KTA 3504

Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken

Fassung 2022-11

Frühere Fassungen der Regel: 1988-09 (BAnz. Nr. 37a vom 22. Februar 1989)
2006-11 (BAnz. Nr. 245b vom 30. Dezember 2006)
2015-11 (BAnz AT 29.04.2016 B2)

Inhalt

Seite

Grundlagen 3
1 Anwendungsbereich 3
2 Begriffe 3
3 Übergeordnete Anforderungen für das Zusammenwirken von elektrischen Antrieben und Sicherheitseinrichtungen 4
3.1 Grundlegende Anforderungen 4
3.2 Versagen auslösende Ereignisse 4
3.3 Ausfallannahmen 4
3.4 Verfahrenstechnische Auslegung 4
3.5 Prüfbarkeit und Überwachung der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems 4
3.6 Beanspruchungen bei Leckratenprüfungen des Reaktorsicherheitsbehälters 5
3.7 Redundanz und Unabhängigkeit 5
4 Eignungsnachweis 5
5 Auslegung der Stellantriebe 5
5.1 Allgemeines 5
5.2 Grundsätzliche Anforderungen 5
5.3 Für die Armatur erforderliches Drehmoment 5
5.4 Vom Stellantrieb zu lieferndes Drehmoment 5
5.5 Drehmomentüberhöhungen 6
5.6 Auslegung des Antriebsmotors 6
5.7 Elektrische Energieversorgung 6
5.8 Absteuerung, Drehmomentbegrenzung und Stellungsrückmeldungen 6
5.9 Festigkeitsauslegung 6
5.10 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls 6
5.11 Handbetrieb, Überwachung und mechanische Sicherungen 7
5.12 Absteuerzeit 7
5.13 Unterlagen 7
6 Auslegung der Betätigungsmagnete für Ventile 7
6.1 Grundsätzliche Anforderungen 7
6.2 Ermittlung der Magnetgegenkraft und der Rückstellkraft 7
6.3 Elektrotechnische Auslegung 7
6.4 Elektrische Energieversorgung 8
6.5 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls 8
6.6 Überwachung und mechanische Sicherungen 8
6.7 Unterlagen 8
7 Auslegung der elektrischen Antriebe von Arbeitsmaschinen 9
7.1 Grundsätzliche Anforderungen 9
7.2 Leistung und Momentenverlauf 9
7.3 Elektrische Energieversorgung 10

7.4 Ausführung des Antriebsmotors ... 10
7.5 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls ... 10
7.6 Überwachung ... 10
7.7 Aggregateschutz ... 10
7.8 Unterlagen ... 10
8 Elektrotechnische Auslegung der Steuerelementantriebe ... 11
9 Grundsätzliche Anforderungen an Typprüfungen von elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems ... 11
10 Typprüfungen von Stellantrieben ... 12
10.1 Nachweis der Drehmomentauslegung ... 12
10.2 Festigkeitsnachweis ... 12
10.3 Praktische Prüfung ... 13
11 Typprüfungen von Betätigungsmagneten für Ventile ... 19
11.1 Nachweis der Magnetkraftauslegung ... 19
11.2 Festigkeitsnachweis ... 19
11.3 Praktische Prüfung ... 19
12 Typprüfungen von elektrischen Antrieben von Arbeitsmaschinen ... 21
13 Eignungsüberprüfung von elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems ... 21
14 Werksprüfungen ... 23
15 Inbetriebsetzungsprüfungen ... 23
16 Wiederkehrende Prüfungen ... 23
17 Prüfungen bei Wartung oder nach Instandsetzung ... 24
18 Prüfnachweise ... 24
19 Prüfer ... 24
20 Dokumentation ... 24
20.1 Dokumentation der Prüfung der Unterlagen ... 24
20.2 Dokumentation der praktischen Prüfungen ... 24
20.3 Prüfberichte ... 24
20.4 Gültigkeit der Prüfbescheinigung ... 24
20.5 Aufbewahrung und Archivierung ... 24
Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird ... 25

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 SiAnf und deren Interpretationen wird in dieser Regel festgelegt, welche Anforderungen an die elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems und deren Zuordnung zu den verfahrenstechnischen Systemen des Sicherheitssystems 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) In dieser Regel werden für elektrische Antriebe des Sicherheitssystems Anforderungen festgelegt, die anerkannte Lastannahmen aus Störfallanalysen abdecken.

(5) Diese Regel ergänzt die Regeln KTA 3701 bis KTA 3706 der „Energie- und Medienversorgung“ und KTA 3501 „Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems“. Weiter besteht für die von den elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems angetriebenen Armaturen und Arbeitsmaschinen ein Zusammenhang insbesondere zu den Regeln KTA 3404 „Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter“ und KTA 3301 „Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren“.

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

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken. Hierzu gehören in dieser Regel Stellantriebe, Betätigungsmagnete für Ventile, Antriebe von Arbeitsmaschinen und Steuerelementantriebe.

(2) Für Steuerelementantriebe ist nur der Abschnitt 8 dieser Regel anzuwenden.

Hinweis:
Weitere Anforderungen an Steuerelementantriebe von Leichtwasserreaktoren sind in KTA 3103 enthalten.

(3) Weiterhin werden in dieser Regel Anforderungen an die Einrichtungen des Aggregateschutzes für elektrische Antriebe des Sicherheitssystems gestellt, deren Signale keinen Vorrang gegenüber Signalen des Reaktorschutzes haben.

(4) Nicht zum Anwendungsbereich dieser Regel gehören:

a) Aggregateschutz, dessen Signale Vorrang gegenüber Signalen des Reaktorschutzes haben.

Hinweis:
Anforderungen an diesen Aggregateschutz sind in KTA 3501 enthalten.

b) Elektrische Schutzeinrichtungen.

Hinweis:
Anforderungen an diese Einrichtungen sind in KTA 3705 enthalten.

c) Anforderungen an Auslegung, Konstruktion, Berechnung, Fertigung, Montage, Prüfungen und Betrieb von Antriebs-, Steuer-, und Vorrangbaugruppen.

Hinweis:
Diesbezügliche Anforderungen sind den Regeln KTA 3501 und KTA 3503 enthalten.

2 Begriffe

(1) Absteuerung eines elektrischen Stellantriebs

Die Absteuerung eines elektrischen Stellantriebs ist die Abschaltung des Antriebsmotors durch die zugehörigen Steuereinrichtungen.

Hinweis:
Die Absteuerung eines elektrischen Stellantriebs kann z. B. in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Stellung (wegabhängige Absteuerung) oder von einem vorgegebenen Drehmoment (drehmomentabhängige Absteuerung) erfolgen.

(2) Abschaltversagen

Abschaltversagen liegt dann vor, wenn trotz Erreichen der definierten Endlage der Motor eines Stellantriebs nicht abgeschaltet wird.

(3) Aggregateschutz

Der Aggregateschutz ist eine Einrichtung, die einem Aggregat zugeordnet ist und dieses vor Betriebsbedingungen, für die das Aggregat nicht ausgelegt und bestimmt ist, schützen soll.

Hinweis:
Zum Aggregateschutz gehört nicht die Absteuerung von Stellantrieben.

(4) Regelantrieb

Der Regelantrieb ist der Stellantrieb einer Regeleinrichtung.

(5) Sachverständiger

Sachverständiger ist eine aufgrund von § 20 Atomgesetz durch die atomrechtliche Genehmigungsbehörde oder Aufsichtsbehörde zugezogene fachkundige Person oder Organisation.

(6) 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.

(7) Spindelkraft

Spindelkraft ist die Umwandlung des in die Spindelmutter eingeleiteten Drehmomentes in eine Spindellängskraft.

(8) Stellantrieb

Der Stellantrieb ist die Antriebseinheit, die ein Stellglied verstellt.

Hinweis:
Stellantriebe können Steuer- oder Regelantriebe sein. Bauarten der Stellantriebe sind z. B. Drehantriebe, Schubantriebe, Schwenkantriebe. Stellglieder sind z. B. Armaturen wie Ventile, Klappen, Schieber.

(9) Steuerantrieb

Der Steuerantrieb ist der Stellantrieb einer Steuereinrichtung.

(10) Störfall

Ereignis bzw. Ereignisablauf, dessen Eintreten während der Betriebsdauer der Anlage nicht zu erwarten ist, gegen den die Anlage dennoch so auszulegen ist, dass die Auslegungsgrundsätze, Nachweisziele und Nachweiskriterien für die Sicherheitsebene 3 eingehalten werden und bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann.

3 Übergeordnete Anforderungen für das Zusammenwirken von elektrischen Antrieben und Sicherheitseinrichtungen

3.1 Grundlegende Anforderungen

Es ist nachzuweisen, dass die elektrischen Antriebe im Zusammenwirken mit anderen aktiven und mit passiven Sicherheitseinrichtungen so ausgelegt, ausgeführt und betrieben werden, dass nichttolerierbare Auswirkungen der Störfälle und von Einwirkungen von innen und außen verhindert werden.

Hinweis:
Es ist zulässig, diesen Nachweis für die Gesamtheit aller Komponenten des Sicherheitssystems gemeinsam zu erbringen.

3.2 Versagen auslösende Ereignisse

3.2.1 Versagen auslösende Ereignisse an den elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems

(1) Die elektrischen Antriebe sind mit den verfahrenstechnischen Systemen so zu planen und anzuordnen, dass ein Versagen auslösendes Ereignis an elektrischen Antrieben die notwendigen Schutzaktionen im Störfall nicht verhindert.

Hinweis:
Dies kann z. B. durch strangweisen Aufbau der verfahrenstechnischen Systeme erfolgen.

(2) Es sind Versagen auslösende Ereignisse an den elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems in Betracht zu ziehen wie:

a) Ausfälle durch Kurzschlüsse, Unterbrechungen, Erdschlüsse, Spannungs- und Frequenzänderungen, mechanisches Versagen, Brand,

b) mehrere gleichzeitig oder kurzzeitig aufeinanderfolgende Ausfälle nach a), die eine gemeinsame Ursache (Fertigungsfehler, Auslegungsfehler, Drift) haben und

c) Fehler bei Bedienung und Wartung der elektrischen Antriebe durch das Personal.

3.2.2 Versagen auslösende Ereignisse innerhalb der Reaktoranlage

Es sind Versagen auslösende Ereignisse innerhalb der Reaktoranlage in Betracht zu ziehen.

Hinweis:
Siehe Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke, Anhang 4: „Grundsätze für die Anwendung des Einzelfehlerkriteriums und für die Instandhaltung“. Beispiele für Versagen auslösende Ereignisse innerhalb der Reaktoranlage sind: Elektromagnetische feld- und leitungsgebundene Beeinflussung, Brand, Wassereinbruch, schlagende Rohrleitung, Bruchstücke einer versagenden Komponente, mechanische Strahlwirkung von Medien wie Dampf, Wasser, Gas und Öl.

3.2.3 Versagen auslösende Ereignisse außerhalb der Reaktoranlage

Die elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems sind gegen die gleichen Einwirkungen von außen zu schützen wie die verfahrenstechnischen Systeme, denen sie zugeordnet sind.

Hinweis:
Versagen auslösende Ereignisse sind z. B. Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwelle, Überflutung.

3.3 Ausfallannahmen

(1) Es ist nachzuweisen, dass die elektrischen Antriebe im Zusammenwirken mit aktiven und passiven Sicherheitseinrichtungen zusätzlich zum Störfall

a) einen Zufallsausfall (Einzelfehler),

b) einen Instandhaltungsfall und

c) Folgeausfälle

beherrschen, soweit diese Forderungen für die zugehörigen verfahrenstechnischen Systeme bestehen.

(2) Der Zufallsausfall sowie der Instandsetzungsfall sind in der Gesamtheit der Komponenten des Sicherheitssystems, die zur Beherrschung eines Störfalls notwendig sind, nur einmal anzunehmen.

(3) Systematische Ausfälle sind nicht zu unterstellen, wenn durch folgende Maßnahmen die Eintrittswahrscheinlichkeit systematischer Ausfälle ausreichend klein wird:

a) Auswahl geeigneter Arten von elektrischen Antrieben,

b) Auslegung der elektrischen Antriebe unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden - auch störfallbedingter - Umgebungsbedingungen und etwaiger Beeinträchtigungen der Energie- und Medienversorgung,

c) räumliche Trennung oder sonstige Vorsorge gegen Folgeschäden und

d) Qualitätssicherung (Typprüfung, Eignungsüberprüfungen, Werksprüfungen, Inbetriebsetzungsprüfungen, wiederkehrende Prüfungen).

3.4 Verfahrenstechnische Auslegung

(1) Die elektrischen Antriebe für Armaturen und Arbeitsmaschinen eines verfahrenstechnischen Systems sollen strangbezogen entsprechend dem verfahrenstechnischen Systemaufbau angeordnet werden.

(2) Ist ein sicheres Absperren und Öffnen einer Medienversorgung erforderlich, so muss durch die Schaltung der Armaturen für beide Aktionen eine hohe Zuverlässigkeit erreicht werden.

Hinweis:
Dies kann z. B. durch die Reihenschaltung von jeweils zwei parallel geschalteten Ventilen erreicht werden (H-Schaltung).

(3) Verfahrenstechnische Systeme sollen so ausgelegt werden, dass Armaturen und Arbeitsmaschinen des Sicherheitssystems mit den zugehörenden elektrischen Antrieben zu Prüfzwecken während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Reaktoranlage ohne eine unzulässige Minderung der Sicherheit der Anlage und unter Belastung, z. B. bei Pumpen mit Mindestfördermenge, betrieben werden können.

(4) Zur Überwachung der verfahrenstechnischen Funktion einer Sicherheitsteileinrichtung sollen Rückmeldungen aus Prozessvariablen abgeleitet werden. Werden zur Überwachung der verfahrenstechnischen Funktion einer Sicherheitsteileinrichtung Stellungsrückmeldungen von elektrischen Antrieben verwendet, ist eine zuverlässige Kopplung zwischen dem Stellungssignalgeber und dem Stellglied sicherzustellen.

3.5 Prüfbarkeit und Überwachung der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems

(1) Die elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems sollen so prüfbar sein, dass bei Ansteuerung durch betriebliche Signale alle Schutzeinrichtungen während der Prüfung wirksam sind.

(2) Werden die elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems über Steckverbindungen angeschlossen (Leistungs- und Steuerkabel), so soll von der Warte direkt, z. B. durch Drahtbruchüberwachung, oder indirekt, z. B. durch Funktionskontrolle des Antriebs, das Auftrennen der Steckverbindung erkennbar sein.

(3) Die Stellantriebe des Sicherheitssystems müssen so prüfbar sein, dass die Absteuerung der elektrischen Stellantriebe bei der Prüfung wirksam bleibt.

3.6 Beanspruchungen bei Leckratenprüfungen des Reaktorsicherheitsbehälters

Elektrische Antriebe innerhalb des Sicherheitsbehälters müssen so ausgelegt sein, dass ihre Funktionsfähigkeit durch den Überdruck bei wiederkehrenden Prüfungen des Sicherheitsbehälters nicht beeinträchtigt wird.

3.7 Redundanz und Unabhängigkeit

(1) Die durch den Aufbau der verfahrenstechnischen Einrichtungen vorgegebene Redundanz und Unabhängigkeit muss durch die Auslegung und die Anordnung der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems gewahrt bleiben.

(2) Zum Schutz gegen die Versagen auslösenden Ereignisse nach Abschnitt 3.2 sollen elektrische Antriebe zueinander redundanter verfahrenstechnischer Stränge des Sicherheitssystems räumlich voneinander getrennt oder gegeneinander geschützt angeordnet werden. Räumliche Trennung ist nicht erforderlich, wenn die Versagen auslösenden Ereignisse Schutzaktionen nicht verhindern können.

4 Eignungsnachweis

(1) Die Eignung der elektrischen Antriebe für den Einsatz im Sicherheitssystem ist nachzuweisen.

Hinweis:

Zur Prüfung der Eignung gehören der Eignungsnachweis nach Abschnitt 4 und die Eignungsüberprüfung nach Abschnitt 13.

(2) Es ist zulässig, den Eignungsnachweis für eine Baureihe elektrischer Antriebe des Sicherheitssystems zu erbringen. Hierbei sollen in der Typprüfung die Antriebe der Baureihe geprüft werden, die durch die zu unterstellenden Belastungen am stärksten beansprucht werden.

Hinweis:

Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems gehören zu einer Baureihe, wenn sie nach den gleichen mechanischen und elektrotechnischen Prinzipien konstruiert und gefertigt werden.

(3) Die Eignung eines elektrischen Antriebs des Sicherheitssystems oder einer Baureihe elektrischer Antriebe ist nachgewiesen, wenn

a) an dem Typ des Antriebs Typprüfungen nach Abschnitt 9 und zusätzlich, in Abhängigkeit von der jeweiligen Antriebsart, nach den Abschnitten 10 oder 11 oder 12 erfolgreich durchgeführt worden sind oder

b) an den ausgewählten Antrieben der Baureihe Typprüfungen nach Abschnitt 9 und zusätzlich, in Abhängigkeit von der jeweiligen Antriebsart, nach den Abschnitten 10 oder 11 oder 12 erfolgreich durchgeführt worden sind und die Betriebsbewährung unter vergleichbaren Betriebsbedingungen durch zehn Antriebe dieser Baureihe mit jeweils mindestens fünf Betriebsjahren bei Stellantrieben und Betätigungsmagneten für Ventile oder mit jeweils drei Betriebsjahren bei Antrieben von Arbeitsmaschinen nachgewiesen wird. 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 Sicherheitssystem einzusetzende elektrische Antrieb gegenüber typgeprüften Baureihen einzelne abweichende Bauteile hat, ist es zulässig, für diese Bauteile einen getrennten Nachweis zu führen.

(5) Werden Änderungen an einer typgeprüften und betriebsbewährten Baureihe von elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems vorgenommen, die funktionswichtige Eigenschaften betreffen, so ist die Eignung der geänderten Baureihe für den Einsatz im Sicherheitssystem durch ergänzende oder erneute Typprüfungen nach Absatz 3 nachzuweisen (siehe KTA 1401 Abschnitt 3 Absatz 9 und Abschnitt 6.2 Absatz 2).

(6) Falls eine neue Baureihe von elektrischen Antrieben eingesetzt werden soll, für die noch keine Betriebsbewährung vorliegt und bei der hinsichtlich funktionswichtiger Eigenschaften Vergleichbarkeit mit einer vorhergehenden betriebsbewährten Baureihe besteht, sind hinsichtlich neuer Eigenschaften ergänzende Prüfungen durchzuführen.

