KTA 3705

Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken

Fassung 2022-11

Frühere Fassungen der Regel: 1988-09 (BAnz. Nr. 37a vom 22. Februar 1989)
1999-06 (BAnz. Nr. 243b vom 23. Dezember 1999)
2006-11 (BAnz. Nr. 245b vom 30. Dezember 2006)
2013-11 (BAnz AT 29.04.2014 B2)

Inhalt

Seite

Grundlagen 2
1 Anwendungsbereich 2
2 Begriffe 2
3 Übergeordnete Anforderungen an Auslegung und Berechnung 2
3.1 Allgemeine Anforderungen 2
3.2 Schutz und Selektivität 6
3.3 Kurzschlussstromberechnung 7
3.4 Spannungsfall, Spannungseinbruch und Spannungserhöhung 7
4 Komponentenspezifische Anforderungen an die Auslegung 8
4.1 Schaltanlagen 8
4.2 Transformatoren 9
4.3 Notstrom-Verteilungsnetz 9
4.4 Anordnung und Aufstellung 10
5 Komponentenspezifische Anforderungen an die Prüfungen 10
5.1 Einzureichende Unterlagen 10
5.2 Typprüfungen 12
5.3 Stückprüfungen 12
5.4 Prüfungen während der Montage auf der Baustelle 12
5.5 Inbetriebsetzungsprüfungen 13
5.6 Wiederkehrende Prüfungen 13
5.7 Prüfungen nach Wartung oder Instandsetzung 13
5.8 Prüfer 13
5.9 Prüfnachweise 13
6 Betrieb, Wartung und Instandsetzung 13
Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird 14

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz -AtG-), um die im AtG, im Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Basierend auf den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke des Bundesministeriums des Innern Kriterium 7.1 „Notstromversorgung“ wird in dieser Regel festgelegt, welche Anforderungen an Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken zu stellen sind.

(3) In dieser Regel wird vorausgesetzt, dass die konventionellen Vorschriften und Normen (z. B. Unfallverhütungsvorschriften, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen) unter Beachtung kernkraftwerkspezifischer Sicherheitsanforderungen eingehalten werden.

(4) Diese Regel enthält übergeordnete Anforderungen an die Auslegung und Berechnung sowie die Auslegung und die Prüfung von komponentenspezifischen Anforderungen an Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetzen zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken.

(5) Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken sind in KTA 3701 enthalten.

(6) Anforderungen an Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken sind in KTA 3702 enthalten.

(7) Anforderungen an Notstromerzeugungsanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken sind in KTA 3703 enthalten.

(8) Anforderungen an Notstromanlagen mit statischen oder rotierenden Umformern in Kernkraftwerken sind in KTA 3704 enthalten.

(9) Im KTA-Regelwerk enden die Notstromanlagen an den Klemmen der Verbraucher. Deshalb sind die Anforderungen an die Verbraucher in den komponentenspezifischen Regeln

KTA 3501 Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems und

KTA 3504 Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken

enthalten.

(10) Anforderungen an den Brandschutz sind in KTA 2101.3 enthalten.

(11) Anforderungen an die Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen sind in KTA 2206 enthalten.

(12) Anforderungen an das Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit für maschinen- und elektrotechnische Anlagenteile sind in KTA 2201.4 enthalten.

(13) Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung sind in KTA 1401 enthalten.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden auf Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken. Der Anwendungsbereich für die übergeordneten Anforderungen nach Abschnitt 3 endet mit den Leistungsschaltern der Netzanschlüsse. Der Anwendungsbereich für die komponentenspezifischen Anforderungen an Auslegung und Prüfung von Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetzen nach den Abschnitten 4 und 5 endet an den Oberspannungsklemmen der Transformatoren der Netzanschlüsse.

H i n w e i s :

Bild 1-1 zeigt die Grenzen der Regel KTA 3705.

2 Begriffe

(1) Schaltanlage

Eine Schaltanlage ist eine Zusammenfassung von Betriebsmitteln für Hochspannung oder Niederspannung zum Schalten, Messen, Verteilen, Regeln, Steuern und zum elektrischen Schutz im Rahmen der Energieversorgung von elektrischen Verbrauchern.

(2) Selektivität von elektrischen Schutzeinrichtungen

Selektivität von elektrischen Schutzeinrichtungen ist das Zusammenwirken von Schutzeinrichtungen derart, dass bei einem Kurzschluss oder einem Überstrom nur die der Fehlerstelle nächst vorgeschaltete Schutzeinrichtung zur Unterbrechung des Fehlerstroms führt.

(3) Verteilungsnetz

Ein Verteilungsnetz ist die Gesamtheit aller Kabel, Leitungen, Schienen sowie Anschluss- und Verbindungsmittel zwischen den Anschlussklemmen der Schaltanlagen, der Energieerzeugungsanlagen, der Transformatoren und der Verbraucher.

3 Übergeordnete Anforderungen an Auslegung und Berechnung

3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die Auslegung der Schaltanlagen, der Verteilungsnetze, der einspeisenden Erzeugungsanlagen, der Transformatoren und der Verbraucher (z. B. Motoren für Arbeitsmaschinen, Stellantriebe, Magnetventile, Schränke für leittechnische Einrichtungen) ist so aufeinander abzustimmen, dass die der Auslegung zugrundegelegten Beanspruchungen der Betriebsmittel nicht überschritten werden. Insbesondere sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:

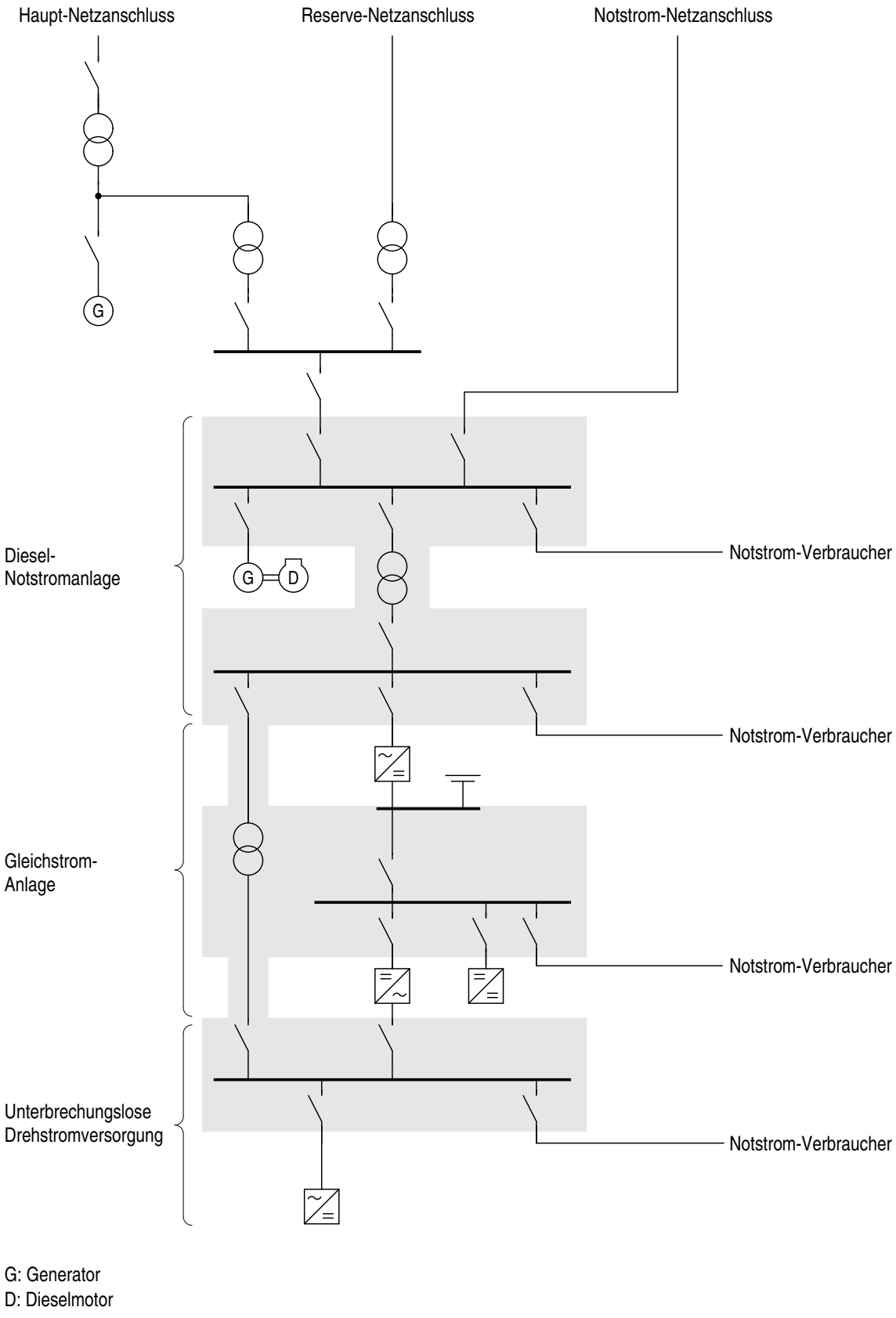
a) Die statischen und dynamischen Grenzwerte der für die Verbraucher spezifizierten zulässigen Versorgungsspannungen und Frequenzen dürfen nicht überschritten werden.

b) Die spezifizierten zulässigen Beanspruchungen der Betriebsmittel dürfen durch Kurzschlussströme und Überlastströme nicht überschritten werden.

c) Schutzeinrichtungen dürfen durch die bei betrieblichen Vorgängen auftretenden Transienten von Spannung, Frequenz und Strom nicht auslösen. Weiter dürfen durch die betrieblichen Vorgänge automatische Umschaltungen und der Notstrombetrieb von Dieselaggregaten nicht eingeleitet werden.

