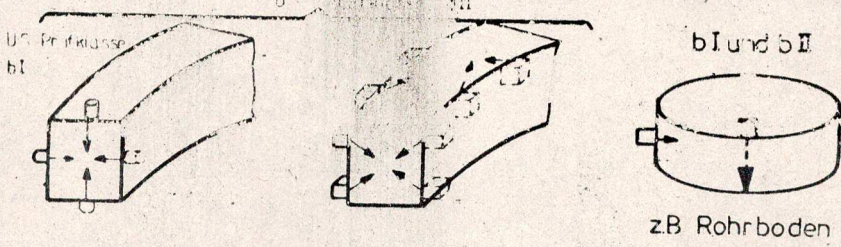
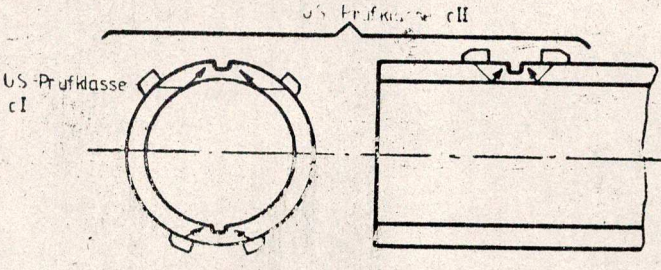
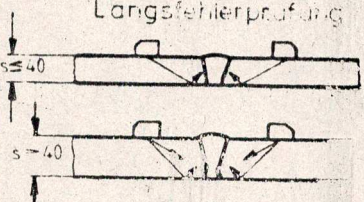
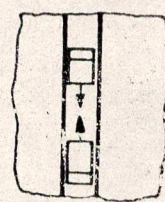
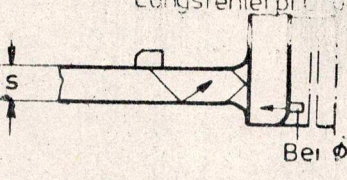
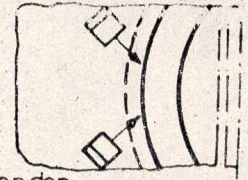
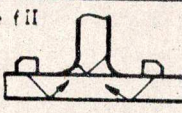
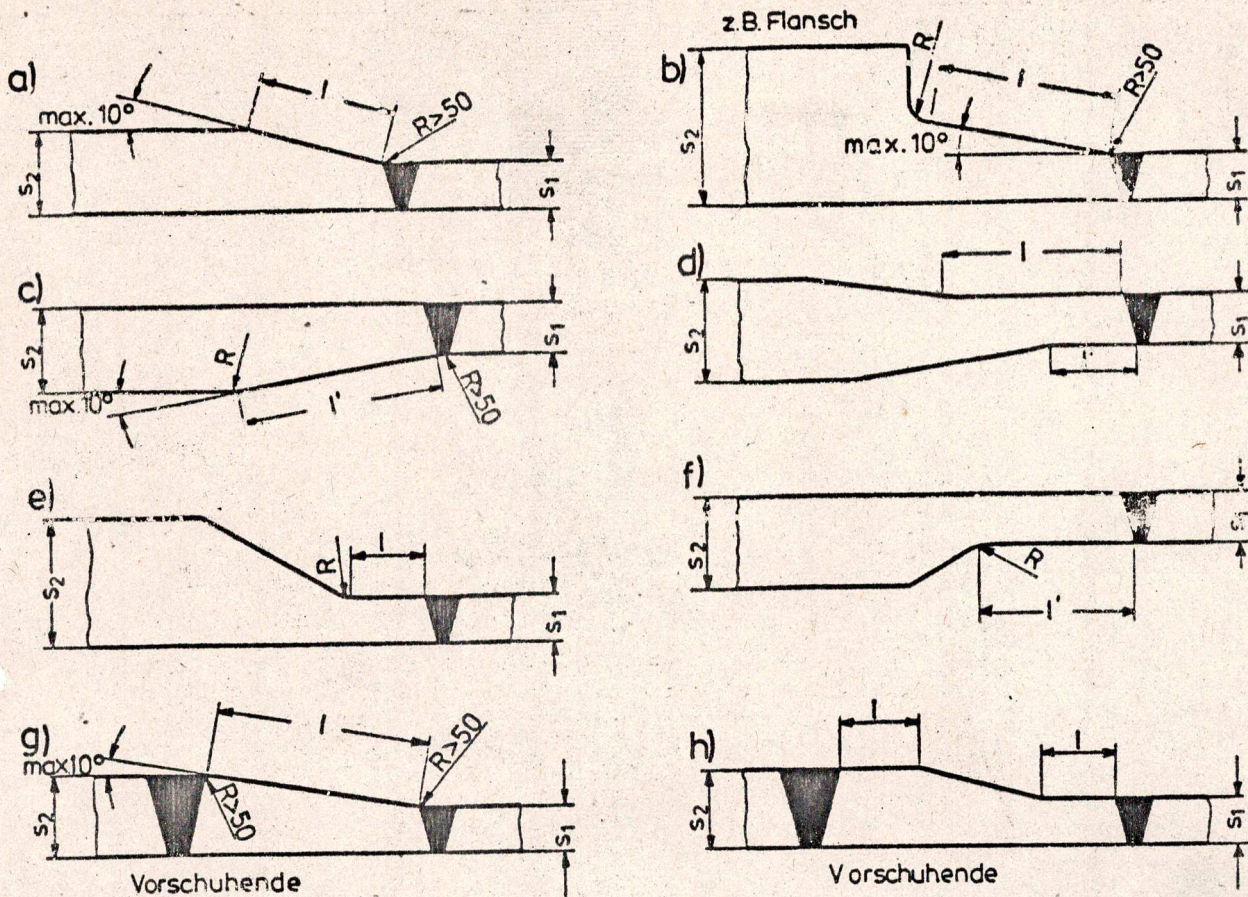
Bauteil bzw. Schweißnaht	Prüf-klasse	
Bleche	aI	 Prüfung der Schweißkantenbereiche, Breite der Randzonen gleich Wanddicke jedoch mind 50mm
Schmiedestücke	bI / bII	 US-Prüfklasse bI US-Prüfklasse bII z.B. Rohrboden
Rohre	cI / cII	 US-Prüfklasse cI US-Prüfklasse cII
Längs- und Rundnahte	dI	Langsfehlerprüfung  und Quersfehlerprüfung  bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschallwinkel verwenden
Stutzen-nahte (DN ≥ 80)	eI	Langsfehlerprüfung  und Quersfehlerprüfung  Bei $\phi_i \geq 120$ bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschallwinkel verwenden
K Nähte	fI / fII	 US-Prüfklasse fI Bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschallwinkel verwenden oder  Wenn von innen nicht zugänglich  US-Prüfklasse fII