(7) Werden für den Einsatz im Kernkraftwerk zusätzliche sicherheitstechnische Eigenschaften erforderlich, die durch die Betriebsbewährung und die Typprüfungen nach Abschnitt 9 und zusätzlich, in Abhängigkeit von der jeweiligen Antriebsart, nach den Abschnitten 10 oder 11 oder 12 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsnachweise zu führen.

(8) Art und Umfang des Eignungsnachweises nach den Absätzen 4, 5, 6 und 7 sind mit dem Sachverständigen zu vereinbaren.

5 Auslegung der Stellantriebe

5.1 Allgemeines

Für Schubantriebe ist bei den nachfolgenden Anforderungen der Begriff „Drehmoment“ durch „Stellkraft“ zu ersetzen.

5.2 Grundsätzliche Anforderungen

Der Stellantrieb (Steuerantrieb oder Regelantrieb) ist so auszulegen, dass er die Anforderungen der anzutreibenden Armatur und des verfahrenstechnischen Systems bei den Umgebungsbedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebes und der zu betrachtenden Störfälle erfüllt.

Hinweis:

Anforderungen an die Auslegung der Armatur werden nur soweit gestellt, als sie die gegenseitigen Abhängigkeiten von Armatur und Stellantrieb betreffen.

5.3 Für die Armatur erforderliches Drehmoment

(1) Für die Auslegung des Stellantriebes muss das für die Armatur erforderliche größte Drehmoment ermittelt werden, das sich unter Berücksichtigung einsatzbedingter und konstruktiver Einflüsse (z. B. Alterung, Verschleiß) ergibt.

(2) Bei Steuerantrieben muss der Verlauf des Drehmoments angegeben und mit der Betriebsart des Antriebsmotors sowie der Festigkeit des Stellantriebs abgestimmt werden, wenn der Normalverlauf des Drehmoments überschritten wird.

Hinweis:

Als Normalverlauf des Drehmomentes für Steuerantriebe ist anzunehmen, dass das größte Drehmoment nicht länger als 2 s besteht und das Drehmoment während des Fahrens (Laufmoment) nicht größer als 50 % des größten Drehmomentes und die Stellzeit nicht länger als 60 s ist.

(3) Bei Regelantrieben muss der Verlauf des Drehmomentes angegeben und mit der Betriebsart des Antriebmotors abgestimmt werden.

5.4 Vom Stellantrieb zu lieferndes Drehmoment

(1) Ausgehend von dem nach Abschnitt 5.3 für die Armatur erforderlichen Drehmoment ist unter Berücksichtigung von Übersetzungsverhältnis und Wirkungsgrad zwischengeschalteter Getriebe und Fernantriebselemente das vom Stellantrieb zu liefernde Drehmoment zu ermitteln.

(2) Der Stellantrieb muss für ein Drehmoment ausgelegt werden, das größer ist als das für die Armatur erforderliche Drehmoment. Bei Stellantrieben mit Drehmomentabschalteinrichtung muss das maximal zulässige einstellbare Abschaltdrehmoment um die nach Abschnitt 5.8 Absatz 6 festzulegende Einstelltoleranz größer sein als das größte erforderliche Drehmoment.

5.5 Drehmomentüberhöhungen

(1) Für die Auslegung von Stellantrieb und Armatur sind die möglichen Drehmomentüberhöhungen, die bei betriebsmäßigem Endlagenbetrieb gegen einen mechanischen Anschlag (an der Armatur z. B. am Ventilsitz oder an einer mechanischen Wegbegrenzung) auftreten, zu ermitteln. Hierzu sind die Abschaltverzögerung nach Abschnitt 5.12 und die Armaturensteifigkeit anzugeben. Durch die Drehmomentüberhöhungen dürfen die zulässigen Drehmomente für Armatur und Stellantrieb nicht überschritten werden.

(2) Für die Auslegung von Stellantrieb und Armatur sind die Drehmomente und Drehmomentüberhöhungen zu ermitteln, die bei einem Abschaltversagen und bei Handbetrieb (mittels Handrad) maximal am Stellantrieb auftreten können.

5.6 Auslegung des Antriebsmotors

(1) Der Antriebsmotor ist so auszulegen, dass der Stellantrieb ein Drehmoment abgeben kann, das auch bei Motoranlauf mit der betriebsmäßig niedrigsten Spannung an den Motorklemmen mindestens gleich dem maximalen Drehmoment nach Abschnitt 5.4 ist. Hierbei sind folgende Bedingungen einzurechnen:

a) Die Grenzwerte der Abweichungen der Motormomente (Anzugs-, Sattel- und Kippmoment) von den Bemessungswerten sind einzusetzen. Hierbei dürfen Grenzwerte spezifiziert werden, die die nach DIN EN 60034-1 Tabelle 20 zulässigen Abweichungen einschränken.

b) Die Reduzierung der Motormomente durch den Spannungsfall beim Motoranlauf ist einzurechnen. Als niedrigste Spannung an den Motorklemmen beim Anlauf soll 80 % der Motorbemessungsspannung angenommen werden. Bei Anschluss an eine spannungsgeregelte Schiene hoher Spannungskonstanz, z. B. an eine Umformeranlage mit den Grenzwerten nach KTA 3704 Tabelle 4-1, darf als niedrigste Spannung an den Motorklemmen 90 % der Motorbemessungsspannung angenommen werden.

c) Wenn die Funktionsfähigkeit unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, erforderlich ist, muss die Reduktion des Motormoments durch die unter den Störfallbedingungen erhöhte Umgebungstemperatur eingerechnet werden.

(2) Die Wärmeklasse und Isolierstoffart der Motorwicklung muss entsprechend den ungünstigsten Umgebungsbedingungen und der größten Belastung gewählt werden.

5.7 Elektrische Energieversorgung

(1) Der Stellantrieb ist so an eine elektrische Energieversorgung anzuschließen, dass unter Einrechnung des Spannungsfalls beim Anlauf des Motors die der Auslegung nach Abschnitt 5.6 Absatz 1 b) zugrunde gelegte niedrigste Klemmenspannung nicht unterschritten wird.

(2) Bei der Ermittlung des Spannungsfalles ist von der niedrigsten spezifizierten statischen Sammelschienenspannung folgendermaßen auszugehen:

a) Bei Anschluss an eine Diesel-Notstromschaltanlage ist von dem als Startkriterium nach KTA 3702 Abschnitt 3.12.2 festgelegten Grenzwert der Sammelschienen-Bemessungsspannung auszugehen.

Hinweis:

Die Einhaltung einer minimalen Klemmenspannung von 80 % der Motorbemessungsspannung nach Abschnitt 5.6 Absatz 1 kann die Zwischenschaltung eines Spannungskonstanthalters erforderlich machen.

b) Bei Anschluss an eine spannungsgeregelte Schiene hoher Spannungskonstanz, z. B. an eine Umformeranlage mit den Grenzwerten nach KTA 3704 Tabelle 4-1, ist vom unteren Grenzwert der statischen Spannungsabweichung auszugehen.

(3) Wenn die Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, erforderlich ist, muss die Widerstandserhöhung der Zuleitungskabel durch die unter den Störfallbedingungen erhöhte Umgebungstemperatur eingerechnet werden.

5.8 Absteuerung, Drehmomentbegrenzung und Stellungsrückmeldungen

(1) Die Einrichtungen zur Absteuerung und Drehmomentbegrenzung, einschließlich vorhandener Überbrückungsschaltungen, sind so zuverlässig auszulegen, dass sie die Unverfügbarkeit des Stellantriebs mit der zugehörigen Armatur nicht bestimmen.

Hinweis:

Einrichtungen zur Absteuerung können z. B. weg-, zeit-, strom- oder drehmomentabhängig sein.

(2) Bei Einschalt- und Umschaltvorgängen darf die Drehmomentbegrenzung durch die zu beschleunigenden Massen keine Abschaltung des Stellantriebes verursachen.

(3) Falls bei Stellantrieben mit drehmomentabhängiger Absteuerung das Losbrechmoment in einem bestimmten Stellbereich größer sein kann als das eingestellte Abschaltdrehmoment, muss die drehmomentabhängige Absteuerung in diesem Stellbereich überbrückt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass nach der Aufhebung der Überbrückung die Schaltdifferenz des überbrückten Drehmomentschalters zu keiner ungewollten Abschaltung des Stellantriebs führt.

(4) Bei überbrückter Fahrweise soll der Festigkeitsauslegung nach Abschnitt 5.9 das Drehmoment zugrunde gelegt werden, das vom Stellantrieb maximal erreicht werden kann. Der Berechnung darf ein kleineres Drehmoment als das maximal erreichbare zugrunde gelegt werden, wenn eine Überschreitung dieses Drehmomentes während der Überbrückung verhindert wird.

Hinweis:

Dies kann z. B. dadurch erfüllt werden, dass während der Überbrückung der drehmomentabhängigen Abschaltung eine höher eingestellte und übergeordnete Drehmomentbegrenzung durch einen zweiten Drehmomentschalter oder durch eine Rutschkupplung wirksam bleibt.

(5) Die Stellungsrückmeldung des Stellantriebes darf als Stellungsrückmeldung der Armatur verwendet werden, wenn die zuverlässige Kopplung zwischen dem Stellungssignalgeber und der Stellung der Armatur gegeben ist.

(6) Einrichtungen für die Drehmomentbegrenzung sind so auszulegen, dass das Abschaltdrehmoment vom Sollwert nicht mehr als 10 % des maximal zulässigen einstellbaren Abschaltdrehmoments abweichen kann.

5.9 Festigkeitsauslegung

Die beanspruchten Bauteile sind so auszulegen, dass sie alle zu berücksichtigenden Belastungen unter Einhaltung der zulässigen Spannungen und der Anforderungen aus der Funktion aufnehmen können.

5.10 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls

Ein Stellantrieb, der unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, seine

Funktion erfüllen muss, ist einschließlich der Kabelanschlussstellen für störfallbedingte Einflüsse wie Temperatur, Druck, Feuchte, Strahlung und korrosive Medien auszulegen. Der Einfluss der vorausgehenden betrieblichen Beanspruchungen ist zu berücksichtigen.

5.11 Handbetrieb, Überwachung und mechanische Sicherungen

(1) Motorbetrieb muss vor Handbetrieb (mittels Handrad) Vorrang haben.

(2) Elektrotechnische Steckvorrichtungen und Steckverbinder sind so zu sichern, dass eine Selbstauftrennung nicht möglich ist. Der aufgetrennte Zustand muss nach Abschnitt 3.5 Absatz 2 erkennbar sein.

5.12 Absteuerzeit

(1) Die Antriebssteuerung und die Verwendung der Endschalter sind aufeinander abzustimmen.

(2) Die maximale Absteuerzeit zwischen dem Ansprechen der Absteuereinrichtungen des Stellantriebes und dem Trennen vom Netz (Abschaltverzögerung) ist anzugeben. Diese Abschaltverzögerung ist bei der Ermittlung der Drehmomentüberhöhung nach Abschnitt 5.5 zugrunde zu legen.

5.13 Unterlagen

(1) Die Unterlagen nach den Absätzen 2 und 3 müssen darlegen, wie die Stellantriebe nach den sicherheitstechnischen Anforderungen ausgelegt, gefertigt, montiert und geprüft werden.

(2) Es sind folgende übergeordnete Unterlagen zu erstellen:

a) Auflistung der Stellantriebe des Sicherheitssystems mit Angabe der Art der geforderten Störfallfestigkeit und mit Zuordnung zu den Armaturen und Aufstellungsorten.
b) Auflistung der technischen Anforderungen.

(3) Es sind folgende Unterlagen über die einzusetzenden Stellantriebe zu erstellen:

a) Angaben der Daten der Stellantriebe (ohne Antriebsmotor):
   aa) Hersteller,
   ab) Typbezeichnung,
   ac) Bemessungs-Abtriebsdrehzahl,
   ad) maximal einstellbares Abschaltdrehmoment oder Bemessungsdrehmoment,
   ae) maximales zulässiges Drehmoment im Betrieb und bei Abschaltversagen,
   af) Drehmomentüberhöhung in Abhängigkeit der Armaturensteifigkeit im Betrieb und bei Abschaltversagen,
   ag) Übersetzung und Wirkungsgrad des Getriebes und
   ah) Masse und Schwerpunktslage.
b) Angaben der Daten des Antriebsmotors:
   ba) Hersteller,
   bb) Typbezeichnung,
   bc) Bemessungsleistung,
   bd) Betriebsart,
   be) Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz und zulässige Abweichungen,
   bf) Bemessungsstrom und Anzugsstrom,
   bg) Bemessungsdrehzahl,
   bh) Maximales Drehmoment,
   bi) Minimales Anzugsmoment bei der niedrigsten spezifizierten Klemmenspannung und bei maximaler Umgebungstemperatur, erforderlichenfalls bei Störfalltemperatur,
   bk) Wärmeklasse,
   bl) Schutzart und
   bm) Bauform.
c) Angaben und Nachweise, dass die Anforderungen an die Auslegung nach Abschnitt 5 erfüllt werden.
d) Nachweis, dass der Stellantrieb für den Einsatz im Kernkraftwerk geeignet ist und die in Abschnitt 4 gestellten Anforderungen erfüllt werden.
e) Programm der vorgesehenen Inbetriebsetzungsprüfungen.
f) Programm der vorgesehenen wiederkehrenden Prüfungen.

6 Auslegung der Betätigungsmagnete für Ventile

6.1 Grundsätzliche Anforderungen

Der Betätigungsmagnet eines Ventils (eigenständiges Ventil, Vorsteuerventil oder magnetische Zusatzbelastung) ist so auszulegen, dass er die Anforderungen des anzutreibenden Ventils und des verfahrenstechnischen Systems bei den Umgebungsbedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs und der zu betrachtenden Störfälle erfüllt.

Hinweis:
Anforderungen an die Auslegung der Ventile werden nur soweit gestellt, als sie die gegenseitige Abhängigkeit von Betätigungsmagnet und Ventil betreffen oder wenn Prüfungen nur am ganzen Magnetventil möglich sind. Betätigungsmagnete können z. B. eigenständige Magnetventile oder Vorsteuerventile von Hydraulik- sowie Pneumatikventilen antreiben.

6.2 Ermittlung der Magnetgegenkraft und der Rückstellkraft

Die für die Betätigung und das Rückstellen des Ventils erforderlichen Kräfte über dem Hub, die sich unter Berücksichtigung vorgegebener Stellzeiten und einsatzbedingter Einflüsse (z. B. Alterung, Verschleiß) aus der Überwindung des systembedingten Differenzdruckes über das Ventil ergeben, müssen ermittelt und der Auslegung des Betätigungsmagneten und der Rückstellelemente zugrunde gelegt werden (Magnetgegenkraft-Hubkennlinie). Für die Festigkeitsberechnung des Ventils und anderer Bauteile, z. B. der Rückstellfeder, sind die größte und die kleinste Magnetkraft anzugeben.

6.3 Elektrotechnische Auslegung

(1) Der Betätigungsmagnet ist so auszulegen, dass er über dem Hubweg in der erforderlichen Stellzeit eine Magnetkraft abgeben kann (dynamische Magnetkraft-Hubkennlinie), die auch bei betriebsmäßig ungünstigsten Bedingungen über der nach Abschnitt 6.2 geforderten Magnetgegenkraft-Hubkennlinie liegt.

Hinweis:
Zur Kennzeichnung des Arbeitsvermögens eines Betätigungsmagneten gibt der Hersteller die statische Magnetkraft-Hubkennlinie an. Die tatsächlich über dem Hub abgegebenen Kräfte, die von der Last und der Hubgeschwindigkeit abhängig sind, werden durch dynamische Magnetkraft-Hubkennlinien dargestellt. Diese können bei Gleichstrom-Betätigungsmagneten um den Faktor 1,5 bis 2 niedriger liegen als die statische Magnetkraft-Hubkennlinie. Ein zuverlässiges Schalten des Betätigungsmagneten ist daher nur sichergestellt, wenn die statische Magnetkraft-Hubkennlinie um einen entsprechenden Faktor über der Magnetgegenkraft-Hubkennlinie liegt.

Hierbei sind folgende Bedingungen einzurechnen:

a) Die Grenzwerte der Abweichungen der Magnetkraft.

b) Die ungünstigste der zu erwartenden Betriebsarten (Kurzzeitbetrieb, Aussetzbetrieb oder Dauerbetrieb) sowie die zugehörige ungünstigste Art der Schaltspiele (relative Einschaltdauer, Spieldauer, maximale Einschaltdauer).

c) Die Grenzerwärmung des Magnetsystems bei maximaler Spannung, bedingt durch die maximale Eigenerwärmung der Magnetspule bei der vorgegebenen Betriebsart und gegebenenfalls durch einen zusätzlichen Einfluss der Mediumtemperatur.

d) Die maximale Welligkeit der vorgesehenen Gleichstromversorgung.

H i n w e i s :
Die Welligkeit kann bei kleinen Betätigungsmagneten von Einfluss auf die Magnetkraft sein.

e) Der Bereich der zulässigen Spannungsänderung muss zwischen einem oberen Grenzwert der Klemmenspannung, bei dem ein Betrieb des Betätigungsmagneten nach b) und c) möglich sein muss, und einem unteren Grenzwert (Ansprechwert der Spannung) festgelegt werden, bei dem die maximal erforderlichen Kräfte des Betätigungsmagneten über dem Hub nach Abschnitt 6.2 noch sichergestellt sind. Bei dieser Festlegung ist von dem Spannungsbereich der vorgegebenen elektrischen Energieversorgung auszugehen und der maximale Spannungsfall auf dem Zuleitungskabel einzurechnen. **Tabelle 6-1** zeigt Beispiele für Bereiche der zulässigen Spannungsänderung an den Klemmen von Betätigungsmagneten.

f) Zwischen dem Ansprechwert der Spannung nach e) und dem Spannungswert, bei dem die Wirkstellung des Ventils verlassen wird (Rückstellwert der Spannung), muss ein Abstand von mehr als 5 %, bezogen auf den Ansprechwert der Spannung, eingehalten werden. Der Rückstellwert der Spannung darf im betriebswarmen Zustand nicht kleiner sein als 15 % des unteren Grenzwertes der Klemmenspannung.

g) Wenn die Funktionsfähigkeit unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, erforderlich ist, muss die Reduktion der Magnetkraft durch die unter Störfallbedingungen erhöhte Umgebungstemperatur eingerechnet werden.

