

KTA 3902

Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken

Fassung 6/99

Frühere Fassungen der Regel: 11/75 (BAnz. Nr. 22 vom 3. Februar 1976)
6/78 (BAnz. Nr. 189a vom 6. Oktober 1978)
11/83 (BAnz. Nr. 67a vom 4. April 1984)
6/92 (BAnz. Nr. 36a vom 23. Februar 1993)

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Allgemeine Bestimmungen	2
4 Besondere Bestimmungen	2
4.1 Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern	2
4.2 Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen mit zusätzlichen Anforderungen	2
4.3 Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen mit erhöhten Anforderungen	2
4.4 Brennelement-Wechselanlagen für Leichtwasserreaktoren	3
4.5 Einwirkungen von außen (EVA)	3
4.6 Umgebungsbedingungen	3
5 Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern	3
5.1 Allgemeines	3
5.2 Personen- und Lastenaufzüge	3
5.3 Fahrschacht	3
6 Zusätzliche Anforderungen an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen	3
6.1 Tragwerke	3
6.2 Hubwerke	4
6.3 Fahrwerke	5
6.4 Lastaufnahmeeinrichtungen	5
6.5 Elektrische Ausrüstung	6
7 Erhöhte Anforderungen an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen	8
7.1 Tragwerke	8
7.2 Hubwerke	8
7.3 Fahrwerke	9
7.4 Lastaufnahmeeinrichtungen	9
7.5 Elektrische Ausrüstung	10
8 Anforderungen an Brennelement-Wechselanlagen für Leichtwasserreaktoren	11
8.1 Tragwerke	11
8.2 Hubwerke	11
8.3 Fahrwerke	12
8.4 Lastaufnahmeeinrichtungen	12
8.5 Elektrische Ausrüstung	12
Anhang A: Beispiele für die Einstufung von Hebezeugen	14
Anhang B: Lastfälle und Nachweise für Hebezeuge	15
Anhang C: Bestimmungen und Literatur, auf die in dieser Regel verwiesen wird	29
Anhang D: Änderungen gegenüber der Fassung 6/92 und Erläuterungen (informativ)	31
Stichwortverzeichnis	33

Grundlagen

(1) Die Regeln des 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), um die im Atomgesetz und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ und den „Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV - Störfall-Leitlinien“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Basierend auf den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke des Bundesministers des Innern werden in dieser Regel die Anforderungen an die Auslegung von Hebezeugen festgelegt. Außerdem müssen Hebezeuge nach den allgemeinen Sicherheitsvorschriften des Bundes und der Länder sowie den Vorschriften der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung errichtet und betrieben werden.

(3) Die entsprechend dem Gefährdungsgrad bei der Auslegung zu beachtenden

- a) allgemeinen Bestimmungen oder
- b) über die allgemeinen Bestimmungen hinausgehenden zusätzlichen Anforderungen oder
- c) über die allgemeinen Bestimmungen hinausgehenden erhöhten Anforderungen

für Hebezeuge sowie

- d) die über die allgemeinen Bestimmungen hinausgehenden Anforderungen für Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern und für Brennelement-Wechselanlagen

werden in dieser Regel im einzelnen festgelegt.

(4) Die Anforderungen an die Prüfung und den Betrieb von Hebezeugen sind in KTA 3903 geregelt.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden auf die Auslegung von Aufzügen, Kranen, Winden, Laufkatzen, Lastaufnahmeeinrichtungen und Leichtwasserreaktor-Brennelement-Wechselanlagen, im folgenden zusammenfassend als Hebezeuge bezeichnet, sofern diese in Kernkraftwerken verwendet werden und den besonderen Bestimmungen nach Abschnitt 4 genügen müssen.

2 Begriffe

(1) Betriebslast, maximale

Die maximale Betriebslast ist die maximale Last, die mit dem Hebezeug im Rahmen des bestimmungsgemäßen Betriebes bewegt werden darf.

(2) Brennelement-Wechselanlage für Leichtwasserreaktoren

Unter Brennelement-Wechselanlage für Leichtwasserreaktoren sind alle diejenigen Einrichtungen zu verstehen, die unmittelbar zum Be- und Entladen des Reaktorkerns mit Brennelementen oder Steuerelementen (z.B. Regel- oder Abschaltstäben) dienen.

(3) Hublast

Die Hublast setzt sich zusammen aus der maximalen Montage- oder der maximalen Betriebslast und den Eigenlasten der Teile zur Aufnahme der Nutzlast, z.B. Unterflasche, Traverse sowie dem Anteil der Tragmittel, z.B. Seil.

(4) Lastaufnahmeeinrichtung

Lastaufnahmeeinrichtungen sind Tragmittel, Lastaufnahmemittel und Anschlagmittel. Die sind in DIN 15 003 definiert.

(5) Maschinenteile

Maschinenteile sind Achsen, Wellen, Bolzen, Zugstangen und ähnliche Bauteile.

(6) Montagelast, maximale

Die maximale Montagelast ist die maximale Last, die mit dem Hebezeug während der Errichtung bis zur Aufnahme des atomrechtlich genehmigten Betriebs bewegt werden darf.

3 Allgemeine Bestimmungen

(1) Hebezeuge müssen nach den allgemeinen Sicherheitsvorschriften, insbesondere Arbeitsschutzvorschriften des Bundes und der Länder, sowie den Vorschriften der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung errichtet werden.

(2) Hebezeuge müssen mindestens den allgemein anerkannten Regeln der Technik genügen.

4 Besondere Bestimmungen

4.1 Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern

Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern müssen zusätzlich zu den Anforderungen der allgemeinen Bestimmungen des Abschnittes 3 den Anforderungen des Abschnittes 5 genügen, wenn mit ihnen Personen bestimmungsgemäß befördert werden dürfen.

4.2 Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen mit zusätzlichen Anforderungen

(1) Wenn beim Transport von Kernbrennstoffen, sonstigen radioaktiven Stoffen, radioaktiven Anlagenteilen oder sonstigen Lasten durch das Versagen des Hebezeuges

- a) unmittelbar die Gefahr einer Aktivitätsfreisetzung, als deren Folge eine Strahlenbelastung in der Anlage eintreten kann, zu besorgen ist oder
- b) ein nicht absperrbarer Reaktorkühlmittelverlust oder eine über die Redundanz hinausgehende Beeinträchtigung von Sicherheitseinrichtungen, die notwendig sind, den Reaktor jederzeit abzuschalten, in abgeschaltetem Zustand zu halten oder die Nachwärme abzuführen, zu besorgen ist,

dann müssen zur ausreichenden Schadensvorsorge Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen über die Anforderungen der allgemeinen Bestimmungen des Abschnittes 3 hinaus den zusätzlichen Anforderungen des Abschnittes 6 genügen.

(2) Die Einstufung der Hebezeuge nach zusätzlichen Anforderungen ist im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahrens festzulegen. In Anhang A sind Beispiele für die Einstufung gegeben.

4.3 Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen mit erhöhten Anforderungen

(1) Wenn beim Transport von Kernbrennstoffen, sonstigen radioaktiven Stoffen, radioaktiven Anlagenteilen oder sonstigen Lasten durch das Versagen des Hebezeuges

- a) die Gefahr eines Kritikalitätsunfalls zu besorgen ist oder
- b) die Gefahr einer Aktivitätsfreisetzung, als deren Folge eine Strahlenbelastung in der Umgebung des Kernkraftwerkes eintreten kann, zu besorgen ist,

dann müssen zur ausreichenden Schadensvorsorge Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen über die Anforderungen der allgemeinen Bestimmungen des Abschnittes 3 hinaus den erhöhten Anforderungen des Abschnittes 7 genügen.

(2) Die Einstufung der Hebezeuge nach erhöhten Anforderungen ist im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahrens festzulegen. In Anhang A sind Beispiele für die Einstufung gegeben.

4.4 Brennelement-Wechselanlagen für Leichtwasserreaktoren

Brennelement-Wechselanlagen für Leichtwasserreaktoren müssen zusätzlich zu den allgemeinen Bestimmungen des Abschnitts 3 den Anforderungen des Abschnitts 8 genügen.

4.5 Einwirkungen von außen (EVA)

(1) Für Hebezeuge ist der Nachweis ausreichenden Schutzes gegen Einwirkungen von außen dann zu führen, wenn an das Gebäude eine solche Anforderung gestellt wird.

(2) Ausnahmen sind zulässig, wenn nachgewiesen wird, daß von Hebezeugen ausgehende Wirkungen und Schäden keine Anlagenteile, die gegen Einwirkungen von außen ausgelegt sind, in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigen können.

(3) Der Nachweis des Schutzes gegen Einwirkungen von außen ist für das Hebezeug ohne angehängte Last zu führen.

(4) Wenn eine Parkposition für das Hebezeug vorgesehen ist, ist der Nachweis nur für diese Stellung erforderlich.

(5) Für alle Einwirkungen von außen gilt das Nachweisverfahren nach KTA 2201.4 Anhang A.

4.6 Umgebungsbedingungen

(1) Umgebungsbedingungen, wie z.B. Druck, Temperatur, Medium, Strahlenbelastung, sind bei der Auslegung zu berücksichtigen.

(2) Die Dekontaminierbarkeit, wie z.B. an Tragwerken, ist bei der konstruktiven Gestaltung zu berücksichtigen.

5 Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern

5.1 Allgemeines

Es dürfen nur Aufzüge nach TRA 200 verwendet werden.

5.2 Personen- und Lastenaufzüge

Personen- und Lastenaufzüge müssen

- a) in den Abmessungen so begrenzt sein, daß nicht mehr als 10 Personen gleichzeitig befördert werden können. Für gelegentliche Krankentransporte darf die Gestaltung der Kabinen nach Abschnitt 241 der TRA 200 vorgenommen werden,
- b) an eine Notstromanlage angeschlossen sein,
- c) an die Alarmanlage des Kernkraftwerkes angeschlossen sein,
- d) an die Leitstandsfernsprechanlage so angeschlossen sein, daß von der Kabine eine Verbindung nach außen (z.B. Hauptwarte, Pfortnerhaus) möglich ist, und an eine Notstromanlage mit unterbrechungsloser Notstromversorgung angeschlossen sein,
- e) mit einer Sprechverbindung zwischen Triebwerksraum und Kabine ausgestattet sein,
- f) mit einem besonders gekennzeichneten und leicht zu öffnenden Notausstieg versehen sein.

5.3 Fahrschacht

Der Fahrschacht muß

- a) mit Druckausgleichsöffnungen zu allen vom Fahrschacht aus betretbaren Räumen ausgestattet sein. Für den Fall erhöhten Außendrucks müssen der Fahrkorb oder die Druckausgleichsöffnungen so ausgeführt sein, daß Gefahren nach Abschnitt 4.3 Absatz 1 Aufzählung b nicht zu besorgen sind,
- b) mit Einrichtungen zum Notausstieg versehen sein, von denen aus jede Fahrschachttür leicht zugänglich ist,
- c) mit von innen leicht entriegelbaren Fahrschachttüren versehen sein,
- d) so beschaffen sein, daß der Fluchtweg klar erkennbar ist, und
- e) mit einer Sicherheitsbeleuchtung versehen sein, die an eine Notstromanlage mit unterbrechungsloser Notstromversorgung angeschlossen ist.

6 Zusätzliche Anforderungen an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen

6.1 Tragwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Krantragwerke, Katzrahmen, Windenrahmen.

6.1.1 Auslegung

(1) Folgende Angaben sind zur Dimensionierung von Tragwerken zu machen:

- a) Montagelasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- b) Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- c) Lasten aus Einwirkungen von außen entsprechend Abschnitt 4.5,
- d) Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Die Einstufung der Tragwerke muß erfolgen

- a) für die maximale Montagelast in Hubklasse H1 und Beanspruchungsgruppe B2 nach DIN 15 018-1,
- b) für die maximale Betriebslast in Hubklasse H3 und Beanspruchungsgruppe B3 nach DIN 15 018-1.

(3) Wird ein kleinerer Hublastbeiwert als aus (2) resultierend angewendet, so ist dieser im Einzelfall nachzuweisen; außerdem ist er vor dem Einsetzen in die weiteren Berechnungen mit dem Faktor 1,12 zu multiplizieren.

6.1.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.1 zu führen.

(2) Auf den Betriebsfestigkeitsnachweis kann verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, daß die Spannungsspielzahl unter 2×10^4 liegt.

6.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Für die konstruktive Gestaltung gilt DIN 15 018-2.

(2) Hohlräume in Tragwerken von Hebezeugen im Reaktorsicherheitsbehälter sind für den Fall erhöhten Außendrucks mit Druckausgleichsöffnungen zu versehen oder den Druckverhältnissen entsprechend zu dimensionieren.

6.2 Hubwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Triebwerke und Seiltriebe.

6.2.1 Triebwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Getriebe, Seriengetriebe, Serienelektrozüge, Kupplungen und Bremsen.

6.2.1.1 Auslegung

(1) Es sind folgende Angaben für die Dimensionierung von Triebwerken zu machen:

- Montagelasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Eigenlasten der Lastaufnahme- und Tragmittel,
- Sonderlasten, wie z.B. Lasten aus Abnahmeprüfung, wiederkehrenden Prüfungen, aus Getriebeprobelauf, aus Einfallen der Bremsen, mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

- Einschaltdauer des Hubwerkes mit Montagelast, Betriebslast und Eigenlast sowie mit zugehöriger mittlerer Hubgeschwindigkeit und mittlerem Hubweg,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Für die Bemessung von Serienbauteilen wie Bremsen, Bremsscheiben, Kupplungen sind die Auslegungsdaten zu ermitteln, die in den entsprechenden Formblättern nach KTA 3903 gefordert sind.

(3) Für die Bemessung der Wälzlager sind die Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller anzuwenden. Für die dynamische Belastung ist die kubische Mittelung zugelassen, wobei eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 3 % zugrunde zu legen ist, die mit $a_1 = 0,44$ zu berücksichtigen ist. Als statische Belastung ist die maximale Prüflast anzusetzen.

6.2.1.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B, Abschnitt B 1.2 zu führen.

6.2.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

6.2.1.3.1 Allgemeines

(1) Hubwerke sind mit einer Überlastsicherung auszurüsten. Diese ist auf das 1,1fache der maximalen Betriebslast einzustellen. Die Ansprechtoleranz darf ± 5 % nicht überschreiten.

(2) Hubwerke sind mit einem Betriebsstunden- oder mit einem Lastkollektivzähler zu versehen. Ein Lastkollektivzähler ist erforderlich, wenn die Nachweise auf der Basis eines Lastkollektivs erfolgen.

Hinweis:

Es wird vorausgesetzt, daß die mit dem Lastkollektivzähler erfaßbaren Parameter auf die Annahmen der Auslegungsberechnung abgestimmt oder auf diese übertragbar sind.

Bei Verwendung eines Betriebsstundenzählers, der nur die Laufzeit aufnimmt, bei der das Triebwerk in Bewegung ist, gelten 50 % der angezeigten Betriebsstunden als Volllaststunden. Bei Verwendung eines Lastkollektivzählers sind alle Lasten größer als 10 % der maximalen Betriebslast zu erfassen.

(3) Machen die Tragmittel mehr als 30 % der maximalen Betriebslast aus, so ist hierfür die gesamte Einschaltzeit des Triebwerkes zu erfassen.

(4) Lagergehäuse aus Grauguß sind nicht zulässig.

6.2.1.3.2 Getriebe

(1) Wellen-Nabenverbindungen mit Flach-, Hohl-, Einlege-, Tangential- und Nasenkeilen sind nicht zulässig.

(2) Wellen-Nabenverbindungen mit Preßverband sind für Serien-Hubwerksgetriebe und Serienelektrozüge mit Seil zulässig, wenn sie entsprechend dem Stand der Technik berechnet und ausgeführt werden.

(3) Der Versatz zweier Paßfedern muß mindestens 120 Grad betragen. Als tragende Länge der Paßfeder darf nicht mehr als der 1,2fache Wert des Wellendurchmessers eingesetzt werden.

(4) Für die Ausführung von Getrieberädern sind nachstehende Anforderungen einzuhalten:

a) Bei Tragfähigkeitsberechnung nach DIN 3990-11 sind die dort genannten Anwendungsgrenzen und Anforderungen zu beachten.

b) Bei Tragfähigkeitsberechnungen nach dem Verfahren von Niemann [2] nach Anhang B sind die nachfolgenden Anforderungen gemäß ba) bis bg) einzuhalten.

ba) Das Verhältnis nutzbare Zahnbreite zu Wälzkreisdurchmesser b/d_{w1} muß bei starrer, beidseitig gelagerter Ritzelwelle kleiner als oder gleich 1,2 sein.

bb) Längsballigkeit und Profilrücknahmen sind in Größe der Zahnverformungen zulässig.

bc) Bei fliegender Lagerung der Getrieberäder oder bei Lagerung der Getriebevorgelege auf der Tragkonstruktion oder wenn ba) nicht eingehalten werden kann, ist der Breitenfaktor durch Messungen oder durch ein entsprechend genaues numerisches Rechenverfahren zu bestimmen.

Dieses Rechenverfahren muß alle Verformungen und Verlagerungen erfassen, die für die Lastverteilung über der Breite wesentlich sind. Weiterhin muß das Rechenverfahren Herstellungsabweichungen und Korrekturen vorzeichenrichtig berücksichtigen.

bd) Für Zahnräder von Getrieben soll der Normalmodul m_n größer als oder gleich 1/25 der nutzbaren Zahnbreite b sein. Bei Lagerung der Getriebevorgelege auf der Tragkonstruktion oder bei fliegend angeordneten Ritzeln muß der Normalmodul m_n größer als oder gleich $b/25$ sein.

be) Schleifabsätze an den Zahnflanken sind nicht zulässig.

bf) Bei geschliffenen Verzahnungen ist die Verwendung von Protuberanzprofilen oder ein Schleifen bis zum Zahngrund mit Werkzeugkopfabrundung erforderlich.

bg) Für ausreichende Schmierung ist zu sorgen. Die geeignete Viskosität des Schmiermittels bei Betriebstemperatur ist sicherzustellen.

(5) Getriebegehäuse aus Grauguß sind nicht zulässig, ausgenommen für Serienelektrozüge.

(6) Die Qualität der Getriebe ist so zu wählen, daß die Verzahnung ohne Belastung ein Mindesttragbild

a) bei nichtballigen Zähnen von mindestens 60 % der nutzbaren Zahnbreite, entgegen der Verformungstendenz unter Last

und

b) bei längsballigen Zähnen von mindestens 40 % der nutzbaren Zahnbreite, etwa von Zahnmitte ausgehend, entgegen der Verformungstendenz unter Last aufweist.

6.2.1.3.3 Bremsen

(1) Es sind zwei Bremsen (Betriebsbremse und Zusatzbremse) antriebsseitig vor der Getriebeabtriebsseite anzuordnen, die jeweils voneinander unabhängig wirken. Die Zusatzbremse muß gegenüber der Betriebsbremse verzögert einfallen.

Hinweis:

Bei der Auslegung ist so vorzugehen, daß aus voller Senkgeschwindigkeit mit maximaler Betriebslast bei „Not-Halt“ die Zusatzbremse bei spätestens 5 % der Restdrehzahl der Bremsung mit Betriebsbremse einfällt.

(2) Das erforderliche Bremsmoment jeder Bremse ist für die maximale Betriebslast zu bemessen.

(3) Für die Bremsen ist sicherzustellen, daß bei Stillstand der Triebwerke die maximale Betriebslast von der Betriebsbremse oder Zusatzbremse und die maximale Montagelast von der Betriebs- und Zusatzbremse mit der 2fachen Sicherheit gehalten werden kann. Die Bremsen müssen für die vorliegenden Betriebsbedingungen thermisch und dynamisch geeignet sein.

(4) Bei Ausfall der Betriebsbremse muß die Zusatzbremse die durch den eingetretenen Zustand erhöhte Energie des Systems sicher aufnehmen können.

6.2.2 Seiltriebe

Unter diesen Abschnitt fallen Seile, Seilrollen, Seiltrommeln, Seilendbefestigungen und Seiltrommelgelenkverbindungen.

6.2.2.1 Auslegung

(1) Die Einstufung der Seiltriebe in Triebwerksgruppen hat nach DIN 15 020-1 zu erfolgen, wobei der jeweils größere sich daraus ergebende Seildurchmesser zu wählen ist:

- für die maximale Montagelast mindestens nach Triebwerksgruppe $1B_m$. Bei Erhöhung der rechnerischen Bruchsicherheit auf 4 darf bei Verwendung von Seilen mit Nennfestigkeiten der Einzeldrähte bis 1960 N/mm^2 die Triebwerksgruppe $1E_m$ zugrunde gelegt werden,
- für die maximale Betriebslast mindestens nach Triebwerksgruppe 2m für gefährliche Transporte.

(2) Für Seilrollen und Seilschlösser sind die Auslegungsdaten für die Bemessung zu ermitteln, die in den entsprechenden Formblättern nach KTA 3903 gefordert sind.

(3) Die Durchmesser der Seiltrommeln, Seilrollen und Ausgleichsrollen sind mindestens nach Triebwerksgruppe 2m nach DIN 15 020-1 zu bemessen.

(4) Die Seilendbefestigungen sind nach DIN 15 020-1 zu bemessen.