Die **Tabellen 3-1** bis **3-4** zeigen Beispiele für eine gegenseitige Abstimmung der spannungsmäßigen Auslegung mit der Einstellung von zugehörigen Grenzwerten und Zeitverzögerungen zwischen Schaltanlagen, Transformatoren, Verteilungsnetzen und den elektrischen Verbrauchern des Notstromnetzes.

(2) Die Auswirkungen versagenauslösender Ereignisse innerhalb der Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur Energieversorgung des Sicherheitssystems auf die Kernkraftwerksanlage sind in Hinblick auf ihre Zulässigkeit zu untersuchen.



G: Generator
D: Dieselmotor

Bild 1-1: Grenzen der Regel KTA 3705

Lfd. Nr.	Kenngröße/Maßnahme	Auslegungs-werte	Grenzwerte	Zeitverzö-gerung in s	siehe Kennbuch-stabe
1	Mittlere statische Spannung bei Blockbetrieb	1,05 U_N	-	-	-
2	Meldung	-	0,95 U_N	ca. 30	a
		-	1,10 U_N	-	-
3	Umschaltung auf Reserve-Netzanschluss	-	0,83 U_N	ca. 0,5	
4	Start der Dieselaggregate	-	0,80 U_N	ca. 2,0	a
5	Anzugsspannung der Hochspannungsmotoren des Sicher-heitssystems	0,75 U_N	-	-	b
6	Anzugsspannung der Niederspannungsmotoren zum Antrieb von Arbeitsmaschinen des Sicherheitssystems, bei einem Spannungsfall zwischen Dieselgeneratorschiene und Motor-klemmen kleiner als oder gleich 0,10 U_N	0,70 U_N	-	-	b
7	Abschaltung der Niederspannungs-Verbraucher	-	0,70 U_N	-	c
8	Wiederzuschaltung der Niederspannungsverbraucher	-	0,80 U_N	-	c

U_N: Nennspannung der Motoren der jeweiligen Spannungsebene

a: Spannungsmessung an den Dieselgeneratorschienen

b: Spannung an den Motorklemmen während des Anlaufs nach dem Abklingen der transienten Einschaltstromspitze

c: Zeitverzögerung abhängig von der Art der Schaltgeräte (Schütze, verklinkte Schaltgeräte) und von den verfahrenstechnischen Anforderungen

Tabelle 3-1: Diesel-Notstromversorgung
Beispiel einer gegenseitigen Abstimmung der spannungsmäßigen Auslegung zwischen Schaltanlagen, Transformatoren, Verteilungsnetz und den an Diesel-Notstromschaltanlagen angeschlossenen Motoren zum Antrieb von Arbeitsmaschinen

Lfd. Nr.	Kenngröße/Maßnahme	Auslegungs-werte	Grenzwerte	Zeitverzö-gerung in s	siehe Kennbuch-stabe
1	Statischer Bereich der Sammelschienenspannung	1,03 bis 1,07 U_N	-	-	a
2	Meldung	-	0,95 U_N	ca. 30	b
			1,10 U_N		
3	Anzugsspannung der Niederspannungsmotoren zum Antrieb von z. B. Steuer- und Regelantrieben des Sicherheitssystems, bei einem Spannungsfall zwischen der Umformerschiene und den Motorklemmen $\leq$ 0,2 U_N	0,80 U_N	-	-	c
4	Anzugsspannung der Niederspannungsmotoren zum Antrieb von z. B. Steuer- und Regelantrieben des Sicherheitssystems, bei einem Spannungsfall zwischen der Umformerschiene und den Motorklemmen $\leq$ 0,1 U_N	0,90 U_N	-	-	c

U_N: Nennspannung der Motoren der jeweiligen Spannungsebene

a: Bei Einstellung des Spannungssollwerts auf 1,05 U_N

b: Spannungsmessung an den Umformerschienen

c: Spannung an den Motorklemmen während des Anlaufs nach dem Abklingen der transienten Einschaltstromspitze

Tabelle 3-2: Umformer-Notstromversorgung
Beispiel einer gegenseitigen Abstimmung der spannungsmäßigen Auslegung zwischen Schaltanlagen, Verteilungsnetz und den an Umformer-Notstromschaltanlagen angeschlossenen Motoren zum Antrieb von Steuer- und Regelantrieben

Lfd. Nr.	Kenngröße/Maßnahme	Auslegungs-werte in V	Grenzwerte in V	Zeitverzöge-rung in s	siehe Kenn-buchstabe
1	Statischer Bereich der Sammelschienenspannung bei Erhaltungsladung (13-zellige Bleibatterie; 2,23 V je Zelle)	28,7 bis 29,3	-	-	-
2	Schutzabschaltungen der Gleichrichter	-	33,0	unverzögert	-
			30,5	ca. 1,0	-
			25,0	verzögert	a
3	Meldung		27,0	ca. 25	b
4	Spezifizierte minimale Batteriespannung (1,85 V je Zelle)	24,0	-	-	-
5	Minimal zulässige Klemmenspannung eines Steuerschrankes, bei einem Spannungsfall zwischen den Batterieklemmen und den Eingangsklemmen des Steuerschrankes ≤ 3 V und bei einer Batteriespannung nach lfd. Nr. 4.	21,0	-	-	c
6	Minimal zulässige Klemmenspannung eines Messumformerschrankes, bei einem Spannungsfall zwischen den Batterieklemmen und den Eingangsklemmen des Messumformerschrankes ≤ 2 V und bei einer Batteriespannung nach lfd. Nr. 4.	22,0	-	-	c

a: Gleichspannungs-Unterspannungsüberwachung als Kurzschlussschutz; Zeitverzögerung für das Einschalten des Gleichrichters

b: Zeitverzögerung wegen Dieselstartpause

c: Spezifizierte Spannung, gemessen nach der Entkopplungsdiode der Schrankeinspeisung, z. B. für eine Spannung an den Klemmen einer Steuerbaugruppe von 20 V oder eines Messumformers von 18 V

Tabelle 3-3: 24 V Gleichstromversorgung
Beispiel einer gegenseitigen Abstimmung der spannungsmäßigen Auslegung zwischen Batterieanlagen, Schaltanlagen, Verteilungsnetz und den an 24 V Gleichstromschaltanlagen angeschlossenen Verbrauchern (z. B. Leittechnikschränke)

Lfd. Nr.	Kenngröße/Maßnahme	Auslegungs-werte in V	Grenzwerte in V	Zeitverzö-gerung in s	siehe Kennbuch-stabe
1	Statischer Bereich der Sammelschienenspannung bei Erhaltungsladung (108-zellige Bleibatterie; 2,23 V je Zelle)	239 bis 243	-	-	-
2	Schutzabschaltungen der Gleichrichter	-	260	unverzögert	-
			250	ca. 5,0	
			190	verzögert	a
3	Spezifizierte minimale Batteriespannung (1,8 V je Zelle)	194	-	-	-
4	Meldung	-	227	ca. 25	b
5	Minimal zulässige Klemmenspannung eines Verbrauchers, bei einem Spannungsfall zwischen den Batterieklemmen und den Klemmen der Verbraucher kleiner als oder gleich 7 V und bei einer Batteriespannung nach lfd. Nr. 3.	-	187	-	c

a: Gleichspannungs-Unterspannungsüberwachung als Kurzschlussschutz; Zeitverzögerung für das Einschalten des Gleichrichters

b: Z. B. durch stromabhängige Gleichspannungs-Unterspannungs-Überwachung

c: Z. B. für eine Umformeranlage

Tabelle 3-4: 220 V Gleichstromversorgung
Beispiel einer gegenseitigen Abstimmung der spannungsmäßigen Auslegung zwischen Batterieanlagen, Schaltanlagen, Verteilungsnetz und den an 220 V Gleichstromschaltanlagen angeschlossenen Verbrauchern

(3) Die Selektivität im Eigenbedarfsnetz und Notstromnetz soll eingehalten werden. Bei diodenentkoppelter Doppeleinspeisung eines Gleichstromverbrauchers aus unterschiedlichen Strängen muss bei Fehlern im Bereich dieses Verbrauchers die Selektivität innerhalb jedes einspeisenden Strangs eingehalten werden.