Tabelle 5.3/2 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Durchführung der US-Prüfungen



Grundsätzlich sind die Prüflängen nach Tab.1 anzuwenden.
Für die verkürzten Prüflängen (nach Tab.2) gelten Zusatzforderungen.

Tab.1 Prüflängen für die US-Prüfung

Wanddicke (mm)	$s_1 \geq 10 - 20$	$s_1 \geq 20 - 40$	$s_1 \geq 40$
Prüfwinkel	70°	60°	45°, 60°
Prüflänge			
l (Außenseite)	$5.5 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$	$3.5 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$	$3.5 \cdot s_1 + 50 \text{ mm}$
l' (Innenseite)	0,7 · l	0,7 · l	0,7 · l

Schweißnahtkanten nur schematisch dargestellt.

Für einseitig geschweißte und an der Innenseite nicht bearbeitbare Schweißnähte sind die Formen d, e, f zu bevorzugen

Tab.2 Verkürzte Prüflängen für die US-Prüfung mit Zusatzforderungen

Wanddicke (mm)	$s_1 \geq 10 - 20$	$s_1 \geq 20 - 40$	$s_1 \geq 40$
Prüfwinkel	45° ¹⁾	45° ²⁾	45°, 60° ³⁾
Prüflänge			
lv (Außenseite)	$3 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$	$2 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$	$2 \cdot s_1 + 50 \text{ mm}$
lv' (Innenseite)	0,7 · lv	0,7 · lv	0,7 · lv

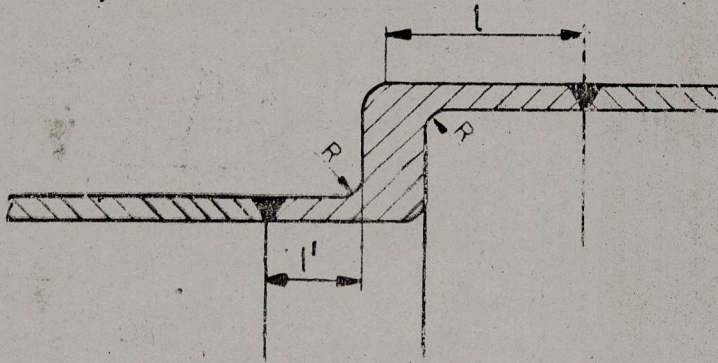
Nicht vermaßte Winkel und Radien werden nicht von der US-Prüfbarkeit bestimmt. Sie müssen die Berechnungsanforderungen erfüllen

Zusatzforderungen zu Tabelle 2

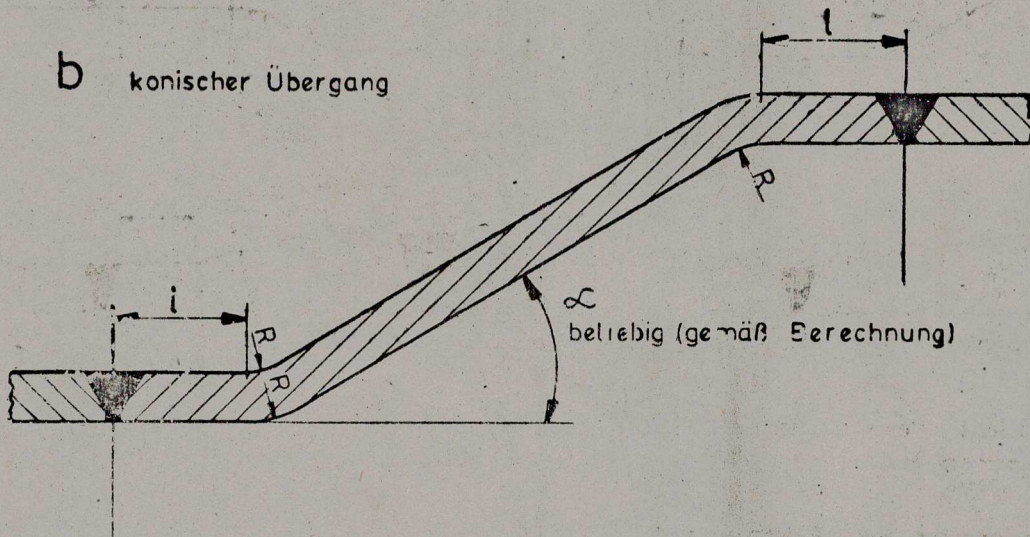
- 1) zusätzlich mit 70° im halben Sprungabstand oder Durchstrahlungsprüfung.
- 2) zusätzlich mit 60° im halben Sprungabstand oder Durchstrahlungsprüfung.
- 3) zusätzlich oberflächennahe Zonen mit SE-Winkelprüfköpfen