(5) Die Seiltrommelwanddicke ist mit der maximal auflaufenden dynamischen Seilkraft S_{\max} aus dem Lastkollektiv der Betriebszustände nach Anhang B Abschnitt B 1.2.1.1 Absatz 2 Aufzählungen a bis c zu berechnen. Kurzzeitig sehr selten auftretende Spannungsspitzen dürfen unberücksichtigt bleiben, da sie nur einen Bruchteil einer Umschlingung beaufschlagen.

(6) Für die Bemessung von Seiltrommelgelenkverbindungen sind die Betriebszustände nach Anhang B Abschnitt B 1.2.1.1 Absatz 2 Aufzählungen a bis c mit ihren Lastkollektiven zugrunde zu legen und nach den Berechnungsgrundlagen des Herstellers zu berechnen.

(7) Die Berechnung der Seilklemmen ist entsprechend den konstruktiven Gegebenheiten nach SEB 666 211 Beiblatt 1 durchzuführen.

6.2.2.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.2.4 zu führen.

6.2.2.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Seilrollen oder Ausgleichsrollen aus Grauguß sind nur dann zulässig, wenn sie in Serie hergestellt und gegen mechanische Beschädigungen geschützt sind.

(2) Die Befestigung der Drahtseilenden darf erfolgen durch:

- Verguß nach DIN 3092-1
- Preßklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen nach DIN 3093-1 und DIN 3093-2, sofern es sich um Seile mit Stahleinlage handelt,
- Asymmetrische Seilschlösser, bei denen der Klemmwinkel von ca. 14 Grad, eine Klemmlänge von $5 \times$ Seildurchmesser und der Seilbiegeradius am Seilkeil von $1,5 \times$ Seildurchmesser eingehalten sind. Der Seilkeil muß mit dem Seildurchmesser gekennzeichnet sein. Das Seilschloß muß eine Bruchkraft von mindestens 85 % der Mindestbruchkraft des Seiles erreichen,
- Klemmplatten für die Endbefestigung der Seile auf Seiltrommeln nach Abschnitt 6.4 DIN 15 020-1.

(3) Auf der Seiltrommel müssen noch die nach Berechnung erforderlichen, jedoch mindestens zwei Sicherheitswindungen in tiefster Lasthakenstellung vorhanden sein.

6.3 Fahrwerke

Unter diesen Abschnitt fällt die Laufradlagerung mit Laufrädern, Laufradachsen und -wellen.

6.3.1 Auslegung

Es sind folgende Angaben für die Dimensionierung von Fahrwerken zu machen:

- Betriebsstundenklasse nach Tabelle 5 der DIN-Berechnungsgrundsätze für Triebwerke in Hebezeugen [7],
- Standardkollektiv nach Tabelle 6 der DIN-Berechnungsgrundsätze für Triebwerke in Hebezeugen [7],
- Betriebsdauer des Fahrtriebs (bezogen auf 1 h) nach Tabelle 4 DIN 15 070,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

6.3.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.3 zu führen.

6.3.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Fahrwerke sind mit Radbruchstützen zu versehen.

(2) Für die Laufräder gilt DIN 15 085.

6.4 Lastaufnahmeeinrichtungen

Unter diesen Abschnitt fallen Tragmittel, Lastaufnahmemittel und Anschlagmittel.

6.4.1 Tragmittel

Unter diesen Abschnitt fallen Lasthaken, Lasthakenaufhängungen, Greifer, Lasttraversen, Gehänge sowie Unter- und Oberflaschen und Aufhängungen für Ausgleichsrollen und Seilendbefestigungen.

6.4.1.1 Auslegung

(1) Die Einstufung von Lasthaken in Triebwerksgruppen hat nach DIN 15 400 zu erfolgen:

- für die maximale Montagelast mindestens in Triebwerksgruppe $1B_m$,

b) für die maximale Betriebslast mindestens in Triebwerksgruppe 2 m.

(2) Bei Lasthaken aus nichtrostenden Stählen ist die Einstufung unter zusätzlicher Berücksichtigung der Werkstoffkennwerte vorzunehmen.

(3) Für die Auslegung von Tragmitteln als Tragwerke gelten die Anforderungen des Abschnittes 6.1.1 und für die Auslegung von Tragmitteln als Maschinenteile die des Abschnittes 6.2.1.1.

(4) Kommen Schraubenverbindungen nach DIN EN 20 898-1 und DIN EN 20 898-2 oder DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz, so ist die ermittelte Schraubenlast um einen Faktor 1,12 zu erhöhen.

6.4.1.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind entsprechend Anhang B Abschnitt B 1.4 zu führen.

(2) Ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis ist nur dann zu führen, wenn die Spannungsspielzahl von 2×10^4 überschritten wird. Das Berechnungsverfahren gilt in gleicher Weise auch bei der Verwendung von austenitischen Stählen. Für diese Stähle sind die Bauteilfestigkeit geschweißter Verbindungen und die dynamische Bauteilfestigkeit bei Spannungsspielzahlen über 2×10^4 nachzuweisen.

6.4.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

Die Last darf nur formschlüssig angeschlagen werden. Gegen unbeabsichtigtes Aushängen der Last sind konstruktive Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

6.4.2 Lastaufnahmemittel

Unter diesen Abschnitt fallen Lasthaken, Lasthakenaufhängungen, Traversen, Gehänge und Greifer.

6.4.2.1 Auslegung

(1) Für die Auslegung von Lastaufnahmemitteln als Tragwerke gelten die Anforderungen des Abschnittes 6.1.1 und für die Auslegung von Lastaufnahmemitteln als Maschinenteile die des Abschnittes 6.2.1.1.

(2) Für Lasthaken gilt Abschnitt 6.4.1.1.

(3) Die Tragfähigkeit für Anschlagseile nach DIN 3088 und Anschlagketten nach DIN 5688-3 als feste Bestandteile des Lastaufnahmemittels darf maximal 50 % der in diesen Normen angegebenen Werte betragen.

(4) Kommen Schraubenverbindungen nach DIN EN 20 898-1 und DIN EN 20 898-2 oder DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz, so ist die ermittelte Schraubenlast um einen Faktor 1,12 zu erhöhen.

6.4.2.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.4 zu führen.

(2) Ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis ist nur dann zu führen, wenn die Spannungsspielzahl von 2×10^4 überschritten wird. Das Berechnungsverfahren gilt in gleicher Weise auch bei der Verwendung von austenitischen Stählen. Für diese Stähle sind die Bauteilfestigkeit geschweißter Verbindungen und die dynamische Bauteilfestigkeit bei Spannungsspielzahlen über 2×10^4 nachzuweisen.

6.4.2.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Die Last darf nur formschlüssig angeschlagen werden. Gegen unbeabsichtigtes Aushängen der Last sind konstruktive Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

(2) Anschlagseile und Anschlagketten sind als feste Bestandteile von Lastaufnahmemitteln nur dann zulässig, wenn die Seile nach DIN 3088 und die Ketten nach DIN 5688-3 und beide ohne Umlenkung mit definierten Lasteinleitungspunkten ausgeführt werden.

(3) Faserseile und gewebte Bänder sind nicht zulässig.

(4) Es sind nur Ketten nach DIN EN 818-2 mit einer inneren Breite $b_1 = 1,3 \cdot d$ zu verwenden.

(5) Für die geschmiedeten Einzelteile von Anschlagketten gilt DIN 5691.

(6) Kettenanschlüsselemente und Verbindungsteile müssen unlösbar in den Aufhängköpfen und Endgliedern ausgeführt werden.

(7) Die Verbindungselemente von der Anschlagkette zu den Lastanschlagspunkten müssen verwechslungsfrei ausgeführt werden.

(8) Bei Anschlagketten dürfen nur Oberflächenbehandlungsverfahren eingesetzt werden, die eine Schädigung des Grundmaterials (z.B. Wasserstoffeinschlüsse) ausschließen.

6.4.3 Anschlagmittel

Unter diesen Abschnitt fallen Anschlagseile und Anschlagketten.

6.4.3.1 Auslegung

Die Tragfähigkeit für Anschlagseile nach DIN 3088 und Anschlagketten nach DIN 5688-3 darf maximal 50 % der in diesen Normen angegebenen Werte betragen.

6.4.3.2 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Es dürfen nur Anschlagseile nach DIN 3088 und Anschlagketten nach DIN 5688-3 verwendet werden.

(2) Die Last darf nur formschlüssig angeschlagen werden. Gegen unbeabsichtigtes Aushängen der Last sind konstruktive Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

(3) Es sind die Festlegungen des Abschnittes 6.4.2.3 Absätze 3 bis 8 zu berücksichtigen.

6.5 Elektrische Ausrüstung

6.5.1 Allgemeines

(1) Sicherheitsstromkreise sind vorzusehen für Not-Ausschaltungen, Not-Halt und für Stromkreise, die bei Auftreten von unzulässigen Betriebszuständen und unzulässigen Überschreitungen von Wegen, Geschwindigkeiten und Lasten oder deren Kombination bewirken, daß die betreffenden Antriebe abgeschaltet werden.

(2) Sicherheitsstromkreise müssen autonom und unabhängig von der Steuerung wirken. Fehler in der Steuerung dürfen Sicherheitseinrichtungen nicht unwirksam machen. Sicherheitsstromkreise müssen entweder

a) nach dem Ruhestromprinzip,

b) selbstüberwachend mit sicherer Abschaltung im Fehlerfall oder

c) redundant aufgebaut sein.

Ansonsten sind die Anforderungen der TRA 200 Abschnitt 260.8 einschließlich der Anmerkung zu Abschnitt 260.83 für elektronische Bauelemente zu erfüllen.

(3) Alle Notend-, End- und Verriegelungsschalter, die nach dieser Regel erforderlich sind, müssen zwangsläufig öffnen. Diese Forderung gilt auch für die Schalter der Überlastsiche-

rung. Andere Schaltungsarten, z.B. mit Hilfe von Winkelkodierern, Gebern und Sensoren sind nur zulässig, wenn durch Redundanz oder durch eine andere Technik eine gleichwertige Sicherheit wie mit zwangsläufig öffnenden Schaltern erreicht wird.

(4) Geschlossene Arbeits- und Betriebsräume in Kranen, die sich im Kontrollbereich befinden, müssen an die Alarmanlage und die Sicherheitsbeleuchtungsanlage des Kernkraftwerks so angeschlossen sein, daß Alarmer wahrgenommen werden und die Fluchtwege erkennbar sind.

(5) Es sind Vorkehrungen dafür zu treffen, daß die nach KTA 3903 erforderlichen wiederkehrenden Funktionsprüfungen ohne Eingriff in die elektrische Ausrüstung (z.B. Lösen von Verdrahtungen, Ausbau von Geräteteilen) möglich sind.

6.5.2 Anforderungen an die elektrische Ausrüstung

(1) Die Drehstromspeisung ist mit einer Phasenfolgeüberwachung auszurüsten. Bei falscher Phasenfolge dürfen die Antriebe nicht anlaufen oder müssen die Antriebe stillgesetzt werden. Falsche Phasenfolge muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen.

(2) Bei Ausfall einer Phase oder einem Fehler in der Steuerung darf keine wesentliche Erhöhung der Senkgeschwindigkeit auftreten.

(3) Kurzschlüsse und Überlastungen dürfen nur den Motorabzweig automatisch sperren, in dem sie auftreten, es sei denn, daß mehrere Motoren für die gleiche Funktion vorhanden sind und gleichzeitig abgeschaltet werden müssen. Bei Hubwerksmotoren müssen in den Wicklungen Temperaturüberwachungsfühler vorhanden sein. Kurzschlüsse und Überlastungen müssen an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Die Störmeldung ist mit „Motorschutz“ (gegebenenfalls nähere Angaben) zu bezeichnen.

(4) Die Steuerstromkreise sind mit einer Erdschlußüberwachung auszustatten. Bei Steuerstromkreisen mit einer Spannung kleiner als oder gleich 25 V Wechselstrom oder kleiner als oder gleich 60 V Gleichstrom darf von der Erdschlußüberwachung abgesehen werden, wenn sie aus funktionstechnischen Gründen nicht möglich ist. In diesem Fall ist der Steuerstromkreis zu erden. Erdschluß muß an den Steuerstellen eine Warnung auslösen. Das Warnsignal ist mit „Erdschluß“ (gegebenenfalls nähere Angaben) zu bezeichnen.

(5) Das Ansprechen der Überlastsicherung muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Die Störmeldung ist mit „Überlast“ zu bezeichnen.

Die Überlastsicherung ist auf das 1,1fache der maximalen Betriebslast einzustellen.

Die Ansprechtoleranz darf $\pm 5\%$ nicht überschreiten.

Die Schaltschwelle ist bei der Inbetriebsetzung des Hebezeuges dem Schwingverhalten beim Anheben der Last anzupassen.

(6) Hubwerke sind mit einem Betriebsstunden- oder Lastkollektivzähler entsprechend Abschnitt 6.2.1.3.1 auszurüsten.

Hinweis:

Es wird vorausgesetzt, daß bei Verwendung von elektronischen Erfassungs- und Speicherverfahren eine sichere Datenspeicherung erfolgt.

(7) Die Hubwerksbremsen müssen jeweils einzeln und voneinander unabhängig angesteuert und allpolig geschaltet werden. Die Zusatzbremse muß gegenüber der Betriebsbremse verzögert einfallen.

Hinweis:

Bei der Auslegung ist so vorzugehen, daß aus voller Senkgeschwindigkeit mit maximaler Betriebslast bei „Not-Halt“ die Zusatzbremse bei spätestens 5 % der Restdrehzahl der Bremsung mit Betriebsbremse einfällt.

Die Unterschreitung der Mindestbelagstärke der Betriebsbremse, das Nichtöffnen und das Nichtschließen der Betriebs- und Zusatzbremse (Bremslüftertätigkeit) müssen an den Steuerstellen eine Warnung auslösen. Das Warnsignal ist mit „Bremse“ zu bezeichnen. Verschiebeläufermotoren mit integrierter Bremse sind von der Anzeige des Nichtöffnens oder Nichtschließens ausgenommen.

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

(8) Sofern keine gesteuerten oder geregelten Antriebe verwendet werden, ist für Fahr- und Hubwerke neben der Nenngeschwindigkeit mindestens eine Feingeschwindigkeit erforderlich. Bei Geschwindigkeitsänderungen müssen Beschleunigungen und Verzögerungen gering gehalten werden.

(9) Sind aus betrieblichen Gründen Hub- und Fahrwerksbewegungen teilweise oder ganz zu unterbinden, so ist dies durch eine elektrische Verriegelung sicherzustellen. Das Ansprechen der Verriegelung muß an den Steuerstellen eine Warnung auslösen. Das Warnsignal ist mit „Fahrbereich“ zu bezeichnen.

6.5.3 Begrenzung durch Endschalter

(1) Zusätzlich zum ersten Notendschalter im Steuerstromkreis zur Begrenzung der Hubbewegung ist ein direkt oder über Schütz in den Hauptstromkreis (bei Stromrichter- oder Umrichterbetrieb auf der Drehstromseite) wirkender weiterer Notendschalter (zweiter Notendschalter) mit unabhängigem Antrieb vorzusehen. Die Senkbewegung muß nach Ansprechen des ersten Notendschalters möglich sein. Solange der zweite Notendschalter betätigt ist, darf eine Bewegung des Hubwerks nicht möglich sein. Für wiederkehrende Prüfungen sind Vorkehrungen zu treffen, daß eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach Anfahren des zweiten Notendschalters ermöglicht wird. Das Überfahren des ersten Notendschalters zur Begrenzung der Hubbewegung muß an den Steuerstellen eine Warnung so rechtzeitig auslösen, daß vor dem Anfahren des zweiten Notendschalters die Hubbewegung von der Steuerstelle aus zum Stillstand gebracht werden kann. Das Warnsignal ist mit „1. Notendschalter Hubbewegung überfahren“ zu bezeichnen.

(2) Die Senkbewegung ist durch einen Notendschalter im Steuerstromkreis zu begrenzen. Nach Ansprechen dieses Notendschalters muß die Hubbewegung möglich sein.

(3) Zur Begrenzung der Kran- und Katzfahrt müssen Endschalter im Steuerstromkreis vorhanden sein. Nach dem Ansprechen eines Endschalters muß die jeweils entgegengesetzte Bewegung möglich sein.

(4) Das betriebsmäßige Anfahren von Endstellungen, die durch Notendschalter begrenzt sind, ist nur zulässig, wenn diesen Notendschaltern ein Betriebsendschalter vorgeschaltet ist.

6.5.4 Befehls- und Meldesysteme

6.5.4.1 Befehlssysteme

(1) Die Steuerung der Geschwindigkeit für Hub- und Fahrwerke darf nur von Null über die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen auf die maximale Geschwindigkeit möglich sein. Die jeweiligen Schaltstufen müssen am Steuerschalter wahrnehmbar sein. Die Steuerung muß ohne Selbsthaltung ausgeführt sein. Mechanische Steuerorgane müssen selbstrückstellend sein. Auf selbstrückstellende Steuerorgane darf verzichtet werden, wenn durch einen Freigabetaster im Steuerorgan eine Nullrückstellung elektrisch erreicht wird.

(2) An den Steuereinrichtungen müssen die Bewegungsrichtungen deutlich gekennzeichnet sein.

(3) An allen Steuerstellen muß ein Schalter für „Not-Halt“ vorhanden sein, mit dem der Kranschalter ausgeschaltet werden kann. Er muß auch an abgeschalteten Steuerstellen wirksam sein.

(4) Ist das Betreiben des Hebezeugs von mehreren Steuerstellen aus möglich, so müssen die einzelnen Steuerstellen so untereinander verriegelt sein, daß das Hebezeug jeweils nur von einer Stelle aus gesteuert werden kann.

6.5.4.2 Meldesysteme

(1) Die Meldesysteme sind zu unterteilen in Meldungen, z.B. für Betriebszustände oder Verriegelungen, sowie in Warnungen, z.B. für Veränderungen oder bevorstehende Änderungen der Bedingungen und in Störungen, z.B. für Zustände, die ein sofortiges Eingreifen erfordern.

(2) Meldungen sind optisch, Warnungen und Störungen sind optisch und akustisch anzuzeigen.

(3) Optische Anzeigen und Geräuschgeber müssen über einen Prüftaster prüfbar sein.

(4) Optische Anzeigen müssen solange anstehen, bis der angezeigte Zustand beseitigt ist. Bei Warnungen und Störungen muß die optische Anzeige nach dem Quittieren von Blinklicht in Ruhelicht wechseln und der Geräuschgeber abschalten. Jedes nach einer Quittierung ankommende Warnsignal oder Störmeldesignal muß den Geräuschgeber wieder in Betrieb setzen.

7 Erhöhte Anforderungen an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen

7.1 Tragwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Krantragwerke, Katzrahmen, Windenrahmen.

7.1.1 Auslegung

(1) Folgende Angaben sind zur Dimensionierung von Tragwerken zu machen:

- Montagelasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Lasten aus Einwirkungen von außen entsprechend Abschnitt 4.5,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Die Einstufung der Tragwerke muß erfolgen

- für die maximale Montagelast in Hubklasse H1 und Beanspruchungsgruppe B2 nach DIN 15 018-1 und
- für die maximale Betriebslast in Hubklasse H4 und Beanspruchungsgruppe B4 nach DIN 15 018-1.

(3) Wird ein kleinerer Hublastbeiwert als aus (2) resultierend angewendet, so ist dieser im Einzelfall nachzuweisen; außerdem ist er vor dem Einsetzen in die weiteren Berechnungen mit dem Faktor 1,25 zu multiplizieren.

(4) Die bei der Lastumlagerung infolge Ausfalls eines Bauteils innerhalb der doppelten Triebwerkskette auftretende Belastung ist als Sonderlast nach DIN 15 018-1 in ihren Auswirkungen auf das Tragwerk zu berücksichtigen.

7.1.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.1 zu führen.

(2) Auf den Betriebsfestigkeitsnachweis kann verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, daß die Spannungsspielzahl unter 2×10^4 liegt.

7.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Für die konstruktive Gestaltung gilt DIN 15 018-2.

(2) Hohlräume in Tragwerken von Hebezeugen im Reaktorsicherheitsbehälter sind für den Fall erhöhten Außendrucks mit Druckausgleichsöffnungen zu versehen oder den Druckverhältnissen entsprechend zu dimensionieren.

7.2 Hubwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Triebwerke und Seiltriebe.

7.2.1 Triebwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Getriebe, Seriengetriebe, Serienelektrozüge, Kupplungen und Bremsen.

7.2.1.1 Auslegung

(1) Es sind folgende Angaben für die Dimensionierung von Triebwerken zu machen:

- Montagelasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Eigenlasten der Lastaufnahme- und Tragmittel,
- Sonderlasten, wie z.B. Lasten aus Abnahmeprüfung, wiederkehrenden Prüfungen, Getriebeprobelauf sowie Einfallen der Bremsen, mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

- Einschaltdauer des Hubwerkes mit Montagelast, Betriebslast und Eigenlast sowie mit zugehöriger mittlerer Hubgeschwindigkeit und mittlerem Hubweg,
- Einschaltdauer, mit der die Last nach Ausfall einer Triebwerkskette bei Ausführung des Hebezeugs mit doppelter Triebwerkskette bewegt werden soll,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Für die Bemessung des Hubwerkes mit doppelter Triebwerkskette sind beide Triebwerksketten als mittragend unter Berücksichtigung der Festlegungen des Absatzes 1 f) zu betrachten. Dieses gilt nicht für Bremsen.