(2) Die Wärmeklasse und Isolierstoffart der Erregerwicklung des Betätigungsmagneten muss für die ungünstigsten Umgebungsbedingungen und für die nach Absatz 1 b) vorgegebene ungünstigste Betriebsart ausgelegt werden.

(3) Unzulässige Schaltüberspannungen sind durch schaltungstechnische Maßnahmen zu begrenzen. Beschaltungseinrichtungen hierfür sollen unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen möglichst nahe am Betätigungsmagneten angeordnet werden.

6.4 Elektrische Energieversorgung

(1) Der Betätigungsmagnet ist so an eine elektrische Energieversorgung anzuschließen, dass unter Einrechnung des Spannungsfalls bei maximalem Strom des Betätigungsmagneten die der Auslegung nach Abschnitt 6.3 Absatz 1 zugrunde gelegten Grenzwerte der Klemmenspannung eingehalten werden.

(2) Bei der Einrechnung des Spannungsfalls ist vom spezifizierten statischen Bereich der jeweiligen Sammelschienenspannung auszugehen.

H i n w e i s :
Beispiele siehe **Tabelle 6-1**.

6.5 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls

Ein Betätigungsmagnet, der unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, seine Funktion erfüllen muss, ist einschließlich der Kabelanschlussstellen für störfallbedingte Einflüsse wie Temperatur, Druck, Feuchte, Strahlung und korrosive Medien auszulegen. Der Einfluss der vorausgehenden betrieblichen Beanspruchungen ist zu berücksichtigen.

6.6 Überwachung und mechanische Sicherungen

(1) Bei Schaltungen von Armaturen mit einem oder mehreren Vorsteuerventilen mit Betätigungsmagneten muss die Funktion der Vorsteuerventile, z. B. durch Stellungsmeldung, auf der Warte erkennbar sein, soweit dies für die Prüfbarkeit oder die Beurteilung des Systemzustands erforderlich ist.

(2) Elektrotechnische Steckvorrichtungen und Steckverbinder sind so zu sichern, dass eine Selbstauftrennung nicht möglich ist. Der aufgetrennte Zustand muss nach Abschnitt 3.5 Absatz 2 erkennbar sein.

6.7 Unterlagen

(1) Die Unterlagen nach den Absätzen 2 und 3 müssen darlegen, dass die Betätigungsmagnete für Ventile nach den sicherheitstechnischen Anforderungen ausgelegt, gefertigt, montiert und geprüft werden.

(2) Es sind folgende übergeordnete Unterlagen zu erstellen:

a) Auflistung der Betätigungsmagnete des Sicherheitssystems mit Angabe der Art der geforderten Störfallfestigkeit und mit Zuordnung zu den Ventilen und Aufstellungsorten.

b) Auflistung der technischen Anforderungen.

(3) Es sind folgende Unterlagen über die einzusetzenden Betätigungsmagnete und Ventile zu erstellen:

a) Angabe der Daten der Betätigungsmagnete:
   aa) Hersteller,
   ab) Typbezeichnung,
   ac) maximaler Erregerstrom,
   ad) kleinste und größte Magnetkraft in der Hubanfangslage und der Hubendlage,
   ae) Betriebsart,
   af) Spannungsgrenzen und zulässige Welligkeit bei Gleichstromversorgung,
   ag) Verlauf der minimalen Magnetkraft bei der niedrigsten spezifizierten Klemmenspannung und bei maximaler Umgebungstemperatur, erforderlichenfalls bei Störfalltemperatur,
   ah) Wärmeklasse,
   ai) Schutzart und
   ak) Schutzbeschaltung zur Begrenzung von Überspannungen.

b) Angaben über die für die Betätigung des Ventils erforderliche Kraft nach Abschnitt 6.2 und die geforderte kleinste und größte Stellzeit für das Ventil.

c) Angaben und Nachweise, dass die Anforderungen an die Auslegung nach Abschnitt 6 erfüllt werden.

d) Nachweis, dass der Betätigungsmagnet für den Einsatz im Kernkraftwerk geeignet ist und die in Abschnitt 4 gestellten Anforderungen erfüllt werden.

e) Programm der vorgesehenen Inbetriebsetzungsprüfung.

f) Programm der vorgesehenen wiederkehrenden Prüfungen.

7 Auslegung der elektrischen Antriebe von Arbeitsmaschinen

7.1 Grundsätzliche Anforderungen

Der elektrische Antrieb einer Arbeitsmaschine (z. B. Pumpen, Lüfter, Kompressoren) ist so auszulegen, dass er die Anforderungen der anzutreibenden Arbeitsmaschine und des verfahrenstechnischen Systems bei den Umgebungsbedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs und der zu betrachtenden Störfälle erfüllt.

7.2 Leistung und Momentenverlauf

(1) Der für die Antriebsmaschine geltende Verlauf des Lastmoments in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Betriebsweise, z. B. beim Anlauf gegen offenen oder geschlossenen Schieber, ist zu ermitteln und der Auslegung des Antriebsmotors zugrunde zu legen. Dabei müssen die herstellungsbedingten, zulässigen Abweichungen und betriebliche Einflüsse (z. B. Alterung, Verschleiß) berücksichtigt werden.

Lfd. Nr.	Bereich der Spannungsänderung	Oberer Grenzwert	Unterer Grenzwert
1	Gleichstrom-Betätigungsmagnete an Gleichstromschaltanlage 48 V (Batterieanlage mit Bleibatterie 2 x 13 Zellen)		
1.1	an der Sammelschiene	58,5 V [1)]	47,0 V [2)]
1.2	an den Klemmen eines Magneten, z. B.		
1.2.1	bei kleinem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 1 V) im Zuleitungskabel oder	57,5 V [4)]	46,0 V [4)]
1.2.2	bei großem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 4 V) im Zuleitungskabel	54,5 V [4)]	43,0 V [4)]
2	Gleichstrom-Betätigungsmagnete an Diesel-Notstromschaltanlage 220/380 V (mit Gleichrichter)		
2.1	an der Sammelschiene	242 V [3)]	176 V [3)]
2.2	im Abzweig am Ausgang eines Gleichrichters 220 V /198 V	218 V	158 V
2.3	an den Klemmen eines Magneten, z. B.		
2.3.1	bei kleinem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 2 V) im Zuleitungskabel oder	216 V [4)]	156 V [4)]
2.3.2	bei großem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 8 V) im Zuleitungskabel	210 V [4)]	150 V [4)]
3	Gleichstrom-Betätigungsmagnete an Gleichstromschaltanlage 220 V (Batterieanlage mit Bleibatterie 108 Zellen)		
3.1	an der Sammelschiene	243 V [5)]	193 V [6)]
3.2	an den Klemmen eines Magneten, z. B.		
3.2.1	bei kleinem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 2 V) im Zuleitungskabel oder	241 V [4)]	191 V [4)]
3.2.2	bei großem Schleifenwiderstand und Spannungsfall (z. B. 8 V) im Zuleitungskabel	235 V [4)]	185 V [4)]

[1)] Maximale Ausgangsspannung des Gleichrichtergeräts bei Ladeerhaltung von 2 x 13 Zellen mit je 2,23 V + 1 % (siehe KTA 3705 Tabelle 3-3).

[2)] Minimale Batteriespannung bei Entladung von 2 x 13 Zellen auf je 1,85 V (siehe KTA 3705 Tabelle 3-3) abzüglich 1 V Spannungsfall bis Sammelschiene.

[3)] 1,1 U_N bis 0,8 U_N für U_N = 220 V (siehe KTA 3705 Tabelle 3-1).

[4)] Der Spannungsfall im Zuleitungskabel ist ausgehend vom vorgegebenen Spannungsbereich an der Sammelschiene oder am Ausgang der Abzweiggleichrichter sowohl beim oberen als auch beim unteren Grenzwert der Klemmenspannung einzurechnen. Zur Einhaltung eines vorgegebenen maximalen Spannungsfalls zwischen Schaltanlagenabzweig und Magnetklemmen muss abhängig von der Magnetleistung ein ausreichender Kabelquerschnitt gewählt werden. Dabei ist für den Schleifenwiderstand die maximale Umgebungstemperatur, gegebenenfalls die Störfalltemperatur zu beachten. Zusätzlich darf die Änderung des Spulenwiderstandes durch die Eigenerwärmung in die Ermittlung der Spannungsänderung einbezogen werden.

[5)] Maximale Ausgangsspannung des Gleichrichtergeräts bei Ladeerhaltung von 108 Zellen mit je 2,23 V + 1 % (siehe KTA 3705 Tabelle 3-4).

[6)] Minimale Batteriespannung bei Entladung von 108 Zellen auf je 1,80 V (siehe KTA 3705 Tabelle 3-4) abzüglich 1 V Spannungsfall bis Sammelschiene.

Tabelle 6-1: Beispiele für Bereiche der zulässigen Spannungsänderung an den Klemmen von Betätigungsmagneten

(2) Leistung und Läuferklasse des Antriebsmotors sind so auszuwählen, dass das Motormoment im Bereich zwischen Stillstand und Bemessungsdrehzahl so über dem Lastmoment liegt, dass der Hochlauf und der Verbleib in einem stabilen Betriebspunkt sichergestellt sind. Hierbei sind folgende Bedingungen einzurechnen:

a) Die ungünstigsten Grenzwerte der zulässigen Abweichungen der Motormomente (Anzugs-, Sattel- und Kippmoment) von den Bemessungswerten sind einzusetzen. Hierbei dürfen Grenzwerte spezifiziert werden, die die nach DIN EN 60034-1 Tabelle 20 zulässigen Abweichungen einschränken.

b) Die Reduzierung der Motormomente durch den Spannungsfall beim Motoranlauf ist einzurechnen.

   Hinweis:

   Als niedrigste Spannung an den Motorklemmen beim Anlauf ergibt sich z. B. nach KTA 3705 Tabelle 3-1 bei Hochspannungsmotoren 75 % und bei Niederspannungsmotoren 70 % der Motorbemessungsspannung.

c) Wenn die Funktionsfähigkeit unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, erforderlich ist, muss die Reduktion des Motormoments durch die unter Störfallbedingungen erhöhte Umgebungstemperatur eingerechnet werden.

(3) Der thermischen Auslegung sollen drei aufeinanderfolgende Einschaltungen aus dem kalten Zustand oder zwei Einschaltungen aus dem betriebswarmen Zustand zugrunde gelegt werden.

7.3 Elektrische Energieversorgung

(1) Der Antrieb ist so an eine elektrische Energieversorgung anzuschließen, dass unter Einrechnung des Spannungsfalls beim Anlauf des Motors die der Auslegung nach Abschnitt 7.2 Absatz 2 zugrunde gelegte niedrigste Klemmenspannung nicht unterschritten wird.

(2) Bei der Ermittlung des Spannungsfalles ist von der niedrigsten spezifizierten statischen Sammelschienenspannung auszugehen. Bei Anschluss an eine Diesel-Notstromschaltanlage ist von dem als Startkriterium nach KTA 3702 Abschnitt 3.12.2 festgelegten Grenzwert der Sammelschienen-Bemessungsspannung auszugehen.

(3) Wenn die Funktionsfähigkeit unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, erforderlich ist, muss die Widerstandserhöhung der Niederspannungs-Zuleitungskabel durch die Störfalltemperatur eingerechnet werden.

7.4 Ausführung des Antriebsmotors

(1) Zum Antrieb von Arbeitsmaschinen sollen Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufern für direktes Einschalten eingesetzt werden.

Hinweis:

Andere Motorarten können z. B. bei geforderter Drehzahlregelung erforderlich werden.

(2) Die Wärmeklasse und Isolierstoffart der Motorwicklung müssen entsprechend den ungünstigsten Umgebungsbedingungen und der Belastung gewählt werden.

7.5 Auslegung für Bedingungen eines Störfalls

Ein Antriebsmotor einer Arbeitsmaschine, der unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. Kühlmittelverluststörfall bei Leichtwasserreaktoren, seine Funktion erfüllen muss, ist einschließlich der Kabelanschlussstellen für störfallbedingte Einflüsse wie Temperatur, Druck, Feuchte, Strahlung und korrosive Medien auszulegen. Der Einfluss der vorausgehenden betrieblichen Beanspruchungen ist zu berücksichtigen.

7.6 Überwachung

Druckölgeschmierte Gleitlager sind so auszuführen, dass der Öldruck und die Lagertemperatur gemessen werden können. Hochspannungsmotoren sollen mit Wicklungstemperaturmessfühlern ausgestattet werden.

7.7 Aggregateschutz

Hinweise:

(1) In diesem Abschnitt sind nur Aggregateschutzeinrichtungen angesprochen, deren Signale keinen Vorrang gegenüber Signalen des Reaktorschutzes haben.

(2) Aggregateschutzeinrichtungen, deren Signale Vorrang gegenüber Signalen des Reaktorschutzes haben, werden nach KTA 3501 Abschnitt 6 ausgelegt (siehe auch Abschnitt 1 Absatz 4a).

(1) Einrichtungen des Aggregateschutzes, deren Signale keinen Vorrang gegenüber Signalen des Reaktorschutzes haben, sind zuverlässig auszulegen. Es sollen betriebsbewährte Komponenten eingesetzt werden. Sie müssen bezüglich der statischen und dynamischen Eigenschaften den Anforderungen des Aggregats genügen. Darüber hinaus müssen sie den betrieblichen Umgebungs- und Einsatzbedingungen an ihrem Einbauort genügen. Insbesondere darf ihre Funktion nicht unzulässig beeinträchtigt werden durch:

a) mechanische Beanspruchungen, z. B. Vibration,

b) Einflüsse des Messmediums,

c) Temperatur, Druck, Feuchtigkeit und Strahlung und

d) chemische Einflüsse.

(2) Wächter sollen durch Kontrollschaltungen (z. B. Antivalenzüberwachung, Drahtbruchüberwachung) überwacht werden.

(3) Die Einrichtungen des Aggregateschutzes sollen aus einer unterbrechungslosen Notstromversorgung mit Energiespeicherung durch Batterien im Parallelbetrieb mit Gleichrichtergeräten versorgt werden.

(4) Die Einrichtungen des Aggregateschutzes sollen ohne Eingriff in die Verdrahtung prüfbar sein. Teilprüfungen müssen überlappend ausgeführt werden können.

(5) Die Einrichtungen des Aggregateschutzes von Antrieben des Sicherheitssystems, die zur Störfallbeherrschung notwendig sind und nicht vom Reaktorschutz angesteuert werden, müssen die Anforderungen der Absätze 1 bis 4 erfüllen und zusätzlich den störfallbedingten Umgebungsbedingungen genügen.

7.8 Unterlagen

(1) Die Unterlagen nach den Absätzen 2 und 3 müssen darlegen, dass die elektrischen Antriebe von Arbeitsmaschinen nach den sicherheitstechnischen Anforderungen ausgelegt, gefertigt, montiert und geprüft werden.

(2) Es sind folgende übergeordnete Unterlagen zu erstellen:

a) Auflistung der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems mit Angabe der Art der geforderten Störfallfestigkeit und mit Zuordnung zu den Arbeitsmaschinen und Aufstellungsorten.

b) Auflistung der technischen Anforderungen.

(3) Es sind folgende Unterlagen über die einzusetzenden elektrischen Antriebe von Arbeitsmaschinen zu erstellen:

a) Angabe der Daten der elektrischen Antriebe:

   aa) Hersteller,

   ab) Typbezeichnung,

   ac) Bemessungsleistung,

   ad) Betriebsart,

   ae) Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz,

   af) Bemessungsstrom und Anzugsstrom,

ag) Bemessungsdrehzahl,

ah) minimales Anzugsmoment bei der niedrigsten spezifizierten Klemmenspannung und bei maximaler Umgebungstemperatur, erforderlichenfalls bei Störfalltemperatur,

ai) Wärmeklasse,

ak) Schutzart und

al) Bauform.

b) Angaben über die zum Antrieb der Arbeitsmaschine erforderliche Leistung nach Abschnitt 7.2.

c) Angaben und Nachweise, dass die Anforderungen an die Auslegung nach Abschnitt 7 erfüllt werden.

d) Nachweis, dass der elektrische Antrieb für den Einsatz im Kernkraftwerk geeignet ist und die in Abschnitt 4 gestellten Anforderungen erfüllt werden.

e) Programm der vorgesehenen Inbetriebsetzungsprüfungen.

f) Programm der vorgesehenen wiederkehrenden Prüfungen.

8 Elektrotechnische Auslegung der Steuerelementantriebe

(1) An die elektrotechnische Auslegung der Steuerelementantriebe des Reaktorschnellabschaltsystems werden folgende Anforderungen gestellt:

a) Die Steuerelementantriebe sind auf die Umgebungsbedingungen bei bestimmungsgemäßem Betrieb und den zu betrachtenden Störfällen auszulegen.

b) Die Steuerelementantriebe und ihre Antriebssteuerung sind so auszulegen, dass die in der Störfallanalyse zugrunde gelegten Grenzen der Fahrgeschwindigkeiten eingehalten werden.

c) Bei gekühlten Antrieben muss die Antriebswicklung so ausgelegt sein, dass der Ausfall aktiver Komponenten des Kühlsystems für 30 min zulässig ist. Auf diese Auslegung darf verzichtet werden, wenn das Kühlsystem mit seinen aktiven Komponenten das Einzelfehlerkriterium erfüllt. Der Ausfall des Kühlsystems muss zu einer Gefahrenmeldung der Klasse I führen.

d) Falls in der Störfallanalyse vorausgesetzt wird, dass die Abschaltposition durch eine elektrische Nachlaufeinrichtung (z. B. Mutternachlauf) gesichert ist, muss der Antrieb bei Eintritt des Störfalls diesen Nachlauf ausführen können.

(2) Für die Auslöseschaltung des Reaktorschnellabschaltsystems sind hinsichtlich der Ausfallkombinationen die Anforderungen von KTA 3501 Abschnitt 4.1.3 einzuhalten, wobei systematische Ausfälle durch diversitäre Auslegung zu verhindern sind.

Hinweis:

Diese Forderung kann z. B. bei DWR-Anlagen (Steuerelementeinfall durch Schwerkraft) durch Abschalten der Stromversorgung der Steuerelementantriebe und durch Abschalten der zugehörigen Sammelschienenspannung mittels unterschiedlicher Schaltgeräte erfüllt werden.

(3) Durch Unterlagen ist darzulegen, dass die Anforderungen nach den Absätzen 1 und 2 erfüllt werden.