(4) Die leittechnischen Einrichtungen für Betrieb, Überwachung und Schutz der Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze des Notstromsystems müssen dem Strangaufbau und der Strangzuordnung entsprechen.

(5) Es sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, um durch Anzeigen und Meldungen den Betriebszustand und die Überschreitung von Grenzwerten erkennen zu können. Die Überwachungseinrichtungen und deren Anordnung müssen so beschaffen sein, dass die Bedienungs-, Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei den zu unterstellenden Störfällen in dem jeweils erforderlichen Umfang durchgeführt werden können.

3.2 Schutz und Selektivität

(1) Durch den Aufbau der Schaltung, die Auslegung der elektrischen Betriebsmittel und durch die Auswahl und Einstellung der Schutzeinrichtungen ist sicherzustellen, dass Fehler im Bereich der Schaltanlagen, Transformatoren, Verteilungsnetze und Verbraucher erfasst und die erforderlichen Abschaltungen durchgeführt werden. Das Ansprechen der Schutzeinrichtungen muss durch eine Meldung erkannt werden können.

(2) Die Schutzeinrichtungen müssen so ausgelegt werden, dass Fehler zuverlässig erfasst, die erforderlichen Abschaltungen durchgeführt sowie ein Fehlansprechen durch betriebliche Transienten vermieden werden. Das Ansprechen von Schutzeinrichtungen ist zu signalisieren.

(3) Die Selektivität von Schutzeinrichtungen ist für den minimalen Kurzschlussstrom nach Abschnitt 3.3 Absatz 3 anhand von Unterlagen nachzuweisen. Dabei sind Ansprechströme, eingestellte Zeitverzögerungen, Auslösezeiten, Einflüsse von Korrekturgrößen (z. B. Temperatur) auf die Auslösekennlinien mit den jeweiligen Toleranzen zugrunde zu legen.

(4) Beim Versagen einer Kurzschlussschutzeinrichtung soll das fehlerbetroffene Anlagenteil durch die nächst vorgeschaltete Schutzeinrichtung abgeschaltet werden (Reserveschutz). Für die Abschaltung von Kurzschlüssen auf der Unterspannungsseite von Transformatoren zwischen Transformator und Leistungsschalter braucht kein Reserveschutz vorgesehen zu werden. Ein Nichtauslösen von Schmelzsicherungen braucht nicht unterstellt zu werden.

(5) Zur schnelleren Abschaltung von Störlichtbögen in einer Schaltanlage dürfen Schutzeinrichtungen zur unverzögerten Abschaltung der Einspeisung zusätzlich zu selektiven Schutzeinrichtungen vorgesehen werden.

(6) Überstromschutzeinrichtungen sind so auszuwählen und einzustellen, dass einerseits die minimalen Kurzschlussströme erfasst werden und andererseits durch betriebliche Vorgänge auftretende Stromtransienten keine Abschaltungen bewirken. Dabei sind die Anzugsströme des größten Einzelverbrauchers und der größten anlaufenden Verbrauchergruppe unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorbelastung sowie die Wiederhochlaufströme (z. B. nach kurzen Spannungseinbrüchen) aller angeschlossenen Verbraucher zugrunde zu legen. Der Verhinderung einer Abschaltung durch betrieblich auftretende Stromtransienten muss Vorrang gegenüber gegenläufigen Anforderungen (z. B. Reserveschutz, Erfassung minimaler Kurzschlussströme) eingeräumt werden.

Hinweis:

Diese Forderung nach Verhinderung einer Abschaltung der Einspeisung durch betrieblich auftretende Stromtransienten kann erfüllt werden, wenn z. B. der Kurzschlussschnellauslöser auf einen Wert eingestellt wird, der größer ist als oder gleich ist wie der 1,2fache maximale Summenanlaufstrom der Verbraucher. Bei elektromechanischen Kurzschlussauslösern (Primärauslöser) muss der Einfluss der Stromtransiente (Gleichstromglied) bei der Zuschaltung von Verbrauchern oder Einspeisungen berücksichtigt werden. Dies erfordert, bezogen auf den symmetrischen Anlaufstrom, einen Zuschlag unter Beachtung der Erfassung minimaler Kurzschlussströme.

(7) Für den Kurzschlussschutz auf der Oberspannungsseite eines Transformators gelten zusätzlich zu den übergeordneten Anforderungen an Schutzeinrichtungen in Absatz 6 folgende Bedingungen:

a) Der Kurzschlussschnellauslöser auf der Oberspannungsseite des Transformators soll so eingestellt werden, dass er durch den Stoßeinschaltstrom des Transformators und bei Kurzschlüssen in Verbraucherabzweigen der Unterspannungsseite keine Abschaltung des Transformators bewirkt.

   Hinweis:

   Diese Forderung kann erfüllt werden, wenn z.B. der Kurzschlussschnellauslöser auf einen Wert eingestellt wird, der größer ist als oder gleich ist wie der 1,2fache maximale Kurzschlussstrom der Unterspannungsseite bezogen auf die Oberspannungsseite und größer ist als oder gleich ist wie der 1,2-fache Stoßeinschaltstrom des Transformators.

b) Der Überstromauslöser auf der Oberspannungsseite des Transformators muss so eingestellt werden, dass er beim minimalen Kurzschlussstrom auf der unterspannungsseitig gespeisten Sammelschiene die Abschaltung des Transformators bewirkt.

   Hinweis:

   Diese Forderung kann erfüllt werden, wenn z. B. der Überstromauslöser auf einen Wert eingestellt wird, der kleiner ist als oder gleich ist wie der 0,8-fache minimale Kurzschlussstrom der Unterspannungsseite bezogen auf die Oberspannungsseite.

(8) Für den Kurzschluss- und Überlastschutz von Motoren gelten zusätzlich zu den übergeordneten Anforderungen an Schutzeinrichtungen in Absatz 6 folgende Bedingungen:

a) Kurzschlussschnellauslöser sind so einzustellen, dass Einschaltstromspitzen keine Abschaltung des Motors bewirken.

b) Überlastschutzeinrichtungen für Motoren von Arbeitsmaschinen sind so einzustellen, dass die verfahrenstechnisch erforderliche Anzahl von aufeinanderfolgenden Anlaufvorgängen keine Abschaltung des Motors bewirkt. Für die Auslegung und Einstellung der Schutzeinrichtungen von Dauerbetriebsmotoren sind bei der zu spezifizierenden minimalen Klemmenspannung beim Anlauf mindestens zwei aufeinanderfolgende Einschaltungen aus dem kalten Zustand oder eine Einschaltung aus dem betriebswarmen Zustand des Motors anzunehmen. Überlastschutzeinrichtungen dürfen keine Abschaltung des Motors bewirken, wenn der Motor für die spezifizierte Dauer mit der untersten spezifizierten statischen Klemmenspannung betrieben wird.

   Hinweis:

   Die für die thermische Auslegung der Motoren zulässigen Anlaufvorgänge sind in KTA 3504 Abschnitt 7.2 Absatz 3 festgelegt.

c) Zum Überlastschutz von Steuer- und Regelantrieben sollen Wicklungstemperaturschutzeinrichtungen vorgesehen werden. Werden stromabhängige Überlastschutzeinrichtungen eingesetzt, sind diese so einzustellen, dass sie bei der spezifizierten Betriebsart (bei Steuerantrieben mindestens eine Schaltfolge ZU-AUF-ZU) keine Abschaltung des Motors bewirken.

3.3 Kurzschlussstromberechnung

(1) Für alle Spannungsebenen sind die maximalen und die minimalen Kurzschlussströme zu berechnen. Das Rechenverfahren und die verwendeten Eingabedaten sind anzugeben.

(2) Für die Ermittlung der maximalen Kurzschlussströme sind alle Teilkurzschlussströme zu berücksichtigen, die auf die Fehlerstelle einspeisen können.

(3) Für die Ermittlung des minimalen Kurzschlussstromes ist der kleinstmögliche Teilkurzschlussstrom zu berücksichtigen, der sich aus den folgenden Betriebsfällen ergibt:

a) Eigenbedarfsversorgung nur vom Blockgenerator (Inselbetrieb),

b) Eigenbedarfsversorgung über den Hauptnetzanschluss bei minimaler Netz-Kurzschlussleistung gegebenenfalls über nur einen von parallel geschalteten Maschinentransformatoren,

c) Eigenbedarfsversorgung über den Reserve-Netzanschluss bei minimaler Netz-Kurzschlussleistung,

d) Notstromversorgung von den Dieselaggregaten,

e) Versorgung über einen Netzanschluss für die Notstromleistung.

Hinweis:

Als minimale Kurzschlussströme können je nach Netzform und Komponente die drei- oder zwei- oder einpoligen Kurzschlussströme in Frage kommen.