Bild 1.21/1 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Beispiele für zulässige Wanddickenübergänge von drucktragenden Wänden (G-Prüfung von der Außenseite)

a zyl. Reduzierstück



b konischer Übergang



l = US Prüflänge gemäß Bild 1.2

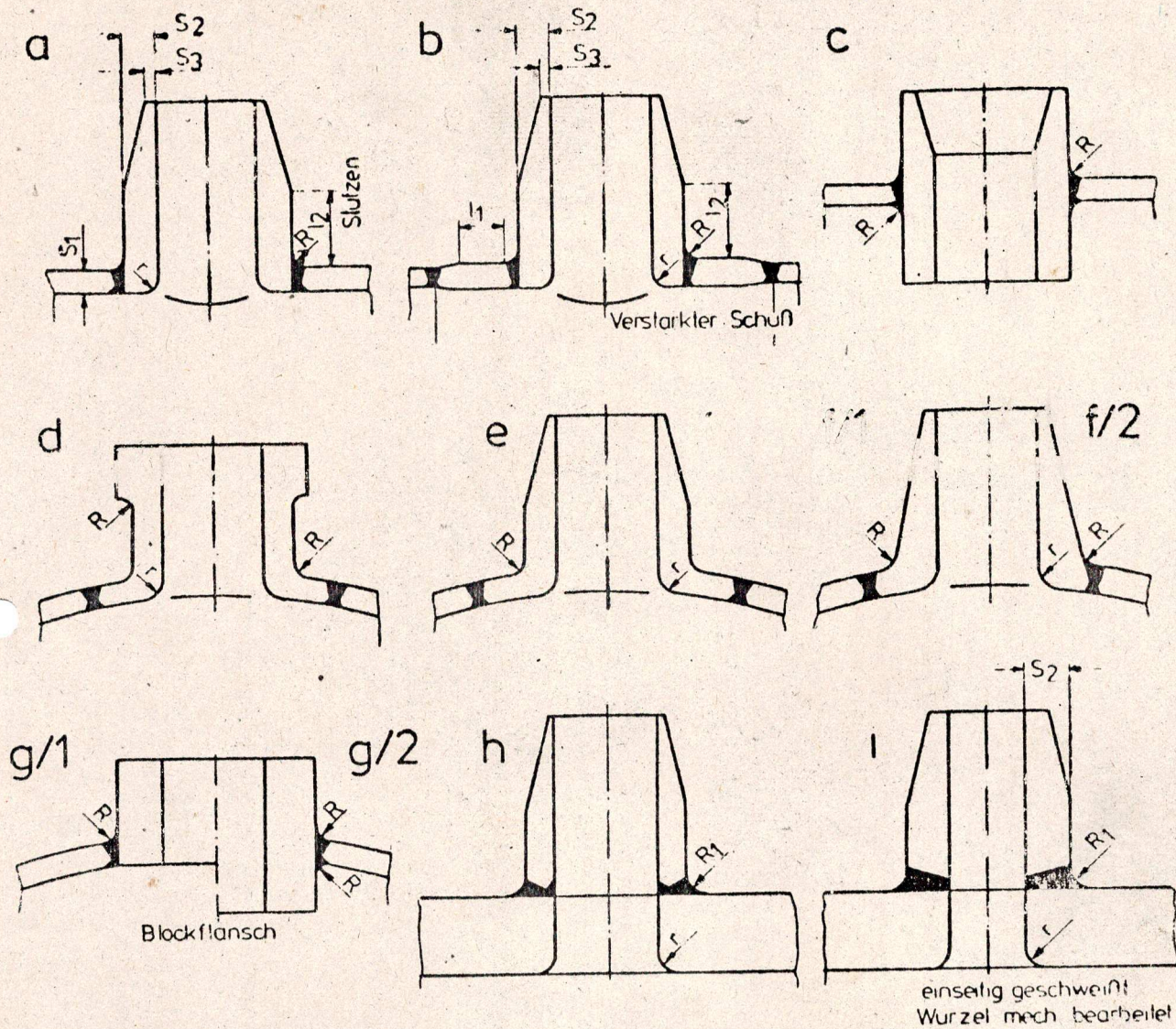
Bei Komponenten in Prüfgruppe A3 können

bei Ausführungsform b die Prüflängen entfallen wenn:

$R \geq 3s$ beschliffen und $\alpha \leq 30^\circ$

Bild 1.2.1/2

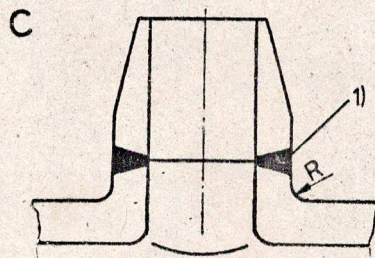
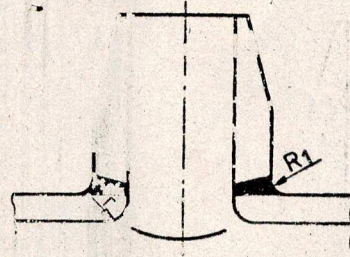
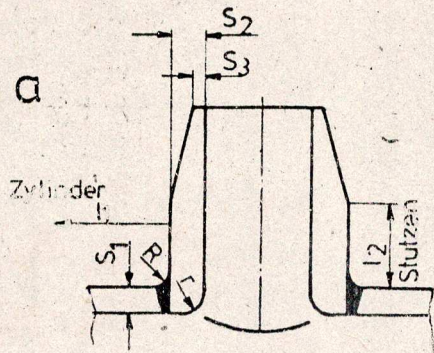
Rahmenspezifikation Basisicherheit
Ausführung von zylindrischen
Durchmesserübergängen
(Beispiele)