9 Grundsätzliche Anforderungen an Typprüfungen von elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems

(1) Typprüfungen sind zum Nachweis der spezifizierten Eigenschaften elektrischer Antriebe des Sicherheitssystems durchzuführen. Soll eine Baureihe einer Typprüfung unterzogen werden, ist die Zugehörigkeit der einzelnen Antriebstypen zu dieser Baureihe nachzuweisen.

(2) Die Ergebnisse von Typprüfungen nach DIN EN 60780-323 dürfen verwendet werden.

(3) Typprüfungen sollen an drei Ausfertigungen des jeweiligen Antriebstyps oder an ausgewählten Antrieben einer Baureihe durchgeführt werden.

(4) Vorliegende Betriebserfahrungen und die Ergebnisse durchgeführter Prüfungen dürfen bei der Typprüfung berücksichtigt werden, wenn die sicherheitstechnischen Anforderungen dieser Regel erfüllt werden.

(5) Für elektrische Betriebsmittel, z. B. elektrische Motoren, Betätigungsmagnete, Steckvorrichtungen oder Schalter, ist es zulässig, nach VDE-Bestimmungen durchgeführte Typprüfungen als Nachweis für die in diesen VDE-Bestimmungen spezifizierten Eigenschaften zu verwenden.

(6) Werden für den Einsatz im Sicherheitssystem sicherheitstechnische Eigenschaften erforderlich, die durch die Typprüfungen nach Absatz 2 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsprüfungen durchzuführen. Diese Forderung besteht insbesondere in folgenden Fällen:

a) Für elektrische Antriebe des Sicherheitssystems, die für einen betrieblichen Einsatz unter Strahlenbeanspruchung vorgesehen sind, ist die Strahlenbeständigkeit nachzuweisen. Hierzu ist eine Bestrahlungsprüfung durchzuführen oder ein theoretischer Nachweis zu erbringen. Für die beim theoretischen Nachweis verwendeten Daten sind die Quellen anzugeben. Beim experimentellen Nachweis sind Bedingungen einzuhalten, wie sie z. B. für Stellantriebe nach Abschnitt 10.3.4 Absätze 4 und 5 festgelegt sind.

b) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die elektrischen Antriebe im Rahmen der für sie spezifizierten Anforderungen den zu erwartenden induzierten Erschütterungen widerstehen. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihrem Schwingungsverhalten vergleichbaren elektrischen Antrieben dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

Hinweis:

Anforderungen an das Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit für maschinen- und elektrotechnische Anlagenteile sind in KTA 2201.4 angegeben. Beim experimentellen Nachweis sind Bedingungen einzuhalten, wie sie z. B. für Stellantriebe nach Abschnitt 10.3.6 festgelegt sind.

c) Für elektrische Antriebe des Sicherheitssystems, die unter den Bedingungen eines Störfalls, z. B. eines Kühlmittelverluststörfalls bei Leichtwasserreaktoren, ihre Funktion erfüllen müssen, ist der Nachweis der Störfallfestigkeit durch eine Typprüfung zu erbringen.

Hinweis:

Siehe hierzu die Bedingungen, wie sie z.B. für Stellantriebe nach Abschnitt 10.3.7 festgelegt sind.

(7) Es ist ein Prüfprogramm aufzustellen, das mindestens enthalten muss:

a) Beschreibung des Antriebs oder der Baureihe mit Zeichnungen, Stücklisten und Werkstoffangaben, sowie Beschreibung der vorgesehenen Werksprüfungen,

b) Kriterien für die Auswahl der Prüflinge,

c) Technische Daten zur Identifizierung der Prüflinge,

d) Maßblätter für den Prüfling,

e) Beschreibung der Prüfeinrichtung,

f) Umfang der Prüfschritte,

g) Reihenfolge der Prüfschritte und

h) für jeden Prüfschritt die Methode und Randbedingungen, die Zwischenprüfungen und die Prüfkriterien.

(8) Die Prüflinge sind der Werksfertigung zu entnehmen. Die vorgesehenen Werksprüfungen müssen durchgeführt und belegt sein. Als Ausgangsdaten und spätere Vergleichsdaten sind die Ergebnisse der bei der Werksprüfung am kompletten Antrieb durchzuführenden Prüfungen zu protokollieren.

(9) Bei Auftreten eines Ausfalles während der Typprüfung ist ein Untersuchungsbericht anzufertigen, der Angaben über die durchgeführte Untersuchung und eine Aussage über die ermittelte Ausfallursache enthält. Ergibt die Untersuchung das Vorhandensein eines systematischen Ausfalls, so sind Ertüchtigungsmaßnahmen vorzunehmen. Der Umfang der zu wiederholenden Typprüfung ist mit dem Sachverständigen abzustimmen. Liegt kein systematischer Ausfall vor, sind nach Instandsetzung des Prüflings die Prüfschritte der Typprüfung nach Wiederholung des unterbrochenen Prüfschrittes fortzusetzen.

(10) Die Typprüfung ist bestanden, wenn die Prüfung der vorgelegten Unterlagen keine Beanstandungen ergab und bei den praktischen Prüfungen die Funktionsfähigkeit nachgewiesen wurde.

10 Typprüfungen von Stellantrieben

10.1 Nachweis der Drehmomentauslegung

Die Auslegung der Stellantriebe nach den Anforderungen der Abschnitte 5.5, 5.6 und 5.8 Absatz 6 ist im Rahmen der Typprüfung nachzuweisen.

10.2 Festigkeitsnachweis

10.2.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Für alle bei elektrischem Betrieb im Kraftfluss liegenden Teile des Stellantriebes, der zwischengeschalteten Getriebe und der Fernantriebsteile ist eine Festigkeitsberechnung durchzuführen.

(2) Die Berechnung darf durch experimentelle Nachweise ersetzt oder ergänzt werden. Hierbei sind die gleichen Bedingungen zugrunde zu legen wie beim rechnerischen Nachweis. Für die experimentellen Nachweise ist ein Prüfprogramm aufzustellen und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

(3) Der rechnerische Nachweis der Festigkeit ist nach den Abschnitten 10.2.2 bis 10.2.5 zu erbringen. Die Beherrschung der äußeren Kräfte ist durch die praktische Typprüfung nach Abschnitt 10.3 oder durch Rechnung nachzuweisen. Dynamisch wirkende Belastungen dürfen durch statische Ersatzlasten berücksichtigt werden.

(4) Beim rechnerischen Nachweis der Festigkeit sind die Werkstoffkennwerte und die Deutschen Gütenormen zugrunde zu legen und anzugeben. Falls anwendbare Gütenormen nicht vorhanden sind, müssen die Festigkeitskennwerte und die Prüfanforderungen festgelegt werden. In diesem Fall ist der Nachweis, dass die Festigkeitskennwerte bei den verwendeten Werkstoffen eingehalten werden, für die im Kraftfluss liegenden Teile durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 Abschnitt 4.1 oder durch mechanische Erprobung, z. B. an einem Fertigteil je Fertigungslos, nach den festgelegten Prüfanforderungen zu erbringen.

10.2.2 Rechnerischer Nachweis der Festigkeit bei wiederholter Beanspruchung

Die Festigkeit bei wiederholter Beanspruchung ist rechnerisch nach a) oder b) nachzuweisen. Die Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit sind nach c) nachzuweisen.

Hinweis:
Die Berechnung mit Lastkollektiven darf z. B. nach KTA 3902 durchgeführt werden.

a) Die Dauerfestigkeit ist bei Stellantrieben mit Drehmomentabschalteinrichtung für das am Stellantrieb maximal zulässige einstellbare Abschaltdrehmoment, bei Stellantrieben ohne Drehmomentabschalteinrichtung für das Bemessungsdrehmoment nachzuweisen. Hierbei soll ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 2 gegenüber den Werkstoffkennwerten eingehalten werden.

b) Die Zeitfestigkeit ist bei den Beanspruchungen nach Abschnitt 5.4 einschließlich der Drehmomentenüberhöhungen nach Abschnitt 5.5 Absatz 1 nachzuweisen. Hierbei sind für Steuerantriebe grundsätzlich 5000 Lastkollektive zugrunde zu legen; Abweichungen von dieser Vorgabe sind in der Prüfdokumentation auszuweisen. Innerhalb eines Lastkollektivs soll das maximal zulässige einstellbare Abschaltdrehmoment

   ba) während 2 s mit 100 %,

   bb) während 0,1 s für

      bb1) Antriebe mit Verschiebeschneckentechnik mit 200 %

      bb2) Antriebe mit mechanischer Drehmomentbegrenzung (gesteuerte Reibungskupplung) mit einem gesicherten Überhöhungsfaktor gemäß Herstellerangabe

      und

   bc) während 57,9 s mit 50 %

   angenommen werden. Für Regelantriebe müssen abhängig von der vorgesehenen Betriebsart die Anzahl der Beanspruchungen in den Endlagen und die Lastkollektive spezifiziert und dem Nachweis der Zeitfestigkeit zugrunde gelegt werden. Hierbei soll ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 2 gegenüber den Werkstoffkennwerten eingehalten werden.

c) Für Zahnräder, Schnecken und Schneckenräder ist die Zahnfuß- und die Zahnflankentragfähigkeit nachzuweisen. Dabei ist für die Zahnflankentragfähigkeit ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 1,1 und für die Zahnfußfestigkeit ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 1,5 gegenüber den zu berechnenden Kenngrößen einzuhalten.

10.2.3 Rechnerischer Nachweis der Festigkeit bei statisch zu betrachtender Beanspruchung

(1) Teile, die bei einem Lastspiel nur einmal belastet werden, sind auf statische Beanspruchungen zu berechnen. Stellantriebe mit drehmomentabhängiger Absteuerung sind

a) mit dem zweifachen maximal zulässig einstellbaren Abschaltdrehmoment und

b) mit dem Drehmoment bei Versagen der Drehmomentbegrenzung und bei Handbetrieb

auf statische Beanspruchung zu berechnen.

(2) Für Normteile mit festgelegten Belastungsgrenzen (z. B. Spannstifte, Sicherungsringe) ist entsprechend der Belastungsart (z. B. Scherung, Biegung, Zug, Druck) nachzuweisen, dass die Beanspruchungsgrenzen nicht überschritten werden.

(3) Die festigkeitsmäßige Auslegung ist bei den Beanspruchungen, die bei einem Versagen der Drehmomentbegrenzung für den Stellantrieb auftreten können, z. B. bei einem Versagen der Drehmomentabschaltung oder bei einer Blockierung während einer Überbrückung der Drehmomentabschaltung, nachzuweisen. Als Beanspruchung bei solchen Funktionsstörungen ist das maximale Drehmoment des Antriebsmotors bei 110 % der Bemessungsspannung an den Motorklemmen einzusetzen. Der Festigkeitsberechnung sind zehn solche Funktionsstörungen zugrunde zu legen; ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 1,25 gegen Streckgrenze soll eingehalten werden.

(4) Kerbverzahnungen, Keilwellen und Passfedern sind auf Flächenpressung zu berechnen und dabei soll für eine Verbindung mit einer Passfeder für den Lastfall nach Absatz 1 a) ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 2,5 und für den Lastfall nach Absatz 1 b) ein Sicherheitsfaktor größer als oder gleich 1,6 gegen Streckgrenze eingehalten werden.

10.2.4 Rechnerischer Nachweis von Schraubverbindungen

(1) Für Schraubverbindungen, die durch den Kraftfluss belastet werden, ist die Mindestvorspannung unter Berücksichtigung von Anzugsmoment, Reibungszahlen und Werkstoff nach VDI 2230 Blatt 1 oder Blatt 2 nachzuweisen. Die Mindestvorspannung muss so groß sein, dass die auftretenden Drehmomente und Kräfte übertragen werden können. Bei reibschlüssiger Übertragung von Kräften ist mit einer Haftreibungszahl für Stahl auf Stahl (ungefettet) von $\mu = 0{,}15$ zu rechnen.

(2) Für die Flanschverbindung zwischen Stellantrieb und Armatur sind die maximal zulässige Schraubenvorspannkraft und die mindestens erforderliche Einschraubtiefe anzugeben und nachzuweisen.

Hinweis:

Die Dimensionierung der Flanschverbindung wird mit den Nachweisen für die Armatur überprüft.

10.2.5 Rechnerischer Nachweis für Wälzlager

(1) Für Wälzlager ist die Lebensdauer mit den Lastkollektiven nach Abschnitt 10.2.2 nachzuweisen. Für die Bemessung der Wälzlager sind die Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller anzuwenden. Dabei ist die nominelle Lebensdauer für 97 % Erlebenswahrscheinlichkeit anzusetzen.

Hinweis:

Hierbei ist die nominelle Lebensdauer (L 10) in den Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller mit 0,44 zu multiplizieren.

(2) Für die dynamische Belastung der Wälzlager ist die Rechenmethode der kubischen Mittelung zugelassen. Als statische Belastung der Wälzlager ist die maximale Last bei Funktionsstörungen des Stellantriebs anzusetzen.

10.3 Praktische Prüfung

10.3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Es gelten die grundsätzlichen Anforderungen für Typprüfungen elektrischer Antriebe des Sicherheitssystems nach Abschnitt 9.

(2) Für die Antriebsmotoren von Stellantrieben sind die Erwärmungsprobe nach DIN EN 60034-1 Abschnitt 8 und die Wicklungsprüfung nach DIN EN 60034-1 Abschnitt 9.2 nachzuweisen. Zusätzlich zu diesen Prüfungen sind für die Antriebsmotoren

a) die Prüfung des minimalen Anzugsmomentes bei der niedrigsten spezifizierten Klemmenspannung und bei der maximal zulässigen Wicklungstemperatur und
b) die Prüfung des maximalen Drehmomentes bei der höchsten spezifizierten Klemmenspannung und einer Wicklungstemperatur von 25 °C

nachzuweisen.

(3) Für eine Baureihe von Stellantrieben sind Typprüfungen nach Ablaufschema entsprechend **Bild 10-1** in folgendem Umfang durchzuführen:

a) Zum Nachweis der Lebensdauer ist grundsätzlich eine Typprüfung, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 10.3.4 und der Prüfung der mechanischen Lebensdauer nach Abschnitt 10.3.5 durchzuführen. Diese Typprüfung darf entfallen, wenn der Nachweis der Lebensdauer durch Betriebsbewährung erbracht wird.
b) Soweit für eine Baureihe von Stellantrieben Schwingfestigkeit verlangt wird und ein experimenteller Nachweis erforderlich ist, ist eine Typprüfung zum Nachweis der Schwingfestigkeit, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 10.3.4 und der Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 10.3.6 durchzuführen.
c) Soweit für eine Baureihe von Stellantrieben Störfallfestigkeit verlangt wird, ist eine Typprüfung zum Nachweis der Störfallfestigkeit, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 10.3.4 und der Prüfung der Störfallfestigkeit nach Abschnitt 10.3.7 durchzuführen.

(4) Bei den Typprüfungen ist die in **Bild 10-1** dargestellte Reihenfolge der Prüfschritte einzuhalten, wobei jeder Prüfling nur einer der Prüfungen nach Absatz 3 a) bis c) ausgesetzt werden muss. Werden am gleichen Prüfling mehr als eine der Prüfungen nach Absatz 3 a) bis c) durchgeführt, muss die Vorbeanspruchung nach Abschnitt 10.3.4 nur einmal bei der ersten der Prüfungen erfolgen.

(5) Vor und nach jedem Prüfschritt ist eine Zwischenprüfung durchzuführen. Hierbei ist eine Sichtprüfung der Prüflinge vorzunehmen und die Funktionsfähigkeit soll durch ein Lastspiel nach **Bild 10-4** ohne Nachbildung von Drehmomentüberhöhungen festgestellt werden. Dieses Lastspiel soll bei 100 % Bemessungsspannung durchgeführt werden. Vor jedem Prüfschritt ist eine Kontrolle der Prüfeinrichtung durchzuführen.

10.3.2 Auswahl der Prüflinge

(1) Die Auswahl der Prüflinge aus einer Baureihe soll nach den wesentlichen konstruktiven Kennwerten erfolgen. Hierzu gehören:

a) Baugrößen,
b) Drehmomente,
c) Bemessungsdrehzahlen,
d) Baugrößen der Antriebsmotoren,
e) Arten der Schalt- und Meldeeinrichtung,
f) Getriebearten und
g) Werkstoffe im Kraftfluss.

(2) Die Prüflinge sind so auszuwählen, dass hinsichtlich der wesentlichen Kennwerte eine Vergleichbarkeit mit den nicht geprüften Typen der Baureihe besteht und der durch die jeweilige Typprüfung nach Abschnitt 10.3.1 Absatz 3 a) oder b) oder c) am höchsten belastete Stellantrieb enthalten ist.

10.3.3 Fertigung der Prüflinge und Ermittlung der Ausgangsdaten

Die nach Abschnitt 10.3.2 ausgewählten Prüflinge sind der Werksfertigung als Stichproben zu entnehmen. Die nach Abschnitt 14 vorgeschriebenen Werksprüfungen müssen durchgeführt und belegt sein. Als Ausgangsdaten und spätere Vergleichsdaten sind die Ergebnisse der nach **Tabelle 14-1** Spalte 6 bei der Werksprüfung abschließend durchzuführenden Prüfungen zu protokollieren.

10.3.4 Vorbeanspruchung

(1) Zur thermischen Vorbeanspruchung der eingesetzten funktionsrelevanten, nichtmetallenen Werkstoffe ist unter Berücksichtigung der spezifizierten Einsatzzeit und der spezifizierten mittleren Umgebungstemperatur eine Beanspruchung mit erhöhter Temperatur vorzunehmen. Für Verschleißteile, die im Rahmen der betrieblichen Wartung erneuert werden (z. B. Dichtungen, Fett) darf eine entsprechende kürzere Einsatzzeit als für den gesamten elektrischen Antrieb zugrunde gelegt werden. Die Vorbeanspruchung soll nach der Arrheniusgleichung berechnet werden. Die n-Grad-Regel darf nur verwendet werden, wenn die Aktivierungsenergie der funktionsrelevanten Bauteile nicht bekannt, dagegen aber die materialabhängige Temperaturkonstante bekannt ist.