(3) Die Sicherheitsbremse ist für die maximale Betriebslast unter Berücksichtigung des auslegungsbestimmenden Schadensfalls in der Triebwerkskette zu bemessen. Das Bemessungsmoment muß mindestens das 1,4fache des statischen Lastmoments betragen. Der Anhalteweg der Sicherheitsbremse darf für den auslegungsbestimmenden Schadensfall grundsätzlich den dreifachen Anhalteweg der Betriebsbremse nicht überschreiten. Die Zulässigkeit größerer Anhaltewege ist im Einzelfall nachzuweisen.

Hinweis:

Unter dem Anhalteweg der Betriebsbremse wird hier der gesamte Weg verstanden, der vom Auslösen der Bremse durch „Not-Halt“ bis zum Stillstand durchlaufen wird. Unter dem Anhalteweg der Sicherheitsbremse wird hier der gesamte Weg verstanden, der ab Eintritt des Schadensfalls bis zum Stillstand durchlaufen wird.

(4) Für die Bemessung von Serienbauteilen wie Bremsen, Bremsscheiben und Kupplungen sind die Auslegungsdaten zu ermitteln, die in den entsprechenden Formblättern nach KTA 3903 gefordert sind.

(5) Für die Bemessung der Wälzlager sind die Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller anzuwenden. Für die dynamische Belastung ist die kubische Mittelung zugelassen, wobei eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % zugrunde zu legen ist, die mit $a_1 = 0,21$ zu berücksichtigen ist. Als statische Belastung ist die maximale Prüflast anzusetzen.

7.2.1.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.2 zu führen.

7.2.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

7.2.1.3.1 Allgemeines

(1) Für Hubwerke gilt Abschnitt 6.2.1.3.

(2) Zusätzlich sind Hubwerke entweder mit einer doppelten Triebwerkskette oder mit einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse auszurüsten.

(3) Bei Hubwerken mit doppelter Triebwerkskette sind alle mechanischen Bauteile im Kraftfluß einschließlich der Bremsen redundant auszuführen. Ausgenommen sind Lasthaken und Tragwerke der Unter- und Oberflasche.

(4) Die beiden Triebwerksketten müssen auch im instationären Betrieb statisch eindeutig bestimmbar sein.

(5) Bei einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse müssen die Seile und Seilrollen redundant ausgeführt werden.

(6) Der Ausfall eines Bauteils innerhalb einer doppelten Triebwerkskette oder einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse muß einen Stillstand des Triebwerks herbeiführen.

(7) Werden zur Aufnahme oder zur Dämpfung des Lastumlagerungsstoßes Systeme und Hilfsmedien (Flüssigkeiten, Gase) eingesetzt, so muß das System überwacht werden (z.B. Druck, Füllstand). Bei unzulässigen Abweichungen muß ein Stillstand herbeigeführt werden.

7.2.1.3.2 Getriebe

Für die Getriebe gilt Abschnitt 6.2.1.3.2.

7.2.1.3.3 Bremsen

(1) Für Bremsen gilt Abschnitt 6.2.1.3.3.

(2) Die Sicherheitsbremse muß bei Wellen- oder Getriebebruch auf der Seiltrommel oder am Ende der Triebwerkskette wirksam werden. Durch Einrichtungen oder betriebliche Maßnahmen ist ein sicheres Absetzen der Last zu ermöglichen.

7.2.2 Seiltriebe

Unter diesen Abschnitt fallen Seile, Seilrollen, Seiltrommeln, Seilendbefestigungen und Seiltrommelgelenkverbindungen.

7.2.2.1 Auslegung

(1) Für die Auslegung der Seiltriebe gilt Abschnitt 6.2.2.1.

(2) Zusätzlich gilt, daß der Seildurchmesser so zu bestimmen ist, daß nach dem Bruch eines Bauteils in einem Seiltrieb für den noch tragenden Seiltrieb eine Mindestbruchsi-

cherheit von 3 gegenüber der rechnerischen Bruchlast nachgewiesen wird, wenn die maximale Betriebslast unter Berücksichtigung der beim Bruch eines Bauteils in einem Seiltrieb auftretenden dynamischen Beanspruchungen eingesetzt wird.

(3) Für Seiltrommelgelenkverbindungen sind die Auslegungskräfte und -momente um 20 % zu erhöhen.

7.2.2.2 Nachweise

Die Nachweise sind nach Anhang B Abschnitt B 2.2.4 zu führen.

7.2.2.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Es gelten die Anforderungen des Abschnittes 6.2.2.3.

(2) Zusätzlich ist jede Seiltrommel mit einer Stützlagerung zu versehen, die so ausgebildet sein muß, daß die Wirksamkeit der Sicherheitsbremse bei Wellen- und Getriebebruch gegeben ist, und daß bei Schäden an den Lagerungselementen der Seiltrommel oder bei Bruch des Trommelzapfens ein sicheres Absetzen der Last ermöglicht werden kann.

7.3 Fahrwerke

Unter diesen Abschnitt fallen die Laufradlagerung mit Laufrädern, Laufradachsen und -wellen.

7.3.1 Auslegung

Für die Auslegung der Fahrwerke gilt Abschnitt 6.3.1.

7.3.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.3 zu führen.

7.3.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

Für die konstruktive Gestaltung und baulichen Anforderungen gilt Abschnitt 6.3.3.

7.4 Lastaufnahmeeinrichtungen

Unter diesen Abschnitt fallen Tragmittel, Lastaufnahmemittel und Anschlagmittel.

7.4.1 Tragmittel

Unter diesen Abschnitt fallen Lasthaken, Lasthakenaufhängungen, Greifer, Lasttraversen, Gehänge sowie Unter- und Oberflaschen und Aufhängungen für Ausgleichrollen und Seilendbefestigungen.

7.4.1.1 Auslegung

(1) Die Einstufung von Lasthaken in Triebwerksgruppen hat nach Abschnitt 6.4.1.1 Absätze 1 und 2 zu erfolgen, jedoch bei Betriebslast mindestens in Triebwerksgruppe 3 m.

(2) Für die Auslegung von Tragmitteln als Tragwerke gelten die Anforderungen des Abschnittes 7.1.1 und für die Auslegung von Tragmitteln als Maschinenteile die des Abschnittes 7.2.1.1.

(3) Für nicht redundant ausgeführte Tragmittel ist das 1,25fache des Hublastbeiwertes für die Berechnung anzusetzen. Für den Lasthaken gilt Absatz 1.

(4) Kommen Schraubenverbindungen nach DIN EN 20 898-1 und DIN EN 20 898-2 oder DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN

ISO 3506-2 mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz, so ist die erforderliche Anzahl der Schrauben zu verdoppeln oder es ist die ermittelte Schraubenlast um einen Faktor 1,5 zu erhöhen.

7.4.1.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.4 zu führen.

(2) Ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis ist nur dann zu führen, wenn die Spannungszahl von 2×10^4 überschritten wird. Das Berechnungsverfahren gilt in gleicher Weise auch bei Verwendung von austenitischen Stählen. Für diese Stähle sind die Bauteilfestigkeit geschweißter Verbindungen und die dynamische Bauteilfestigkeit bei Spannungszahlen über 2×10^4 nachzuweisen.

7.4.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

Die Last darf nur formschlüssig angeschlagen werden. Gegen unbeabsichtigtes Aushängen der Last sind konstruktive Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

7.4.2 Lastaufnahmemittel

Unter diesen Abschnitt fallen Lasthaken, Lasthakenaufhängungen, Traversen, Gehänge und Greifer.

7.4.2.1 Auslegung

(1) Für die Auslegung von Lastaufnahmemitteln als Tragwerke gelten die Anforderungen des Abschnittes 7.1.1 und für die Auslegung von Lastaufnahmemitteln als Maschinenteile die des Abschnittes 7.2.1.1.

(2) Für Lasthaken gilt Abschnitt 7.4.1.1.

(3) Für nicht redundant ausgeführte Lastaufnahmemittel ist das 1,25fache des Hublastbeiwertes für die Berechnung anzusetzen.

(4) Die Tragfähigkeit für Anschlagseile nach DIN 3088 und Anschlagketten nach DIN 5688-3 als feste Bestandteile des Lastaufnahmemittels darf maximal 50 % der in diesen Normen angegebenen Werte betragen.

(5) Kommen Schraubenverbindungen nach DIN EN 20 898-1 und DIN EN 20 898-2 oder DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz, so ist die erforderliche Anzahl der Schrauben zu verdoppeln oder es ist die ermittelte Schraubenlast um einen Faktor 1,5 zu erhöhen.

7.4.2.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.4 zu führen.

(2) Ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis ist nur dann zu führen, wenn die Spannungszahl von 2×10^4 überschritten wird. Das Berechnungsverfahren gilt in gleicher Weise auch bei Verwendung von austenitischen Stählen. Für diese Stähle sind die Bauteilfestigkeit geschweißter Verbindungen und die dynamische Bauteilfestigkeit bei Spannungszahlen von mehr als 2×10^4 nachzuweisen.

7.4.2.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Die Last darf nur formschlüssig angeschlagen werden. Gegen unbeabsichtigtes Aushängen der Last sind konstruktive Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

(2) Anschlagseile und Anschlagketten sind als feste Bestandteile von Lastaufnahmemitteln nur dann zulässig, wenn die Seile nach DIN 3088 und die Ketten nach DIN 5688-3 und

beide ohne Umlenkung mit definierten Lasteinleitungspunkten ausgeführt werden.

(3) Faserseile und gewebte Bänder sind nicht zulässig.

(4) Es sind nur Ketten nach DIN EN 818-2 mit einer inneren Breite $b_1 = 1,3 \cdot d$ zu verwenden.

(5) Für die geschmiedeten Einzelteile von Anschlagketten gilt DIN 5691.

(6) Kettenanschlüsselemente und Verbindungsteile müssen unlösbar in den Aufhängeköpfen und Endgliedern ausgeführt werden.

(7) Die Verbindungselemente von der Anschlagkette zu den Lastanschlagspunkten müssen verwechslungsfrei ausgeführt werden.

(8) Bei Anschlagketten dürfen nur Oberflächenbehandlungsverfahren eingesetzt werden, die eine Schädigung des Grundmaterials (z.B. Wasserstoffeinschlüsse) ausschließen.

7.4.3 Anschlagmittel

Anschlagmittel sind nicht zulässig.

7.5 Elektrische Ausrüstung

Es sind die Anforderungen des Abschnittes 6.5 zu erfüllen. Zusätzlich gilt:

- a) Bei Ausfall einer Phase der Versorgung des Hubwerksmotors muß selbsttätig eine allpolige Abschaltung des Hubwerksmotors erfolgen. Der Phasenausfall muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Eine Bezeichnung der Störmeldung „Phasenausfall“ (gegebenenfalls nähere Bezeichnung) ist erforderlich. Sofern an den Steuerstellen eine Sammelmeldung erfolgt, muß die nähere Bezeichnung der Störung für geregelte Antriebe am Reglergerät selbst möglich sein.
- b) Die Sicherheitsbremse muß bei Schadenseintritt durch Getriebe- oder Wellenbruch in jedem Geschwindigkeitszustand frühest möglich wirksam werden.
- c) Zur Begrenzung der Senkbewegung ist neben dem ersten Notendschalter im Steuerstromkreis ein weiterer, direkt oder über Schütz in den Hauptstromkreis (bei Stromrichter- oder Umrichterbetrieb auf der Drehstromseite) wirkender Notendschalter (zweiter Notendschalter) einzubauen. Solange der zweite Notendschalter betätigt ist, darf eine Bewegung des Hubwerks nicht möglich sein. Für wiederkehrende Prüfungen sind jedoch Vorkehrungen zu treffen, daß eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach Anfahren des zweiten Notendschalters ermöglicht wird. Das Überfahren des ersten Notendschalters muß an den Steuerstellen eine Warnung so rechtzeitig auslösen, daß vor dem Anfahren des zweiten Notendschalters die Senkbewegung von der Steuerstelle aus zum Stillstand gebracht werden kann. Eine Bezeichnung der Warnung „1. Notendschalter Senkbewegung überfahren“ ist erforderlich.
- d) Das Wiedereinschalten nach dem Ausfall eines Bauteils in einer Triebwerkskette ist nur mittels Schlüsselschalter vom elektrischen Betriebsraum aus zulässig.
- e) Das Nichtöffnen der Sicherheitsbremse ist zu überwachen.
- f) Der Ausfall eines Bauteils innerhalb einer doppelten Triebwerkskette oder einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse muß einen Stillstand des Triebwerks herbeiführen und an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen.
- g) Werden zur Aufnahme oder zur Dämpfung des Lastumlagerungsstoßes Systeme und Hilfsmedien (Flüssigkeiten, Gase) eingesetzt, so muß das System überwacht werden (z.B. Druck, Füllstand). Bei unzulässigen Abweichungen muß ein Stillstand herbeigeführt und an den Steuerstellen eine Störmeldung ausgelöst werden.

8 Anforderungen an Brennelement-Wechselanlagen für Leichtwasserreaktoren

8.1 Tragwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Tragwerke und Katzrahmen.

8.1.1 Auslegung

(1) Folgende Angaben sind zur Dimensionierung von Tragwerken zu machen:

- Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Lasten aus Einwirkungen von außen entsprechend Abschnitt 4.5,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Die Einstufung der Tragwerke hat für die maximale Betriebslast in Hubklasse 4 und Beanspruchungsgruppe B4 nach DIN 15 018-1 zu erfolgen.

(3) Wird ein kleinerer Hublastbeiwert als aus (2) resultierend angewendet, so ist dieser im Einzelfall nachzuweisen; außerdem ist er vor dem Einsetzen in die weiteren Berechnungen mit dem Faktor 1,25 zu multiplizieren.

(4) Die bei der Lastumlagerung infolge Ausfalls eines Bauteils innerhalb der doppelten Triebwerkskette auftretende Belastung ist als Sonderlast nach DIN 15 018-1 in ihren Auswirkungen auf das Tragwerk zu berücksichtigen.

8.1.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.1 zu führen.

(2) Auf den Betriebsfestigkeitsnachweis kann verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, daß die Spannungsspielzahl unter 2×10^4 liegt.

8.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Für die konstruktive Gestaltung gilt DIN 15 018-2.

(2) Hohlräume in Tragwerken von Brennelement-Wechselanlagen in Reaktorsicherheitsbehältern sind für den Fall erhöhten Außendruckes mit Druckausgleichsöffnungen zu versehen oder den Druckverhältnissen entsprechend zu dimensionieren.

(3) Die Brennelement-Wechselanlagen müssen so ausgeführt werden, daß durch entsprechende Kompensationsmaßnahmen die Brückenträgerdurchbiegung ausgeglichen wird, um eine senkrechte Handhabung während des Brennelementeinsetzens und -ziehens zu ermöglichen.

8.2 Hubwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Triebwerke und Seiltriebe.

8.2.1 Triebwerke

Unter diesen Abschnitt fallen Getriebe, Seriengeräte, Kupplungen und Bremsen.

8.2.1.1 Auslegung

(1) Es sind folgende Angaben für die Dimensionierung von Triebwerken zu machen:

- Betriebslasten mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,
- Eigenlasten der Lastaufnahmeeinrichtung,

- Sonderlasten, wie z.B. Lasten aus Abnahmeprüfung, wiederkehrenden Prüfungen, Getriebeprobelauf sowie Einfallen der Bremsen, mit zugehörigen Lastarbeitsspielen für die vorgesehene Einsatzzeit,

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

- Einschaltdauer des Hubwerks mit Betriebslast und Eigenlast sowie mit zugehöriger mittlerer Hubgeschwindigkeit und mittlerem Hubweg,
- Einschaltdauer, mit der die Last nach Ausfall einer Triebwerkskette bei einer Ausführung mit doppelter Triebwerkskette bewegt werden soll,
- Umgebungsbedingungen entsprechend Abschnitt 4.6.

(2) Für die Bemessung des Hubwerks mit doppelter Triebwerkskette sind beide Triebwerksketten als mittragend unter Berücksichtigung der Festlegungen nach (1) e) zu betrachten. Dieses gilt nicht für Bremsen.

(3) Die Sicherheitsbremse ist für die maximale Betriebslast unter Berücksichtigung des auslegungsbestimmenden Schadensfalls in der Triebwerkskette zu bemessen. Das Bemessungsmoment muß mindestens das 1,4fache des statischen Lastmoments betragen. Der Anhalteweg der Sicherheitsbremse darf für den auslegungsbestimmenden Schadensfall grundsätzlich den dreifachen Anhalteweg der Betriebsbremse nicht überschreiten. Die Zulässigkeit größerer Anhaltewege ist im Einzelfall nachzuweisen.

Hinweis:

Unter dem Anhalteweg der Betriebsbremse wird hier der gesamte Weg verstanden, der vom Auslösen der Bremse durch „Not-Halt“ bis zum Stillstand durchlaufen wird. Unter dem Anhalteweg der Sicherheitsbremse wird hier der gesamte Weg verstanden, der ab Eintritt des Schadensfalls bis zum Stillstand durchlaufen wird.

(4) Für die Bemessung von Serienbauteilen wie Bremsen, Bremsscheiben und Kupplungen sind die Auslegungsdaten zu ermitteln, die in den entsprechenden Formblättern nach KTA 3903 gefordert sind.

(5) Für die Bemessung der Wälzlager sind die Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller anzuwenden. Für die dynamische Belastung ist die kubische Mittelung zugelassen, wobei eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 1 % zugrunde zu legen ist, die mit $a_1 = 0,21$ zu berücksichtigen ist. Als statische Belastung ist die maximale Prüflast anzusetzen.

8.2.1.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.2 zu führen.

8.2.1.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

8.2.1.3.1 Allgemeines

(1) Für Hubwerke gilt Abschnitt 6.2.1.3.

(2) Zusätzlich sind Hubwerke entweder mit einer doppelten Triebwerkskette oder mit einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse auszurüsten.

(3) Bei Hubwerken mit doppelter Triebwerkskette sind alle mechanischen Bauteile im Kraftfluß einschließlich der Bremsen, mit Ausnahme von Greifern und deren Hublastführungen, redundant auszuführen.

(4) Die beiden Triebwerksketten müssen auch im instationären Betrieb statisch eindeutig bestimmbar sein.

(5) Bei einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse müssen die Seile und Seilrollen redundant ausgeführt werden.

(6) Der Ausfall eines Bauteils innerhalb einer doppelten Triebwerkskette oder einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse muß einen Stillstand des Triebwerks herbeiführen.

(7) Es sind eine Schloffseilüberwachung und eine kontinuierliche Lastmeßeinrichtung vorzusehen.

(8) Das Absetzen des Brennelements in eine gesicherte Position muß auch bei Energieausfall oder nach Ausfall eines Bauteils im Triebwerk möglich sein.

(9) Die Bewegungen aller handgetriebenen Teile mit Ausnahme der Notantriebe sind zuverlässig zu begrenzen.

(10) Werden zur Aufnahme oder zur Dämpfung des Lastumlagerungsstoßes Systeme und Hilfsmedien (Flüssigkeiten, Gase) eingesetzt, so muß das System überwacht werden (z.B. Druck, Füllstand). Bei unzulässigen Abweichungen muß ein Stillstand herbeigeführt werden.

8.2.1.3.2 Getriebe

Für die Getriebe gilt Abschnitt 6.2.1.3.2.

8.2.1.3.3 Bremsen

(1) Für Bremsen gilt Abschnitt 6.2.1.3.3.

(2) Die Sicherheitsbremse muß bei Wellen- oder Getriebebruch auf der Seiltrommel oder am Ende der Triebwerkskette wirksam werden. Durch Einrichtungen oder betriebliche Maßnahmen ist ein sicheres Absetzen der Last zu ermöglichen.

8.2.2 Seiltriebe

Unter diesen Abschnitt fallen Seile, Seilrollen, Seiltrommeln, Seilendbefestigungen und Seiltrommelgelenkverbindungen.

8.2.2.1 Auslegung

(1) Für die Auslegung der Seiltriebe gilt Abschnitt 6.2.2.1.

(2) Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.2.1 gilt, daß der Seildurchmesser so zu bestimmen ist, daß nach dem Bruch eines Bauteils in einem Seiltrieb für den noch tragenden Seiltrieb eine Mindestbruchsicherheit von 3 gegenüber der rechnerischen Bruchlast nachgewiesen wird, wenn die maximale Betriebslast unter Berücksichtigung der beim Bruch eines Bauteils in einem Seiltrieb auftretenden dynamischen Beanspruchungen eingesetzt wird.

(3) Für Seiltrommelgelenkverbindungen sind die Auslegungskräfte und -momente um 20 % zu erhöhen.

8.2.2.2 Nachweise

Die Nachweise sind nach Anhang B Abschnitt B 2.2.4 zu führen.

8.2.2.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Es gelten die Anforderungen des Abschnittes 6.2.2.3.

(2) Zusätzlich ist jede Seiltrommel mit einer Stützlagerung zu versehen, die so ausgebildet sein muß, daß die Wirksamkeit der Sicherheitsbremse bei Wellen- oder Getriebebruch gegeben ist, und daß bei Schäden an den Lagerungselementen der Seiltrommel oder bei Bruch des Trommelzapfens ein sicheres Absetzen der Last ermöglicht werden kann.

8.3 Fahrwerke

Unter diesen Abschnitt fallen die Laufradlagerung mit Laufrädern, Laufradachsen und -wellen.

8.3.1 Auslegung

Für die Auslegung der Fahrwerke gilt Abschnitt 6.3.1.