(4) Die Kurzschlussströme in Drehstromanlagen sind nach den in DIN EN 60909-0 angegebenen Rechenverfahren oder nach genaueren und den Betriebsbedingungen besser angepassten Rechenverfahren zu ermitteln. Für Anlagen mit einer Nennspannung größer als 1 kV ist zur Ermittlung des minimalen Kurzschlussstromes der Faktor zur Bestimmung der Ersatzspannung, die den Kurzschluss speist, mit 0,95 einzusetzen. Bei Betriebsmitteln mit gegenüber den VDE-Bestimmungen eingeschränkten Toleranzen dürfen die eingeschränkten Toleranzen in die Berechnung eingesetzt werden. Liegen Messwerte vor, z. B. von Transformatoren, dürfen diese der Berechnung zugrunde gelegt werden.

Hinweis:

Bei den Rechenverfahren nach DIN EN 60909-0 werden u. a. Lichtbogenwiderstände vernachlässigt. Bei Niederspannungsschaltanlagen können deshalb die real auftretenden minimalen Kurzschlussströme kleiner sein als die nach DIN EN 60909-0 berechneten minimalen Kurzschlussströme.

(5) Für die Ermittlung der maximal möglichen Kurzschlussströme in Gleichstromanlagen ist von folgenden Bedingungen auszugehen:

a) Zu berücksichtigende Widerstände sind auf eine Leitertemperatur von 20 °C und den unteren Grenzwert der zulässigen Abweichung zu beziehen.

b) Als Innenwiderstand der Batterie ist der Widerstand der vollgeladenen Batterie bei Leerlaufspannung anzunehmen.

c) Der Kurzschlussstromverlauf von Gleichrichtergeräten ist einschließlich des Stoßkurzschlussstromanteils zu berücksichtigen.

d) Die Widerstände von Kabeln, Schienen, Sicherungen, Dioden und Nebenwiderständen dürfen berücksichtigt werden.

e) Die Übergangswiderstände von Verbindungen, z. B. Schraubverbindungen, sind nicht zu berücksichtigen.

f) Die Anteile zum Anfangswert des Kurzschlussstromes von Motoren sind zu berücksichtigen.

(6) Für die Ermittlung der minimal möglichen Kurzschlussströme in Gleichstromanlagen ist von folgenden Bedingungen auszugehen:

a) Alle Widerstände der Kurzschlussbahn sind zu berücksichtigen. Sie sind auf die Betriebstemperatur und den oberen Grenzwert der zulässigen Abweichungen zu beziehen.

b) Als Innenwiderstand der Batterie ist der Widerstand bei der untersten spezifizierten Batteriespannung anzunehmen.

c) Der Kurzschlussstromanteil von Gleichrichtergeräten ist bei Parallelbetrieb mit der Batterie nicht zu berücksichtigen.

d) Soweit ein Betrieb des Gleichrichtergeräts ohne parallelgeschaltete Batterie vorgesehen ist, ist als Dauerkurzschlussstrom der Wert der Strombegrenzung des Gleichrichtergerätes einzusetzen. Dabei ist es zulässig, den Verlauf des Kurzschlussstromes vor dem Wirksamwerden der Strombegrenzung zu berücksichtigen.

3.4 Spannungsfall, Spannungseinbruch und Spannungserhöhung

(1) Die zulässigen statischen und dynamischen Grenzwerte der Spannung für die elektrischen Verbraucher, für die Schaltanlagensammelschienen und die Schaltanlagenhilfsstromkreise sind zu spezifizieren.

(2) Bei den nach Absatz 6 zu unterstellenden Betriebsfällen dürfen durch den Anlauf von Motoren oder Motorgruppen keine Spannungseinbrüche auftreten, die automatische Umschaltungen oder einen Dieselstart zur Folge haben.

(3) Dynamische Spannungseinbrüche durch Kurzschlüsse in Verbraucherabzweigen oder durch den Hochlauf von Motoren dürfen keine andauernde Abschaltung oder unzulässige Unterbrechung anderer in Betrieb befindlicher Motoren bewirken.

(4) Es sind für alle Spannungsebenen der zur Energieversorgung des Sicherheitssystems erforderlichen Eigenbedarfsanlage sowie der Notstromanlagen jeweils die maximal und minimal auftretenden Spannungen für statische und dynamische Betriebsfälle zu ermitteln.

(5) Unter Berücksichtigung der Spannungsfälle an den Betriebsmitteln sind die minimalen und maximalen, die statischen und dynamischen Spannungen an den Verbraucherklemmen zu ermitteln. Die zulässigen Grenzen der spezifizierten Verbraucherspannungen dürfen bei den zu unterstellenden Betriebsfällen nicht überschritten werden. Der Anlauf von Motoren (Motorgruppen) und die leistungsmäßige Vorbelastung der Anlagenteile durch bereits zugeschaltete Verbraucher ist zu berücksichtigen.

(6) Folgende Betriebsfälle sind zu unterstellen:

a) stationärer Betrieb bei Nennleistung des Blockes,

b) Eigenbedarfsversorgung nur vom Blockgenerator (Inselbetrieb),

c) Eigenbedarfsversorgung über den Hauptnetzanschluss bei minimaler Netz-Kurzschlussleistung gegebenenfalls über nur einen von parallel geschalteten Maschinentransformatoren,

d) Eigenbedarfsversorgung über den Reserve-Netzanschluss bei minimaler Netz-Kurzschlussleistung,

e) Notstromversorgung von den Dieselaggregaten,

f) Versorgung über einen Netzanschluss für die Notstromleistung,

g) Eigenbedarfsumschaltungen,

h) Lastabwurf auf Eigenbedarfsleistung und

i) Turbinenschnellabschaltung ausgehend von den zulässigen Grenzen des über- und untererregten Generatorbetriebes, insbesondere als Folge einer Reaktorschnellabschaltung.

Hinweis:

Zur Begrenzung der Spannungsabweichungen bei Turbinenschnellabschaltung werden z. B. Einrichtungen vorgesehen, welche ohne zeitliche Verzögerung vom Turbinenschnellabschaltungs-Signal die Stufenschalter der Maschinentransformatoren oder der Eigenbedarfstransformatoren automatisch so verstellen, dass die Spannung im Eigenbedarfsnetz möglichst

schnell ihren Nennwert wieder erreicht. Dabei wird die Abschaltung des Generators, sofern kein Generatorfehler die auslösende Ursache für die Turbinenschnellabschaltung war, zeitlich verzögert.

(7) Das Rechenverfahren und die verwendeten Eingabedaten zur Ermittlung von Spannungsfall und Spannungseinbruch sind anzugeben.

(8) Werden Überspannungen aufgrund von Blitzeinschlägen, Isolationsfehlern oder Schaltüberspannungen, z. B. durch Erdungsanlagen, Blitzschutzanlagen, Einrichtungen zum Potentialausgleich und Abschirmungen, nicht auf Werte begrenzt, die unter der Spannungsfestigkeit der angeschlossenen Verbraucher liegen, müssen diese Überspannungen durch Überspannungsschutzeinrichtungen begrenzt werden.

Hinweis:

In Gleichstromkreisen sind Schaltüberspannungen beim Auslösen von Sicherungen zu beachten und erforderlichenfalls z. B durch Beschaltung angeschlossener induktiver Verbraucher (Magnetspulen) zu reduzieren.

4 Komponentenspezifische Anforderungen an die Auslegung

4.1 Schaltanlagen

4.1.1 Auslegung der Schaltanlagen

(1) Schaltanlagen müssen unter Berücksichtigung der geforderten Funktion für die am jeweiligen Aufstellungsort zu spezifizierenden ungünstigsten Umgebungsbedingungen ausgelegt werden und die übergeordneten Anforderungen von Abschnitt 3 erfüllen.

(2) Als Schaltanlagen sollen für Spannungen größer als 1 kV metallgekapselte, fabrikfertige und typgeprüfte Hochspannungsschaltanlagen eingesetzt werden.

(3) Als Schaltanlagen sollen für Spannungen bis 1000 V typgeprüfte Niederspannungsschaltgerätekombinationen mit Einsätzen oder Einschüben eingesetzt werden.

(4) Unzulässige Schalthandlungen sollen durch Verriegelungen verhindert werden. Bei Schaltanlagen mit Nennspannungen größer als 1 kV sind zusätzlich zu den in DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200) genannten Verriegelungen folgende Verriegelungen vorzusehen:

a) Der Schaltwagen oder der Einschub darf nur in die Betriebsstellung gefahren werden können, wenn alle Hilfsstromkreise verbunden sind.

b) Beim Ausfahren des Schaltwagens oder des Einschubs dürfen die Hilfsstromkreise erst unterbrochen werden können, wenn die Trennstellung erreicht ist.

c) Der Erdungsschalter darf nur ein- oder ausgeschaltet werden können, wenn der Schaltwagen oder der Einschub mindestens bis zur Trennstellung ausgefahren ist.

d) Der Schaltwagen oder der Einschub darf aus der Trennstellung in Richtung Betriebsstellung nur dann gefahren werden können, wenn der Erdungsschalter ausgeschaltet ist.

e) Über ein Schaltanlagenfeld hinausgehende Verriegelungen, z. B. in Bezug auf Sammelschienenerder oder andere Sammelschienen, sind anlagenabhängig festzulegen.