Hinweis:

n-Grad-Regel: $t_1 = t_2 \cdot 2^{\frac{T_2 - T_1}{n}}$

Arrheniusgleichung: $t_1 = t_2 \cdot e^{\frac{\Phi(T_2 - T_1)}{k \cdot T_2 \cdot T_1}}$

mit

t_1 : spezifizierte Einsatzzeit

t_2 : Prüfzeit, Vorbeanspruchungszeit

T_1 : spezifizierte mittlere Umgebungstemperatur, mit Berücksichtigung des Einflusses von Strahlungswärme und Wärmeleitung

T_2 : Prüftemperatur

Φ : Aktivierungsenergie des Materials

n : materialabhängige Temperaturkonstante

k : Boltzmann-Konstante

(2) Zur mechanischen Vorbeanspruchung eines Prüflings sind Lastspiele bei Bemessungsspannung, normaler Umgebungstemperatur und folgenden Bedingungen durchzuführen:

a) Steuerantriebe sind mit 2000 Lastspielen (Auf-Zu-Zyklus) mit drehmomentabhängigem Abschalten in beiden Endlagen beim maximal zulässigen einstellbaren Abschaltdrehmoment und einem Laufmoment größer als oder gleich 50 % des maximalen zulässigen einstellbaren Abschaltdrehmomentes sowie einer Laufzeit je Richtung größer als oder gleich 30 s zu beanspruchen. Dabei soll eine Drehmomentüberhöhung zwischen 120 % und 200 % des maximal zulässigen einstellbaren Drehmomentes erreicht werden (siehe **Bild 10-2**).

b) Regelantriebe sind mit einer zu spezifizierenden Anzahl von Belastungen in den Endlagen und zusätzlich mit einer zu spezifizierenden Betriebsart ohne Drehmomentbelastungen in den Endlagen, für eine zu spezifizierende Betriebszeit zu beanspruchen.

   Zu Beginn, in der Mitte und am Schluss der mechanischen Vorbeanspruchung sind bei je einem Lastspiel das Belastungsmoment und die Motorleistung über der Laufzeit zu registrieren.

(3) Zur Nachbildung von Belastungen durch Überdruck von außen ist ein Zyklus mit Erhöhung des umgebenden Luftdruckes auf 5 bar Überdruck folgendermaßen durchzuführen:

Anstiegszeit	im Bereich von 5 min bis 30 min,
Druckhaltezeit	im Bereich von 3 min bis 10 min,
Abfallzeit	im Bereich von 5 min bis 30 min.

(4) Für Stellantriebe, die für den betrieblichen Einsatz unter Strahlenbeanspruchung vorgesehen sind und nach Abschnitt 9 Absatz 6 a) einer Bestrahlungsprüfung zu unterziehen sind, sind die Prüfwerte für die Energiedosis und Energiedosisleistung in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen festzulegen. Für Stellantriebe, die im Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerks mit Leichtwasserreaktor eingesetzt werden sollen, ist am Prüfling eine Vorbeanspruchung durch Strahlung mit einer Energiedosisleistung von kleiner als oder gleich $5 \cdot 10^2$ Gy/h solange durchzuführen, bis der Prüfling eine Energiedosis von größer als oder gleich $5 \cdot 10^4$ Gy akkumuliert hat. Die genannten Dosis- und Dosisleistungswerte beziehen sich auf Luft und eine Photonenenergie im Bereich von 0,8 MeV bis 2 MeV.

(5) Die Bestrahlungsprüfung muss unter Erfüllung nachstehender Anforderungen erfolgen:

a) Die Bestrahlung des Prüflings darf mit Gamma-Strahlen unter atmosphärischen Bedingungen (Sauerstoffgehalt der Luft) erfolgen.

b) Die Messunsicherheit bei dem angewendeten dosimetrischen Messverfahren muss in das Messergebnis so eingerechnet werden, dass die nach Absatz 4 geforderte Prüfdosis erreicht wird. Die Wahl des Messverfahrens darf der prüfenden Stelle überlassen werden.

c) Der Prüfling soll einem Umgebungsklima mit einer Temperatur im Bereich von 18 °C bis 28 °C (Schwankungsbreite ± 5 K) und einer relativen Luftfeuchte kleiner als 75 % ausgesetzt werden. Kann die geforderte Temperaturkonstanz nicht sichergestellt werden, muss die Umgebungstemperatur während der Bestrahlung registriert werden.

(6) Zur Nachbildung der Belastung durch betriebliche Schwingungen, z. B. durch Rohrleitungsvibration, ist der Prüfling nacheinander in den drei Achsen einer Schwingungsbelastung mit Gleitsinusanregung und mit folgenden Werten zu unterziehen:

a) 10 Zyklen von 5 Hz bis 200 Hz bis 5 Hz mit 2 Oktaven/Minute,

b) im Bereich 5 Hz bis 18 Hz konstante Amplitude der Auslenkung ± 0,6 mm und

c) im Bereich 18 Hz bis 200 Hz konstante Amplitude der Beschleunigung $0{,}75 \cdot 9{,}81$ m/s^2.

   Hinweis:
   Eine gleichzeitige Schwingungsbelastung in drei Achsen ist ebenfalls zulässig.

Es ist zulässig, die Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 10.3.6 mit diesem Prüfschritt zusammenzulegen.

(7) Am Ende der Vorbeanspruchung sollen zur Ermittlung von Zwischenwerten die Messungen nach **Tabelle 14-1** Spalte 6, jedoch ohne elektrische Wicklungsprüfung, durchgeführt werden.

10.3.5 Prüfung der mechanischen Lebensdauer

(1) Zum Nachweis der Lebensdauer sind die Prüflinge, die nach Abschnitt 10.3.4 vorbeansprucht wurden, folgender Beanspruchung zu unterziehen:

a) Steuerantriebe mit 3000 Lastspielen nach **Bild 10-2**,

b) Regelantriebe mit der 1,5fachen Anzahl der nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 2 b) spezifizierten Anzahl von Beanspruchungen.

(2) Zu Beginn, in der Mitte und am Schluss der Prüfung der mechanischen Lebensdauer sind bei je einem Lastspiel das Belastungsmoment und die Motorleistung über der Zeit zu registrieren.

(3) Zur Ermittlung der Enddaten sind die Messungen nach **Tabelle 14-1** Spalte 6 durchzuführen. Anschließend ist der Prüfling zu zerlegen und die Teile sind auf Verschleiß zu untersuchen.

(4) Die Prüfung der mechanischen Lebensdauer ist bestanden, wenn sich keine Hinweise auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler ergeben haben.

10.3.6 Prüfung der Schwingfestigkeit

(1) Bei Stellantrieben, für die nach Abschnitt 9 Absatz 4 b) ein experimenteller Nachweis der Schwingfestigkeit erforderlich ist, muss dieser Nachweis durch eine Schwingungsprüfung an Prüflingen erbracht werden, die nach Abschnitt 10.3.4 vorbeansprucht wurden. Dabei ist nachzuweisen, dass bei induzierten Erschütterungen die Integrität und die Funktionsfähigkeit des Stellantriebs erhalten bleiben. Wird in besonderen Fällen die Funktion des Stellantriebs während der Einwirkung verlangt, sind die entsprechenden Prüfverfahren festzulegen.

   Hinweis:
   Falls z. B. Schalterfunktionen zu prüfen sind, ist während der Schwingungsprüfung zu messen, wie lange diese Schalter ungewollt öffnen oder schließen. Im Rahmen der Eignungsüberprüfung ist festzustellen, ob diese Zeiten in Zusammenwirken mit dem Steuerungssystem zulässig sind.

(2) Für eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen induzierte Erschütterungen im Frequenzbereich 1 Hz bis 35 Hz,

z. B. durch Erdbeben, darf der Frequenzbereich auf 5 Hz bis 35 Hz eingeschränkt werden, wenn der Prüfling unter 10 Hz keine Resonanz (keine Überhöhung größer als 2) hat. Als Prüfanregung darf wahlweise Gleitsinus oder Sinusschwebung mit den folgenden Bedingungen verwendet werden:

a) Bei Gleitsinus-Anregung:
   aa) Im Frequenzbereich ca. 5 Hz bis 35 Hz konstante Amplitude der Beschleunigung $4{,}5 \cdot 9{,}81\ m/s^2$. Im Frequenzbereich unter ca. 5 Hz konstante Amplitude der Auslenkung ± 50 mm,
   ab) Durchlaufgeschwindigkeit: 1 Oktave/Minute und
   ac) Prüfung in jeder Achse mit 1 Zyklus.

b) Bei Sinusschwebung-Anregung:
   ba) Prüfamplitude: $4{,}5 \cdot 9{,}81\ m/s^2$,
   bb) 5 Schwingungspakete je Prüffrequenz und Achse,
   bc) 5 Sinusschwingungen je Schwingungspaket und
   bd) Abstand der Prüffrequenzen 1/3 Oktave.

(3) Für eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen induzierte Erschütterungen im Frequenzbereich 5 Hz bis 100 Hz, z. B. durch Flugzeugabsturz, darf als Prüfanregung wahlweise Gleitsinus oder Sinusschwebung mit folgenden Bedingungen verwendet werden:

a) Bei Gleitsinus-Anregung:
   aa) Konstante Amplitude der Beschleunigung $5 \cdot 9{,}81\ m/s^2$,
   ab) Durchlaufgeschwindigkeit:
   kleiner als oder gleich 10 Oktaven/Minute und
   ac) Prüfung in jeder Achse mit 1 Zyklus.

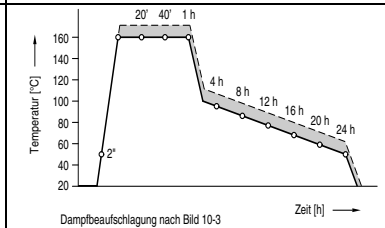
b) Bei Sinusschwebung-Anregung:
   ba) Prüfamplitude: $5 \cdot 9{,}81\ m/s^2$,
   bb) 1 Schwingungspaket je Prüffrequenz und Achse,
   bc) 4 Sinusschwingungen je Schwingungspaket und
   bd) Abstand der Prüffrequenzen 1/3 Oktave.

(4) Zur Ermittlung der Enddaten sind die Messungen nach **Tabelle 14-1** Spalte 6 durchzuführen.

(5) Die Prüfung der Schwingfestigkeit ist bestanden, wenn sich keine Hinweise auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler ergeben haben.

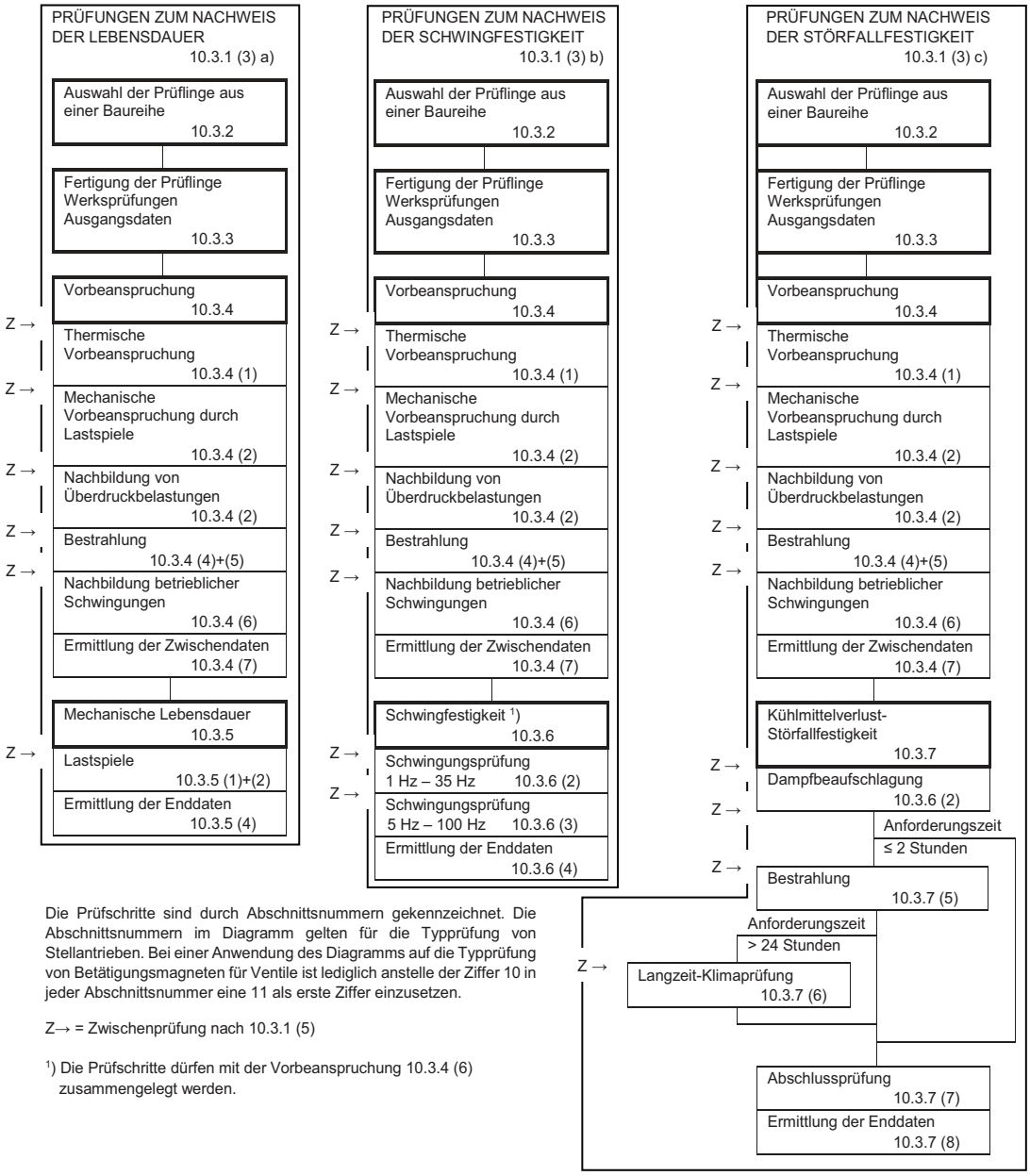
(6) Die Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 10.3.6 darf mit der Vorbeanspruchung zur Nachbildung betrieblicher Schwingungen nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 6 zusammengelegt werden.

Hinweis:
Eine gleichzeitige Schwingungsbelastung in drei Achsen ist ebenfalls zulässig.

Prüfschritte Abschnitt 10.3.7			(3)														(4)		(5)																(6)	(7)
Art der Prüfung	Prüfbedingungen Prüfvorschriften	Zwischenprüfung nach 10.3.1 (5)	 Dampfbeaufschlagung nach Bild 10-3													Zwischenprüfung nach 10.3.1 (5)	2. Bestrahlung	Zwischenprüfung nach 10.3.1 (5)	Langzeit-Klimaprüfung in Tagen															Abschlussprüfung	Ermittlung Enddaten
Prüfung bei Zeitpunkt				2'	20'	40'	1h	2h	4h	8h	12h	16h	20h	24h					4.	8.	12.	16.	20.	24.	28.	32.	36.	40.	44.	48.	52.	56.		
Funktionsprüfung bei Betriebsspannung in % U_N	1 Lastspiel nach 10.3.1 (5)	100	80 110	80	100	110	80	100	100	100	100	100	100	100	80 110	100		100														100	100
Wicklungsprüfung mit Prüfspannung	VDE 0530 Teil 1 Abschn. 17																															$2 \times U_N$	$2 \times U_N$
Kontrolle der Prüfeinrichtung		•	•												•	•	•	•														•	•
Sichtprüfung		•	•												•	•	•	•														•	•
Schaltstoßspannung	3 Impulse 250/2500 VDE 0432 Teil 2 Abschn. 13 Motor: 1900 V Steuerung: 300 V		•	•		•							•	•																			
Isolationswiderstand im Steuerkreis *)			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Belastungsmoment			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Motorwirkleistung			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Motorphasenstrom			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																			
Betriebsspannung			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																			
Funktion der Schalter			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Laufzeit auf/zu			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																			
Druck				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																				
Temperatur				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					• →	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
Feuchte																			• →	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
Strahlendosis																	•																	
Borzusatz																			• →	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
Sichtprüfung demontiert																																		•
Prüfumfang bei Anforderungszeit: ≤ 2 Stunden (Kurzzeit) A_{2h} + D ≤ 24 Stunden (Mittelzeit) A_{24h} + B + D > 24 Stunden (Langzeit) A_{24h} + B + C + D			A_{2h}												A_{24h}		B		C														D	

*) Der Isolationswiderstand im Steuerkreis ergibt sich aus der Zusammenfassung der Einzelwiderstände des Stellantriebs sowie der Kabel und Durchführungen der Prüfanordnung. Der Isolationswiderstand darf 1kΩ je Volt der spezifizierten Bemessungsspannung des Steuerkreises nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung muss mindestens 100 V betragen.

Tabelle 10-1: Prüfungen und Messungen während der Prüfung der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Steuerantrieben (DWR 1300 MW, elektrisch)

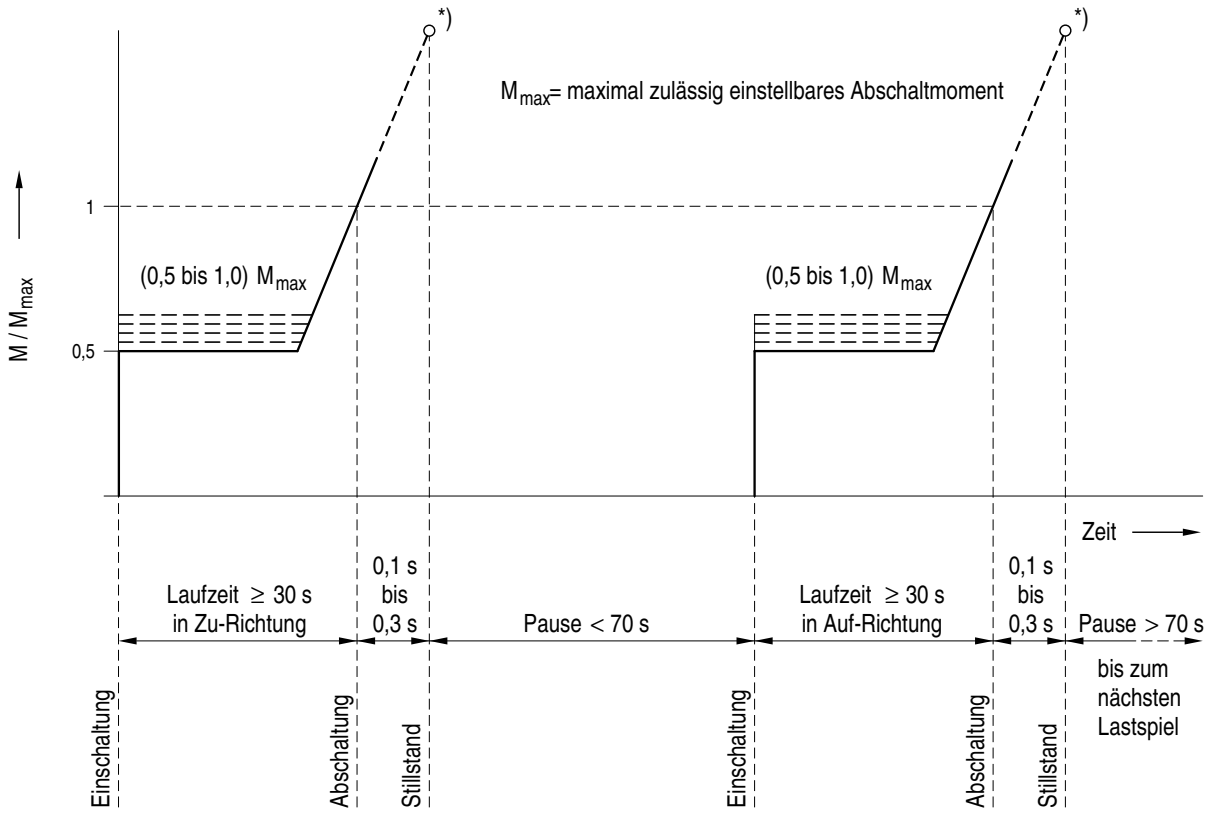


Die Prüfschritte sind durch Abschnittsnummern gekennzeichnet. Die Abschnittsnummern im Diagramm gelten für die Typprüfung von Stellantrieben. Bei einer Anwendung des Diagramms auf die Typprüfung von Betätigungsmagneten für Ventile ist lediglich anstelle der Ziffer 10 in jeder Abschnittsnummer eine 11 als erste Ziffer einzusetzen.