8.3.2 Nachweise

Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 1.3 zu führen.

8.3.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

Für die konstruktive Gestaltung und die baulichen Anforderungen gilt Abschnitt 6.3.3.

8.4 Lastaufnahmeeinrichtungen

Unter diesen Abschnitt fallen bei Brennelement-Wechselanlagen, Greifer und Hublastführungen, z.B. Teleskopmast, Führungsrohr.

8.4.1 Auslegung

(1) Für die Auslegung von Hublastführungen als Tragwerke gelten die Anforderungen des Abschnittes 8.1 und für die Auslegung von Greifern die des Abschnittes 8.2.

(2) Für nicht redundante Bauteile ist das 1,25fache des Hublastbeiwertes für die Berechnung anzusetzen.

(3) Kommen Schraubenverbindungen nach DIN EN 20 898-1 und DIN EN 20 898-2 oder DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz, so ist die erforderliche Anzahl der Schrauben zu verdoppeln oder es ist die ermittelte Schraubenlast um einen Faktor 1,5 zu erhöhen.

8.4.2 Nachweise

(1) Die Nachweise sind gemäß Anhang B Abschnitt B 2.4 zu führen.

(2) Ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis ist nur dann zu führen, wenn die Spannungsspielzahl von 2×10^4 überschritten wird. Das Berechnungsverfahren gilt in gleicher Weise auch bei Verwendung von austenitischen Stählen. Für diese Stähle sind die Bauteilfestigkeit geschweißter Verbindungen und die dynamische Bauteilfestigkeit bei Spannungsspielzahlen über 2×10^4 nachzuweisen.

8.4.3 Konstruktive Gestaltung und bauliche Anforderungen

(1) Die Last darf nur formschlüssig an den Greifer angeschlagen werden.

(2) Der Greifer muß auf doppelte, unabhängige Weise gegen unbeabsichtigtes Öffnen und Öffnen an sicherheitstechnisch nicht zulässigen Stellen verriegelt sein. Dies gilt auch bei vollem oder teilweisem Energieausfall (Strom, Hydraulik, Pneumatik).

(3) Das Absetzen des Brennelements in eine gesicherte Position muß auch bei Energieausfall weiterhin möglich sein.

8.5 Elektrische Ausrüstung

Es sind die Anforderungen des Abschnittes 6.5 zu erfüllen. Zusätzlich gilt:

a) Bei Ausfall einer Phase der Versorgung des Hubwerksmotors muß selbsttätig eine allpolige Abschaltung des Hubwerksmotors erfolgen. Der Phasenausfall muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Eine Bezeichnung der Störmeldung „Phasenausfall“ (gegebenenfalls nähere Bezeichnung) ist erforderlich. Sofern an den Steuerstellen eine Sammelmeldung erfolgt, muß die nähere Bezeichnung der Störung für geregelte Antriebe am Regelgerät selbst möglich sein.

- b) Die Sicherheitsbremse muß bei Schadenseintritt durch Getriebe- oder Wellenbruch in jedem Geschwindigkeitszustand frühest möglich wirksam werden.
- c) Zur Begrenzung der Senkbewegung ist neben dem ersten Notendschalter im Steuerstromkreis ein weiterer, direkt oder über Schütz in den Hauptstromkreis (bei Stromrichter- oder Umrichterbetrieb auf der Drehstromseite) wirkender Notendschalter (zweiter Notendschalter) einzubauen. Solange der zweite Notendschalter betätigt ist, darf eine Bewegung des Hubwerks nicht möglich sein. Für wiederkehrende Prüfungen sind jedoch Vorkehrungen zu treffen, daß eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach Anfahren des zweiten Notendschalters ermöglicht wird. Das Überfahren des ersten Notendschalters muß an den Steuerstellen eine Warnung so rechtzeitig auslösen, daß vor dem Anfahren des zweiten Notendschalters die Senkbewegung von der Steuerstelle aus zum Stillstand gebracht werden kann. Eine Bezeichnung der Warnung „1. Notendschalter Senkbewegung überfahren“ ist erforderlich.
- d) Die Endstellungen „auf“ und „zu“ des Greifers und alle zugehörigen Verriegelungen müssen optisch an den Steuerstellen angezeigt werden. Solange eine der beiden Endstellungen nicht erreicht ist, darf eine Bewegung des Hubwerkes nicht möglich sein.
- e) Das Wiedereinschalten nach dem Ausfall eines Bauteils in einer Triebwerkskette ist nur mittels Schlüsselschalter vom elektrischen Betriebsraum aus zulässig.
- f) Das Nichtöffnen der Sicherheitsbremse ist zu überwachen.
- g) Der Netzanschlußschalter der Brennelement-Wechselanlage darf nur eingeschaltet werden können, wenn dieser mit einem Schlüsselschalter oder mit einer gleichartig gesicherten Einschaltmöglichkeit vom Reaktorleitstand oder von einer anderen sicherheitstechnisch gleichwertigen Stelle aus freigegeben worden ist. Zwischen dieser Stelle und allen Steuerstellen muß entweder unmittelbarer Sprechverkehr möglich sein oder eine Gegensprechanlage bestehen, die an eine unterbrechungslose Stromversorgung angeschlossen ist. Eine Rücknahme der Freigabe darf keine Abschaltung des Netzanschlußschalters auslösen und muß nach Abschalten eine erneute Einschaltung verhindern.
- h) Die Position des Greifers muß für alle Koordinaten angezeigt werden.
- i) Das Ansprechen der Überlastsicherung und der Schlaffseilüberwachung muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Die Störmeldung ist mit „Überlast“ oder „Schlaffseil“ zu bezeichnen. Die kontinuierliche Lastmeßeinrichtung muß mit einer Lastanzeige, die die tatsächlichen Lasten am Seil anzeigt, auf dem Steuerpult ausgerüstet sein. Für bestimmte zugeordnete Lasten, z.B. für Brennelemente oder Steuerelemente, müssen Grenzwerte einstellbar sein.
- j) Ist die Steuerung von mehreren Steuerstellen aus möglich, so müssen die einzelnen Steuerstellen so verriegelt sein, daß die Brennelement-Wechselanlage jeweils nur von einer Steuerstelle betrieben werden kann.
- k) An allen Steuerstellen muß ein Schalter für „Not-Halt“ vorhanden sein, mit dem alle Antriebseinrichtungen allpolig abgeschaltet werden können. Er muß auch an den nach j) verriegelten Steuerstellen wirksam sein.
- l) Hub- und Fahrbewegung müssen gegeneinander verriegelt sein, und zwar entweder zwangsläufig oder redundant. Fahrbewegungen müssen gegenüber Hubbewegungen so verriegelt sein, daß Fahrbewegungen nur möglich sind, wenn die für den jeweiligen Betrieb erforderliche Höhenlage des Greifers erreicht ist.
- m) Zur Begrenzung der Fahrbewegungen ist neben dem Endschalter nach Abschnitt 6.5.3 Absatz 3 ein von diesem unabhängiger Notendschalter an beiden Enden des jeweils sicherheitstechnisch zulässigen Fahrbereichs vorzusehen. Solange der Notendschalter betätigt ist, darf keine Bewegung des Fahrwerks mehr möglich sein. Für wiederkehrende Prüfungen sind jedoch Vorkehrungen zu treffen, daß eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach Anfahren des Notendschalters ermöglicht wird. Das Ansprechen des Notendschalters muß an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen. Die Störmeldung ist mit „Endschalter überfahren“ zu bezeichnen.
- n) Können Teile von Brennelement-Wechselanlagen sowohl von Hand als auch motorisch bewegt werden, darf der motorische Antrieb nicht eingeschaltet oder einschaltbar sein, solange eine Bewegung von Hand möglich ist.
- o) Der Ausfall eines Bauteils innerhalb einer doppelten Triebwerkskette oder einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse muß einen Stillstand des Triebwerks herbeiführen und an den Steuerstellen eine Störmeldung auslösen.
- p) Werden zur Aufnahme oder zur Dämpfung des Lastumlagerungsstoßes Systeme und Hilfsmedien (Flüssigkeiten, Gase) eingesetzt, so muß das System überwacht werden (z.B. Druck, Füllstand). Bei unzulässigen Abweichungen muß ein Stillstand herbeigeführt und an den Steuerstellen eine Störmeldung ausgelöst werden.

Anhang A

Beispiele für die Einstufung von Hebezeugen

A 1 Druckwasserreaktor

lfd. Nr.	Hebezeug	zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 4.2	erhöhte Anforderungen nach Abschnitt 4.3
1	Reaktorgebäudekran, ausgenommen Reparaturhubwerk		X
2	Halbportalkran		X
3	Konsolkran im Reaktorgebäude	X	
4	Kran im Lager für neue Brennelemente	X	
5	Hilfshub auf der BE-Wechselanlage		X
6	Traverse für Abschirmriegel über Reaktor- und Absetzbecken		X
7	Traverse für den RDB-Deckel		X
8	Traversen für den Transportbehälter für bestrahlte Brennelemente		X
9	Traversen für den Transportbehälter für unbestrahlte UO ₂ -Brennelemente	X	
10	Traverse für metallisches Kontaminationsschutzbund	X	
11	Traverse für RDB-Einbauten: - Oberes Kerngerüst		X
	- Unteres Kerngerüst	X	
12	Traverse für Beckenschütze		X
13	Traverse für Spannvorrichtung der RDB-Deckelschrauben	X	

A 2 Siedewasserreaktor

lfd. Nr.	Hebezeug	zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 4.2	erhöhte Anforderungen nach Abschnitt 4.3
1	Reaktorgebäudekran, ausgenommen Reparaturhubwerk		X
2	Kran im Lager für neue Brennelemente	X	
3	Hilfshub auf der BE-Wechselanlage		X
4	Winde zur Handhabung bestrahlter Brennelemente im Lagerbecken		X
5	Traverse für RDB- und RSB-Deckel und Flutkompensator		X
6	Traverse für Abschirmriegel über Reaktor- und Absetzbecken		X
7	Traverse für Beckenschütze		X
8	Traverse für Dampfabscheider, Dampftrockner		X
9	Traverse für Transportbehälter für bestrahlte Brennelemente im Reaktorgebäude		X
10	Traverse für Transportbehälter für unbestrahlte UO ₂ -Brennelemente innerhalb des Reaktorgebäudes	X	
11	Traverse für metallisches Kontaminationsschutzhemd	X	
12	Traverse für Spannvorrichtung der RDB-Deckelschrauben	X	

Anhang B

Lastfälle und Nachweise für Hebezeuge

- B 1 Lastfälle und Nachweise für Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen nach Abschnitt 6
 - B 1.1 Tragwerke
 - B 1.2 Hubwerke
 - B 1.3 Fahrwerke
 - B 1.4 Lastaufnahmeeinrichtungen
- B 2 Lastfälle und Nachweise für Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen nach Abschnitt 7 und für Brennelement-Wechselanlagen nach Abschnitt 8
 - B 2.1 Tragwerke
 - B 2.2 Hubwerke
 - B 2.3 Fahrwerke
 - B 2.4 Lastaufnahmeeinrichtungen
- B 3 Formelzeichen und Größen

B 1 Lastfälle und Nachweise für Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen nach Abschnitt 6

B 1.1 Tragwerke

B 1.1.1 Montage- und Betriebslasten

Die Berechnung hat nach DIN 15 018-1 zu erfolgen.

B 1.2 Hubwerke

B 1.2.1 Auslegungsdaten

B 1.2.1.1 Ermittlung der Momente und Kräfte

(1) Für die Auslegung der Bauteile der Triebwerkskette, beginnend bei der Betriebsbremse und endend mit der Seiltrommel, sind die in der **Tabelle B 1-1** aufgeführten Momente zu ermitteln.

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

(2) Für die Berechnung der Momente \hat{T}_M , \hat{T}_B , \hat{T}_O und \hat{T}_{SO} sind folgende Betriebszustände zugrunde zulegen und für die jeweils zubetrachtende Schnittstelle zu berechnen:

a) Beschleunigen beim Heben:

$$\hat{T}_{BS} = T_L - T_R + \varphi_s \cdot \left[2 \cdot T_R + (T_{Mot} - T_L - T_R) \cdot \frac{J_{ab}}{J_{ab} + J_{an}} \right] \quad (B 1-1)$$

wobei für T_{Mot} das größte während des stufenweisen Hochschaltens des Motors entstehende Motormoment für Antriebe mit Drehstrom-Schleifringläufermotoren anzusetzen ist. Wenn dieses genau bekannt ist, so ist dafür bei automatischem Hochschalten durch Zeit- oder Frequenzrelais das 2/3fache Motorkippmoment, bei Hochschalten von Hand das Motorkippmoment einzusetzen. Für Antriebe mit Käfigläufermotoren ist das Anzugsmoment beim Einschalten des Motors einzusetzen. Für geregelte Antriebe ist das durch die Strombegrenzung vorgegebene Motormoment einzusetzen.

b) Verzögern beim Senken:

$$\hat{T}_{BR} = T_L + T_R + \varphi_s \cdot (T_{Bre} - T_L - T_R) \cdot \frac{J_{ab}}{J_{ab} + J_{an}}, \quad (B 1-2)$$

mit $\varphi_s = 2$

Lastfall-Nr.	Momente	Benennung	Nachweisart
1	T_M \hat{T}_M	Statisches Moment für die maximale Montagelast Dynamisches Moment für die maximale Montagelast T_M (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	Betriebsfestigkeitsnachweis und statischer Nachweis für die erste Stufe des Kollektivs
2	T_B \hat{T}_B	Statisches Moment für die maximale Betriebslast Dynamisches Moment für die maximale Betriebslast T_B (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
3	T_O \hat{T}_O	Statisches Moment bei Leerfahrten, wenn Eigenlast vom halben Tragmittel plus Lastaufnahmemittel plus Anschlagmittel mehr als 30 % der maximalen Last beträgt Dynamisches Moment für Eigenlast T_O (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
4	T_{SO} \hat{T}_{SO}	Maximales Moment im Sonderlastfall, wie z.B. aus Abnahmeprüfung, wiederkehrender Prüfung, Getriebeprobelauf, gleichzeitiges Einfallen der Betriebs- und Zusatzbremse Dynamisches Moment für Sonderlast T_{SO}	

Tabelle B 1-1: Momente

c) Anheben einer abgesetzten Last:

$$\hat{T}_{AN} = (T_L + T_R) \cdot \psi \quad (B 1-3)$$

Hinweis:

Der Hublastbeiwert ψ wird entsprechend der Einstufung der Tragwerke gewählt.

Vorzeichenregel:

Als Vorzeichenregel gilt, daß die Drehmomente positiv einzusetzen sind, wenn sie an der zu berechnenden Triebwerks- welle antriebseitig entgegen der Bewegungsrichtung wirken.

(3) Für nichtdrehende Maschinenteile zwischen Seiltrommel und Last sind die Auslegungskräfte aus den vorgenannten Momenten zu ermitteln.

B 1.2.1.2 Ermittlung der Spannungsspielzahl

(1) Für den Nachweis der Betriebsfestigkeit oder Dauerfestigkeit sind die Spannungsspielzahlen wie folgt zu ermitteln:

a) für drehende Bauteile gilt:

$$U_i = \frac{h_i \cdot 3600}{\bar{s}_i} \cdot \bar{V}_i \quad (\text{B 1-4})$$

$$\hat{N}_{i\sigma} = U_i \cdot \frac{n_i}{60} \cdot \hat{t}_i \quad (\text{B 1-5})$$

$$\hat{N}_{i\tau} = U_i \cdot Z_{\text{Sch}_i} \cdot \varepsilon \quad (\text{B 1-6})$$

$$N_{i\sigma} = 60 \cdot n_i \cdot h_i - \hat{N}_{i\sigma} \quad (\text{B 1-7})$$

$$N_{i\tau} = 0, \text{ da die Spannung nur statisch auftritt.} \quad (\text{B 1-8})$$

b) für nicht drehende Bauteile gilt:

$$\hat{N}_{i\sigma} = U_i \cdot Z_{\text{Sch}_i} \cdot k_a \quad (\text{B 1-9})$$

$$N_{i\sigma} = 0, \text{ da die Spannung nur statisch auftritt.} \quad (\text{B 1-10})$$

Es sind einzusetzen für:

$$\varepsilon = 10$$

$$k_a = 10$$

$$\hat{t}_i = 30 \text{ s, als Maximum, aber nur 50 \% der Gesamtlaufzeit, wenn kein zusätzlicher Nachweis erbracht wird}$$

$$Z_{\text{Sch}_i} = 10 \text{ bei Hubwerken mit Feinhub und bei geregelten Antrieben}$$

$$Z_{\text{Sch}_i} = 20 \text{ bei sonstigen Antrieben}$$

(2) Bei Kenntnis der tatsächlichen Beanspruchung innerhalb eines Lastarbeitsspiels durch experimentelle Untersuchungen oder durch zutreffende Abschätzung des Beanspruchungsgeschehens mit geeigneten Rechenmodellen (z.B. Einbeziehung der durch Verlustarbeit aufgezehrten Schwingungsenergie, die dem System durch den Ankoppelstoß aufgeprägt wird) darf der Betriebsfestigkeitsnachweis auf dieser Basis erfolgen.

B 1.2.1.3 Ermittlung der Spannungskollektive (allgemein)

(1) Aus den ermittelten Momenten nach **Tabelle B 1-1** und den daraus resultierenden Kräften sind die Bauteilspannungen zu errechnen und der Größe nach zu ordnen. Mit den zugehörigen Spannungsspielzahlen ist das Spannungskollektiv zu erstellen. Das erstellte Spannungskollektiv ist mit der Bauteilwöhlerlinie (siehe **Bild B 1-1**) zu vergleichen.

Beispiele für die Ermittlung der Spannungskollektive sind in [12] enthalten.

(2) Die Lage der Bauteilwöhlerlinie im Zeitfestigkeitsbereich, die sich in einem Diagramm mit logarithmischer Aufteilung als Gerade ergibt, ist durch die Werte für N_z und σ_x sowie N_D und σ_D zu bestimmen, wobei die Steigung nach folgender Gleichung zu ermitteln ist:

$$c = \tan \gamma = \frac{\log N_D - \log N_z}{\log \sigma_x - \log \sigma_D} \quad (\text{B 1-11})$$

(3) Zum Nachweis der Betriebs- oder Dauerfestigkeit sind die in den **Bildern B 1-2** bis **B 1-4** dargestellten Fälle A, B oder C zugrunde zu legen:

a) Fall A: $\sigma_1 \geq \sigma_D$

Wenn keine der Kollektivstufen die verlängerte Zeitfestigkeitslinie berührt oder überschreitet, ist $\bar{\sigma}$ aus allen Kollektivstufen zu berechnen.

b) Fall B: $\sigma_1 < \sigma_D$
 $N_1 < N_D$

Über N_D hinausgehende Spannungsspielzahlen werden nicht berücksichtigt. $\bar{\sigma}$ ist aus den Kollektivstufen bis N_D zu berechnen.

c) Fall C: $\sigma_1 < \sigma_D$
 $N_1 \geq N_D$

Dauerfestigkeitsberechnung mit σ_1

(4) In den Fällen A und B ist eine schädigungsäquivalente Beanspruchung (z.B. $\bar{\sigma}, \bar{k}, \bar{\tau}$) nach der Hypothese der linearen Schadensakkumulation (Miner-Regel) nach folgender Formel zu ermitteln:

$$\bar{\sigma} = \sigma_1 \cdot \left[\frac{\sum_i N_i (\sigma_i / \sigma_1)^c}{N_D} \right]^{1/c} \quad (\text{B 1-12})$$

B 1.2.2 Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile**B 1.2.2.1 Bestimmung der Wöhlerlinie**

(1) Bei Wellen, Achsen und ähnlichen Bauteilen ist die Lage der Wöhlerlinie im Zeitfestigkeitsbereich bestimmt durch die Dauerfestigkeit je nach Beanspruchung σ_D (Zug, Druck, Biegung, Torsion) bei 5×10^6 Spannungsspielen (N_D) und für σ_x durch den Wert der Streckgrenze je nach Beanspruchung bei 1×10^4 Spannungsspielen (N_z). Die Dauerfestigkeit gilt für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 %. Für die Festlegung des einzusetzenden Wertes für die Streckgrenze ist das Streckgrenzenverhältnis des vorliegenden Werkstoffs maßgebend. Dabei gilt:

a) wenn das Streckgrenzenverhältnis weniger als 0,7 beträgt, ist der Wert der Streckgrenze R_{eH} oder $R_{p0,2}$ zu verwenden,

b) bei einem Streckgrenzenverhältnis gleich oder größer als 0,7 darf der Wert der auf $0,7 \times R_m$ begrenzten Zugfestigkeit eingesetzt werden.

(2) Die Dauerfestigkeiten σ_D und τ_D sind wie folgt zu bestimmen:

$$\sigma_D = \frac{\sigma_n}{K_n}, \tau_D = \frac{\tau_t}{K_t}, \text{ wobei } \tau_t = \frac{\sigma_n}{\sqrt{3}} \text{ ist} \quad (\text{B 1-13})$$

(Schubspannungen aus Querkräften sind gegebenenfalls zu berücksichtigen)

(3) Werkstoffkennwerte, Kerbwirkungszahl, Rauigkeitsfaktor, Formzahl und Größenfaktor sind der Literatur [1], [3], [4], [5], [6] und [7] zu entnehmen. Andere Werkstoffe dürfen verwendet werden, wenn die erforderlichen Werte gewährleistet und nachgewiesen werden.