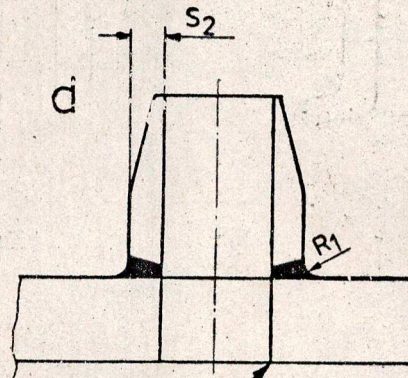
- R bei aufgesetzten Stutzen grundsätzlich $\geq S_2$
- R bei durchgesteckten Stutzen grundsätzlich $\geq 0,5 S_1$
- Für US Prüfung Beschleifen der Wurzel erforderlich
- Bei Aushalsungen sind Durchmesserbegrenzungen zu beachten

$S_2:S_1$	$S_2:S_3$	l_1, l_2
max. 1,3:1 >1,3 zulässig, wenn nicht zur Verstärkung erforderlich (siehe Punkt 1.2.3)	mind. 1,5:1 (Istmaß) mind 2 bezogen auf rechnerische Wanddicke der anschließenden Rohrleitung	Zugänglichkeit von zwei Nahtseiten erforderlich Prüflängen gemäß Bild 1.2.1/1 (Siehe auch Tabellen 5.3/1 und 5.3/2)

Bild 1.2.3/1 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Ausführung von Stutzen für Druckbehälter
(Beispiele)



1) Bei Herstellerqualifikation

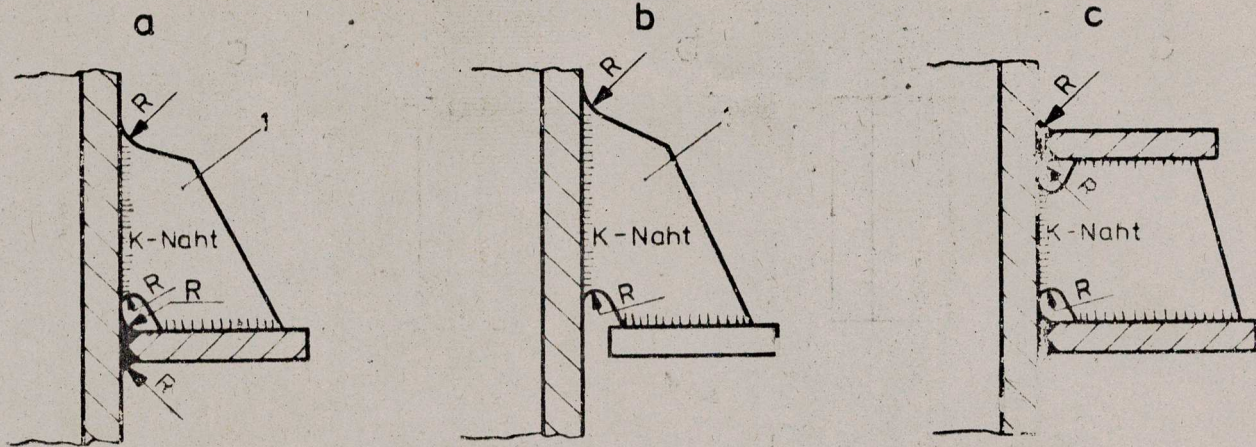


Radius kann entfallen, wenn aus geometrischen Gründen Bearbeitung nicht möglich ist

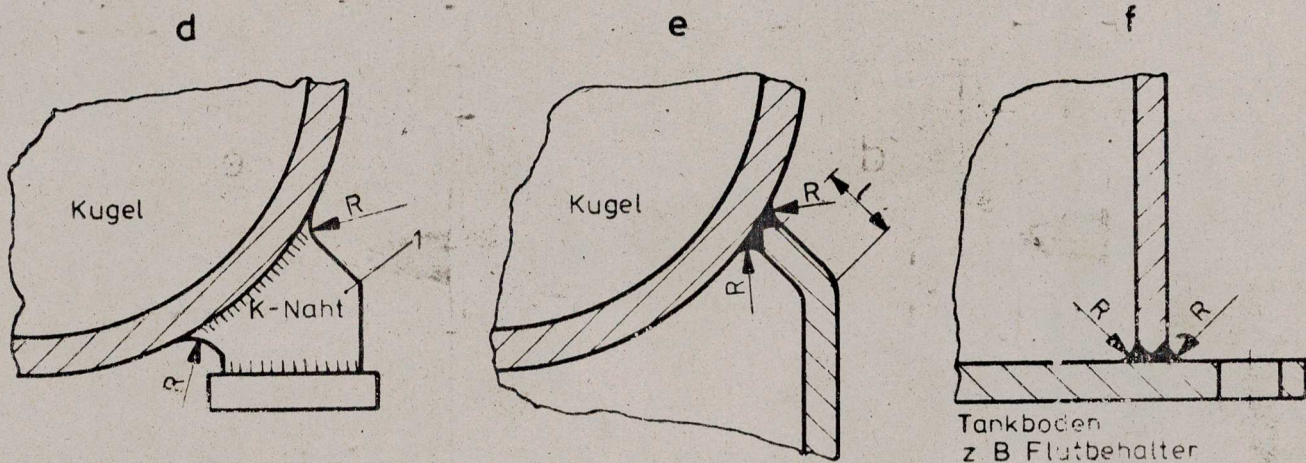
- Für US Prüfung Beschleifen der Wurzel erforderlich
- Bei Aushalsungen sind Durchmesserbegrenzungen zu beachten
- Prüfbedingungen für Anschluß Rohrleitung an Stutzen gemäß Bild 1.2.1/1
- R bei durchgesteckten Stutzen grundsätzlich $\geq 0,5 \cdot S_2$
- R bei aufgesetzten Stutzen grundsätzlich $\geq S_2$