(5) Bei der Auslegung von Schaltanlagen mit Nennspannungen größer als 1 kV sind folgende zusätzliche Bedingungen einzuhalten:

a) Betriebsmittel, die nachjustiert oder wiederkehrend geprüft werden müssen, sollen nicht im Kabelanschlussraum von Einspeisefeldern oder in Sammelschienenräumen angeordnet werden.

b) Es sind Leistungsschalter mit Kraftspeicherbetätigung einzusetzen. Dabei muss bei eingeschaltetem betriebsbereitem Schalter Energie für einen AUS-EIN-AUS-Zyklus und bei ausgeschaltetem betriebsbereitem Schalter Energie für einen EIN-AUS-Zyklus gespeichert sein. Eine Wiedereinschaltung nach einer Kurzschlussabschaltung soll nur nach Quittierung an der Schaltanlage möglich sein.

c) In Abzweigen, in denen Rückspannung anstehen kann, sind einschaltfeste Erdungsschalter vorzusehen.

d) Die Anordnung und Isolation der Stromkreise ist so auszuführen, dass ein Spannungsübertritt von Hauptstromkreisen auf Hilfsstromkreise ausgeschlossen werden kann.

(6) Die Anordnung und Isolation der Stromkreise mit Spannungen größer als 60 V bis 1000 V ist so auszuführen, dass ein Spannungsübertritt auf Stromkreise mit Spannungen kleiner als 60 V nicht unterstellt werden muss.

4.1.2 Überwachung und Schutz der Schaltanlagen

(1) Es sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, um durch Anzeigen und Meldungen die Funktionsbereitschaft, den Betriebszustand und die Überschreitung von Grenzwerten erkennen zu können.

(2) Bei Geräteeinschüben muss das Auftrennen von Steckverbindungen der Haupt- und Hilfsstromkreise überwacht werden.

(3) Die Anordnung der Überwachungseinrichtungen muss den Erfordernissen von Betrieb, Wartung und Instandsetzung entsprechen und soll aufgeteilt werden in:

a) Anzeigen und Einzelmeldungen an der Schaltanlage und

b) Anzeigen, Einzel- und Sammelmeldungen in der Warte und falls erforderlich an örtlichen Leitständen.

(4) Die Sammelmeldungen in der Warte sind als Gefahrmeldungen der Klasse I, die Einzelmeldungen sind unter der Voraussetzung der lokalisierbaren Herkunft der Klasse II zuzuordnen.

Hinweis:

Anforderungen an die Ausführung der Gefahrenmeldungen sind in KTA 3501 Abschnitt 10 enthalten.

(5) Es sind Schutzeinrichtungen vorzusehen, die Fehler im Bereich der Schaltanlage, des Verteilungsnetzes und der Verbraucher erfassen und die erforderlichen Abschaltungen bewirken. Schutzeinrichtungen gegen Überlast und Kurzschluss müssen auf die nach Abschnitt 4.3.1 Absatz 5 gewählten Leiterquerschnitte abgestimmt werden und die Anforderungen an Schutz und Selektivität nach Abschnitt 3.2 erfüllen.

(6) Die **Tabellen 4-1** und **4-2** zeigen als Beispiel die Überwachungen und Schutzabschaltungen für eine Diesel-Notstrom-Schaltanlage mit einer Nennspannung größer als 1 kV und eine Diesel-Notstrom-Schaltanlage mit Nennspannung bis 1000 V.

4.1.3 Eignung der Notstrom-Schaltanlagen

(1) Die Eignung der Notstrom-Schaltanlagen für den Einsatz in Kernkraftwerken ist durch Typprüfungen und Betriebswährung nachzuweisen.

(2) Die Eignung einer Schaltanlage darf angenommen werden, wenn:

a) eine Typprüfung an dem Schaltanlagentyp nach Abschnitt 5.2.1 erfolgreich durchgeführt worden ist und

b) die Betriebsbewährung durch 50 Felder dieses Schaltanlagentyps mit vergleichbarer Ausführung der Abzweige mit jeweils mindestens drei Betriebsjahren unter vergleichbaren Einsatzbedingungen nachgewiesen wird.

(3) Bei Hinweisen auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler muss der Nachweis der Behebung der Fehlerursache erbracht werden.

(4) Falls die im Kernkraftwerk einzusetzende Schaltanlage gegenüber dem zum Nachweis der Betriebsbewährung herangezogenen Schaltanlagentyp einzelne abweichende Bauteile hat, ist in begründeten Fällen ein getrennter Nachweis für diese Bauteile zulässig.

(5) Werden für den Einsatz im Kernkraftwerk zusätzliche sicherheitstechnische Eigenschaften, z. B. Auslegung für die Belastung durch Einwirkungen von außen, erforderlich, die durch Betriebsbewährung und Typprüfung nach Abschnitt 5.2.1 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsnachweise zu führen.

(6) Art und Umfang der Eignungsnachweise nach den Absätzen 4 und 5 sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen zu vereinbaren.

4.2 Transformatoren

4.2.1 Auslegung der Maschinen-, Reservenetz- und Blockeigenbedarfstransformatoren sowie der Notstrom-Verteilungstransformatoren

(1) Die Transformatoren müssen unter Berücksichtigung der geforderten Funktion für die jeweils ungünstigsten Umgebungsbedingungen an ihrem Aufstellungsort auslegt werden und die übergeordneten Anforderungen von Abschnitt 3 erfüllen.

(2) Die Transformatoren sind kurzschlussfest auszulegen. Dabei gelten zusätzlich zu den Vorschriften in DIN EN 60076-5 (VDE 0532-5) folgende Bedingungen:

a) Der Kurzschluss ist an den Transformatoranschlüssen anzunehmen.

b) Als Kurzschlusszeit soll zugrunde gelegt werden:

   ba) bei Maschinen-, Reservenetz- und Blockeigenbedarfstransformatoren 6 s und

   bb) bei Notstrom-Verteilungstransformatoren 4 s.

c) Für die Berechnung des Kurzschlussstromes ist die Anzapfung anzunehmen, die den niedrigsten Wert der prozentualen Kurzschlussspannung ergibt.

d) Für die den Kurzschlussstrom treibende Spannung ist anzunehmen:

   da) beim Maschinentransformator 1,05 U_N,

   db) beim Reservenetztransformator 1,1 U_N,

   dc) beim Blockeigenbedarfstransformator in Abhängigkeit vom Regelbereich des Generators z. B. 1,05 U_N und

   dd) bei Notstrom-Verteilungstransformatoren der obere statische Grenzwert der einspeisenden Spannung.

(3) Bei Betriebsmitteln mit gegenüber den VDE-Bestimmungen eingeschränkten Toleranzen dürfen die eingeschränkten Toleranzen in die Berechnung des Kurzschlussstromes eingesetzt werden. Liegen Messwerte vor, dürfen diese der Berechnung zugrundegelegt werden.

4.2.2 Überwachung und Schutz der Transformatoren

(1) Für die Transformatoren sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, um durch Anzeigen und Meldungen die Funktionsbereitschaft, den Betriebszustand und die Überschreitung von Grenzwerten erkennen zu können. Zu den Überwachungseinrichtungen gehören z. B. örtliche Ölstandsanzeige, Temperaturüberwachung und Buchholzrelais (Ölstand und Gasentwicklung).

(2) Es sind Schutzeinrichtungen vorzusehen, die Fehler im Bereich der Transformatoren erfassen und die erforderlichen Abschaltungen bewirken. Zu den Schutzeinrichtungen gehören z. B. der Überstrom- und Kurzschlussschutz, der Transformatordifferentialschutz sowie der Buchholzschutz (Ölströmung).

(3) Die Anordnung der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen muss den Erfordernissen von Betrieb, Wartung und Instandsetzung entsprechen.

4.2.3 Eignung der Notstrom-Verteilungstransformatoren

(1) Die Eignung der Notstrom-Verteilungstransformatoren für den Einsatz in Kernkraftwerken ist durch Typprüfungen und Betriebsbewährung nachzuweisen.

(2) Die Eignung eines Transformators darf angenommen werden, wenn:

a) eine Typprüfung an einem Transformator dieser Baureihe nach Abschnitt 5.2.2 erfolgreich durchgeführt worden ist und

b) die Betriebsbewährung durch 10 Transformatoren dieser Baureihe mit jeweils mindestens drei Betriebsjahren unter vergleichbaren Einsatzbedingungen nachgewiesen wird.

   Hinweis:

   Transformatoren gehören zu einer Baureihe, wenn sie bei abgestuften Bemessungsdaten (Leistung, Übersetzung, Kurzschlussspannung) nach dem gleichen Konstruktionsprinzip aufgebaut sind.