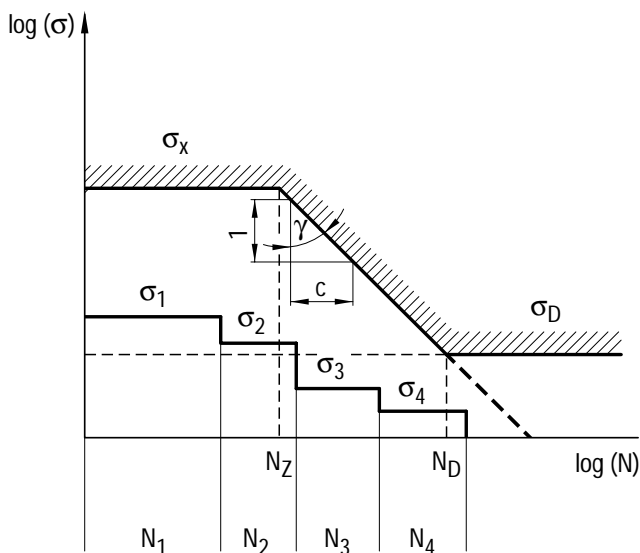


Bild B 1-1: Spannungskollektive

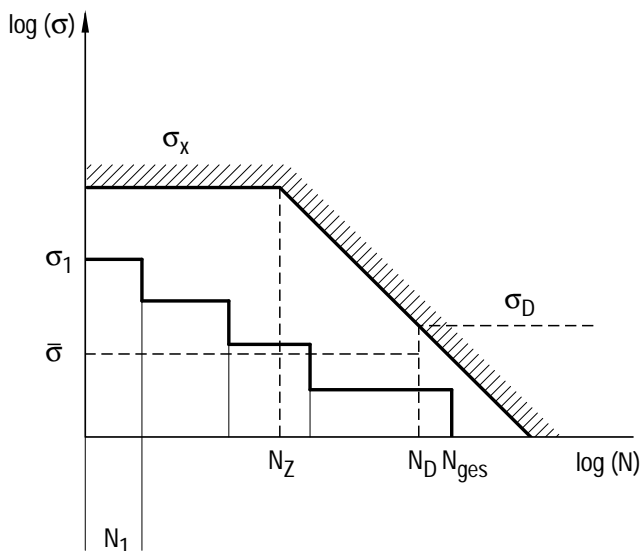


Bild B 1-2: Wöhlerlinie für Fall A

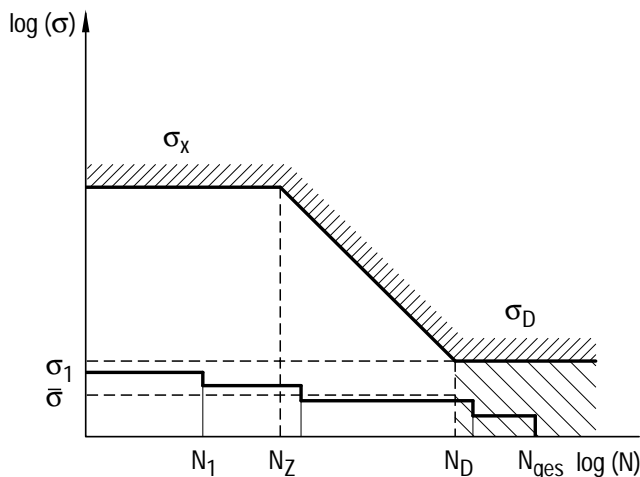


Bild B 1-3: Wöhlerlinie für Fall B

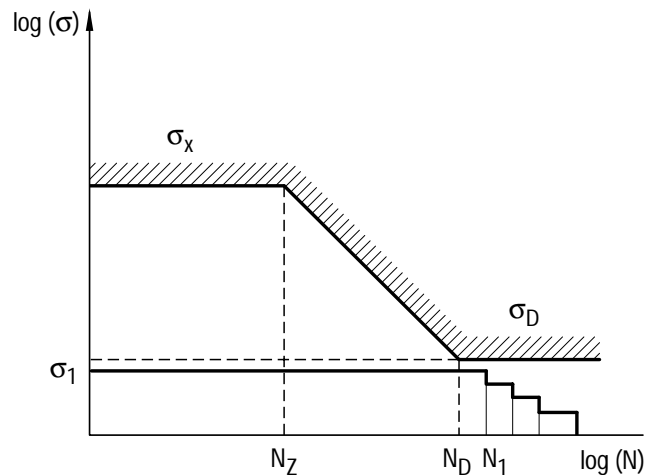


Bild B 1-4: Wöhlerlinie für Fall C

B 1.2.2.2 Sicherheiten für Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile

Die in **Tabelle B 1-2** angegebenen Sicherheiten sind einzuhalten.

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 6
Statische Festigkeit ¹⁾	erste Stufe des Kollektivs	$v_{\sigma_1} = \sigma_x / (\sigma_1 \cdot \alpha_{kn})$	$\geq 1,25$
		$v_{\tau_1} = \tau_{S_t} / (\tau_1 \cdot \alpha_{kt})$	$\geq 1,25$
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{v}_\sigma = \sigma_D / \bar{\sigma}$	$\geq 2,0$
		$\bar{v}_\tau = \tau_D / \bar{\tau}$	$\geq 2,0$
		$\left(\frac{\bar{\sigma}_n}{\sigma_D}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\tau}_t}{\tau_D}\right)^2 \leq \left(\frac{1,0}{v}\right)^2$	$\geq 2,0$
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$v_\sigma = \sigma_D / \sigma_1$	$\geq 2,0$
		$v_\tau = \tau_D / \tau_1$	$\geq 2,0$
		$\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_D}\right)^2 + \left(\frac{\tau_1}{\tau_D}\right)^2 \leq \left(\frac{1,0}{v}\right)^2$	$\geq 2,0$

¹⁾ Gilt nur für Hubwerke; für nichtdrehende Bauteile entfallen die Formzahlen, die erforderliche Sicherheit wird $\geq 1,5$, wobei für σ_x R_{eH} oder $R_{p0,2}$ einzusetzen ist.

Tabelle B 1-2: Sicherheiten für Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile

B 1.2.2.3 Nachweise für Paßfedern

(1) Die zulässige Flächenpressung für die Paarung mit Welle oder Nabe darf bei einer Paßfeder betragen:

$p_{zul} = 0,4 \cdot R_{p0,2} (R_{eH})$

und bei zwei Paßfedern:

$p_{zul} = 0,3 \cdot R_{p0,2} (R_{eH})$

(2) Bei gehärteter Paßfederverbindung darf die zulässige Flächenpressung bei einer Paßfeder betragen:

$p_{zul} = 0,5 \cdot R_{p0,2} (R_{eH})$

und bei zwei Paßfedern:

$$p_{zul} = 0,4 \cdot R_{p0,2} (R_{eH})$$

(3) Die zulässigen Flächenpressungen gelten für Belastungen aus Betriebs- oder Montagelast mit statischem Moment. Für den Sonderlastfall dürfen diese Werte um 50 % erhöht werden.

(4) Keilwellen und Zahnwellenverbindungen sind nach Decker [4] nachzuweisen, wobei die zulässige Flächenpressung nach Gleichung $p_{zul} = 0,4 \cdot R_{p0,2} (R_{eH})$ nicht überschritten werden darf.

B 1.2.3 Zahnräder

B 1.2.3.1 Ermittlung der wirksamen Spannungen und Bestimmung der Belastbarkeitslinie

(1) Die Zahnräder dürfen mit den nachfolgenden Anforderungen mit dem Berechnungsverfahren nach DIN 3990-11 oder mit dem Berechnungsverfahren nach Niemann [2] bestimmt werden.

(2) Aus den Momentenstufen sind für beide Berechnungsverfahren die Spannungsstufen für Zahnräder (Zahnfußspannung und Flankenpressung) zu berechnen und die entsprechenden Lastwechselzahlen diesen Stufen zuzuordnen.

(3) Beim Berechnungsverfahren nach DIN 3990-11 sind die wirksame Zahnfußspannung σ_F und die Flankenpressung σ_H für jede Spannungsstufe zu bestimmen, sofern sie für die Betriebs- und Dauerfestigkeit entsprechend den in Abschnitt B 1.2.1.3 genannten Fällen erforderlich sind.

(4) Wird das Berechnungsverfahren nach Niemann [2] für die Bestimmung der Zahnräder angewendet, dann ist wie folgt vorzugehen:

Für die Zahnräder ist nach Niemann [2] die wirksame Zahnfußspannung σ_W und die wirksame Flächenpressung k_W unter Beachtung der nachfolgenden Ergänzungen zum Tragfehlerbeiwert C_T für jede Spannungsstufe zu errechnen, sofern sie für die Betriebs- oder Dauerfestigkeit entsprechend den in Abschnitt B 1.2.1.3 genannten Fällen erforderlich ist.

a) Für vergütete und gasnitrierte Zahnräder ist mit einem Tragfehlerbeiwert $C_T = 1,7$, für flamm- und einsatzgehärtete Zahnräder mit $C_T = 1,5$ zu rechnen. Wird mit anderen C_T -Werten gerechnet, so ist die Richtigkeit der Annahme durch Rechnung oder Versuch nachzuweisen.

b) Für den rechnerischen Nachweis darf Niemann [2] Tafel 117/1 herangezogen werden. Der hierbei einzusetzende wirksame Flankenrichtungsfehler f_{RW} darf z.B. nach der dort auf Seite 114 angegebenen Gleichung ermittelt werden, in die für den Flankenrichtungsfehler f_R das 1,4fache der Flankenlinienabweichung $f_{H\beta}$ nach DIN 3962-2 für das Ritzel einzusetzen ist. Der Faktor 1,4 berücksichtigt die wahrscheinliche Flankenlinienabweichung aus den $f_{H\beta}$ -Werten von Ritzel und Rad. Die zugrunde gelegte Verzahnungsqualität ist nachzuweisen. Für vergütete Räder ist von parabelförmiger für oberflächengehärtete Räder von linearer Lastverteilung auszugehen. Die Berechnung hat z.B. nach Dudley/Winter [10] oder nach FVA [11] zu erfolgen. Das gleiche gilt für fliegend angeordnete Ritzel oder Räder.

c) Wenn die Lagerung der Getriebevorgelege auf der Tragkonstruktion vorgenommen wird, so ist hierfür stets nachzuweisen, daß das der Berechnung zugrunde gelegte und den C_T -Wert bestimmende Tragbild vorhanden ist.

(5) Über den festgelegten Spannungsstufen ist für beide Berechnungsverfahren die Belastbarkeitslinie einzutragen.

(6) Wird das Berechnungsverfahren nach DIN 3990-11 für die Bestimmung der Zahnräder angewendet, dann ist wie folgt vorzugehen:

a) Die Belastbarkeitsgrenzen für den Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich sind nach DIN 3990-11 zu bestimmen. Die

Belastbarkeitslinie nach DIN 3990-11 für eine „gewisse Grübchenbildung“ darf nicht verwendet werden.

b) Die Werkstoffkennwerte sind der **Tabelle B 1-3** zu entnehmen unter Berücksichtigung der Werkstoffqualität MQ nach DIN 3990-5. Andere Werkstoffkennwerte dürfen verwendet werden, wenn nachgewiesen ist, daß diese Werte die gleichen Anforderungen wie die Qualitätsstufe MQ erfüllen.

(7) Wird das Berechnungsverfahren nach Niemann [2] für die Bestimmung der Zahnräder angewendet, dann ist wie folgt vorzugehen:

a) Die Belastbarkeitslinie für die Zahnfuß- oder die Zahnflanken-tragfähigkeit (Grübchenbildung) ist wie folgt zu bestimmen:

aa) Die Zahnfußdauerfestigkeit σ_D oder die Dauerfestigkeit k_D für die Flankenpressung verläuft ab dem Wert für die Spannungsspielzahl N_D als waagerechte Gerade in den Dauerfestigkeitsbereich. Die Gleichung für σ_D ist aus Niemann [2] Tafel 121/2 und die Gleichung für k_D aus Niemann [2] Tafel 121/1 zu entnehmen, wobei zusätzlich der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit durch einen Rauigkeitsfaktor y_R zu berücksichtigen ist.

$$k_D = Y_G \cdot Y_H \cdot Y_S \cdot Y_V \cdot Y_R \cdot k_0 \quad (\text{B1-14})$$

ab) Die Zeitfestigkeitsgerade ist durch die Spannungsspielzahl N_Z und für σ_X der Wert der zugehörigen maximalen Zeitfestigkeit $\max \sigma_Z$ oder durch $\max k_Z$ festgelegt. Für den Bereich N kleiner als oder gleich N_Z verläuft die Belastbarkeitslinie als waagerechte Gerade mit den Werten $\max \sigma_Z$ oder $\max k_Z$. Die Größe von $\max \sigma_Z$ ergibt sich aus:

$$\max \sigma_Z = y_\sigma \cdot \sigma_D \quad (\text{B 1-15})$$

ac) Der Wert für $\max k_Z$ ist zu ermitteln aus:

$$\max k_Z = Y_K \cdot Y_G \cdot Y_H \cdot k_0 \quad (\text{B 1-16})$$

ad) Abhängig von der Art der Beanspruchung, dem Werkstoff und der Wärmebehandlung sind die in der **Tabelle B 1-4** aufgeführten Werte zur Festlegung der Belastbarkeitslinie einzuhalten, wobei y_σ und y_K Lebensdauerfaktoren darstellen.

ae) Die Werkstoffkennwerte σ_0 der Zahnfußdauerfestigkeit und k_0 der Dauerfestigkeit für Flankenpressung sind der **Tabelle B 1-5** zu entnehmen. Andere Werkstoffe dürfen verwendet werden, wenn die geforderten Werkstoffkennwerte nachgewiesen und gewährleistet werden.

b) Der Rauigkeitsfaktor y_R ist aus der Gleichung zu bestimmen:

$$y_R = Z_R^2 \quad (\text{B 1-17})$$

Im **Bild B 1-5** sind Kurven des Faktors Z_R abhängig von R_{z100} aufgetragen. Das Bild gilt für ein Zahnradpaar mit Achsabstand $a = 100$ mm und einem Ersatzkrümmungsradius im Wälzpunkt von $\rho_{red} = 10$ mm.

Die gemittelte Rauhtiefe R_z ist nach Gleichung (B 1-18) zu bestimmen. Die ermittelten Rauhtiefen des Ritzels R_{z1} und des Rades R_{z2} sind Mittelwerte der an mehreren Zahnflanken gemessenen Rauhtiefenwerte R_1 .

$$R_z = \frac{R_{z1} + R_{z2}}{2} \quad (\text{B 1-18})$$

Hinweis:

Die gemittelte Rauhtiefe wird für die Werte R_{z1} und R_{z2} von Ritzel und Rad bestimmt, und zwar für den Zustand nach der Herstellung einschließlich besonderer Einlaufbehandlung oder eines Einlaufprozesses (als Teil des Fertigungsprogramms), wenn dadurch die Oberfläche geglättet wird, und ebenfalls einschließlich eines Einlaufs unter Betriebsbedingungen, wenn dies als sicher

angenommen werden kann (wie aufgrund des Lastkollektivs bei einigen Kranen und Hebezeugen).

Wenn die Rauigkeit als R_a -Wert gegeben ist, darf die folgende Näherungsgleichung verwendet werden:

$$R_a \approx \frac{R_z}{6} \quad (\text{B 1-19})$$

Die gemittelte relative Rauhtiefe (bezogen auf einen Achsabstand von $a = 100$ mm) ist wie folgt zu bestimmen:

$$R_{z100} = \frac{R_{z1} + R_{z2}}{2} \cdot \left(\frac{100}{a} \right)^{1/3} \quad (\text{B 1-20})$$

Hinweis:

Ergebnisse liegen für p_{red} von 7 bis 10 mm vor. Da p_{red} eine lineare Funktion von a ist, kann nach dem heutigen Stand diese Gleichung angesetzt werden.

Werkstoffart und Behandlung	Bezeichnung und Wärmebehandlungsdurchmesser d in mm		Zugfestigkeit R_m in N/mm ² (in der Zeichnung angegeben)	Härte (HRC oder HV)	Mindesthärte HV	Dauerfestigkeit	
						σ_{FE} in N/mm ²	$\sigma_{H \text{ lim}}$ in N/mm ²
Vergüteter Stahl	C 45 E+QT (W.-Nr. 1.1191)	16 < d ≤ 40	650 ≤ R_m ≤ 800	—	215	460	590
		40 < d ≤ 100	630 ≤ R_m ≤ 780		205	445	575
		100 < d ≤ 250	590 ≤ R_m ≤ 740		190	415	535
	42 CrMo 4 +QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R_m ≤ 1200		300	570	600
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R_m ≤ 1100		270	510	540
		100 < d ≤ 160	800 ≤ R_m ≤ 950		240	455	480
	30 CrNiMo 8 +QT (W.-Nr. 1.6580)	160 < d ≤ 250	750 ≤ R_m ≤ 900		225	425	450
		16 < d ≤ 40	1250 ≤ R_m ≤ 1450		350	690	715
		40 < d ≤ 100	1100 ≤ R_m ≤ 1300		310	605	630
		100 < d ≤ 160	1000 ≤ R_m ≤ 1200		280	550	570
		160 < d ≤ 250	900 ≤ R_m ≤ 1100		250	495	515
	Einsatzgehärteter Stahl	16 MnCr 5 HH BG (W.-Nr. 1.7131)	250 < d ≤ 500		850 ≤ R_m ≤ 1000	HRC 58 ± 2	235
16 < d ≤ 40			650 ≤ R_m ≤ 950 ³⁾	720	860		1470
40 < d ≤ 100			800 ≤ R_m ≤ 1100 ³⁾	720	860		1470
17 CrNiMo 6 HH BG (W.-Nr. 1.6587)			950 ≤ R_m ≤ 1250 ³⁾	740	1000		1500
18 CrNi 8 HH BG (W.-Nr. 1.5920)		1080 ≤ R_m ≤ 1330 ³⁾	740	1000	1500		
Flammumlaufgehärteter Stahl	C 45 E+N (W.-Nr. 1.1191)	d ≤ 16	R_m ≥ 620	HRC 53 ± 2	530	500	1035
		16 < d ≤ 100	R_m ≥ 580				
		100 < d ≤ 250	R_m ≥ 560				
	42 CrMo 4 +QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R_m ≤ 1200		530	600	1120
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R_m ≤ 1100				
Induktionsgehärteter Stahl	C 45 E+N (W.-Nr. 1.1191)	100 < d ≤ 250	R_m ≥ 560	HRC 53 ± 2	560	460 ¹⁾ 285 ²⁾	1035
		16 < d ≤ 40	1000 ≤ R_m ≤ 1200				
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R_m ≤ 1100				
	42 CrMo 4 +QT (W.-Nr. 1.7225)	100 < d ≤ 160	800 ≤ R_m ≤ 950		610	605 ¹⁾ 375 ²⁾	1120
		160 < d ≤ 250	750 ≤ R_m ≤ 900				
Gasnitrierter Stahl (langzeitnitriert)	42 CrMo 4 +QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R_m ≤ 1200	560 ≤ HV ≤ 620	560	625	1070
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R_m ≤ 1100				
		100 < d ≤ 160	800 ≤ R_m ≤ 950				
		160 < d ≤ 250	750 ≤ R_m ≤ 900				

1) Zahngrund mitgehärtet

2) Zahngrund nicht gehärtet

3) Zugversuch am blindgehärteten Probestab mit 63 mm Durchmesser

Tabelle B 1-3: Werkstoffkennwerte für die Berechnung von Zahnrädern, Materialqualität MQ, nach DIN 3990-5

Werkstoffart und Behandlung	Zahnfußtragfähigkeit			Zahnflankentragfähigkeit		
	N _D	N _Z	Y _σ	N _D	N _Z	Y _K
Vergüteter Stahl	3·10 ⁶	10 ⁴	2,5	5·10 ⁷	10 ⁵	2,56
Einsatzgehärteter, induktiv gehärteter oder umlaufgehärteter Stahl	3·10 ⁶	10 ³	2,5	5·10 ⁷	10 ⁵	2,56
Gasnitrierter Stahl	3·10 ⁶	10 ³	1,6	2·10 ⁶	10 ⁵	1,69

Tabelle B 1-4: Werte zur Festlegung der Belastbarkeitslinie

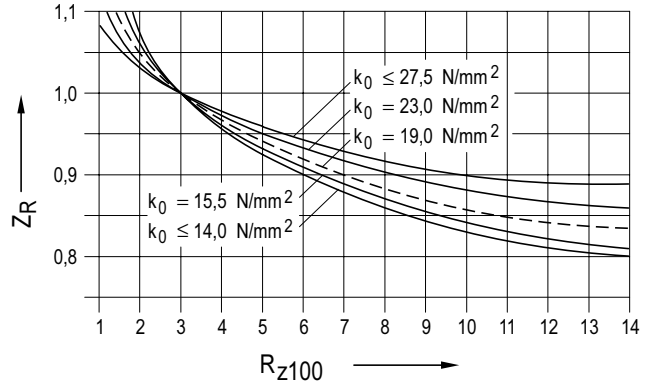


Bild B 1-5: Abhängigkeit des Faktors Z_R von der gemittelten relativen Rauhtiefe R_{Z100}