$S_2:S_1$	$S_2:S_3$ (nur bei $PN \geq 40$)	l. 1.2
max. 13:1 > 1,3 zulässig, wenn nicht zur Verstärkung erforderlich (siehe Punkt 1.2.3)	- mind. 1,5:1 (Istmaß) mind 2 bezogen auf rechnerische Wanddicke der anschließenden Rohrleitung	Zugänglichkeit von zwei Nahtseiten erforderlich Prüflängen gemäß Bild 1.2.1/1 (Siehe auch Tabellen 5.3/1 und 5.3/2)

Bild 1.2.3/2 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Ausführung von Formstücken für Rohrleitungen und Armaturen. Beispiele für einseitig geschweißte Nähte.



a,b,c kleine Komponenten oder niedriger Druck (Filter, WT, Behälter)



1.) In der Regel 2 Stege je Unterstüztungspratze

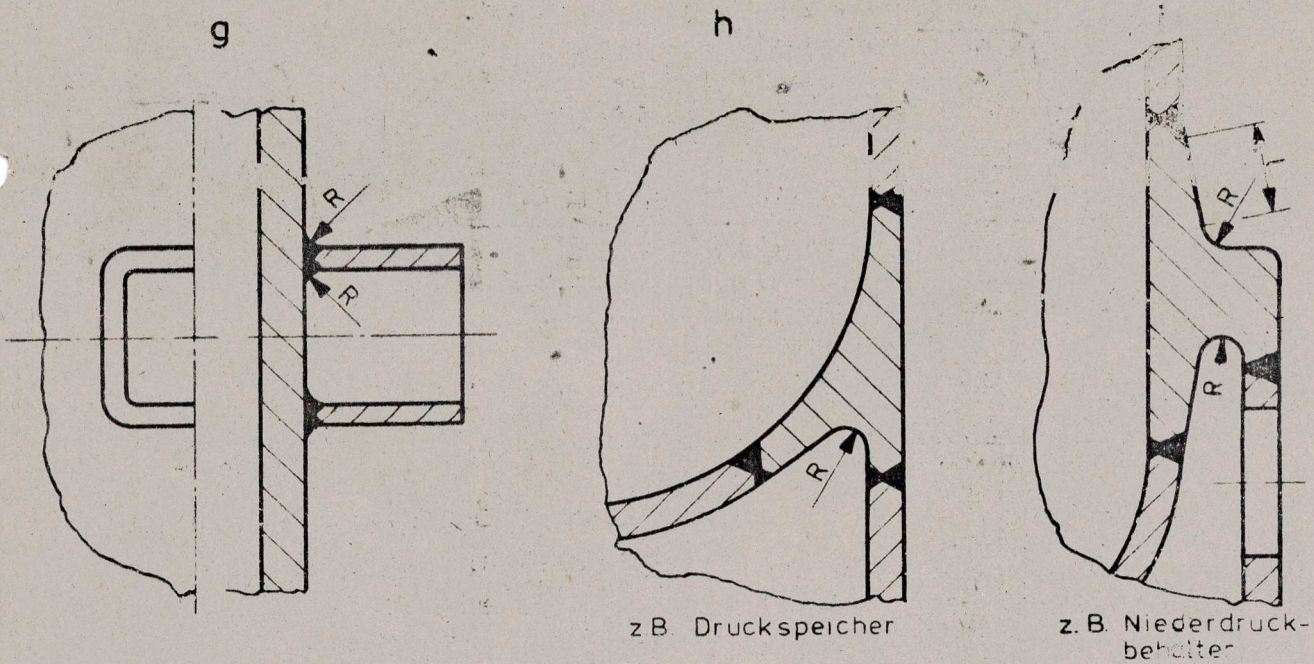
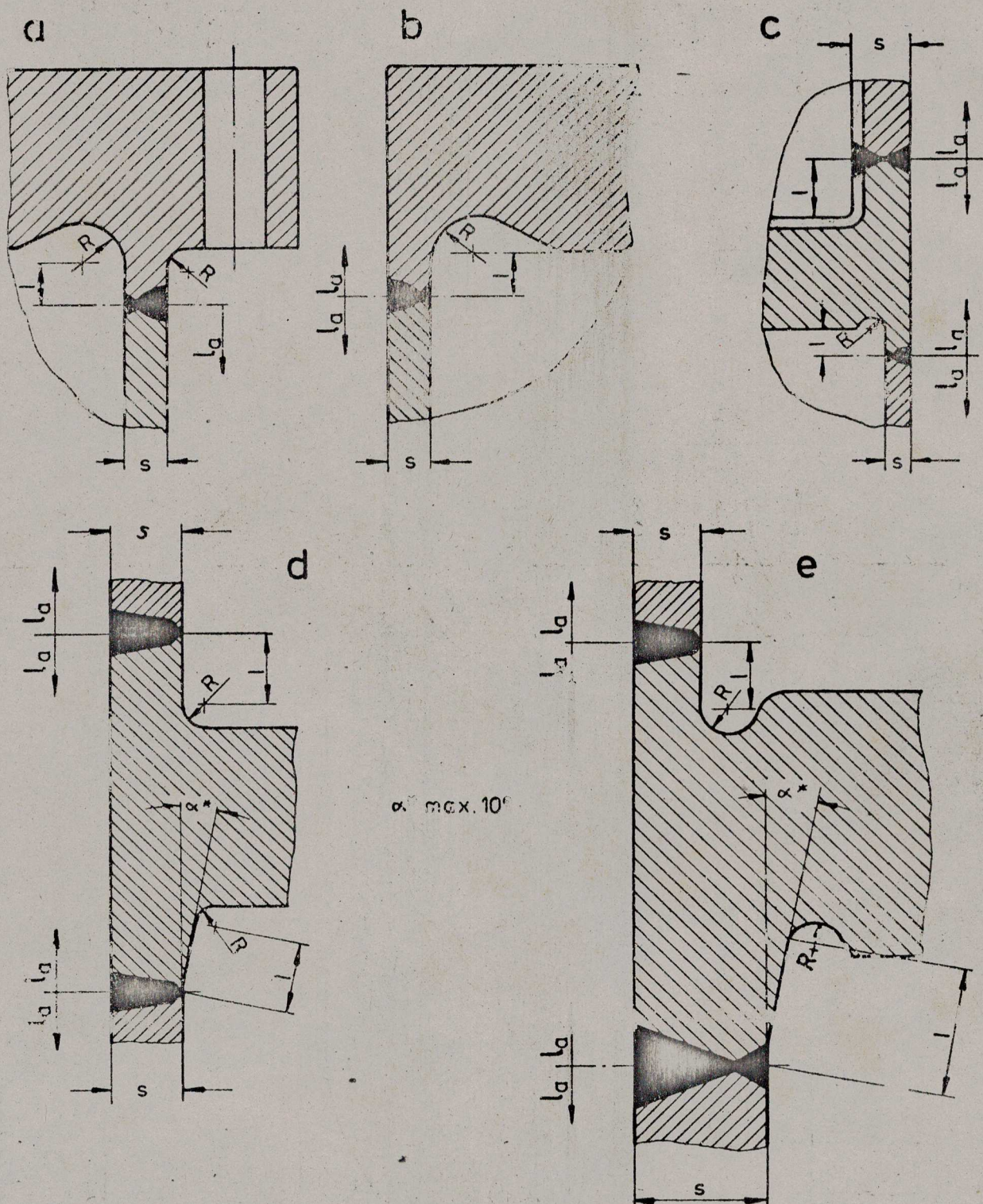