Z→ = Zwischenprüfung nach 10.3.1 (5)

1) Die Prüfschritte dürfen mit der Vorbeanspruchung 10.3.4 (6) zusammengelegt werden.

Bild 10-1: Prüfschritte der praktischen Typprüfungen für eine Baureihe von Stellantrieben nach Abschnitt 10 oder eine Baureihe von Betätigungsmagneten für Ventile nach Abschnitt 11



*) Momentüberhöhung (1,2 bis 2) M_{max}

Bild 10-2: Programm für das Lastspiel eines Steuerantriebes bei der Vorbeanspruchung und der Lebensdauerprüfung

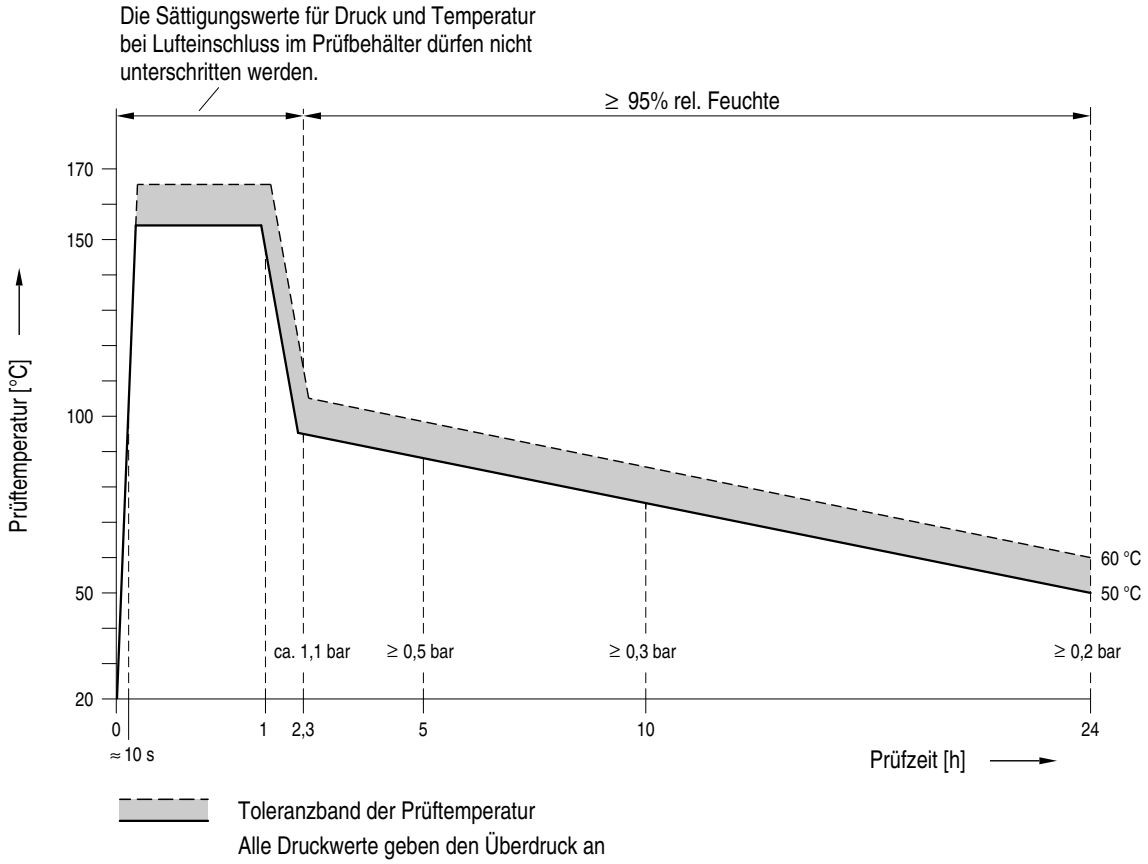
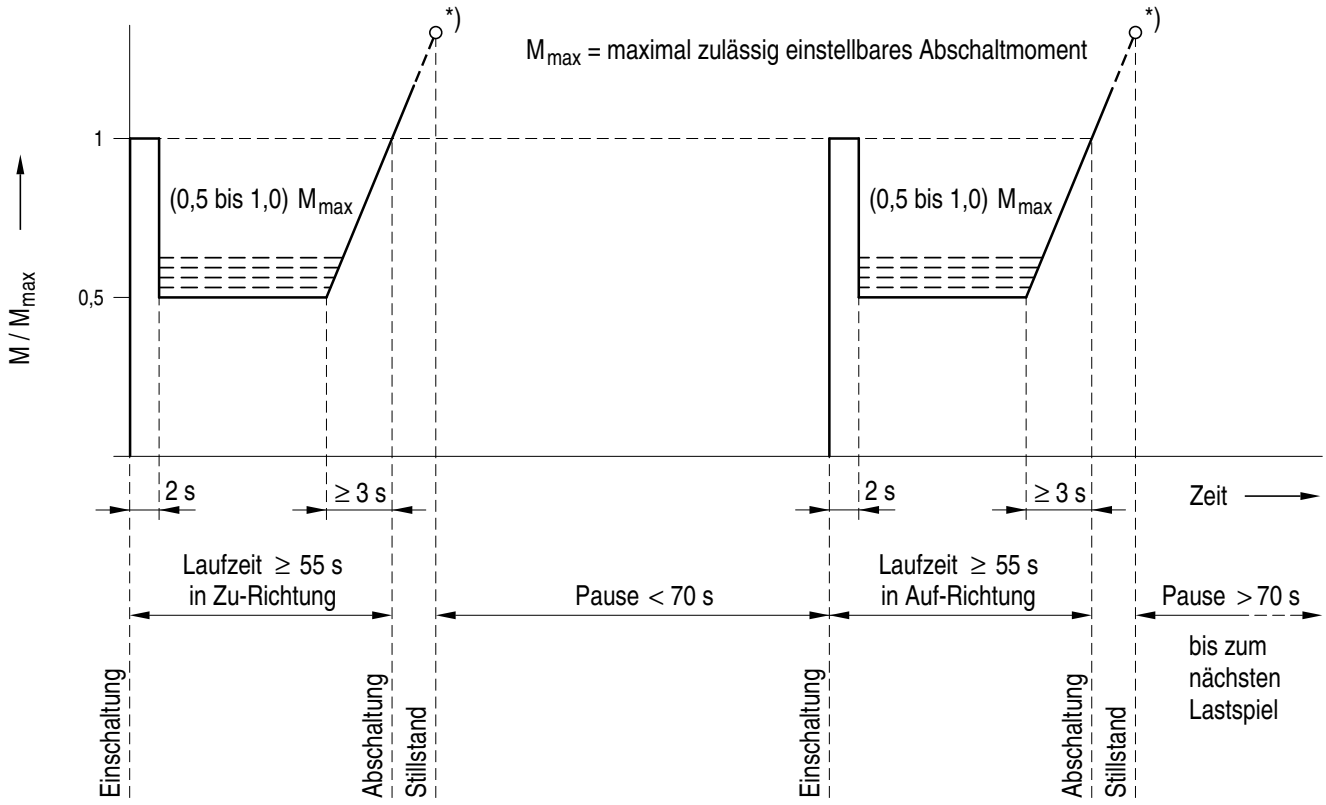


Bild 10-3: Bedingungen der Dampfbeaufschlagung bei der Prüfung der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit (DWR 1300 MW, elektrisch)



*) Nur Auslauf, keine Drehmomentüberhöhung

Bild 10-4: Programm für das Lastspiel eines Steuerantriebes bei der Funktionszwischenprüfung nach Abschnitt 10.3.1 Abs. 5

10.3.7 Prüfung der Störfallfestigkeit

(1) Falls nach Abschnitt 5.10 eine Auslegung für die Bedingungen eines Störfalls verlangt wird, muss der Belastungsverlauf während der Prüfung in einem Diagramm (Prüfkurve) festgelegt werden. Hierin sollen die Werte für Druck, Temperatur und Feuchte, Anstiegs-, Abfall- und Verweilzeiten und deren zulässige Abweichungen vorgegeben werden. Liegt während des Störfalls eine Strahlenbeanspruchung vor, sind die Prüfwerte für die Energiedosis und Energiedosisleistung in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen festzulegen. Der Prüfling ist diesen Belastungen auszusetzen.

(2) Wird nach Abschnitt 5.10 eine Auslegung für die Bedingungen eines Kühlmittelverluststörfalles im Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerks mit Leichtwasserreaktor verlangt, sind an Stellantrieben, die nach Abschnitt 10.3.4 vorbeansprucht wurden, die nachfolgenden Prüfungen durchzuführen. In die Prüfungen sind die Schnittstellen zu anderen Komponenten, z. B. Kabel und Kabelanschluss-Stellen, einzubeziehen.

(3) Der Prüfling ist einer Dampfbeaufschlagung mit Druck, Temperatur und Feuchte mit den Bedingungen nach **Bild 10-3** auszusetzen. Bei Steuerantrieben sind Funktionsprüfungen und Messungen nach **Tabelle 10-1** durchzuführen. Für Regelantriebe sind die Funktionsprüfungen und Messungen zu spezifizieren.

(4) Für KMV-Störfälle außerhalb des Sicherheitsbehälters (FD-Armaturenkammer, Ringraum) und andere Anlagen als der DWR 1300 gelten entsprechende Anforderungen die jeweils zu spezifizieren sind. Die jeweils zugrunde zu legenden Prüfkurven sind den Bildern 5-3, 5-4 und 5-5 der KTA 3505 zu entnehmen.

(5) Für eine spezifizierte Anforderungszeit mit mehr als 2 h nach Störfalleintritt ist der Prüfling einer Bestrahlungsprüfung zu unterziehen und dabei mit einer Energiedosisleistung von kleiner als oder gleich $5 \cdot 10^2$ Gy/h so lange zu bestrahlen, bis der Prüfling zusätzlich zur Vorbeanspruchung nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 4 eine weitere Energiedosis von größer als oder gleich $2 \cdot 10^5$ Gy akkumuliert hat. Die genannten Dosis- und Dosisleistungswerte beziehen sich auf Luft und eine Photonenenergie im Bereich von 0,8 MeV bis 2 MeV. Die Bestrahlungsprüfung muss unter den in Abschnitt 10.3.4 Absatz 5 festgelegten Anforderungen erfolgen.

(6) Für eine spezifizierte Anforderungszeit mit mehr als 24 h nach Störfalleintritt sollen als Langzeitprüfung zur Nachbildung der Einwirkungen von Temperatur, Feuchte und korrosiven Medien die Prüflinge einer Klimaprüfung von 56 Tagen mit 75 °C und größer als oder gleich 95 % relativer Luftfeuchte ausgesetzt werden. Korrosive Einflüsse durch den Borgehalt der Störfallumgebung bei Druckwasserreaktor-Anlagen sollen durch Besprühen mit boriertem Wasser (Borgehalt größer als oder gleich 20 mg/kg) simuliert werden. Während dieser Klimaprüfung sind die Messungen nach **Tabelle 10-1** durchzuführen.

(7) Bei Anforderungszeiten bis 2 h sind anschließend an die Dampfbeaufschlagung nach Absatz 3, bei Anforderungszeiten bis 24 h sind anschließend an die Bestrahlung nach Absatz 5, bei Anforderungszeiten über 24 Stunden sind anschließend an die Langzeitprüfung nach Absatz 6 die Messungen nach **Tabelle 10-1** Spalte „Abschlussprüfung“ durchzuführen.

(8) Zur Ermittlung der Enddaten sind am trockenen Prüfling bei Raumtemperatur Messungen nach **Tabelle 14-1** Spalte 6 durchzuführen, wo bei die Wicklungsprüfung mit der doppelten Bemessungsspannung ausreichend ist.

(9) Die Prüfung der Störfallfestigkeit ist bestanden, wenn die vorgegebenen Sollwerte eingehalten und das abschließende Lastspiel ordnungsgemäß durchgeführt worden sind.

11 Typprüfungen von Betätigungsmagneten für Ventile

11.1 Nachweis der Magnetkraftauslegung

Die Auslegung der Betätigungsmagnete für Ventile nach den Anforderungen des Abschnitts 6.3 ist im Rahmen der Typprüfung nachzuweisen.

11.2 Festigkeitsnachweis

Für die im Kraftfluss liegenden Teile von Betätigungsmagneten soll ein theoretischer Festigkeitsnachweis erbracht werden.

11.3 Praktische Prüfung

11.3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Es gelten die grundsätzlichen Anforderungen für Typprüfungen elektrischer Antriebe des Sicherheitssystems nach Abschnitt 9. Die Prüfungen sollen am ganzen Magnetventil (Betätigungsmagnet und Ventil) durchgeführt werden. Wird das Ventil durch eine Belastungseinrichtung ersetzt, ist diese im Typprüfprogramm zu beschreiben.

(2) Für die Betätigungsmagnete von Ventilen sind die Typprüfungen nach DIN VDE 0580 Abschn. 5.1 sowie Abschn. 5.3 bis 5.9 nachzuweisen. Hierbei ist die niedrigste spezifizierte Klemmenspannung nach Abschnitt 6.3 Absatz 1 zugrunde zu legen.

(3) Für eine Baureihe von Betätigungsmagneten für Ventile sind Typprüfungen nach Ablaufschema **Bild 10-1** in folgendem Umfang durchzuführen:

a) Zum Nachweis der Lebensdauer ist grundsätzlich eine Typprüfung, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 11.3.4 und der Prüfung der mechanischen Lebensdauer nach Abschnitt 11.3.5 durchzuführen. Diese Typprüfung darf entfallen, wenn der Nachweis der Lebensdauer durch Betriebsbewährung erbracht wird.

b) Soweit für eine Baureihe Schwingfestigkeit verlangt wird und ein experimenteller Nachweis erforderlich ist, ist eine Typprüfung zum Nachweis der Schwingfestigkeit, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 11.3.4 und der Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 11.3.6 durchzuführen.

c) Soweit für eine Baureihe Störfallfestigkeit verlangt wird, ist eine Typprüfung zum Nachweis der Störfallfestigkeit, bestehend aus der Vorbeanspruchung nach Abschnitt 11.3.4 und der Prüfung der Störfallfestigkeit nach Abschnitt 11.3.7 durchzuführen.

(4) Bei den Typprüfungen ist die in **Bild 10-1** dargestellte Reihenfolge der Prüfschritte einzuhalten, wobei jeder Prüfling nur einer der Prüfungen nach Absatz 3 a) bis c) ausgesetzt werden muss. Werden am gleichen Prüfling mehr als eine der Prüfungen nach Absatz 3 a) bis c) durchgeführt, muss die Vorbeanspruchung nach Abschnitt 11.3.4 nur einmal bei der ersten der Prüfungen erfolgen.

(5) Vor und nach jedem Prüfschritt ist eine Zwischenprüfung durchzuführen. Hierbei ist eine Sichtprüfung der Prüflinge vorzunehmen. Die Funktionsfähigkeit soll durch ein Arbeitsspiel (Einschalt- und Ausschaltvorgang) festgestellt werden. Dieses Arbeitsspiel soll bei 90 % des oberen Grenzwertes des Klemmenspannungsbereichs nach **Tabelle 6-1** durchgeführt werden. Vor jedem Prüfschritt ist eine Kontrolle der Prüfeinrichtung durchzuführen.

11.3.2 Auswahl der Prüflinge

Die Auswahl der Prüflinge aus einer Baureihe von Betätigungsmagneten für Ventile soll nach den wesentlichen konstruktiven Kennwerten erfolgen. Hierzu gehören:

a) Baugrößen,
b) Hubkräfte, Rückstellkräfte,
c) Bauarten der Betätigungsmagnete,
d) Bereich der Klemmenspannung,
e) Art der Meldeeinrichtung und
f) Werkstoffe im Kraftfluss.

Die Prüflinge sind so auszuwählen, dass hinsichtlich der wesentlichen Kennwerte eine Vergleichbarkeit mit den nicht geprüften Typen der Baureihe besteht und dass das durch die jeweilige Typprüfung nach Abschnitt 11.3.1 Absatz 3 a) oder b) oder c) am höchsten belastete Magnetventil enthalten ist.

11.3.3 Fertigung der Prüflinge und Ermittlung der Ausgangsdaten

Die nach Abschnitt 11.3.2 ausgewählten Prüflinge sind der Werksfertigung als Stichproben zu entnehmen. Die nach Abschnitt 14 vorgeschriebenen Werksprüfungen müssen durchgeführt und belegt sein. Als Ausgangsdaten und spätere Vergleichsdaten sind die Ergebnisse der nach **Tabelle 14-2** Spalte 2 bei der Werksprüfung abschließend durchzuführenden Prüfungen zu protokollieren.