Werkstoffart und Behandlung	Bezeichnung und Wärmebehandlungsdurchmesser d in mm	Zugfestigkeit R _m in N/mm ² (in der Zeichnung angegeben)	Härte (HRC oder HV)	Mindesthärte HV	Dauerfestigkeit		
					k ₀ in N/mm ²	σ ₀ in N/mm ²	
Vergüteter Stahl	C 45 E+QT (W.-Nr. 1.1191)	16 < d ≤ 40	650 ≤ R _m ≤ 800	—	215	4,2	235
		40 < d ≤ 100	630 ≤ R _m ≤ 780		205	4,0	230
		100 < d ≤ 250	590 ≤ R _m ≤ 740		190	3,5	220
	42 CrMo 4+QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R _m ≤ 1200		300	9,0	320
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R _m ≤ 1100		270	8,5	310
		100 < d ≤ 160	800 ≤ R _m ≤ 950		240	7,8	300
		160 < d ≤ 250	750 ≤ R _m ≤ 900		225	7,3	290
	30 CrNiMo 8+QT (W.-Nr. 1.6580)	16 < d ≤ 40	1250 ≤ R _m ≤ 1450		350	13,0	390
		40 < d ≤ 100	1100 ≤ R _m ≤ 1300		310	12,0	370
		100 < d ≤ 160	1000 ≤ R _m ≤ 1200		280	11,1	350
160 < d ≤ 250		900 ≤ R _m ≤ 1100	250	10,0	340		
250 < d ≤ 500		850 ≤ R _m ≤ 1000	235	9,5	320		
Einsatzgehärteter Stahl	16 MnCr 5 HH BG (W.-Nr. 1.7131)	650 ≤ R _m ≤ 950 ³⁾	HRC 58 ± 2	720	50	420	
	20 MnCr 5 HH BG (W.-Nr. 1.7147)	800 ≤ R _m ≤ 1100 ³⁾		720	50	420	
	17 CrNiMo 6 HH BG (W.-Nr. 1.6587)	950 ≤ R _m ≤ 1250 ³⁾		740	50	470	
	18 CrNi 8 HH BG (W.-Nr. 1.5920)	1080 ≤ R _m ≤ 1330 ³⁾		740	50	470	
Flammumlaufgehärteter Stahl	C 45 E+N (W.-Nr. 1.1191)	d ≤ 16	R _m ≥ 620	HRC 53 ± 2	530	23	284
		16 < d ≤ 100	R _m ≥ 580				
		100 < d ≤ 250	R _m ≥ 560				
	42 CrMo 4+QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R _m ≤ 1200		560	27	340
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R _m ≤ 1100				
Induktionsgehärteter Stahl	C 45 E+N (W.-Nr. 1.1191)	d ≤ 16	R _m ≥ 620	HRC 53 ± 2	560	23	260 ¹⁾ 160 ²⁾
		16 < d ≤ 100	R _m ≥ 580				
		100 < d ≤ 250	R _m ≥ 560				
	42 CrMo 4+QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R _m ≤ 1200		610	27	340 ¹⁾ 210 ²⁾
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R _m ≤ 1100				
Gasnitrierter Stahl (langzeitnitriert)	42 CrMo 4+QT (W.-Nr. 1.7225)	16 < d ≤ 40	1000 ≤ R _m ≤ 1200	560 ≤ HV ≤ 620	560	27	350
		40 < d ≤ 100	900 ≤ R _m ≤ 1100				
		100 < d ≤ 160	800 ≤ R _m ≤ 950				
		160 < d ≤ 250	750 ≤ R _m ≤ 900				

1) Zahngrund mitgehärtet
 2) Zahngrund nicht gehärtet
 3) Zugversuch am blindgehärteten Probestab mit 63 mm Durchmesser

Tabelle B 1-5: Werkstoffkennwerte für die Berechnung von Zahnrädern nach Niemann [2]

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 6
Statische Festigkeit	erste Stufe des Kollektivs	$\sigma_{F_{\min}} = \max \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_1}}$	$\geq 1,40$
		$S_{H_{\min_1}} = \max \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_{H_1}}$	$\geq 1,12$
Nur nachzuweisen, wenn $N_{ges} < N_Z$ ist			
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{S}_{F_{\min}} = \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_F}$	$\geq 1,57$
		$\bar{S}_{H_{\min}} = \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_H}$	$\geq 1,12$
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$\bar{S}_{F_{\min}} = \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_1}}$	$\geq 1,57$
		$\bar{S}_{H_{\min}} = \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_{H_1}}$	$\geq 1,12$

Tabelle B 1-6: Sicherheiten für Zahnräder nach DIN 3990-11

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 6
Statische Festigkeit	erste Stufe des Kollektivs	$v_{\sigma_1} = \max \frac{\sigma_Z}{\sigma_1}$	$\geq 1,35$
		$v_{k_1} = \max \frac{k_Z}{k_1}$	$\geq 1,25$
Nur nachzuweisen, wenn $N_{ges} < N_Z$ ist			
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{v}_{\sigma} = \frac{\sigma_D}{\bar{\sigma}}$	$\geq 2,0$
		$\bar{v}_k = \frac{k_D}{k}$	$\geq 1,3$
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$\bar{v}_{\sigma} = \frac{\sigma_D}{\sigma_1}$	$\geq 2,0$
		$\bar{v}_k = \frac{k_D}{k_1}$	$\geq 1,3$

Tabelle B 1-7: Sicherheiten für Zahnräder nach Niemann [2]

B 1.2.3.2 Sicherheiten für Zahnräder

- Bei der Berechnung der Zahnräder nach DIN 3990-11 sind die in **Tabelle B 1-6** angegebenen Sicherheiten einzuhalten.
- Wird das Berechnungsverfahren nach Niemann [2] für die Bestimmung der Zahnräder angewendet, dann sind die in **Tabelle B 1-7** angegebenen Sicherheiten einzuhalten.

B 1.2.4 Seiltriebe

- Der Seiltrieb ist nach DIN 15 020-1 zu berechnen.
- Die Spannung in der Seiltrommelwand ist wie folgt zu bestimmen:

$$\sigma = \frac{S_{\max}}{h \cdot s} < \frac{R_{p0,2}}{v} \quad (\text{B 1-21})$$

mit der Sicherheit $v \geq 1,5$.

- Eine genaue Nachrechnung nach den in [8] und [9] angegebenen Verfahren ist zulässig.

B 1.3 Fahrwerke

B 1.3.1 Berechnung der Laufräder

- Die Berechnung der Laufräder aus Stahl hat nach DIN 15 070 mit den Radkräften aus den häufigsten Betriebsstellungen und Betriebslast zu erfolgen.
- Für Montage- und Sonderlasten kann die Hertzsche Pressung (Zylinder/Ebene) mit den maximalen Radkräften nach der Gleichung (B 1-22) nachgewiesen werden:

$$p_{\max H} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{R_{\max} \cdot 2,1 \cdot 10^5}{\frac{d}{2} \cdot (k - 2 \cdot r_1)}} \leq 1,85 \cdot R_m \quad (\text{B 1-22})$$

wobei die Anzahl der Überrollungen nicht größer als 5000 sein darf und d der Laufraddurchmesser in mm ist.

B 1.3.2 Berechnung der Laufradachsen und Laufradwellen

- Die Berechnung der Laufradachsen und Laufradwellen hat mit den Radkräften aus den häufigsten Betriebsstellungen und Betriebslast für die Lastfälle H und HZ nach den DIN-Berechnungsgrundsätzen für Triebwerke in Hebezeugen [7] zu erfolgen.

(2) Für Montage- und Sonderlasten hat die Berechnung der Laufradachsen und Laufradwellen für den Lastfall HS nach den DIN-Berechnungsgrundsätzen für Triebwerke in Hebezeugen [7] zu erfolgen.

B 1.3.3 Berechnung der Wälzlager

Für die Berechnung der Wälzlager sind die Berechnungsgrundlagen der Wälzlagerhersteller anzuwenden. Die Beanspruchungen sind nach DIN 15 071 zu ermitteln.

B 1.4 Lastaufnahmeeinrichtungen

B 1.4.1 Tragmittel

B 1.4.1.1 Lasthaken

Falls keine Lasthaken nach DIN 15 401-1 und DIN 15 401-2 oder DIN 15 402-1 und DIN 15 402-2 verwendet werden, ist der Nachweis in Anlehnung an DIN 15 400 zu führen.

B 1.4.1.2 Lasthakenaufhängung

(1) Für die Lasthakentraverse sind die Nachweise gemäß Abschnitt B 1.2 zu führen.

(2) Falls keine Lasthakenmutter nach DIN 15 413 verwendet wird, ist der Nachweis in Anlehnung an DIN 15 400 zu führen.

(3) Für statisch beanspruchte Wälzlager (geringe Schwenkbewegungen) ist der Nachweis gemäß den Berechnungsgrundlagen der Lagerhersteller mit statischer Last zu führen.

B 1.4.1.3 Greifer, Traversen und Gehänge

Die Nachweise sind für Tragwerke gemäß Abschnitt B 1.1 und für Maschinenteile gemäß Abschnitt B 1.2 zu führen.

B 1.4.1.4 Ober- und Unterflaschen

(1) Die Ermittlung der Auslegungskräfte für den Eignungsnachweis nach KTA 3903 ist für Seilrollen nach Abschnitt B 1.2 vorzunehmen.

(2) Für statisch beanspruchte Wälzlager mit geringen Schwenkbewegungen ist der Nachweis nach den Berechnungsgrundlagen der Lagerhersteller mit statischer Last zu führen.

(3) Die Nachweise sind für Tragwerke gemäß Abschnitt B 1.1 und für Maschinenteile gemäß Abschnitt B 1.2 zu führen.

B 1.4.1.5 Schraubenverbindungen

(1) Der allgemeine Spannungsnachweis ist für Schraubenverbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung nach VDI 2230 Blatt 1 zu führen. Hierbei sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Der Ausnutzungsgrad der Streckgrenzenspannung beim Anziehen ist auf 0,7 zu begrenzen,
- der Ausnutzungsgrad der Streckgrenzenspannung infolge betriebsbedingter Schraubenzusatzkräfte ist auf 0,1 zu begrenzen.

(2) Der Betriebsfestigkeitsnachweis als Dauerfestigkeitsnachweis ist nach VDI 2230 Blatt 1 zu führen. Hierbei ist eine Sicherheit von mindestens 2,0 gegen die Dauerfestigkeit des Gewindes einzuhalten.

(3) Ein Zeitfestigkeitsnachweis für Schraubenverbindungen ist in Anlehnung an Abschnitt B 1.2.2 zu führen, wobei die Lage der Ermüdungskurve im Zeitfestigkeitsbereich zu begründen ist. Es ist eine Sicherheit von mindestens 2,0 gegen Versagen durch Ermüdung nachzuweisen.

B 1.4.2 Lastaufnahmemittel

Für Lastaufnahmemittel gelten die Festlegungen des Abschnittes B 1.4.1.

B 2 Lastfälle und Nachweise für Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen nach Abschnitt 7 und für Brennelement-Wechselanlagen nach Abschnitt 8

B 2.1 Tragwerke

B 2.1.1 Montage- und Betriebslasten

Die Berechnung hat nach DIN 15 018-1 zu erfolgen.

B 2.1.2 Sonderlastfall Lastumlagerung

Die bei der Lastumlagerung infolge Ausfalls eines Bauteils innerhalb der doppelten Triebwerkskette auftretende Belastung ist als Sonderlast nach DIN 15 018-1 (Sonderlastfall HS) zu berechnen. Hierbei sind die anzusetzenden Belastungen aus dem Nachweis gemäß Abschnitt B 2.2 zu entnehmen.

B 2.2 Hubwerke

B 2.2.1 Auslegungsdaten

B 2.2.1.1 Ermittlung der Momente und Kräfte

(1) Für die Auslegung der Bauteile der Triebwerkskette, beginnend bei der Betriebsbremse und endend mit der Seiltrommel, sind die in den **Tabellen B 2-1** und **B 2-2** aufgeführten Momente zu ermitteln.

Hinweis:

Bei Verwendung von Systemen zur Erfassung der Bremswirkung ohne Prüflast als wiederkehrende Prüfung siehe auch KTA 3903 Anhang D Abschnitt D 3.1.

(2) Für die Berechnung der Momente T_M , \hat{T}_B , \hat{T}_O , \hat{T}_{SO} und \hat{T}_{BS1} sind die Betriebszustände gemäß B 1.2.1.1 (2) zugrunde zu legen. Die Momente sind für die jeweils zu betrachtende Schnittstelle zu berechnen. Das Moment \hat{T}_{BS1} ist aus der Lastumlagerungsanalyse mit maximaler Betriebslast zu ermitteln.

Zur Ermittlung von \hat{T}_{BAS2} ist der Triebstrang durch ein geeignetes Modell abzubilden und dessen dynamisches Verhalten nach Stenkamp [12] oder unter Verwendung eines numerischen Simulationsverfahrens prüffähig auszuweisen. Für die Dämpfung kann $D = 0,05$ eingesetzt werden, sofern für den Einzelfall kein Nachweis geführt wird.

Für die Federrate gilt $C_i = \frac{1}{NG}$, wobei C_i die Federrate einer

Feder in Nm/rad und NG die Torsionsnachgiebigkeit in rad/Nm ist. Die Formeln zur Berechnung der Torsionsnachgiebigkeit sind für typische Getriebebauteile der **Tabelle B 2-3** zu entnehmen.

(3) Für nichtdrehende Maschinenteile zwischen Seiltrommel und Last sind die Auslegungskräfte aus den vorgenannten Momenten zu ermitteln.

(4) Der Hublastbeiwert ist mit dem 1,25fachen Wert einzusetzen, wenn zwischen Seiltrommel und Last nicht redundante Bauteile vorgesehen werden.

B 2.2.1.2 Ermittlung der Spannungsspielzahl

Für den Nachweis der Betriebsfestigkeit oder der Dauerfestigkeit sind die Spannungsspielzahlen nach Abschnitt B 1.2.1.2 zu ermitteln.

B 2.2.1.3 Ermittlung der Spannungskollektive (allgemein)

Aus den ermittelten Momenten nach den **Tabellen B 2-1** oder **B 2-2** und den daraus resultierenden Kräften sind die Bauteilspannungen zu errechnen und der Größe nach zu ordnen. Mit den zugehörigen Spannungsspielzahlen ist das Spannungskollektiv zu erstellen. Das erstellte Spannungskollektiv ist mit der Bauteilwöhlerlinie entsprechend Abschnitt B 1.2.1.3 zu vergleichen.

Lastfall-Nr.	Momente	Benennung	Nachweisart
1	T_M \hat{T}_M	Statisches Moment für die maximale Montagebelastung Dynamisches Moment für die maximale Montagebelastung T_M (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	Betriebsfestigkeitsnachweis und statischer Nachweis für die erste Stufe des Kollektivs
2	T_B \hat{T}_B	Statisches Moment für die maximale Betriebslast Dynamisches Moment für die maximale Betriebslast T_B (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
3	T_O \hat{T}_O	Statisches Moment bei Leerfahrten, wenn Eigenlast vom halben Tragmittel plus Lastaufnahmemittel plus Anschlagmittel mehr als 30 % der maximalen Last beträgt Dynamisches Moment für Eigenlast T_O (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
4	T_{SO} \hat{T}_{SO}	Maximales Moment im Sonderlastfall, wie z.B. aus Abnahmeprüfung, wiederkehrender Prüfung, Getriebeprobelauf, gleichzeitiges Einfallen der Betriebs- und Zusatzbremse Dynamisches Moment für Sonderlast T_{SO}	
5	T_{BS1} \hat{T}_{BS1}	Statisches Moment aus der gesamten Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette (zweite Triebwerkskette nicht mittragend) Dynamisches Moment aus der gesamten Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette (zweite Triebwerkskette nicht mittragend) (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
6	\hat{T}_{BAS1}	Dynamisches Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	Statischer Nachweis

Tabelle B 2-1: Momente für doppelte Triebwerkskette**B 2.2.2** Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile**B 2.2.2.1** Bestimmung der Wöhlerlinie

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts B 1.2.2.1.

Lastfall-Nr.	Momente	Benennung	Nachweisart
1	T_M \hat{T}_M	Statisches Moment für die maximale Montagebelastung Dynamisches Moment für die maximale Montagebelastung T_M (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	Betriebsfestigkeitsnachweis und statischer Nachweis für die erste Stufe des Kollektivs
2	T_B \hat{T}_B	Statisches Moment für die maximale Betriebslast Dynamisches Moment für die maximale Betriebslast T_B (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
3	T_O \hat{T}_O	Statisches Moment bei Leerfahrten, wenn Eigenlast vom halben Tragmittel plus Lastaufnahmemittel plus Anschlagmittel mehr als 30 % der maximalen Last beträgt Dynamisches Moment für Eigenlast T_O (größter Wert aus \hat{T}_{BS} , \hat{T}_{BR} , \hat{T}_{AN})	
4	T_{SO} \hat{T}_{SO}	Maximales Moment im Sonderlastfall, wie z.B. aus Abnahmeprüfung, wiederkehrender Prüfung, Getriebeprobelauf, gleichzeitiges Einfallen der Betriebs- und Zusatzbremse Dynamisches Moment für Sonderlast T_{SO}	
5	\hat{T}_{BAS2}	Dynamisches Moment aus der Schwingwirkung der Sicherheitsbremse für den hier maßgebenden Betriebslast	
6	\hat{T}_{BAS1}	Dynamisches Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	Statischer Nachweis

Tabelle B 2-2: Momente für Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse

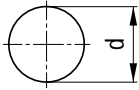
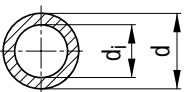
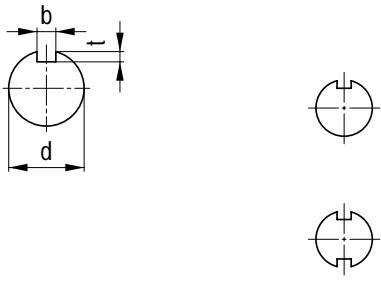
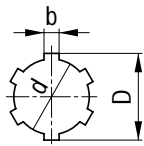
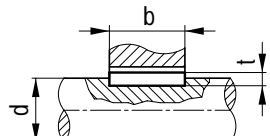
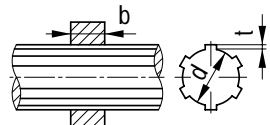
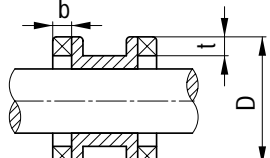
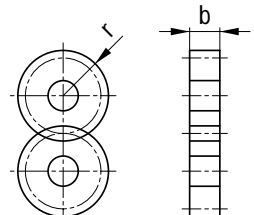
Skizze	Formel
<p>1. Welle</p> 	$NG = \frac{32 \cdot l}{G \cdot \pi \cdot d^4}$ <p>G : Gleitmodul l : Wellenlänge</p>
<p>2. Hülse</p> 	$NG = \frac{32 \cdot l}{G \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \left[1 - (d_1 / d)^4\right]}$
<p>3. Welle mit Paßfedernut</p> 	$NG = \frac{32 \cdot l}{G \cdot \pi \cdot d^4} \cdot \alpha$ $\alpha = \frac{32 \cdot \pi^3}{(\pi - 4 \cdot \sigma \cdot \psi)^4} \left[\frac{\pi}{32} - \frac{\sigma^4 \cdot \psi \cdot (1 + \psi)^2}{12} - \frac{\pi \cdot \sigma^2 \cdot \psi \cdot (1 - \psi \cdot \sigma)^2}{4 \cdot (\pi - 4 \cdot \sigma^2 \cdot \psi)} \right]$ $\alpha = \frac{32 \cdot \pi^3}{(\pi - 8 \cdot \sigma^2 \cdot \psi)^4} \left[\frac{\pi}{32} - \frac{\sigma^4 \cdot \psi \cdot (1 + \psi)^2}{6} - \frac{\sigma^2 \cdot \psi \cdot (1 - \psi \cdot \sigma)^2}{2} \right]$ <p>$\sigma = t/b$ $\psi = b/d$</p>
<p>4. Keilwelle</p> 	$NG = \frac{32 \cdot l}{G \cdot \pi \cdot d^4} \cdot \alpha$ $\alpha = 1 / \left[1 - (z / \pi) \cdot \beta \cdot (1 - \delta^4) \right]^2$ <p>$\beta = b/d$ $\delta = D/d$ l : Wellenlänge z : Anzahl der Keile</p>
<p>5. Paßfederverbindung</p> 	$NG = \frac{6,4}{d^2 \cdot b \cdot t}$ <p>d,b,t in mm</p>
<p>6. Keilwellenverbindung</p> 	$NG = \frac{4}{d^2 \cdot b \cdot t \cdot z}$ <p>d,b,t in mm</p>
<p>7. Zahnkupplung</p> 	$NG = \frac{4}{D^2 \cdot b \cdot t \cdot \beta} \cdot \alpha$ <p>$\alpha = (3 \text{ bis } 4) \quad \beta = (4 \text{ bis } 5) \text{ für } z = (6 \text{ bis } 8)$ d,b,t in mm z : Anzahl der Zähne</p>
<p>8. Zahnradstufe (Stahl)</p> 	$NG = \frac{1}{b \cdot r^2 \cdot \cos^2 \cdot \alpha} \cdot K$ <p>$K = 6 \cdot 10^{-2}$ Geradverzahnung $K = 3,6 \cdot 10^{-2}$ Spiralverzahnung $K = 4,4 \cdot 10^{-2}$ Innenverzahnung α : Eingriffswinkel b, r in mm</p>

Tabelle B 2-3: Formeln zur Berechnung der Torsionsnachgiebigkeit NG [rad/Nm] typischer Getriebebauteile

B 2.2.2.2 Sicherheiten für Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile

Die in **Tabelle B 2-4** angegebenen Sicherheiten sind einzuhalten.