Bild 1.2.4 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Ausführung von Standzargen und
Unterstützungen (Beispiele)



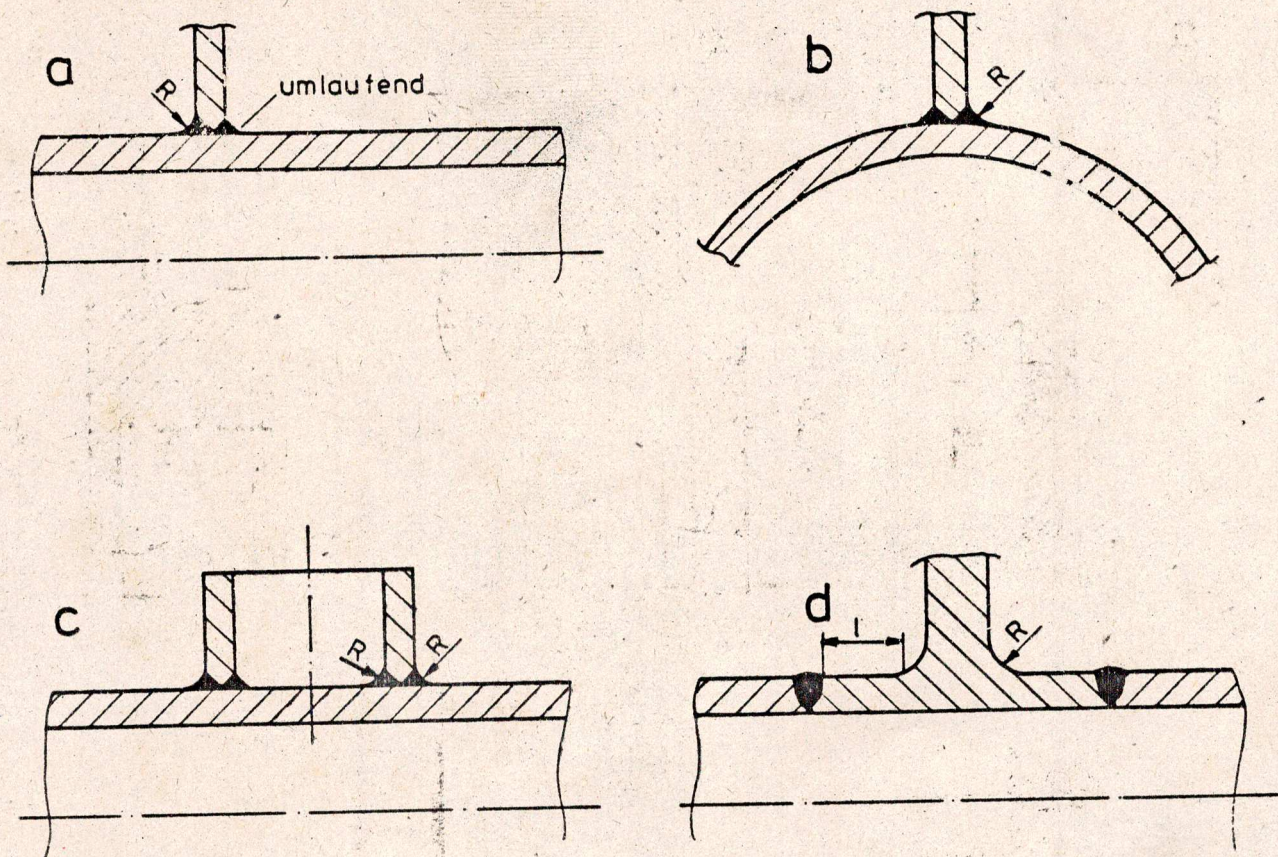
$\alpha^* \max. 10^\circ$

s	$R + l^1$	l^1	l_a^1
≤ 40	$1,5 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$3 \cdot s$
> 40	$1,0 \cdot s$	$0,7 \cdot s$	$2 \cdot s$

1) Mindestwerte