(3) Bei Hinweisen auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler muss der Nachweis der Behebung der Fehlerursache erbracht werden.

(4) Falls der im Kernkraftwerk einzusetzende Transformator gegenüber der zum Nachweis der Betriebsbewährung herangezogenen Baureihe einzelne abweichende Bauteile hat, ist in begründeten Fällen ein getrennter Nachweis für diese Bauteile zulässig.

(5) Werden für den Einsatz im Kernkraftwerk zusätzliche sicherheitstechnische Eigenschaften, z. B. Auslegung für die Belastung durch Einwirkungen von außen, erforderlich, die durch Betriebsbewährung und Typprüfung nach Abschnitt 5.2.2 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsnachweise zu führen.

(6) Art und Umfang der Eignungsnachweise nach den Absätzen 4 und 5 sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen zu vereinbaren.

4.3 Notstrom-Verteilungsnetz

4.3.1 Auslegung der Kabel, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmittel

(1) Kabel, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmittel müssen unter Berücksichtigung der geforderten Funktion für die jeweils ungünstigsten Umgebungsbedingungen an ihrem Einsatzort ausgelegt werden und die übergeordneten Anforderungen nach Abschnitt 3 erfüllen.

   Hinweis:

   Zu den Anschluss- und Verbindungsmitteln gehören Kabelschuhe, Endverschlüsse, Muffen, Kabelklemmen, Steckverbinder, Steckvorrichtungen und Zwischenklemmenkästen.

(2) Es sollen Komponenten eingesetzt werden, die nach VDE-Bestimmungen oder DIN-Normen ausgelegt, gefertigt und geprüft werden.

(3) Komponenten des Notstromverteilungsnetzes, die im Kontrollbereich eingesetzt werden, sollen eine dekontaminierbare Oberfläche besitzen.

(4) Die Kabel, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmittel sind hinsichtlich der Art der Isolierwerkstoffe sowie der konstruktiven Anordnung so zu wählen, dass keine für die Funktionsfähigkeit unzulässige Veränderungen während der vorgesehenen Einsatzzeit auftreten. Hierbei sind Umgebungstemperatur und gegebenenfalls Strahlenbeanspruchung im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie erforderlichenfalls

darüber hinausgehende Beanspruchungen bei Kühlmittelverlust-Störfallbedingungen (z. B. durch Temperatur, Feuchte, Strahlung) zu berücksichtigen. Für die thermische und mechanische Kurzschlussfestigkeit müssen die maximalen Kurzschlussströme und die Kurzschlussdauer zugrunde gelegt werden, die für den Einbauort spezifiziert sind (Ausnahme siehe Absatz 5 Aufzählung b).

(5) Die Bemessung der Leiterquerschnitte ist insbesondere nach folgenden Bedingungen vorzunehmen:

a) Die in Abhängigkeit vom Isolierwerkstoff angegebenen, dauernd und kurzzeitig zulässigen Leitertemperaturen dürfen nicht überschritten werden.

   Eine weitere Reduzierung der Strombelastbarkeitswerte ist vorzunehmen, wenn die Leistungskabel mehrlagig verlegt sind. Die so ermittelte Strombelastbarkeit muss mindestens gleich dem maximalen Strom im Dauerbetrieb sein.

b) Für die kurzzeitige thermische Beanspruchung sind der maximale thermisch wirksame Kurzschlussstrom und die Kurzschlussdauer bis zum Abschalten durch das nächstliegende Schaltgerät anzunehmen. Eine längere Kurzschlussdauer, die sich bei Abschaltung des Kurzschlussstromes durch den Reserveschutz ergibt, darf bei der Auslegung der Leiterquerschnitte unberücksichtigt bleiben.

c) Der Schleifenwiderstand muss bei der zu erwartenden Verlegungslänge und unter Berücksichtigung der Vorimpedanz auf einen solchen Wert beschränkt bleiben, dass der zulässige Spannungsfall bei Dauerstrom und der zulässige Spannungseinbruch bei Anlauf von Motoren oder Motorengruppen nicht überschritten wird. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass der minimale Kurzschlussstrom zu einer Auslösung der Schutzeinrichtung unter Einhaltung der zulässigen Abschaltzeit führt.

(6) Anschlussmittel von Kabeln, welche an Kabeldurchführungen, die den Sicherheitsbehälter durchdringen, angeschlossen werden, müssen den maximalen Belastungen am Einbauort standhalten.

H i n w e i s :
Anforderungen sind in KTA 3403 enthalten.

4.3.2 Auslegung der Kabelträgersysteme

(1) Die Auslegung der Kabelträgersysteme muss so erfolgen, dass die Anforderungen aus den mechanischen und elektrischen Beanspruchungen und aus den baulichen Gegebenheiten erfüllt werden.

H i n w e i s :
Zu den Kabelträgersystemen gehören Kabelschellen zur Einzelverlegung von Kabeln und Leitungen, erforderlichenfalls mit Schutzrohren an mechanisch gefährdeten Stellen, sowie Kabelpritschen, Kabelroste oder Kabelwannen zur Sammelverlegung von Kabeln und Leitungen.

(2) Die wesentlichen Anforderungen an die Auslegung sind:

a) Die maximalen Kabelgewichte sowie die zusätzlichen Gewichte und Kräfte bei der Montage sind durch das Kabelträgersystem und dessen Befestigung an Gebäudestrukturen aufzunehmen.

b) Sofern es der Einzelfall erfordert, sind zusätzliche Belastungen aus den zu erwartenden induzierten Erschütterungen aufzunehmen.

c) Die für Kabel und Leitungen zulässigen Biegeradien sind einzuhalten.

d) Eine ausreichende Wärmeabfuhr ist für die Kabel und Leitungen sicherzustellen.

e) Für den Kontrollbereich sind dekontaminierbare Kabelträgersysteme vorzusehen.

f) Kabelträgersysteme aus metallenen Werkstoffen sind in die Maßnahmen zur Erdung und Potentialsteuerung einzubeziehen.

g) Das Kabelträgersystem muss die jeweils erforderliche Trennung der Hochspannungskabel von den Niederspannungsleistungskabeln sowie die Trennung der Leistungskabel von Leittechnikkabeln ermöglichen.

4.3.3 Überwachung und Schutz des Notstrom-Verteilungsnetzes

(1) Werden elektrische Verbraucher über Steckverbindungen angeschlossen, soll das Auftrennen der Steckverbindungen in der Warte erkennbar sein.

(2) Es sind Schutzeinrichtungen nach Abschnitt 4.1.2 Absatz 5 vorzusehen.

4.3.4 Eignung des Notstrom-Verteilungsnetzes

(1) Die Eignung der Kabel, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmittel sowie der Kabelträgersysteme des Notstrom-Verteilungsnetzes für den Einsatz in Kernkraftwerken ist durch Typprüfung nach den Abschnitten 5.2.3 und 5.2.4 nachzuweisen.

(2) Es ist zulässig, den Eignungsnachweis für eine Baureihe zu erbringen.

H i n w e i s :
Kabel, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmittel gehören zu einer Baureihe, wenn sie bei verschiedenen Leiterzahlen und abgestuften Querschnitten nach dem gleichen Konstruktionsprinzip und mit gleichen Werkstoffen aufgebaut sind.

(3) Werden Komponenten eingesetzt, die nicht nach VDE-Bestimmungen oder DIN-Normen ausgelegt, gefertigt und geprüft werden, ist der Eignungsnachweis mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen abzustimmen.

4.4 Anordnung und Aufstellung

(1) Die Anordnung der Schaltanlagenräume und der Kabeltrassen, die Aufstellung der Schaltanlagen, der Verteilungstransformatoren und der Komponenten des Verteilungsnetzes des Notstromsystems müssen so erfolgen, dass die Anforderungen an den Schutz gegen Einwirkungen von außen, an Redundanz, funktionelle Unabhängigkeit und räumliche Trennung erfüllt werden.

(2) Die Aufstellung der Schaltanlagen soll in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten (Schaltanlagenräumen) so erfolgen, dass sich für Betrieb, Wartung und Instandsetzung eine gute Übersicht und Zugänglichkeit ergibt.