B 2.2.2.3 Nachweise für Paßfedern

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts B 1.2.2.3.

B 2.2.3 Zahnräder

B 2.2.3.1 Ermittlung der wirksamen Spannungen und Bestimmung der Belastbarkeitslinie

Es gelten die Anforderungen des Abschnitts B 1.2.3.1.

B 2.2.3.2 Sicherheiten für Zahnräder

(1) Bei der Berechnung der Zahnräder nach DIN 3990-11 sind die in **Tabelle B 2-5** angegebenen Sicherheiten einzuhalten.

(2) Wird das Berechnungsverfahren nach Niemann [2] für die Bestimmung der Zahnräder angewendet, dann sind die in **Tabelle B 2-6** angegebenen Sicherheiten einzuhalten.

B 2.2.4 Seiltriebe

(1) Der Seiltrieb ist nach B 1.2.4 zu berechnen.

(2) Bezogen auf den Nachweis der Seiltrommelwanddicke und die Seilklemmen an der Seiltrommel dürfen kurzzeitig sehr selten auftretende Spannungsspitzen aus \hat{T}_{BAS1} und \hat{T}_{BAS2} unberücksichtigt bleiben, da sie nur auf einen Bruchteil einer Umschlingung wirken.

B 2.3 Fahrwerke

Für die Fahrwerke gilt Abschnitt B 1.3.

B 2.4 Lastaufnahmeeinrichtungen

(1) Es gelten die Anforderungen des Abschnitts B 1.4.

(2) Für Tragwerke sind die Nachweise nach Abschnitt B 2.1 zu führen.

(3) Für die Nachweise der Lasthakenaufhängung, Greifer, Traversen und Gehänge, Ober- und Unterflaschen gilt Abschnitt B 2.2.

(4) Für Schraubenverbindungen gilt Abschnitt B 1.4.1.5, beim Betriebsfestigkeitsnachweis als Dauerfestigkeitsnachweis und beim Zeitfestigkeitsnachweis ist jedoch eine Sicherheit von mindestens 2,5 nachzuweisen.

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für die erhöhten Anforderungen nach Abschnitt 7 und Brennelement-Wechselanlagen
Statische Festigkeit	erste Stufe des Kollektivs ¹⁾	$v_{\sigma_1} = \sigma_x / (\sigma_1 \cdot \alpha_{kn})$	$\geq 1,35$
		$v_{\tau_1} = \tau_{St} / (\tau_1 \cdot \alpha_{kt})$	
	Ausfall eines Bauteils bei doppelter Triebwerkskette ²⁾	$v_{BAS1\sigma} = \sigma_x / (\hat{\sigma}_{BAS1} \cdot \alpha_{kn})$	
		$v_{BAS1\tau} = \tau_{St} / (\hat{\tau}_{BAS1} \cdot \alpha_{kt})$	
		$v_{BAS1\sigma_V} = \sigma_x / \hat{\sigma}_{V_{BAS1}}$	
	Ausfall eines Bauteils bei einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse ²⁾	$v_{BAS1\sigma} = \sigma_x / (\hat{\sigma}_{BAS1} \cdot \alpha_{kn})$	
		$v_{BAS1\tau} = \tau_{St} / (\hat{\tau}_{BAS1} \cdot \alpha_{kt})$	
		$v_{BAS1\sigma_V} = \sigma_x / \hat{\sigma}_{V_{BAS1}}$	
		$v_{BAS2\sigma} = \sigma_x / (\hat{\sigma}_{BAS2} \cdot \alpha_{kn})$	
		$v_{BAS2\tau} = \tau_{St} / (\hat{\tau}_{BAS2} \cdot \alpha_{kt})$	
		$v_{BAS2\sigma_V} = \sigma_x / \hat{\sigma}_{V_{BAS2}}$	
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{v}_\sigma = \sigma_D / \bar{\sigma}$	$\geq 2,5$
		$\bar{v}_\tau = \tau_D / \bar{\tau}$	
		$\left(\frac{\bar{\sigma}_n}{\sigma_D}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\tau}_t}{\tau_D}\right)^2 \leq \left(\frac{1,0}{v}\right)^2$	
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$v_\sigma = \sigma_D / \sigma_1$	$\geq 2,5$
		$v_\tau = \tau_D / \tau_1$	
		$\left(\frac{\bar{\sigma}_1}{\sigma_D}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\tau}_1}{\tau_D}\right)^2 \leq \left(\frac{1,0}{v}\right)^2$	

1) Gilt nur für Hubwerke, für nichtdrehende Bauteile entfallen die Formzahlen, die erforderliche Sicherheit wird $\geq 1,5$, wobei für σ_x R_{eH} oder $R_{p0,2}$ einzusetzen ist.
 2) Wie Fußnote 1), jedoch erforderliche Sicherheit $\geq 1,25$.

Tabelle B 2-4: Sicherheiten für Wellen, Achsen und ähnliche Bauteile

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für die erhöhten Anforderungen nach Abschnitt 7 und Brennelement-Wechselanlagen
Statische Festigkeit	erste Stufe des Kollektivs	$\sigma_{F_{min}} = \max \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_1}}$	$\geq 1,57$
		$S_{H_{min_1}} = \max \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_{H_1}}$	$\geq 1,25$
	Nur nachzuweisen, wenn $N_{ges} < N_Z$ ist		
	Ausfall eines Bauteils in einer doppelten Triebwerkskette	$S_{F_{BAS1_{min}}} = \max \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_{BAS1}}}$	$\geq 1,57$
Ausfall eines Bauteils bei einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse 2)	$S_{F_{BAS2_{min}}} = \max \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_{BAS2}}}$		
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{S}_{F_{min}} = \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_F}$	$\geq 1,76$
		$\bar{S}_{H_{min}} = \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_H}$	$\geq 1,25$
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$\bar{S}_{F_{min}} = \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F_1}}$	$\geq 1,76$
		$\bar{S}_{H_{min}} = \frac{\sigma_{HG}}{\sigma_{H_1}}$	$\geq 1,25$

Tabelle B 2-5: Sicherheiten für Zahnräder nach DIN 3990-11

Nachweis	Belastungsart	Gleichung für Sicherheitsnachweis	Erforderliche Sicherheit für die erhöhten Anforderungen nach Abschnitt 7 und Brennelement-Wechselanlagen
Statische Festigkeit	erste Stufe des Kollektivs	$v_{\sigma_1} = \max \frac{\sigma_z}{\sigma_1}$	$\geq 1,50$
		$v_{k_1} = \max \frac{k_z}{k_1}$	$\geq 1,25$
	Nur nachzuweisen, wenn $N_{ges} < N_Z$ ist		
	Ausfall eines Bauteils in einer doppelten Triebwerkskette	$v_{BAS_1} = \max \frac{\sigma_z}{\hat{\sigma}_{BAS_1}}$	$\geq 1,35$
Ausfall eines Bauteils in einer Triebwerkskette mit Sicherheitsbremse	$v_{BAS_2} = \max \frac{\sigma_z}{\hat{\sigma}_{BAS_2}}$		
Betriebsfestigkeit	Kollektiv Fall A oder B	$\bar{v}_\sigma = \frac{\sigma_D}{\bar{\sigma}}$	$\geq 2,5$
		$\bar{v}_k = \frac{k_D}{k}$	$\geq 1,6$
Dauerfestigkeit	erste Kollektivstufe Fall C	$\bar{v}_\sigma = \frac{\sigma_D}{\sigma_1}$	$\geq 2,5$
		$\bar{v}_k = \frac{k_D}{k_1}$	$\geq 1,6$

Tabelle B 2-6: Sicherheiten für Zahnräder nach Niemann [2]

B 3 Formelzeichen und Größen

Formelzeichen	Größe und Bezeichnung	Einheit
C_i	Federrate	Nm/rad
C_T	Tragfehlerbeiwert	—
D	Dämpfung	—
J_{ab}	Abtriebsseitig von der jeweiligen Schnittstelle liegende Massenträgheitsmomente	kgmm ²
J_{an}	Antriebsseitig von der jeweiligen Schnittstelle liegende Massenträgheitsmomente	kgmm ²
K_n	Produkt aus Kerbwirkungszahl, Rauheitsfaktor und Größenfaktor bei Normalspannungen	—
K_t	Produkt aus Kerbwirkungszahl, Rauheitsfaktor und Größenfaktor bei Torsionsspannungen	—
N_D	Spannungsspiele bei Dauerfestigkeit	—
NG	Torsionsnachgiebigkeit	Rad/Nm
N_{ic}, \hat{N}_{ic}	Zahl der Spannungsspiele für die Momentenstufen von Wellen-, Achsen-, Zahnfuß- und Zahnflankenbeanspruchungen	—
N_{it}, \hat{N}_{it}	Zahl der Torsionsspannungsspiele für die Momentenstufen für Wellenbeanspruchung	—
N_z	Spannungsspiele bei Zeitfestigkeit	—
R_{eH}	Streckgrenze	N/mm ²
R_m	Zugfestigkeit	N/mm ²
R_{max}	Radkraft	N
$R_{p0,2}$	0,2%-Dehngrenze	N/mm ²
R_z, R_a	Rauhtiefe	µm
R_{z100}	Relative Rauhtiefe, bezogen auf einen Achsabstand von 100 m	m
S_{max}	Nennseilkraft multipliziert mit Hublastbeiwert	N
S, \bar{S}	Erforderliche Sicherheit	—
\hat{T}_{AN}	Dynamisches Moment beim Anheben einer abgesetzten Last	Nmm
T_B	statisches Moment für die maximale Betriebslast	Nmm
\hat{T}_B	dynamisches Moment für die maximale Betriebslast	Nmm
\hat{T}_{BAS_1}	dynamisches Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	Nmm
\hat{T}_{BAS_2}	dynamisches Moment aus der Schwingwirkung der Sicherheitsbremse für den hier maßgebenden Betriebslastfall	Nmm
\hat{T}_{BR}	dynamisches Moment beim Bremsen (Senken)	Nmm
\hat{T}_{Bre}	größtes Bremsmoment der Bremsen	Nmm
\hat{T}_{BS}	dynamisches Moment beim Beschleunigen (Heben)	Nmm
T_{BS_1}	statisches Moment aus der Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	Nmm

Formelzeichen	Größe und Bezeichnung	Einheit
\hat{T}_{BS_1}	dynamisches Moment aus der Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	Nmm
T_L	größtes Beharrungsmoment aus Eigenlast und Hublast ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades	Nmm
T_M	statisches Moment für die maximale Montagelast	Nmm
\hat{T}_M	dynamisches Moment für die maximale Montagelast	Nmm
T_{mot}	größtes Motormoment	Nmm
T_O	statisches Moment für Leerfahrten	Nmm
\hat{T}_O	dynamisches Moment für Leerfahrten	Nmm
T_R	größtes Beharrungsmoment aus den der Bewegungsrichtung entgegenwirkenden Reibungskräften beim Heben oder Senken	Nmm
T_{SO}	maximales Moment für Sonderlastfall	Nmm
\hat{T}_{SO}	dynamisches Moment für Sonderlastfall	Nmm
U_i	Zahl der Lastarbeitsspiele, d.h. Heben und Senken	—
Z_R	Faktor für die relative Rauhtiefe	—
Z_{Sch_i}	Zahl der Schaltungen je Lastarbeitsspiel (Einschalten zum Beschleunigen und Umschalten zum Bremsen entspricht je einer Schaltung)	—
c	Steigung der Bauteilwöhlerlinie im Zeitfestigkeitsbereich	—
d	Durchmesser	mm
$f_{H\beta}$	Flankenlinienabweichung	—
f_R	Flankenrichtungsfehler	—
f_{RW}	wirksame Flankenrichtungsfehler	—
h	Seiltrommelwanddicke im Rillengrund	mm
h_i	Einschaltdauer des Hubwerkes, wobei Leerfahrten mit Eigenlasten ≤ 30 % der Betriebslast unberücksichtigt bleiben	Stunden
k	Kopfbreite der Kranschiene	mm
\bar{k}	Schädigungsäquivalente Zahnflankentragfähigkeit	—
k_a	Zahl der Spannungsspiele infolge einer Schaltung	—
k_D, k_0	Dauerfestigkeit für Flankenpressung von Zahnrädern	N/mm ²
k_w	wirksame Flächenpressung für Zahnräder	N/mm ²
k_z	Zahnflankentragfähigkeit	N/mm ²
n_i	Drehzahl des zu berechnenden Triebwerkteils	min ⁻¹
p_{maxH}	Hertzsche Pressung	N/mm ²
p_{zul}	zulässige Flächenpressung für Paßfedern	N/mm ²

Formelzeichen	Größe und Bezeichnung	Einheit
r_1	Rundungshalbmesser des Schienenkopfs	mm
s	Seilrillensteigung	mm
\bar{s}_1	mittlerer Weg als Summe aus Heben und Senken innerhalb eines Lastarbeitspiels	m
\hat{t}_i	schwingbehaftete Zeit innerhalb eines Lastarbeitspiels unter Berücksichtigung von Positionierschaltungen	s
\bar{v}_i	mittlere Hubgeschwindigkeit	m/s
y_K	Lebensdauerfaktor für Zahnflankentragfähigkeit	—
y_G, y_H	Beiwert nach [2], Tafel 121/1, jedoch unter Berücksichtigung der Werkstoffe aus Tabelle B 1-4	—
y_R	Rauhigkeitsfaktor	—
y_S	Beiwert nach [2], Tafel 121/1	—
y_V	Beiwert nach [2], Tafel 121/1	—
y_σ	Lebensdauer für Zahnfußtragfähigkeit	—
α_{k_n}	Formzahl für Normalspannungen	—
α_{k_t}	Formzahl für Torsionsspannungen	—
γ	Steigungswinkel der Bauteilwöhlerlinie im Zeitfestigkeitsbereich	—
ε	Zahl der Torsionsspannungsspiele infolge einer Schaltung	—
v, \bar{v}	erforderliche Sicherheit	—
ρ_{red}	Ersatzkrümmungsradius im Wälzpunkt	mm
$\bar{\sigma}$	schädigungsäquivalente Zugbeanspruchung, berechnet aus den Lastwechselzahlen im Fall A und B	N/mm ²
$\hat{\sigma}_{BAS1}$	maximale Spannung durch das dynamische Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	N/mm ²
$\hat{\sigma}_{BAS2}$	maximale Spannung durch das dynamische Moment aus der Schwingwirkung der Sicherheitsbremse für den hier maßgebenden Betriebslastfall	N/mm ²
σ_D, σ_0	Dauerfestigkeit für Normalspannungen oder Zahnfußdauerfestigkeit	N/mm ²

Formelzeichen	Größe und Bezeichnung	Einheit
σ_F	wirksame Spannung am Zahnfuß	N/mm ²
σ_{FE}	Zahnfuß-Grundfestigkeit	N/mm ²
σ_H	wirksame Spannung an der Zahnflanke	N/mm ²
σ_{HF}	Dauerfestigkeit und statische Festigkeit am Zahnfuß	N/mm ²
σ_{HG}	Dauerfestigkeit und statische Festigkeit an der Zahnflanke	N/mm ²
$\sigma_{H\ lim}$	Grübchen-Dauerfestigkeit	N/mm ²
σ_n	Dauerfestigkeit der Werkstoffprobe für Normalspannungen bei 50 % Überlebenswahrscheinlichkeit	N/mm ²
σ_w	wirksame Zahnfußspannung	N/mm ²
σ_Z	Zahnfußtragfähigkeit	N/mm ²
$\hat{\sigma}_{VBAS1}$	maximale Vergleichsspannung durch das dynamische Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	N/mm ²
$\hat{\sigma}_{VBAS2}$	maximale Vergleichsspannung durch das dynamische Moment aus der Schwingwirkung der Sicherheitsbremse für den hier maßgebenden Betriebslastfall	N/mm ²
$\hat{\tau}_{BAS1}$	maximale Torsionsspannung durch das dynamische Moment aus der Lastumlagerung mit Betriebslast innerhalb einer Triebwerkskette	N/mm ²
$\hat{\tau}_{BAS2}$	Torsionsspannung durch das dynamische Moment aus der Schwingwirkung der Sicherheitsbremse für den hier maßgebenden Betriebslastfall	N/mm ²
$\bar{\tau}$	schädigungsäquivalente Torsionsbeanspruchung, berechnet aus den Lastwechselzahlen im Fall A und B	N/mm ²
τ_D	Dauerfestigkeit für Torsionsspannungen	N/mm ²
τ_{St}	Torsionsstreckgrenze $\frac{\sigma_x}{\sqrt{3}}$	N/mm ²
τ_t	Dauerfestigkeit der Werkstoffprobe für Torsionsspannungen bei 50 % Überlebenswahrscheinlichkeit	N/mm ²
φ_S	Schwingbeiwert, der die dynamische Wirkung infolge sprunghafter Momentänderung berücksichtigt	—
ψ	Hublastbeiwert	—

Anhang C

Bestimmungen und Literatur, 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.)

AufzV		Verordnung über Aufzugsanlagen (Aufzugsverordnung AufzV) vom 27. Februar 1980 (BGBl I S. 173, 205), zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Juli 1996 (BGBl. I S. 1018, 1022)
KTA 2201.4	(6/90)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 4: Anforderungen an Verfahren zum Nachweis der Erdbebensicherheit für maschinen- und elektrotechnische Anlagenteile
KTA 3903	(6/99)	Prüfung und Betrieb von Hebezeugen in Kernkraftwerken
DIN EN 818-2	(8/96)	Kurzgliedrige Rundstahlketten für Hebezeuge -Sicherheit-; Teil 2: Mitteltolerierte Rundstahlketten für Anschlagketten, Güteklasse 8, Deutsche Fassung EN 818-2:1996
DIN 3088	(5/89)	Drahtseile aus Stahldrähten; Anschlagseile im Hebezeugbetrieb, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
DIN 3092-1	(5/85)	Drahtseil-Vergüsse in Seilhülsen; Metallische Vergüsse; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
DIN 3093-1	(12/88)	Preßklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen; Rohlinge aus Flachovalrohren mit gleichbleibender Wanddicke; Technische Lieferbedingungen
DIN 3093-2	(12/88)	Preßklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen; Preßverbindungen; Sicherheitstechnische Anforderungen
DIN EN ISO 3506-1	(3/98)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen; Teil 1: Schrauben (ISO 3506-1:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3506-1:1997
DIN EN ISO 3506-2	(3/98)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen; Teil 2: Muttern (ISO 3506-2:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3506-2:1997
DIN 3962-2	(8/78)	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Flankenlinienabweichungen
DIN 3990-5	(12/87)	Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern; Dauerfestigkeitswerte und Werkstoffqualitäten
DIN 3990-11	(2/89)	Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern; Anwendungsnorm für Industriegetriebe; Detail-Methode
DIN 5691	(11/81)	Anschlagketten; Geschmiedete Einzelteile; Begriffe, Anforderungen, Prüfung
DIN 5688-3	(7/86)	Anschlagketten; Hakenketten, Ringketten, Kranzketten, Einzelteile; Güteklasse 8
DIN 15 003	(2/70)	Hebezeuge; Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte, Begriffe
DIN 15 018-1	(11/84)	Krane; Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung
DIN 15 018-2	(11/84)	Krane; Stahltragwerke; Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Ausführung
DIN 15 020-1	(2/74)	Hebezeuge; Grundsätze für Seiltriebe; Berechnung und Ausführung
DIN 15 070	(12/77)	Krane; Berechnungsgrundlagen für Laufräder
DIN 15 071	(12/77)	Krane; Berechnung der Lagerbeanspruchungen der Laufräder
DIN 15 085	(12/77)	Hebezeuge; Laufräder; Technische Lieferbedingungen
DIN 15 400	(6/90)	Lasthaken für Hebezeuge; Mechanische Eigenschaften, Werkstoffe, Tragfähigkeiten und vorhandene Spannungen
DIN 15 401-1	(11/82)	Lasthaken für Hebezeuge; Einfachhaken; Rohteile
DIN 15 401-2	(9/83)	Lasthaken für Hebezeuge; Einfachhaken; Fertigteile mit Gewindeschäft
DIN 15 402-1	(11/82)	Lasthaken für Hebezeuge; Doppelhaken; Rohteile
DIN 15 402-2	(9/83)	Lasthaken für Hebezeuge; Doppelhaken; Fertigteile mit Gewindeschäft
DIN 15 413	(8/83)	Unterflaschen für Hebezeuge; Lasthakenmuttern

DIN EN 20 898-1	(4/92)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1988); Deutsche Fassung EN 20898-1 : 1991)
DIN EN 20 898-2	(2/94)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkräften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992); Deutsche Fassung EN 20898-2 : 1993
SEB 666 211Beiblatt 1	(8/85)	Fördertechnik; Seiltrommeln; Berechnung der Schraubverbindung der Seilklemmen
TRA 200	(12/95)	Personenaufzüge, Lastenaufzüge, Güteraufzüge
VDI 2230 Blatt 1	(07/86)	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen; zylindrische Einschraubenverbindungen