11.3.4 Vorbeanspruchung

(1) Zur thermischen Vorbeanspruchung der eingesetzten funktionsrelevanten nichtmetallenen Werkstoffe der Prüflinge ist unter Berücksichtigung der spezifizierten Einsatzzeit und der spezifizierten mittleren Umgebungstemperatur eine Beanspruchung mit erhöhter Temperatur vorzunehmen. Hierbei gelten die Bedingungen nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 1. Bei Betätigungsmagneten, die für Dauerbetrieb während der betrieblichen Einsatzzeit vorgesehen sind, ist bei der spezifizierten Umgebungstemperatur T_1 der Einfluss der Eigenerwärmung der Magnetspule für die aufsummierte Einschaltzeit zusätzlich zu berücksichtigen. Hierzu soll die ermittelte Prüftemperatur T_2 der Magnetwicklung durch Strombeaufschlagung hergestellt werden, um Heißpunktstellen innerhalb der Wicklung zu simulieren.

(2) Zur mechanischen Vorbeanspruchung eines Prüflings sind Arbeitsspiele beim oberen Grenzwert des Klemmenspannungsbereichs, bei normaler Umgebungstemperatur und folgenden Bedingungen durchzuführen:

a) Bei Magnetventilen mit einer steuerungstechnischen Aufgabenstellung sind die Prüflinge mit 2000 Arbeitsspielen (Einschalt- und Ausschaltvorgang) bei einer relativen Einschaltdauer von 50 % (Einschaltdauer = 50 % der Spieldauer) zu beanspruchen. Dabei soll der Betätigungsmagnet mit einer Gegenkraft belastet werden, deren Kennlinie bei Gleichstrommagneten bei etwa 50 % der statischen Magnetkraft-Hubkennlinie liegt.

b) Bei Magnetventilen mit einer regelungstechnischen Aufgabenstellung sind die Prüflinge mit einer zu spezifizierenden Anzahl von Arbeitsspielen mit einem zu spezifizierenden Hubweg und einer zu spezifizierenden relativen Einschaltdauer für eine zu spezifizierende Betriebszeit zu beanspruchen.

   Zu Beginn und am Schluss der mechanischen Vorbeanspruchung sind bei je einem Arbeitsspiel die Belastungskraft der Prüfeinrichtung und die Magnetkraft über dem Hub bei Bemessungsstrom zu registrieren.

(3) Zur Nachbildung von Belastungen durch Überdruck von außen ist ein Zyklus mit Erhöhung des umgebenden Luftdruckes auf 5 bar Überdruck folgendermaßen durchzuführen:

Anstiegszeit	im Bereich von 5 min bis 30 min,
Druckhaltezeit	im Bereich von 3 min bis 10 min und
Abfallzeit	im Bereich von 5 min bis 30 min.

Diese Prüfung darf entfallen, wenn nachgewiesen wird, dass diese Überdruckbelastungen keinen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit haben können.

(4) Sind Magnetventile für den betrieblichen Einsatz unter Strahlenbeanspruchung vorgesehen und die Prüflinge nach Abschnitt 9 Absatz 6 a) einer Bestrahlungsprüfung zu unterziehen, sind die Prüfwerte für die Energiedosis und Energiedosisleistung in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen festzulegen. Es gelten die weiteren Bedingungen nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 4.

(5) Die Bestrahlungsprüfung muss unter Erfüllung der Anforderungen nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 5 erfolgen.

(6) Zur Nachbildung der Belastung durch betriebliche Schwingungen, z. B. durch Rohrleitungsvibration, ist der Prüfling nacheinander in den drei Achsen einer Schwingungsbelastung mit Gleitsinusanregung und mit Werten nach Abschnitt 10.3.4 Absatz 6 zu unterziehen. Es ist zulässig, die Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 11.3.6 mit diesem Prüfschritt zusammenzulegen. Eine gleichzeitige Schwingungsbelastung in drei Achsen ist ebenfalls zulässig.

(7) Am Ende der Vorbeanspruchung sollen zur Ermittlung von Zwischenwerten die Messungen nach **Tabelle 14-2** Spalte 2, jedoch ohne Spannungsprüfung, durchgeführt werden.

11.3.5 Prüfung der mechanischen Lebensdauer

(1) Zum Nachweis der Lebensdauer sind die Prüflinge, die nach Abschnitt 11.3.4 vorbeansprucht wurden, folgender Beanspruchung zu unterziehen:

a) Bei Magnetventilen mit einer steuerungstechnischen Aufgabenstellung sind die Prüflinge mit 3000 Arbeitsspielen und mit den Belastungen nach Abschnitt 11.3.4 Absatz 2 a) zu beanspruchen.
b) Bei Magnetventilen mit einer regelungstechnischen Aufgabenstellung sind die Prüflinge der 1,5 fachen Anzahl der nach Abschnitt 11.3.4 Absatz 2 b) spezifizierten Anzahl von Beanspruchungen zu unterziehen.

(2) Zu Beginn und am Schluss der Prüfung der Lebensdauer sind bei je einem Arbeitsspiel die Belastungskraft der Prüfeinrichtung und die Magnetkraft über dem Hub bei Bemessungsstrom zu registrieren.

(3) Zur Ermittlung der Enddaten sind die Messungen nach **Tabelle 14-2** Spalte 2 durchzuführen. Anschließend ist der Prüfling zu zerlegen und die Teile sind auf Verschleiß zu untersuchen.

(4) Die Prüfung der Lebensdauer ist bestanden, wenn sich keine Hinweise auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler ergeben haben.

11.3.6 Prüfung der Schwingfestigkeit

(1) Bei Magnetventilen, für die nach Abschnitt 9 Absatz 6 b) ein experimenteller Nachweis der Schwingfestigkeit erforderlich ist, muss dieser Nachweis durch eine Schwingungsprüfung an Prüflingen erbracht werden, deren Betätigungsmagnete nach Abschnitt 11.3.4 vorbeansprucht wurden. Dabei ist nachzuweisen, dass bei induzierten Erschütterungen die Integrität und die Funktionsfähigkeit des Prüflings erhalten bleiben. Wenn während der Schwingungseinwirkung ein ungewolltes Öffnen oder Schließen des Ventils nicht zulässig ist, ist ein Prüfverfahren festzulegen mit dem diese Eigenschaften nachgewiesen werden.

H i n w e i s :
Falls z. B. Schalterfunktionen zu prüfen sind, ist während der Schwingungsprüfung zu messen, wie lange diese Schalter ungewollt öffnen oder schließen. Im Rahmen der Eignungsüberprüfung ist festzustellen, ob diese Zeiten in Zusammenwirken mit dem Steuerungssystem zulässig sind.

(2) Für eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen induzierte Erschütterungen im Frequenzbereich 1 Hz bis 35 Hz, z. B. durch Erdbeben, sind die Bedingungen nach Abschnitt 10.3.6 Absatz 2 einzuhalten.

(3) Für eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen induzierte Erschütterungen im Frequenzbereich 5 Hz bis 100 Hz, z. B. durch Flugzeugabsturz, sind die Bedingungen nach Abschnitt 10.3.6 Absatz 3 einzuhalten.

(4) Zur Ermittlung der Enddaten sind die Messungen nach **Tabelle 14-2** Spalte 2 durchzuführen.

(5) Die Prüfung der Schwingfestigkeit ist bestanden, wenn sich keine Hinweise auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder sonstige systematische Fehler ergeben haben.

(6) Die Prüfung der Schwingfestigkeit nach Abschnitt 11.3.6 darf mit der Vorbeanspruchung zur Nachbildung betrieblicher Schwingungen nach Abschnitt 11.3.4 Absatz 6 zusammengelegt werden.

11.3.7 Prüfung der Störfallfestigkeit

(1) Falls nach Abschnitt 6.5 eine Auslegung für die Bedingungen eines Störfalls verlangt wird, muss der Belastungsverlauf während der Prüfung in einem Diagramm (Prüfkurve) festgelegt werden. Hierin sollen die Werte für Druck, Temperatur und Feuchte, Anstiegs-, Abfall- und Verweilzeiten und deren zulässige Abweichungen vorgegeben werden. Liegt während des Störfalls eine Strahlenbeanspruchung vor, sind die Prüfwerte für die Energiedosis und Energiedosisleistung in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen festzulegen. Der Prüfling ist diesen Belastungen auszusetzen.

(2) Wird nach Abschnitt 6.5 eine Auslegung für die Bedingungen eines Kühlmittelverluststörfalles im Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerks mit Leichtwasserreaktor verlangt, sind an Prüflingen, die nach Abschnitt 11.3.4 vorbeansprucht wurden, die nachfolgenden Prüfungen durchzuführen. In die Prüfungen sind die Schnittstellen zu anderen Komponenten, z. B. Kabel und Kabelanschluss-Stellen, einzubeziehen.

(3) Der Prüfling ist einer Dampfbeaufschlagung mit Druck, Temperatur und Feuchte mit den Bedingungen nach **Bild 10-3** auszusetzen, wobei die obere Temperaturspitze auf drei Stunden zu verlängern ist, um die Beanspruchung des Betätigungsmagneten für Dauerbetrieb nachzuweisen. Bei Magnetventilen mit steuerungstechnischer Aufgabenstellung sind Funktionsprüfungen und Messungen nach **Tabelle 11-1** durchzuführen. Für Magnetventile mit einer regelungstechnischen Aufgabenstellung sind die Funktionsprüfungen und Messungen zu spezifizieren.

(4) Für KMV-Störfälle außerhalb des Sicherheitsbehälters (FD-Armaturenkammer, Ringraum) und andere Anlagen als der DWR 1300 gelten entsprechende Anforderungen die jeweils zu spezifizieren sind. Die jeweils zugrunde zu legenden Prüfkurven sind den Bidern 5-3, 5-4 und 5-5 der KTA 3505 zu entnehmen.

(5) Für eine spezifizierte Anforderungszeit mit mehr als 2 h nach Störfalleintritt ist der Prüfling einer Bestrahlungsprüfung mit den Bedingungen nach Abschnitt 10.3.7 Absatz 5 zu unterziehen.

(6) Für eine spezifizierte Anforderungszeit mit mehr als 24 h nach Störfalleintritt ist der Prüfling einer Langzeitprüfung mit den Bedingungen nach Abschnitt 10.3.7 Absatz 6 zu unterziehen; dabei sind die Messungen nach **Tabelle 11-1** durchzuführen.

(7) Bei Anforderungszeiten bis 2 h sind anschließend an die Dampfbeaufschlagung nach Absatz 3, bei Anforderungszeiten

bis 24 h sind anschließend an die Bestrahlung nach Absatz 5, bei Anforderungszeiten über 24 h sind anschließend an die Langzeitprüfung nach Absatz 6 die Messungen nach **Tabelle 11-1**, Spalte „Abschlussprüfung“ durchzuführen.

(8) Zur Ermittlung der Enddaten sind am trockenen Prüfling bei Raumtemperatur Messungen nach **Tabelle 14-2** Spalte 2 durchzuführen, wobei die Spannungsprüfung mit dem doppelten Wert des oberen Grenzwertes des Klemmenspannungsbereichs nach **Tabelle 6-1** ausreichend ist.

(9) Die Prüfung der Störfallfestigkeit ist bestanden, wenn die vorgegebenen Sollwerte eingehalten und das abschließende Lastspiel ordnungsgemäß durchgeführt worden sind.

12 Typprüfungen von elektrischen Antrieben von Arbeitsmaschinen

(1) Es gelten die grundsätzlichen Anforderungen für Typprüfungen elektrischer Antriebe des Sicherheitssystems nach Abschnitt 9.

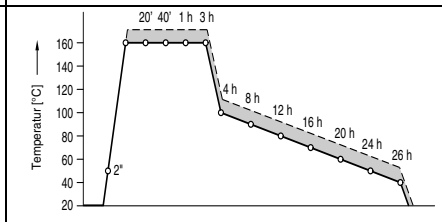
(2) Für die Antriebsmotoren von Arbeitsmaschinen sind nach DIN EN 60034-1 die Erwärmungsprobe nach Abschnitt 8 und die Wicklungsprüfung nach Abschnitt 9.2 nachzuweisen. Zusätzlich ist die Prüfung des minimalen Anzugsmomentes nachzuweisen. Falls die Prüfung des Anzugsmomentes nicht bei der niedrigsten spezifizierten Klemmenspannung nach Abschnitt 7.2 erfolgt ist, ist die entsprechende Änderung des Anzugsmomentes zu ermitteln.

(3) Werden für den Einsatz im Sicherheitssystem sicherheitstechnische Eigenschaften erforderlich, die durch die Typprüfungen nach den Absätzen 1 und 2 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsprüfungen durchzuführen. Hierbei sind die Anforderungen nach Abschnitt 9 Absatz 6 einzuhalten.

13 Eignungsüberprüfung von elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems

(1) Durch Unterlagen nach den Abschnitten 5.13, 6.7, 7.8 und 8 Absatz 3 ist für die Eignungsüberprüfung nachzuweisen, inwieweit die in den geplanten Einsatzfällen in der Anlage zu unterstellenden Umgebungsbedingungen durch die anlagenunabhängig festgelegten Prüfbedingungen der Typprüfungen nach Abschnitt 9 erfasst werden.

(2) Falls bei den Typprüfungen mit niedrigeren Werten geprüft wurde, als für die Anlage unterstellt wird, muss in dem nicht erfassten Bereich der Umgebungsbedingungen ein ergänzender Nachweis der Eignung der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems erbracht werden.

Prüfschritte Abschnitt 11.3.7			(3)															(4)		(5)																(6)	(7)
Art der Prüfung	Prüfbedingungen Prüfvorschriften	Zwischenprüfung nach 11.3.1 (5)	 Dampfbeaufschlagung nach Bild 10-3 jedoch mit 3 Stunden Maximaltemperatur															Zwischenprüfung nach 11.3.1 (5)	2. Bestrahlung	Zwischenprüfung nach 11.3.1 (5)	Langzeit-Klimaprüfung in Tagen															Abschlussprüfung	Ermittlung Enddaten
Prüfung bei Zeitpunkt				2"	20'	40'	1h	2h	3h	4h	8h	12h	16h	20h	24h	26h				4.	8.	12.	16.	20.	24.	28.	32.	36.	40.	44.	48.	52.	56.		
Funktionsprüfung bei Betriebsspannung U	1 Arbeitsspiel nach 11.3.1 (5)	U_B	$\overline{U}$ U	U	U_B	$\overline{U}$	U_B	U_B	2)	U_B	U_B	U_B	U_B	U_B	U_B	U_B	$\overline{U}$ U	U_B	U_B	U_B															U_B	U_B
Spannungsprüfung mit Prüfspannung	VDE 0580 § 37 – 40																																		2 x $\overline{U}$	2 x $\overline{U}$
Kontrolle der Prüfeinrichtung		•	•															•	•	•	•														•	•
Sichtprüfung		•	•														•	•	•	•															•	•
Isolationswiderstand im Steuerkreis *)			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Belastungskraft			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Spulenstrom			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Betriebsspannung			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																			
Funktion der Schalter			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																		•	•
Anzugzeit/Abfallzeit			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																			
Druck				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•																				
Temperatur				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Feuchte																				•	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Strahlendosis																		•																		
Borzusatz																				•	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Sichtprüfung demontiert																																				•
Prüfumfang bei Anforderungszeit: ≤ 2 Stunden (Kurzzeit) A_{2h} + D; ≤ 24 Stunden (Mittelzeit) A_{24h} + B + D; > 24 Stunden (Langzeit) A_{24h} + B + C + D			A_{2h} / A_{24h}															B		C																D	

1) Betriebsspannungen:
$\overline{U}$: oberer Grenzwert nach **Tabelle 6-1**
U: unterer Grenzwert nach **Tabelle 6-1**
U_B: betrieblicher Wert = 0,9 x
2) Dauereinschaltung
3) Der Isolationswiderstand im Steuerkreis ergibt sich aus der Zusammenfassung der Einzelwiderstände von Endschaltern des Magnetventils sowie der Kabel und Durchführungen der Prüfanordnung.
Der Isolationswiderstand darf 1kΩ je Volt der spezifizierten Bemessungsspannung des Steuerkreises nicht unterschreiten. Die Messgleichspannung muss mindestens 100 V betragen.

Tabelle 11-1: Prüfungen und Messungen während der Prüfung der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Betätigungsmagneten für Ventile mit steuertechnischer Aufgabenstellung (DWR 1300 MW, elektrisch)

1	2	3	4	5	6
Prüfung	Bauteile im Kraftfluss	Flächen mit Dichtfunktion	Getriebege-häuse	Antriebsmotor	Am kompletten Stellantrieb
Härteprüfung	X				
Rauhigkeitsprüfung		X			
Dichtheitsprüfung			X		
Elektrische Wicklungsprüfung				X	Y
Drehmomentprüfung					Y
Drehmomenteinstellung					Y
Stellungsgeber und Wegschalter					Y
Siehe Text zu den Buchstaben	a g			b	c d e f

Prüfung nach Maßhaltigkeit und Sauberkeit ist obligatorisch und deshalb nicht einzeln erwähnt.

X: Bestätigung durch Werksbescheinigung nach DIN EN 10204 Abschnitt 3.1 für den kompletten Stellantrieb einschließlich der Identität zwischen Prüfling und typgeprüftem Antrieb oder typgeprüfter Baureihe

Y: Bestätigung durch Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 Abschnitt 4.1

a: Härteprüfung an mindestens 10 % der oberflächengehärteten Bauteile je Härtelos und Werkstoff

b: Wicklungsprüfung nach DIN EN 60034-1 Abschnitt 9.2 im Herstellerwerk des Antriebsmotors

c: Wiederholung der Wicklungsprüfung mit 80 % des Wertes der Erstprüfung des Motors oder der Geräte

d: Drehmoment bei Abschaltversagen und maximaler Klemmenspannung (110 % U_N). Maximal einstellbares Drehmoment mit dem Anzugsmoment des Motors bei der minimalen spezifizierten Klemmenspannung (soweit nicht anders festgelegt, 80 % U_N), Überhöhungsdrehmoment bei drehmomentabhängiger Abschaltung, wobei die Bedingungen nach Abschnitt 5.5 Absatz 1 zugrundegelegt werden sollen. Es ist zulässig, die Prüfung mit einer Spannung im Bereich zwischen 110 % und 80 % U_N durchzuführen und die gemessenen Drehmomente bei den spezifizierten Grenzwerten der Spannung mit dem Quadrat des Spannungsverhältnisses umzurechnen.

e: Einstellung festgelegter Drehmoment-Abschaltpunkte

f: Funktionsprüfung

g: Die Festigkeitskennwerte der Werkstoffe sind, soweit nach Abschnitt 10.2.1 Absatz 4 erforderlich, mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 Abschnitt 4.1 zu belegen.