5 Komponentenspezifische Anforderungen an die Prüfungen

5.1 Einzureichende Unterlagen

(1) Zur Prüfung durch die atomrechtliche Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen ist durch Unterlagen nachzuweisen, dass die vorgesehenen Notstrom-Schaltanlagen, Notstrom-Verteilungstransformatoren und

Lfd. Nr.	Messgröße/Kriterium	Überwachung in der Schaltanlage	Überwachung in der Warte	Schutzabschaltung
1	**Schaltfeld**			
1.1	Schaltwagen oder Einschub nicht in Betriebsstellung	M	M1	–
1.2	Steuerstecker getrennt	M	M1, SM1	–
1.3	Steuerspannung, Schutzschalter ausgelöst	M	M1, SM1, SM2	–
1.4	Kraftspeicherbetätigung gestört	M	M1, SM1, SM2	–
1.5	Überlastschutz	M	M1, SM1, SM3	S
1.6	Kurzschlussschutz	M	M1, SM1, SM3	S
2	**Schaltanlage**			
2.1	Hilfsspannungen für Steuerung und Schutz fehlen	M	SM2	–
2.2	Sammelschiene Erdschluss	M	SM2	–
2.3	Sammelschiene Messspannung fehlt	M	SM2	–
2.4	Sammelschienenspannung	A	A, $\underline{M}$, $\underline{\underline{M}}$, $\overline{M}$	–
2.5	Störlichtbogenerfassung	M	SM2	S [1)]

A: Anzeige
M: Meldung
M1: Meldung durch Tischfeldlampe: Abzweig nicht betriebsbereit
M1: Sammelmeldung je Wartenmeldebereich: Abzweig gestört
SM2: Sammelmeldung je Schaltanlage: Schaltanlage gestört
SM3: Sammelmeldung je Schaltanlage: Überlast- oder Kurzschlussschutz ausgelöst
$\overline{M}$: Meldung oberer Grenzwert
$\underline{M}$: Meldung erster unterer Grenzwert: U kleiner als normaler Betriebswert, z. B U kleiner als 0,95 U_N, zeitverzögert
$\underline{\underline{M}}$: Meldung zweiter unterer Grenzwert: U kleiner als Dieselstartkriterium, z. B. U kleiner als 0,8 U_N, zeitverzögert
S: Schutzabschaltung
1) siehe Abschnitt 3.2 Absatz 5

Tabelle 4-1: Beispiel von Anzeigen, Meldungen und Schutzabschaltungen für eine Diesel-Notstrom-Schaltanlage mit Nennspannung größer als 1 kV

Lfd. Nr.	Messgröße/Kriterium	Überwachung in der Schaltanlage	Überwachung in der Warte	Schutzabschaltung
1	**Abzweig**			
1.1	Einschub ferngesteuerter Abzweige nicht in Betriebsstellung	M	M1	–
1.2	Steuerstecker getrennt	M [1)]	M1, SM1	–
1.3	Steuerspannung, Schutzschalter ausgelöst	M	M1, SM1, SM2	–
1.4	Überlastschutz	M	M1, SM1	S
1.5	Kurzschlussschutz	M	M1, SM1 [2)]	S
2	**Gruppenabsicherung**			
2.1	Überlast- und Kurzschlussschutz mittels Schmelzsicherung	M	SM2	S
3	**Schaltanlage**			
3.1	Hilfsspannungen für Steuerung und Schutz fehlen	M	SM2	–
3.2	Messspannung fehlt	M	SM2	–
3.3	Sammelschienenspannung	A	A, $\underline{M}$,	–
3.4	Erdschluss (gilt nur bei isoliert betriebenen Netzen)	M	SM2	–

A: Anzeige
M: Meldung
$\underline{M}$: Meldung unterer Grenzwert
S: Schutzabschaltung
M1: Meldung durch Tischfeldlampe: Abzweig nicht betriebsbereit
SM1: Sammelmeldung je Wartenmeldebereich: Abzweig gestört
SM2: Sammelmeldung je Schaltanlage: Schaltanlage gestört
1) Bei Abzweigen mit Leistungsschaltern Anzeige über Schaltanlagenstörlampe, bei Schützabzweigen an der Einschubposition erkennbar
2) Bei Kurzschlussschutz von Schützabzweigen mittels Schmelzsicherungen: Meldung SM1 durch Auslösen der Sicherung in der Steuerspannungsphase

Tabelle 4-2: Beispiel von Anzeigen, Meldungen und Schutzabschaltungen für eine Diesel-Notstrom-Schaltanlage mit Nennspannung bis 1000 V

Komponenten des Notstrom-Verteilungsnetzes, einschließlich der Schutz- und Überwachungseinrichtungen, nach den sicherheitstechnischen Anforderungen ausgelegt, gefertigt, montiert und geprüft werden.

(2) Es sind Prüflisten einzureichen, aus denen Art und Umfang der vorgesehenen Prüfungen, die Prüfer und die Beteiligung von Sachverständigen hervorgeht. Die Prüflisten sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen abzustimmen.

(3) Die Prüfungen nach den Abschnitten 5.2, 5.3.1, 5.3.2, 5.4 und 5.5 sind der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen zu belegen.

5.2 Typprüfungen

5.2.1 Typprüfungen von Notstrom-Schaltanlagen

(1) Für Schaltanlagen mit Nennspannungen größer als 1 kV ist nachzuweisen, dass Typprüfungen für jeden Schaltanlagentyp durchgeführt wurden. Bei metallgekapselten fabrikfertigen Schaltanlagen ist zusätzlich die Störlichtbogenfestigkeit nachzuweisen.

(2) Für Schaltanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V ist nachzuweisen, dass Typprüfungen für jeden Schaltanlagentyp durchgeführt wurden. Dabei darf bei der Erwärmungsprüfung für Anschlüsse von PVC-Kabeln und -Leitungen eine Grenztemperatur von 80 °C nicht überschritten werden.

(3) Für die eingebauten Einzelkomponenten, z. B. Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen, ist der Nachweis der Typprüfungen nach VDE-Bestimmungen vorzulegen.

(4) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Schaltanlagen im Rahmen der für sie spezifizierten Anforderungen (Standsicherheit, Funktionsfähigkeit) den zu erwartenden induzierten Erschütterungen widerstehen. Für das Schaltanlagengerüst ist ein rechnerischer Nachweis zulässig. Für die Einzelkomponenten, z. B. Leistungsschalter, Schütze, Schutzeinrichtungen, sollen experimentelle Nachweise für die Funktionsfähigkeit bei Schwingungsbeanspruchung geführt werden. Die Verdrahtung und Verkabelung innerhalb der Schaltanlagen bedarf keines Nachweises hinsichtlich der Festigkeit gegen induzierte Erschütterungen. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihrem Schwingungsverhalten vergleichbaren Schaltanlagen dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

5.2.2 Typprüfungen von Notstrom-Verteilungstransformatoren

(1) Es ist nachzuweisen, dass die Typprüfungen für jeden Transformatortyp durchgeführt wurden.

(2) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Transformatoren im Rahmen der für sie spezifizierten Anforderungen (Standsicherheit, Funktionsfähigkeit) den zu erwartenden induzierten Erschütterungen widerstehen. Für den Transformator ist grundsätzlich ein rechnerischer Nachweis ausreichend. Für Einzelgeräte mit mechanisch beweglichen Teilen (z. B. Buchholzschutz, Regler) sollen experimentelle Nachweise der Funktionsfähigkeit geführt werden. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihrem Schwingungsverhalten vergleichbaren Transformatoren dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

5.2.3 Typprüfungen von Kabeln, Leitungen, Stromschienen, Anschluss- und Verbindungsmitteln

(1) Es ist durch Typprüfung nachzuweisen, dass die spezifizierten Eigenschaften eingehalten werden. Nach VDE-Bestimmungen durchgeführte Typprüfungen dürfen als Nachweis für die in diesen VDE-Bestimmungen spezifizierten Eigenschaften verwendet werden.

(2) Werden für den Einsatz im Sicherheitssystem sicherheitstechnische Eigenschaften erforderlich (z. B. Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit), die durch die Typprüfungen nach Absatz 1 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Typprüfungen durchzuführen.

(3) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Stromschienen und Zwischenklemmenkästen im Rahmen der für sie spezifizierten Anforderungen (Standsicherheit, Funktionsfähigkeit) den zu erwartenden induzierten Erschütterungen widerstehen. Dieser Nachweis darf rechnerisch oder experimentell geführt werden. Für Kabel und Leitungen sowie deren Anschlussmittel ist ein solcher Nachweis nicht erforderlich. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihrem Schwingungsverhalten vergleichbaren Stromschienen und Zwischenklemmenkästen dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

5.2.4 Typprüfungen von Kabelträgersystemen

(1) Für die vorgesehenen Typen von Kabelträgersystemen ist nachzuweisen, dass die spezifizierten Auslegungsanforderungen erfüllt werden.

(2) Hierbei ist es für den Nachweis der Auslegung gegen induzierte Erschütterungen zulässig, als Nachweismethoden einzeln oder kombiniert Berechnung, Experiment, Analogie- und Plausibilitätsbetrachtungen anzuwenden.

5.3 Stückprüfungen

5.3.1 Stückprüfungen von Notstrom-Schaltanlagen

(1) Für Schaltanlagen mit Nennspannungen größer als 1 kV ist nachzuweisen, dass die Stückprüfungen für jede Schaltanlage durchgeführt wurden.

(2) Für Schaltanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V ist nachzuweisen, dass die Stückprüfungen für jede Schaltanlage durchgeführt wurden.