Literatur

- [1] Niemann, G. Maschinenelemente Band 1, Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1981, 2. Auflage
- [2] Niemann, G. Maschinenelemente Band 2, Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1965
- [3] Hähnchen, R. Dauerfestigkeit für Stahl- und Gußeisen, Carl Hanser Verlag, München 1963
- [4] Decker, K.-H. Maschinenelemente, Carl Hanser Verlag, München 1982
- [5] VDEh-Bericht ABF 19 Leitfaden für eine Betriebsfestigkeitsberechnung; Empfehlung zur Lebensdauerabschätzung von Bauteilen in Hüttenwerksanlagen, 2. Auflage, 1985,
- [6] Dubbel, H. u. W. Beitz Taschenbuch für den Maschinenbau, 16. Auflage korrigiert und ergänzt, Springer-Verlag, Berlin 1987
- [7] DIN-Fachbericht 1 Berechnungsgrundsätze für Triebwerke in Hebezeugen, 1. Auflage 1982, Herausgegeben vom Normenausschuß Maschinenbau, Fachbereich Fördertechnik im DIN
- [8] Dietz, P. Ein Verfahren zur Berechnung ein- und mehrlagig bewickelter Seiltrommeln, VDI-Verlag 1972
- [9] Neugebauer, H.-J. Berechnungsverfahren für ein- und mehrlagig bewickelte Seiltrommeln, Technische Universität Dresden 1979, Dissertation
- [10] Dudley/Winter Zahnräder, Ausgabe 1961
- [11] FVA Forschungsheft Nr. 108 Rechenprogramm zur Ermittlung der Zahnflankenkorrekturen am Ritzel zum Ausgleich der lastbedingten Zahnverformung; 1981, Herausgeber: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V., Corneliusstraße 4, 6000 Frankfurt/Main
- [12] Stenkamp, W. Hebezeuge in kerntechnischen Anlagen, Neufassung der Regel KTA 3902, Sonderdruck aus fördern + heben

Anhang D (informativ)

Änderungen gegenüber der Fassung 6/92 und Erläuterungen

(1) Die Nachweismöglichkeit von Getriebeverzahnungen nach DIN 3990-11 ist zusätzlich eingeführt worden, da diese Norm dem derzeitig gesicherten Stand der Technik entspricht und in weiten Bereichen der Industrie die traditionelle Nachweismethode nach NIEMANN ablöst. Ferner sind moderne rechnergestützte Berechnungsprogramme ausnahmslos auf DIN 3990 aufgebaut. Die neue Nachweismethode, die gleichwertig neben der traditionellen Berechnungsmöglichkeit steht, bietet eine präzisere und beanspruchungsgerechtere Erfassung vieler Einflußparameter der Verzahnungspaarung incl. der Wirkung der gewählten Lagerung der Zahnräder. Werkstoffspezifische Anforderungen sind in DIN 3990-5 festgelegt, ebenso die Anforderungen an die Bauprüfungen. Für Hubwerksgetriebe, die nach dieser Regel eingesetzt werden, wurden bei Einstufung nach den Abschnitten 4.2, 4.3 oder 4.4 Werkstoffqualitäten MQ nach DIN 3990-5 (vergleichbares Qualitätsniveau mit den bisher nach NIEMANN vorgesehenen Werkstoffen) zugrunde gelegt. Die Vorgehensweise bei der Berechnung bezüglich der Bildung der Spannungs Kollektive und der Bestimmung von Sicherheiten unterscheidet sich nicht von den bisherigen Festlegungen. Ausgehend von den Mindestanforderungen für die Sicherheit nach DIN 3990-11 sind die Sicherheitsbeiwerte für die Anforderungen nach Abschnitt 4.2 um den Faktor 1,12 erhöht festgelegt worden (mit Ausnahme der Sicherheitsbeiwerte für die statische Festigkeit, die nach DIN 3990-11 bereits ausreichend hoch bemessen sind). Bei Anforderungen nach Abschnitt 4.3 oder 4.4 sind die

Sicherheitsbeiwerte entsprechend Abschnitt 4.2 nochmals um den Faktor 1,12 gesteigert worden. Mit den im Vergleich zu der Methode nach NIEMANN niedriger erscheinenden Mindestwerten für die Sicherheiten werden die Schutzziele von KTA 3902 voll erfüllt, da das Berechnungsverfahren nach DIN 3990-11 zusammen mit weiteren festgelegten Maßnahmen eine genauere Erfassung des Beanspruchungsgeschehens erlaubt. Entsprechende Tabellen mit Werkstoffkennwerten und Sicherheiten sind in den Anhang B aufgenommen worden. Hierbei wurden bewußt die in DIN 3990-11 verwendeten Bezeichnungen beibehalten, eine Anpassung an die im Berechnungsverfahren nach NIEMANN verwendeten Bezeichnungen wurde nicht vorgenommen. Gleichzeitig wurde die Werkstofftabelle für das traditionelle Berechnungsverfahren nach NIEMANN (Tabelle B 1-5) an die neuesten Werkstoffnormen angepaßt.

(2) In Abschnitt 6.2.2.3 Absatz 3 wurde die Festlegung zu den erforderlichen Sicherheitswindungen präzisiert. Nach DIN 15 020 Punkt 7.1 müssen in tiefster Stellung des Tragmittels vor der Endbefestigung noch mindestens zwei Seilwindungen auf der Seiltrommel liegen. Die tatsächlich erforderliche Seilwindungszahl muß unter Berücksichtigung der 2,5fachen Seilzugkraft (DIN 15 020 Punkt 6.4) und der Haltekraft der eingesetzten Seilbefestigung durch Rechnung bestimmt werden. Hierbei kann sich ergeben, daß mehr als zwei Seilwindungen benötigt werden. Diese im Rahmen der Vorprüfung festzulegende Seilwindungszahl muß in die Prüfpläne für die Abnahme und wiederkehrende Prüfung übernommen werden, sie dient als Grundlage der Prüfungen durch Sachverständige.

(3) Im Zuge der europäischen Normung wurde für die elektrische Ausrüstung von Maschinen die Norm EN 60 204-1 „Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60 204-1:1992 modifiziert)“ geschaffen. Diese europäische Norm wurde in Deutschland sowohl als DIN EN 60 204-1 (6/93) als auch als VDE 0113 Teil 1 (6/93) eingeführt. Sie wurde bei der Überarbeitung von KTA 3902 berücksichtigt.

Es ist beabsichtigt, die hebezeugspezifischen Anforderungen für die elektrische Ausrüstung von Hebezeugen ebenfalls in der Reihe EN 60 204 (IEC 60 204) zu normieren. Die vorliegende Fassung von KTA 3902 berücksichtigt den gegenwärtig dazu ermittelten internationalen Bearbeitungsstand.

(4) Im Rahmen des Änderungsverfahrens wurde geprüft, ob die Festlegungen in Abschnitt 6.5.1 Absatz 2 zur Ausführung der Sicherheitsstromkreise aufgrund des aktuellen Standes der Normung geändert werden sollten. In den allgemeinen Anforderungen nach DIN EN 60 204-1 werden Risiken, die mit Gefährdungen durch die elektrische Ausrüstung verbunden sind, im Rahmen der Risikobeurteilung des Hebezeuges bewertet. Im Hinblick auf die bestehenden Anlagen wurden die Forderungen „Ruhestromprinzip oder selbstüberwachend oder redundant“ beibehalten. Bei neuen Anlagen gelten bezüglich der Risikobeurteilung die Forderungen nach DIN EN 60 204-1, die auch für konventionelle Hebezeuge gilt.

(5) In Abschnitt 6.5.2 Absatz 4 wurde die Erdung von Steuerstromkreisen für Spannungen ≤ 25 VAC bzw. ≤ 60 VDC zugelassen, da viele Hersteller von Steuerungskomponenten, wie z.B. speicherprogrammierbaren Steuerungen, die Erdung des Bezugspotentials fordern, weil auch auf Elektronikplatinen dieses Bezugspotential mit Erde verbunden und nicht zu trennen ist, so daß eine in KTA 3902 geforderte Erdschlußüberwachung nicht möglich ist. Da es sich innerhalb der genannten Spannungsbereiche um Schutzkleinspannungen handelt, sind auch die Forderungen nach DIN EN 60 204-1 bezüglich Berührungsschutz erfüllt.

(6) Beim Anheben einer Last kann es als Folge der dynamischen Antriebscharakteristik, z.B. aufgrund von kurzen Beschleunigungszeiten oder großen Seillängen in Verbindung mit hohen Lasten, zu sehr kurzen, jedoch über dem in KTA 3902 festgelegten Lastwert von 1,1-facher Betriebslast liegenden Lastspitzen kommen. Zur Anpassung der Überlastabschaltung an solche Anlagenverhältnisse kann die Einstellung der Überlastsicherung auch auf höhere Abschaltwerte, unter Berücksichtigung der zeitlichen Verhältnisse, erfolgen. In Abschnitt 6.5.2 Absatz 5 wurde deshalb ergänzt, daß die Schaltschwelle der Überlastsicherung bei der Inbetriebsetzung des Hebezeuges dem Schwingverhalten beim Anheben der Last anzupassen ist, so daß eine sichere Abschaltung bei einer wirklichen (dauernden) 1,1-fachen Überlast auf jeden Fall erfolgt.

(7) Der Abschnitt 6.5.4.3 „Farbgebung“ wurde ersatzlos gestrichen, da die Farbgebung über die in Abschnitt 3.0 geforderte Einhaltung der konventionellen Vorschriften bereits hinreichend geregelt ist.

(8) In den Abschnitten 7.1.1 und 8.1.1 wurden jeweils die Absätze 5 gestrichen, weil für Tragwerke normalerweise keine Schraubenverbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung zum Einsatz kommen. Die Abschnitte 7 und 8 wurden dadurch an den Abschnitt 6 angepaßt, wo ein analoger Absatz auch in der bisherigen Regelfassung nicht vorhanden war.

(9) Die in den Abschnitten 7.2.1.1 und 8.2.1.1 (jeweils Absatz 3) enthaltene Festlegung zur Abhängigkeit des Anhalteweges der Sicherheitsbremse vom Anhalteweg der Betriebsbremse dient dem Konstrukteur zur Orientierung bei der Konzeption des Hubwerks. Beim Einzelnachweis bewertet der Sachverständige die Zulässigkeit der anlagenspezifischen Anhaltewege unter Berücksichtigung der Konstruktions- und Auslegungsmerkmale.

(10) In Abschnitt 7.2.1.3.1 Absatz 3 wird gefordert, daß die gesamte Triebwerkskette (einschließlich Seile und Seilrollen)

zweifach (redundant) auszuführen ist. Eine Ausnahme besteht für die Tragmittel, z.B. Unter- und Oberflasche. Diese Bauteile können unter Berücksichtigung der Forderungen nach Abschnitt 7.4.1 und einer zusätzlichen Qualitätssicherung nach KTA 3903 in einfacher Ausführung vorgesehen werden. Da die Lagerung der Seilrollen (Achsen) Bestandteil der Unter- und Oberflasche sind, bestehen auch für diese Bauteile (Achsen) unter Berücksichtigung der o.g. Forderungen und bei entsprechender Qualitätssicherung die Möglichkeit, diese in einfacher Ausführung vorzusehen. Eine einfache Ausführung der Lagerung (Achse) der Seilrollen in der Unter- und Oberflasche liegt dann vor, wenn ein Versagen dieser Achse zum Versagen beider Seiltriebe (redundante Seilanordnung) führt, z.B. wenn die Seilrollen beider Seiltriebe auf dieser Achse gelagert sind und diese Achse nur zwischen zwei Auflagern (Tragblechen) gestützt wird.

(11) In den Abschnitten 7.2.1.3.3 und 8.2.1.3.3 (jeweils Absatz 2) wurde die Formulierung für das sichere Absetzen der Last durch die Ergänzung „Einrichtungen oder betriebliche Maßnahmen“ präzisiert. Zur Sicherstellung des vorgegebenen Schutzziels können hierbei festinstallierte Einrichtungen (z.B. bei Neuanlagen) oder auch provisorische betriebliche Maßnahmen (z.B. bei bestehenden Anlagen) eingesetzt werden, die abhängig vom Schadensereignis und den konstruktiven Gegebenheiten des vom Schaden betroffenen Hebezeugs unter Nutzung vorhandener Einrichtungen sowie unter Einbeziehung anderer Hebezeuge festgelegt werden. Soweit vorab möglich werden die betrieblichen Maßnahmen gemäß KTA 3903 Abschnitt 9.1 Absatz 4 in der Betriebsanleitung angegeben.

(12) In KTA 3903 wurde die Möglichkeit neu aufgenommen, in begründeten Fällen wiederkehrende Bremsenprüfung ohne angehängte Last durchzuführen. Um die Berücksichtigung sich hieraus ergebender spezieller Forderungen bereits bei der Auslegung sicherzustellen, wurde in den zutreffenden Abschnitten von KTA 3902 ein entsprechender Hinweis auf Anhang D von KTA 3903 ergänzt.

(13) Die Festlegungen zum allgemeinen Spannungsnachweis und zum Betriebsfestigkeitsnachweis in Abschnitt B 1.2.2 beruhen auf einem Nennspannungskonzept. Werden spezielle Festigkeitsanalysen verwendet (z.B. Finite-Elemente-Rechnungen), erfolgt die Spannungsbewertung im Einzelfall nach gesonderten Festlegungen.

(14) Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik wurde in Abschnitt B 2.2.1.1 Absatz 2 die Möglichkeit ergänzt, das dynamische Stoßmoment beim Einfallen der Sicherheitsbremse \hat{T}_{BAS2} alternativ zum bisherigen Verfahren auch unter Verwendung eines numerischen Simulationsverfahrens zu ermitteln.

(15) In Abschnitt B 1.4.1 wurden Festlegungen zur Berechnung von Schraubenverbindungen bei den Lastaufnahmeeinrichtungen ergänzt.

Für die Berechnung von Schraubenverbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung (d.h. mit planmäßiger Vorspannung) gibt es die verschiedenen Vorgehensweisen nach den Normen DIN 15018-1, DIN 18 800-1 (Ausgaben 3/81 und 11/90), DAST 010 und VDI 2230 Blatt 1.

Über vergleichende Betrachtungen zur Bemessung der vorgespannten Schrauben nach diesen Normen wurde VDI 2230 Blatt 1 bevorzugt, da hier unabhängig von festgelegten Anforderungen (z.B. Vorspannkraft, Reibwerte, zulässige Zusatzkräfte, Schraubenwerkstoff, Schraubenabmessung) jeder Einzelfall berechnet werden kann.

Die für die Berechnung erforderlichen Reibwerte für das Gewinde und für die Kopf- und Mutterauflage sowie das Anziehverfahren müssen vom Konstrukteur festgelegt werden.

Die Sicherheitsbeiwerte für den allgemeinen Spannungsnachweis und den Betriebsfestigkeitsnachweis, die nach VDI 2230 Blatt 1 nicht explizit angesetzt werden, sind in den Abschnitten B 1.4.1.5 und B 2.4 für die zusätzlichen und erhöhten Anforderungen festgelegt.

Stichwortverzeichnis

Achsen siehe *Fahrwerk*

Anforderungen

- an Brennelement-Wechselanlagen 8
- , bauliche siehe *konstruktive Gestaltung*
- , erhöhte an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen 4.3; 7; Anhang A; B 2
- , - an die elektrotechnische Ausrüstung 7.5
- , - an Fahrwerke 7.3; B 2.3
- , - an Tragwerke 7.1; B 2.1
- , - an Hubwerke 7.2; B 2.2
- , - an Lastaufnahmeeinrichtungen 7.4; B 2.4
- , zusätzliche an Krane, Winden, Laufkatzen und Lastaufnahmeeinrichtungen 4.2; 6; Anhang A; B 1
- , - an die elektrotechnische Ausrüstung 6.5
- , - an Fahrwerke 6.3; B 1.3
- , - an Tragwerke 6.1; B 1.1
- , - an Hubwerke 6.2; B 1.2
- , - an Lastaufnahmeeinrichtungen 6.4; B 1.4

Anschlagmittel 6.4.3; 7.4.3

Anschlagkette 6.4.2.1 (3); 6.4.2.3; 6.4.3

Anschlagseil 6.4.2.1 (3); 6.4.2.3; 6.4.3

Aufhängung für Ausgleichsrollen 6.4.1; 7.4.1

Aufzüge in Reaktorsicherheitsbehältern 4.1; 5

Auslegung

- von Anschlagmitteln 6.4.3.1
- von Fahrwerken 6.3.1; 7.3.1; 8.3.1; B 1.3
- von Hubwerken 6.2; 7.2; 8.2; B 1.2
- von Lastaufnahmeeinrichtungen für Brennelement-Wechselanlagen 8.4.1
- von Lastaufnahmemitteln 6.4.2.1; 7.4.2.1; B 1.4.2
- von Seiltrieben 6.2.2.1; 7.2.2.1; 8.2.2.1
- von Tragmitteln 6.4.1.1; 7.4.1.1; B 1.4.1
- von Tragwerken 6.1.1; 7.1.1; 8.1.1; B 1.1
- von Triebwerken 6.2.1.1; 7.2.1.1; 8.2.1.1

Befehlssysteme 6.5.4.1

Bestimmungen

- , allgemeine 3
- , besondere 4

Betriebslast, maximale 2 (1); 6.1.1; 6.2.2.1; 6.4.1.1; 7.1.1 (2)

Betriebsstundenzähler 6.2.1.3.1 (2)

Bremse 6.2.1.3.3; 7.2.1.3.3; 8.2.1.3.3

Brennelement-Wechselanlage 2 (2); 4.4; 8

Einstufung von Hebezeugen Anhang A

Einwirkungen von außen 4.5

Elektrische Ausrüstung 6.5; 7.5; 8.5

Endschalter 6.5.3

Fahrschacht 5.3

Fahrwerk 6.3; 7.3; 8.3

Gehänge 6.4; 7.4

Getriebe 6.2.1; 7.2.1; 8.2.1

Greifer 6.4; 7.4; 8.4

Hublast 2 (3)

Hublastbeiwert 6.1.1; 7.1.1

Hubwerk 6.2; 7.2; 8.2

Konstruktive Gestaltung

- von Anschlagmitteln 6.4.3.2
- von Bremsen 6.2.1.3.3; 7.2.1.3.3; 8.2.1.3.3

- von Fahrwerken 6.3.3; 7.3.3; 8.3.3
- von Getrieben 6.2.1.3.2; 7.2.1.3.2; 8.2.1.3.2
- von Lastaufnahmeeinrichtungen für Brennelement-Wechselanlagen 8.4.3
- von Lastaufnahmemitteln 6.4.2.3; 7.4.2.3
- von Seiltrieben 6.2.2.3; 7.2.2.3; 8.2.2.3
- von Tragmitteln 6.4.1.3; 7.4.1.3
- von Tragwerken 6.1.3; 7.1.3; 8.1.3
- von Triebwerken 6.2.1.3; 7.2.1.3; 8.2.1.3

Kupplung 6.2.1; 7.2.1; 8.2.1

Lagergehäuse 6.2.1.3.1 (4)

Lastaufnahmeeinrichtung 2 (4); 6.4; 7.4; 8.4

Lastaufnahmemittel 6.4.2; 7.4.2

Lastenaufzug 5.2

Lastfall siehe *Auslegung*; Anhang B

Lasthaken 6.4.1.1; 7.4.1.1

Lastkollektivzähler 6.2.1.3.1 (2)

Maschinenteile 2 (5)

Meldesysteme 6.5.4.2

Montagelast, maximale 2 (6); 6.1.1; 6.2.2.1; 6.4.1.1; 7.1.1 (2)

Nachweise Anhang B

- für Fahrwerke 6.3.2; 7.3.2; 8.3.2
- für Hubwerke B 1.2
- für Lastaufnahmeeinrichtungen für Brennelement-Wechselanlagen 8.4.2
- für Lastaufnahmemittel 6.4.2.2; 7.4.2.2
- für Seiltriebe 6.2.2.2; 7.2.2.2; 8.2.2.2
- für Tragmittel 6.4.1.2; 7.4.1.2
- für Tragwerke 6.1.2; 7.1.2; 8.1.2
- für Triebwerke 6.2.1.2; 7.2.1.2; 8.2.1.2

Notausstieg 5.2; 5.3

Oberflasche 6.4.1; 7.4.1

Personenaufzug 5.2

Seil 6.2.2; 7.2.2; 8.2.2

Seilendbefestigung 6.2.2; 6.4.1; 7.2.2; 7.4.1; 8.2.2

Seilrolle 6.2.2; 7.2.2; 8.2.2

Seiltrieb 6.2.2; 7.2.2; 8.2.2

Seiltrommel 6.2.2; 7.2.2; 8.2.2

Seiltrommelgelenkverbindung 6.2.2; 7.2.2; 8.2.2

Serienbauteil 6.2.1.1 (2); 7.2.1.1 (4); 8.2.1.1 (4)

Serienelektrozug 6.2.1; 7.2.1

Seriengetriebe 6.2.1; 7.2.1; 8.2.1

Tragmittel 6.4.1; 7.4.1

Tragwerk 6.1; 7.1; 8.1

Traverse 6.4; 7.4

Triebwerk 6.2.1; 7.2.1; 8.2.1

Überlastsicherung 6.2.1.3.1 (1)

Umgebungsbedingungen 4.6

Unterflasche 6.4.1; 7.4.1

Wälzlager 6.2.1.1 (3); 7.2.1.1 (5)

Welle siehe *Fahrwerk*