l_a muß an 2 zugänglichen Oberflächen vorhanden sein.

Bild 1.2.5 Rahmenspezifikation Basissicherheit
 Ausführung von Rohrbodenverstärkungen
 (US-Prüfbarkeit von außen) (Beispiele)



nur zulässig bis PN 40
(z.B. Endscheiben für Rohrleitungsdurchführung)

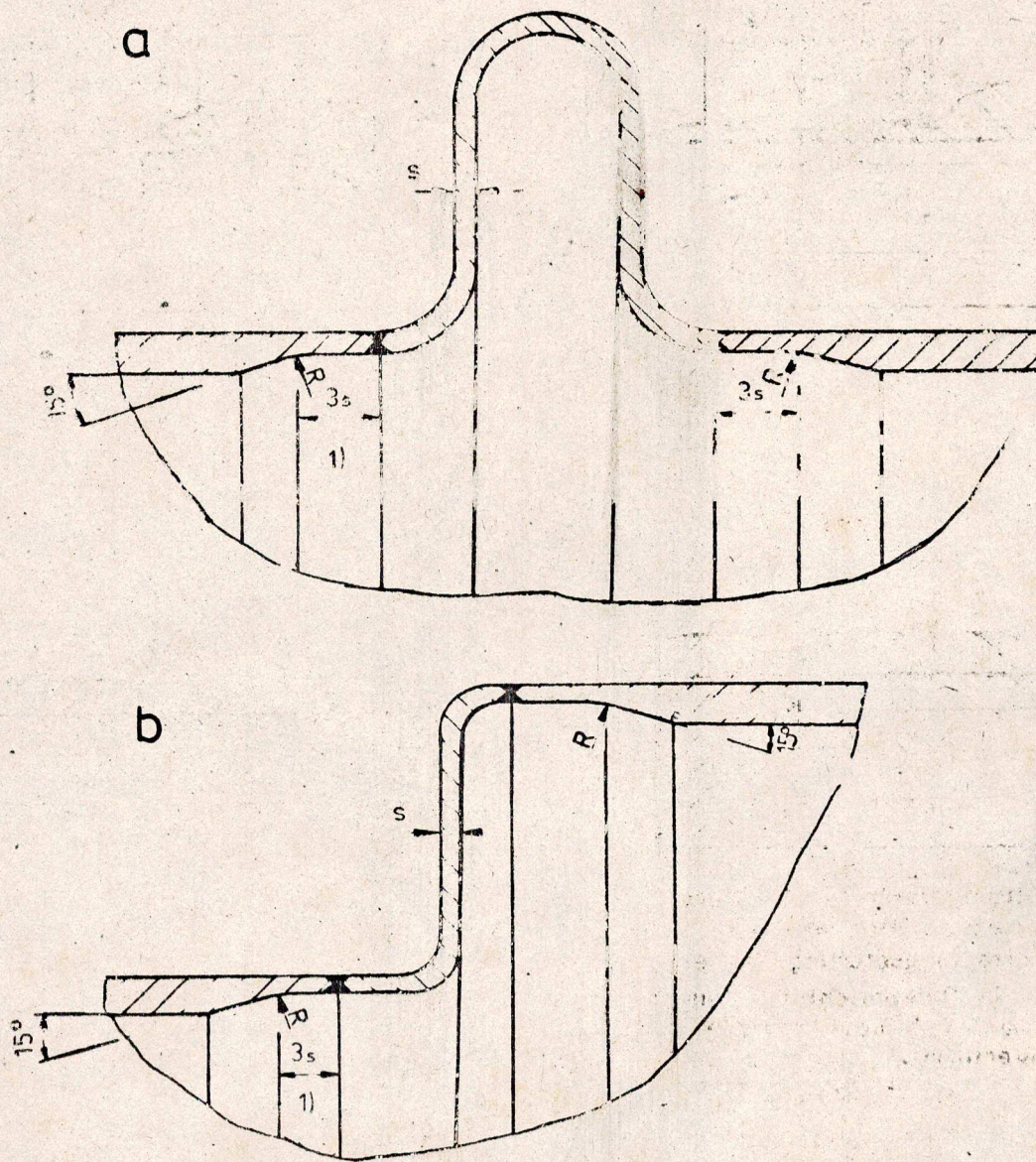
Wanddickenverhältnis
Anschluß / Rohr
 $\leq 1,3 : 1$