Tabelle 14-1: Umfang der Werksprüfungen an Stellantrieben

1	2	3
Prüfung	Betätigungsmagnet	Am kompletten Magnetventil
Widerstand Magnetwicklung	X	
Spannungsprüfung	X	X
Funktionsprüfung	X	X
Stellungsgeber und Wegschalter		X
siehe Text zu den Buchstaben	a b c	d e f

Prüfung nach Maßhaltigkeit und Sauberkeit ist obligatorisch und deshalb nicht einzeln erwähnt.

X: Werksbescheinigung nach DIN EN 10204 Abschnitt 3.1 als Sammelbescheinigung für das komplette Magnetventil einschließlich Nachweis der Identität zwischen Prüfung und typgeprüftem Antrieb oder typgeprüfter Baureihe

a: Ohmscher Widerstand bei 20 °C

b: Spannungsprüfung nach DIN VDE 0580 Abschn. 5.3 im Herstellerwerk des Betätigungsmagneten

c: Nachweis der für die Betätigung und das Rückstellen spezifizierten Kräfte bei minimaler Spannung und betriebswarmer Spule

d: Wiederholung der Spannungsprüfung mit 80 % des Wertes der Erstprüfung des Betätigungsmagneten

e: Bestimmung des Ansprechwertes und Rückstellwertes des Stromes

f: Funktionsprüfung

Tabelle 14-2: Umfang der Werksprüfung an Betätigungsmagneten für Ventile

(3) Es müssen für die Eignungsüberprüfung die Informationen für die nachfolgenden Vergleiche zur Verfügung gestellt werden:

a) Vergleich der Identität zwischen den in der Anlage einzusetzenden elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems und den Antrieben der Typprüfung oder der Baureihe der Typprüfung.

b) Vergleich der Anforderungen aus dem Betrieb der Anlage mit den Bedingungen der Vorbeanspruchung zur Nachbildung betrieblicher Beanspruchungen bei den Typprüfungen.

c) Vergleich der anlagenspezifischen Anforderungen durch seismische Schwingungen am Einbauort der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems mit den Bedingungen der Typprüfung auf Schwingfestigkeit im Bereich 1 Hz bis 35 Hz. Hierbei ist anlagenspezifisch zu überprüfen, ob während der Einwirkung die Funktion verlangt wird und ob hierfür besondere Nachweise zu erbringen sind.

d) Vergleich der anlagenspezifischen Anforderungen durch induzierte Erschütterungen am Einbauort der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems infolge Flugzeugabsturz oder Explosionsdruckwelle mit den Bedingungen der Typprüfung auf Schwingfestigkeit im Bereich 5 Hz bis 100 Hz. Hierbei ist anlagenspezifisch zu überprüfen, ob während der Einwirkung die Funktion verlangt wird und ob hierfür besondere Nachweise zu erbringen sind.

e) Vergleich der anlagenspezifischen Anforderungen bei Störfällen mit den Bedingungen der Typprüfung auf Störfallfestigkeit.

14 Werksprüfungen

Die Werksprüfungen der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems sind als Stückprüfungen nach KTA 3701 Abschnitt 5.16.3 durchzuführen. Bei Stellantrieben ist mindestens der Prüfumfang von **Tabelle 14-1**, bei Betätigungsmagneten für Ventile mindestens der Prüfumfang von **Tabelle 14-2** einzuhalten.

15 Inbetriebsetzungsprüfungen

(1) Die Inbetriebsetzungsprüfungen der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems sind nach einem Inbetriebsetzungsprogramm durchzuführen. Die Anforderungen von KTA 3506 Abschnitt 4 sind zu berücksichtigen.

(2) Bei den elektrischen Antrieben des Sicherheitssystems sind im Wesentlichen folgende Prüfungen durchzuführen:

a) Kontrolle der Einhaltung der Herstellervorgaben.

b) Der Isolationswiderstand ist zu prüfen.

c) Eine Prüfung der nach DIN VDE 0100-410 vorzusehenden Schutzmaßnahmen ist durchzuführen.

d) Eine Messung des Schleifenwiderstandes des Leistungskabels ist durchzuführen. Dabei ist zu überprüfen, ob der spezifizierte Spannungsfall nicht überschritten wird.

e) Eine Drehrichtungskontrolle ist durchzuführen.

f) Die Funktionsfähigkeit von Weg- und Drehmomentabsteuerung, Überbrückungen und Rückmeldungen ist jeweils zu prüfen.

Die verfahrenstechnischen Systeme brauchen bei diesen Prüfungen nicht betrieben zu werden.

(3) Während der verfahrenstechnischen Systeminbetriebsetzung sind die elektrischen Antriebe zusammen mit den angetriebenen Komponenten zu fahren. Die Randbedingungen bei der Prüfung müssen so gewählt werden, dass ein Vergleich der bei wiederkehrenden Prüfungen ermittelten Ergebnisse mit denen der Inbetriebsetzungsprüfungen nach Absatz 4 möglich ist.

H i n w e i s :
Zu diesen Randbedingungen gehören:
a) Belastung durch definierten Betriebs- oder Prüfzustand des verfahrenstechnischen Systems und
b) definierte Betriebsspannung an der Sammelschiene.

(4) Während der Prüfungen nach Absatz 3 sind folgende Messungen durchzuführen:

a) Bei Stellantrieben ist eine Messung der Wirkleistung oder des Drehmoments über der Zeit eines Lastspieles durchzuführen und mit den spezifizierten Auslegungsdaten zu vergleichen. Die Messungen sind als Referenz für die wiederkehrenden Prüfungen zu dokumentieren.

   H i n w e i s :
   Spindelkraftmessungen können in Ergänzung zu Wirkleistungsmessungen eingesetzt werden.

b) Bei Betätigungsmagneten für Ventile ist eine Messung des Erregerstromes über der Zeit eines Arbeitsspieles durchzuführen. Die Anzugszeit (Ansprechverzug und Hubzeit) und die Abfallzeit (Abfallverzug und Rücklaufzeit) sollen bestimmt und mit den spezifizierten Auslegungsdaten verglichen werden. Die Messungen sind als Referenz für die wiederkehrenden Prüfungen zu dokumentieren.

c) Bei elektrischen Antrieben für Arbeitsmaschinen mit Leistungen über 300 kW ist eine Messung von Strom, Wirkleistung und Hochlaufzeit durchzuführen und mit den spezifizierten Daten zu vergleichen.

16 Wiederkehrende Prüfungen

H i n w e i s :
Ergänzende Anforderungen sind in KTA 3706 „Sicherstellung des Erhalts der Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit von Komponenten der Elektro- und Leittechnik in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke“ festgelegt.

(1) Die Prüfungen sind in Abstimmung mit den wiederkehrenden Prüfungen des verfahrenstechnischen Systems so durchzuführen, dass die notwendigen Schutzaktionen nicht verhindert werden.

(2) Wiederkehrende Prüfungen sind so durchzuführen, dass die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der elektrischen Antriebe des Sicherheitssystems nachgewiesen wird.

(3) Eine regelmäßige betrieblich angeforderte Funktion darf als wiederkehrende Prüfung zur Feststellung der erfüllten Funktion nach den Absätzen 6 a) oder 7 a) oder 8 a) gewertet werden.

(4) Falls der Zusammenhang mit dem verfahrenstechnischen System keine Prüfungen während des Leistungsbetriebes der Anlage zulässt, sind wiederkehrende Prüfungen während der Abschaltpausen der Anlage durchzuführen.

(5) Das Prüfintervall ist aufgrund von Betriebserfahrungen oder Zuverlässigkeitsanalysen festzulegen.

(6) Bei Stellantrieben sind als wiederkehrende Funktionsprüfungen vorzusehen:

a) Durchführung eines Lastspieles in den Prüfintervallen, die für die Prüfung des verfahrenstechnischen Systems und der Armatur gefordert werden. Hierbei genügt die Feststellung der erfüllten Funktion des Stellantriebs und der zugehörigen Armatur.

b) Durchführung eines Lastspieles mit den Bedingungen, die der Messung bei der Inbetriebsetzungsprüfung nach Abschnitt 15 Absätze 3 und 4 a) zugrunde gelegt wurden. Diese Prüfungen müssen spätestens vier Jahre nach der Inbetriebsetzungsprüfung an einer Stichprobe von Stellantrieben mit zugehörigen Armaturen mit vergleichbaren Betriebsbedingungen beginnen und so fortgesetzt werden, dass innerhalb von acht Jahren alle Stellantriebe geprüft sind. Die Prüfung soll in Intervallen von acht Jahren fortgeführt werden. Hierbei sind durch einen Vergleich mit der Referenzmessung bei der Inbetriebsetzung nach Abschnitt 15 Absatz 4 die Absteuer- und Begrenzungseinrichtungen auf unzulässige Abweichungen zu überprüfen.

   H i n w e i s :
   Spindelkraftmessungen können in Ergänzung zu Wirkleistungsmessungen eingesetzt werden.

c) Überprüfung der Einstellung der Drehmomentbegrenzung der Stellantriebe, wobei der der Typprüfung zu Grunde gelegte Wartungszyklus nicht zu überschreiten ist. Ein Prüfabstand von acht Jahren darf nicht überschritten werden.

   H i n w e i s :
   Die Überprüfung kann mit anderen Instandhaltungsarbeiten zusammengelegt werden.

(7) Bei Betätigungsmagneten für Ventile sind als wiederkehrende Funktionsprüfungen vorzusehen:

a) Betätigung des Magnetventils in den Prüfintervallen, die für die Prüfung des verfahrenstechnischen Systems und des Ventils gefordert werden. Hierbei genügt die Feststellung der erfüllten Funktion des Magnetventils.

b) Durchführung eines Arbeitsspieles mit den Bedingungen, die der Messung bei der Inbetriebsetzung nach Abschnitt 15 Absätze 3 und 4 b) zugrunde gelegt wurden. Diese Prüfungen müssen spätestens 2 Jahre nach der Inbetriebsetzungsprüfung an einer Stichprobe von Magnetventilen mit vergleichbaren Betriebsbedingungen beginnen und so fortgesetzt werden, dass innerhalb von 6 Jahren nach der Inbetriebsetzung jeweils alle Typen der Magnetventile erfasst werden. Die Gesamtheit aller Magnetventile soll spätestens nach 12 Jahren geprüft sein. Die Prüfung soll in Intervallen von 8 Jahren fortgeführt werden. Durch einen Vergleich mit der Referenzmessung bei der Inbetriebsetzung ist eine Überprüfung auf unzulässige Abweichungen vorzunehmen.

(8) Bei elektrischen Antrieben von Arbeitsmaschinen sind als wiederkehrende Funktionsprüfungen vorzusehen:

a) Betreiben des elektrischen Antriebs in den Prüfintervallen, die für die Prüfung des verfahrenstechnischen Systems und der Arbeitsmaschine gefordert werden. Hierbei genügt die Feststellung der erfüllten Funktion des elektrischen Antriebs und der angetriebenen Arbeitsmaschine.

b) Falls bei Antrieben von Arbeitsmaschinen mit Leistungen über 300 kW keine verfahrenstechnische Prüfung der Pumpenkennlinie oder des Luftdurchsatzes erfolgt, sind wiederkehrend Prüfungen mit den Messungen durchzuführen, die der Inbetriebsetzungsprüfung nach Abschnitt 15 Absatz 4 c) zugrunde gelegt wurden. Diese Prüfungen müssen spätestens vier Jahre nach der Inbetriebsetzungsprüfung an einer Stichprobe von elektrischen Antrieben mit zugehörigen Arbeitsmaschinen mit vergleichbaren Betriebsbedingungen beginnen und so fortgesetzt werden, dass innerhalb von Intervallen mit 8 Jahren jeweils alle zu prüfenden elektrischen Antriebe von Arbeitsmaschinen erfasst werden.

17 Prüfungen bei Wartung oder nach Instandsetzung

(1) Nach Abschluss von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten, die zu einer Unterbrechung der Funktionsbereitschaft geführt haben, muss die Wiederherstellung der Funktionsbereitschaft durch eine Prüfung nach Abschnitt 15 Absätze 2 f) und 4 nachgewiesen werden. Je nach Art und Umfang der betroffenen Teile oder Funktionen ist ein Funktionsprobelauf durchzuführen.

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

18 Prüfnachweise

(1) Als Nachweis für durchgeführte Prüfungen sind Prüfbescheinigungen zu erstellen, die alle im Zusammenhang mit der Prüfung wichtigen Angaben enthalten. Hierzu gehören im Wesentlichen:

a) Nummer der Bescheinigung,

b) Gerätetyp und Gerätebezeichnung einschließlich Änderungszustand,

c) Auflistung der Prüfunterlagen einschließlich des Unterlagenverzeichnisses,

d) Hersteller des geprüften Gerätes,

e) Prüfprogramm einschließlich Angabe der Prüfschritte,

f) Prüfergebnis,

g) Ort und Datum und

h) Organisation, Name und Unterschrift des Prüfers und der Sachverständigen.

(2) Es ist zulässig, mehrere Prüfbescheinigungen in einer Gesamtprüfbescheinigung zusammenzufassen.

(3) Für Prüfungen bei Wartung oder nach Instandsetzung nach Abschnitt 17 sind Unterlagen über Art und Ablauf der Prüfung zu erstellen und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

(4) Die Prüfungen sind zu dokumentieren.

19 Prüfer

(1) Die Erstellung der Unterlagen für die Typprüfungen nach den Abschnitten 10.1, 10.2, 11.1 und 11.2 soll durch den Hersteller erfolgen. Diese Unterlagen sollen durch einen Sachverständigen geprüft werden. Das Prüfprogramm für den praktischen Teil der Typprüfungen soll vom Hersteller erstellt und mit dem Sachverständigen abgestimmt werden. Die Durchführung der praktischen Prüfungen soll durch einen Werkssachverständigen erfolgen.

(2) Die Eignungsüberprüfungen nach Abschnitt 13 sind durch Sachverständige durchzuführen.

(3) Die Werksprüfungen nach Abschnitt 14 sollen durch Werkssachverständige oder in deren Verantwortung durchgeführt werden. In begründeten Fällen sind zu diesen Prüfungen Sachverständige hinzuzuziehen.

(4) Die Inbetriebsetzungsprüfungen nach Abschnitt 15 und die wiederkehrenden Prüfungen nach Abschnitt 16 sind durch das vom Genehmigungsinhaber bestimmte sachkundige Personal durchzuführen. Soweit die Prüfliste dies vorsieht, sind Sachverständige hinzuzuziehen.

20 Dokumentation

20.1 Dokumentation der Prüfung der Unterlagen

In die Dokumentation sind folgende Unterlagen aufzunehmen:

a) Unterlagen nach Abschnitt 9 Absatz 6,

b) Berechnungen und Nachweise der elektrischen Antriebe (Unterlagen nach den Abschnitten 5.13 oder 6.7 oder 7.8),

c) Prüfanweisungen für die praktischen Prüfungen und

d) Prüfbescheinigungen.

20.2 Dokumentation der praktischen Prüfungen

(1) Für jeden Prüfschritt ist ein Prüfprotokoll zu erstellen, welches folgende Angaben enthalten muss:

a) Nummer des Prüfprotokolls,

b) Baugruppentyp und Baugruppenbezeichnung einschließlich Änderungszustand,

c) Identität des Prüflings,

d) Hersteller des Prüflings,

e) Prüfschritt,

f) Prüfaufbau, Prüfmittel, Prüfeinrichtung,

g) Anzahl der Messwerttabellen,

h) Prüfergebnis,

i) Ort und Datum und

k) Organisation, Name und Unterschrift des Prüfers.

(2) Im Prüfprotokoll sind Ausfälle, sichtbare Mängel und Schäden, die bei dem Prüfschritt aufgetreten sind, anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Prüfbescheinigungen zusammenzufassen.

20.3 Prüfberichte

(1) Über die Prüfung der Unterlagen und die praktischen Prüfungen sind Prüfberichte zu erstellen.

(2) Mögliche Einsatzeinschränkungen und besondere Einsatzhinweise sind in den Prüfberichten anzugeben.

20.4 Gültigkeit der Prüfbescheinigung

Die Prüfbescheinigung behält für neu gefertigte Komponenten ihre Gültigkeit, wenn in Abständen von jeweils drei Jahren, z. B. durch Qualitätsaudits nach KTA 3507, bestätigt wird, dass keine Änderungen gegenüber der Prüfbescheinigung (einschließlich Prüfbericht) vorgenommen worden sind, die die geprüften Eigenschaften beeinträchtigen.

20.5 Aufbewahrung und Archivierung

Festlegungen zur Aufbewahrung und Archivierung der Prüfdokumentation sind in KTA 1404 enthalten.

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 1404	(E 2022-11)	Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken
KTA 3501	(2015-11)	Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems
KTA 3505	(2015-11)	Typprüfung von Messwertgebern und Messumformern der Sicherheitsleittechnik
KTA 3506	(2017-11)	Systemprüfung der Sicherheitsleittechnik von Kernkraftwerken
KTA 3507	(2022-11)	Werksprüfungen, Prüfungen nach Instandsetzung und Nachweis der Betriebsbewährung der Baugruppen und Geräte der Leittechnik des Sicherheitssystems
KTA 3701	(2014-11)	Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken
KTA 3702	(2022-11)	Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken
KTA 3704	(2022-11)	Notstromanlagen mit statischen und rotierenden Umformern in Kernkraftwerken
KTA 3705	(2022-11)	Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken
KTA 3902	(2020-12)	Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken
DIN VDE 0100-410 VDE 0100-410	(2018-10)	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert + A1:2017, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2017 + A11:2017
DIN VDE 0580 VDE 0580	(2011-11)	Elektromagnetische Geräte und Komponenten - Allgemeine Bestimmungen
DIN EN 10204	(2005-01)	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN 60034-1 VDE 0530-1	(2011-02)	Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60034-1:2010 + Cor.: 2010
DIN EN 60780-323 VDE 0491-80	(2018-03)	Kerntechnische Anlagen - Elektrisches Gerät mit sicherheitstechnischer Bedeutung - Qualifizierung (IEC/IEEE 60780-323:2016); Deutsche Fassung EN 60780-323:2017
VDI 2230, Blatt 1	(2015-11)	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen
VDI 2230, Blatt 2	(2014-12)	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Mehrschraubenverbindungen