(3) Für die eingebauten Einzelkomponenten, z. B. Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen, ist der Nachweis der Stückprüfungen nach VDE-Bestimmungen vorzulegen.

5.3.2 Stückprüfungen von Notstrom-Verteilungstransformatoren

Es ist nachzuweisen, dass die Stückprüfungen für jeden Transformator durchgeführt wurden.

5.3.3 Stückprüfungen von Komponenten des Notstrom-Verteilungsnetzes

Der Hersteller hat im Rahmen der Qualitätssicherung Stückprüfungen durchzuführen. Eine Belegung dieser Prüfung ist nicht erforderlich.

5.4 Prüfungen während der Montage auf der Baustelle

Während der Montage auf der Baustelle müssen Prüfungen durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Montagebedingungen und Montagemaße eingehalten werden, die für die zuverlässige Funktion der Notstrom-Schaltanlagen, der Notstrom-Verteilungstransformatoren und der Komponenten des Verteilungsnetzes zur Energieversorgung des Sicherheitssystems von Bedeutung sind. Hierzu gehören im Wesentlichen:

a) Eine Sichtprüfung der Komponenten auf Identität mit den zugehörigen Unterlagen und auf Schäden durch Transport, Lagerung und Montage ist durchzuführen.

b) Eine Prüfung der Ausführung auf Übereinstimmung mit den gültigen Unterlagen, z. B. Aufstellungsplänen, ist durchzuführen.

c) Die Einhaltung der Montagevorschriften ist zu prüfen.

d) Die Ausrichtung und Befestigung ist zu prüfen.

e) Eine Sichtprüfung der Erdungs- und Schutzleiterverbindungen ist durchzuführen.

5.5 Inbetriebsetzungsprüfungen

(1) An den Notstrom-Schaltanlagen und den Notstrom-Verteilungstransformatoren sind Inbetriebsetzungsprüfungen durchzuführen. Hierzu gehören im Wesentlichen:

a) Der Isolationswiderstand ist zu prüfen.

b) Die Funktion der Schaltgeräte ist zu prüfen.

c) Die Funktion der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen ist zu prüfen.

d) Die Verriegelungen sind zu prüfen.

(2) An den Stromkreisen des Notstrom-Verteilungsnetzes sind Inbetriebsetzungsprüfungen durchzuführen. Hierzu gehören im Wesentlichen:

a) Der Isolationswiderstand ist zu prüfen.

b) Eine Prüfung der Schutzmaßnahmen ist durchzuführen.

c) Eine Messung des Schleifenwiderstandes der Niederspannungskabelverbindungen zwischen den Schaltanlagenabzweigen und den Verbraucherklemmen ist durchzuführen. Dabei ist zu überprüfen, dass der spezifizierte Spannungsfall nicht überschritten wird.

H i n w e i s :

Die Prüfung der Funktionsfähigkeit des Verteilungsnetzes wird im Rahmen der Funktionsprüfungen der angeschlossenen Verbraucher durchgeführt.

5.6 Wiederkehrende Prüfungen

(1) Wiederkehrende Prüfungen sind durchzuführen, um die Erhaltung der Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Diese Prüfungen sollen nicht gleichzeitig in mehreren Strängen durchgeführt werden.

(2) Die Prüfabstände für Notstrom-Schaltanlagen und Notstrom-Verteilungstransformatoren sollen mit denen der übrigen Einrichtungen des Notstromsystems abgestimmt werden. Ein Prüfabstand von vier Jahren soll nicht überschritten werden, z. B. jedes Jahr ein Strang bei einer viersträngig aufgebauten Anlage. Für passive Komponenten darf der Prüfabstand auf maximal acht Jahre festgelegt werden, z. B. für die Messung des Isolationswiderstandes von Sammelschienen.

(3) Die Funktionsfähigkeit der Komponenten des Notstrom-Verteilungsnetzes ist im Zusammenhang mit dem Betrieb oder der wiederkehrenden Prüfung der angeschlossenen Verbraucher festzustellen.

5.7 Prüfungen nach Wartung oder Instandsetzung

(1) Nach Abschluss von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten an Notstrom-Schaltanlagen, an Notstrom-Verteilungstransformatoren oder an Komponenten des Notstrom-Verteilungsnetzes, die zu einer Unterbrechung der Funktionsbereitschaft geführt haben, muss die Wiederherstellung der Funktionsbereitschaft durch eine Prüfung nachgewiesen werden. Je nach Art und Umfang der betroffenen Teile oder Funktionen und in Absprache mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen ist eine Funktionsprüfung durchzuführen.

(2) Werden bei Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten gegenüber der ursprünglichen Konfiguration geänderte Teile eingesetzt, muss die Eignung dieser Teile nachgewiesen werden.

5.8 Prüfer

(1) Die Typ- und Stückprüfungen nach den Abschnitten 5.2 und 5.3 sollen durch Werkssachverständige des Herstellers oder in deren Verantwortung durchgeführt werden. In begründeten Fällen ist die atomrechtliche Behörde oder ein von ihr nach § 20 AtG zugezogener Sachverständige hinzuzuziehen.

(2) Die Prüfungen während der Montage auf der Baustelle nach Abschnitt 5.4, die Inbetriebsetzungsprüfungen nach Abschnitt 5.5, die wiederkehrenden Prüfungen nach Abschnitt 5.6 und die Prüfungen nach Wartung oder Instandsetzung nach Abschnitt 5.7 sind durch das vom Genehmigungsinhaber bestimmte sachkundige Personal durchzuführen. Soweit die Prüfliste dies vorsieht, ist die atomrechtlichen Behörde oder ein von ihr nach § 20 AtG zugezogener Sachverständiger hinzuzuziehen.

5.9 Prüfnachweise

(1) Über die durchgeführten Prüfungen sind Nachweise zu führen. In diesen Prüfnachweisen müssen die zur Auswertung und Bewertung der Prüfung notwendigen Angaben enthalten sein. Hierzu gehören:

a) durchführende Stellen,

b) Prüfgegenstand,

c) Prüfumfang,

d) Prüfart,

e) Nummer der Prüfanweisung, gegebenenfalls auch Standardprüfanweisung,

f) Prüfdurchführung (z. B. Soll/Ist-Termin, Prüfintervall),

g) Prüfergebnisse (z. B. Prüfziel erreicht, Abweichungen, getroffene oder erforderliche Maßnahmen) und

h) Bestätigung der Durchführung, des Ergebnisses und der Bewertung durch die Unterschrift der Prüfer, bei Teilnahme der atomrechtlichen Behörde oder eines von ihr nach § 20 AtG hinzugezogenen Sachverständigen auch durch deren Unterschrift.

(2) Für Typ- und Stückprüfungen von Serienerzeugnissen sind Sammelbescheinigungen oder unverlierbare Prüfkennzeichen auf den Geräten ausreichend, die eine Dokumentation der abgeschlossenen Prüfungen bedeuten. Falls Serienerzeugnisse einer Fertigungsüberwachung und Typprüfung unterliegen und darüber ein VDE-Prüfzeichen tragen, gilt dieses Prüfzeichen als Nachweis der durchgeführten Typ- und Stückprüfungen.

6 Betrieb, Wartung und Instandsetzung

Für Betrieb, Wartung und Instandsetzung müssen die Anweisungen der Hersteller beachtet werden.

Anhang A

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde).

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2153) geändert worden ist
StrlSchG		Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz) Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15) geändert worden ist
StrlSchV		Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung) Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036; 2021 I S. 5261), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645) geändert worden ist
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2), die zuletzt mit Bekanntmachung des BMUV vom 25. Februar 2022 (BAnz AT 15.03.2022 B3) geändert worden ist
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, vom 29. November 2013 (BAnz AT 10.12.2013 B4), geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 1401	(2017-11)	Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung
KTA 2101.3	(2015-11)	Brandschutz in Kernkraftwerken; Teil 3: Brandschutz an maschinen- und elektrotechnischen Anlagen
KTA 2201.4	(2012-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 4: Anlagenteile
KTA 2206	(2022-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen
KTA 3501	(2015-11)	Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems
KTA 3504	(2022-11)	Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken
KTA 3701	(2014-11)	Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken
KTA 3702	(2022-11)	Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken
KTA 3703	(2022-11)	Notstromerzeugungsanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken
KTA 3704	(2022-11)	Notstromanlagen mit statischen und rotierenden Umformern in Kernkraftwerken
DIN EN 60076-5 VDE 0532-76-5	(2007-01)	Leistungstransformatoren - Teil 5: Kurzschlussfestigkeit (IEC 60076-5:2006); Deutsche Fassung EN 60076-5:2006
DIN EN 60909-0 VDE 0102	(2016-12)	Kurzschlussströme in Drehstromnetzen - Teil 0: Berechnung der Ströme (IEC 60909-0:2016); Deutsche Fassung EN 60909-0:2016
DIN EN 62271-200 VDE 0671-200	(2012-08)	Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen - Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV (IEC 62271-200:2011); Deutsche Fassung EN 62271-200:2012