Für Rohrleitungsfestpunkte ist grundsätzlich nur die geschweißte Ausführung d zulässig (siehe Punkt 1.1.1)

I nach Bild 1.2.1/1

Bild 1.2.6 Rahmenspezifikation Basissicherheit

Ausführung von geschweißten Anschlüssen an Rohrwandungen für Aufhängungen und Festpunkte (Beispiele)

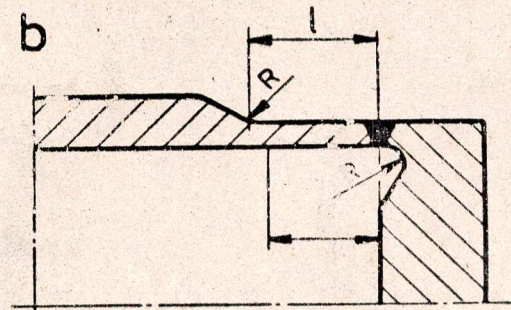
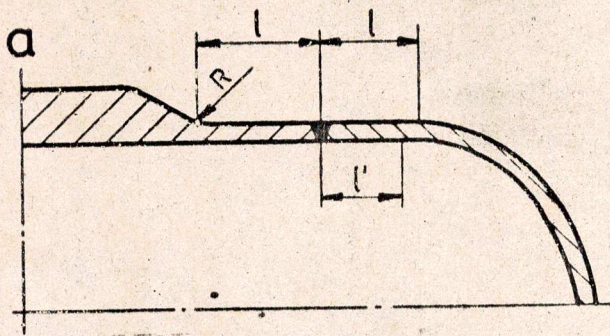


Mehrlagenkompensatoren sind bis PN 40 zugelassen. Fertigungsnachweise sind im Einzelfall zu führen

Werkstoff gemäß Werkstoffkonzept

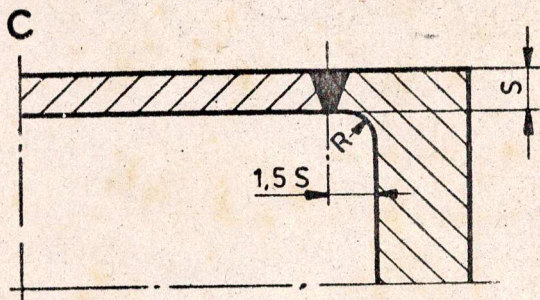
1) Falls ausreichende Stützwirkung vorhanden.

Bild 1.2.7 Rahmenspezifikation Basissicherheit
Ausführung von Kompensatoren
(Beispiele)



Zylindrischer Ansatz erforderlich wenn Oberflächenrißprüfung von innen nicht möglich.

Werte in Dickenrichtung gemäß Tabelle 5.2/5

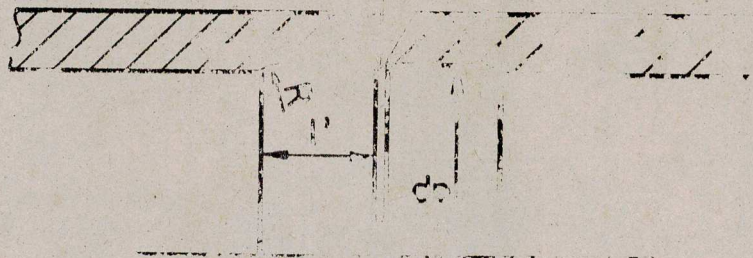


Ausführungsform für kleinere Durchmesser. Hier wird die Durchstrahlungsprüfung eingesetzt.
Werte in Dickenrichtung gemäß Tabelle 5.2/5 oder Krempe warmverformt.

Für die US-Prüfung (für ferritische Werkstoffe und $s \geq 10 \text{ mm}$) müssen die Prüflängen l und l' gemäß Bild 1.2.1/1 vorhanden sein.

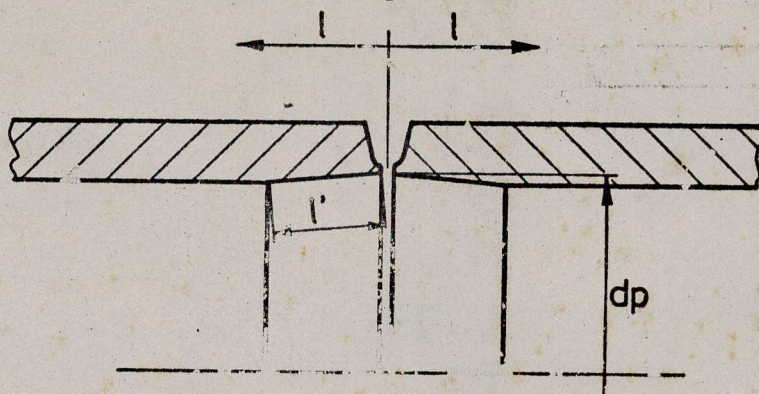
Bild 1.2.8 Rahmenspezifikation Bcsissicherheit
Ausführung von Blinddeckeln (Beispiele)

a



Ausführungsform a

b



Ausführungsform b
für Durchstrahlungsprüfung

Anschlängswinkel
max. 10° möglichst
kleiner

siehe Bild 1.2 1/
Durch die mechanische
Bearbeitung der Schweiß-
kanten darf die
Mindestwanddicke nicht
unterschritten werden

dp mm	
50 bis 120	+0 -0,3 mm
> 120	+0 -0,5 mm

Bild 1.2.2.

Rahmenspezifikation Basisanforderung
Toleranz der Schweißnähte
geschweißten Nähte Rohrleitung