

DIN ISO 15654

ICS 21.220.30

Einsprüche bis 2017-04-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 15654:2011-10

Entwurf

**Verfahren zur Dauerschwingprüfung von Präzisions-Rollenketten und
Flyerketten (ISO 15654:2015);
Text Deutsch und Englisch**

Fatigue test method for transmission precision roller chains and leaf chains
(ISO 15654:2015);
Text in German and English

Méthode d'essai de fatigue pour chaînes de transmission de précision à rouleaux et chaînes de
levage à mailles jointives (ISO 15654:2015);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-12-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nam@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 108 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Richtigstellung gegenüber ISO 15654:2015.....	6
Vorwort	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Formelzeichen	9
4 Kurzbeschreibung	10
5 Prüfvorrichtung	11
5.1 Prüfmaschine	11
5.2 Prüfaufnahmen.....	11
6 Prüflinge	11
7 Prüfverfahren	12
7.1 Prüfkraft	12
7.1.1 Minimale Prüfkraft	12
7.1.2 Maximale Prüfkraft.....	12
7.1.3 Prüfkraft	12
7.1.4 Kraftaufbringung.....	13
7.2 Konformitätsprüfung	13
7.2.1 Ziel.....	13
7.2.2 Mindestzyklenzahl	13
7.2.3 Minimale Prüfkraft	13
7.2.4 Maximale Prüfkraft.....	14
7.2.5 Anzahl der Prüfungen	14
7.2.6 Annahmekriterium	14
7.3 Treppenstufenprüfung.....	14
7.3.1 Ziel.....	14
7.3.2 Beschreibung.....	14
7.3.3 Mindestzyklenzahl	14
7.3.4 Regeln zur Durchführung der Treppenstufenprüfung	14
7.3.5 Bestimmung der Stufenhöhe	15
8 Auswertung der Treppenstufenprüfung.....	15
8.1 Daten	15
8.2 Darstellung der Ergebnisse der Treppenstufenprüfung.....	15
8.3 Statistische Berechnungen.....	16
8.3.1 Gemittelte Dauerfestigkeit: Überlebenswahrscheinlichkeit 0,50	16
8.3.2 Standardabweichung	16
8.3.3 Dauerfestigkeit: Überlebenswahrscheinlichkeit 0,99865	16
9 Prüfbericht.....	16
9.1 Information über die geprüften Ketten.....	16
9.2 Prüfausstattung und Verfahren.....	17
9.2.1 Prüfausstattung.....	17
9.2.2 Prüfverfahren	17

9.3	Prüfergebnisse für die Konformitäts- und die Treppenstufenprüfung.....	17
Anhang A (informativ) Überlebensprüfung mit verkürzter Probit-Auswertung		18
A.1	Kurzbeschreibung	18
A.2	Beschreibung	18
A.3	Prüfverfahren	18
A.3.1	Prüflinge	18
A.3.2	Mindestzyklenzahl	18
A.3.3	Kraftstufen	18
A.3.4	Prüfung.....	18
A.4	Auswerteverfahren.....	19
A.4.1	Allgemeines	19
A.4.2	Verteilungen.....	19
A.4.3	Standardabweichung	19
A.4.4	Mittlere Dauerfestigkeit	20
A.5	Stufenhöhe	20
A.6	Beispiel.....	20
Anhang B (informativ) Kombiniertes Prüfverfahren (CTM)		22
B.1	Ziel	22
B.2	Beschreibung	22
B.3	Prüfverfahren	22
B.3.1	Prüflinge	22
B.3.2	Mindestzyklenzahl	22
B.3.3	Kraftstufen	22
B.3.4	Prüfung.....	23
B.4	Auswerteverfahren.....	23
B.4.1	Bereich Zeitfestigkeit.....	23
B.4.2	Bereich Treppenstufenprüfung	24
B.5	R-F-N Kurve	24
B.6	Prüfbericht und Grafik.....	26
Anhang C (informativ) Rechtfertigung für das Hinzufügen einer Stufe zur Dauerfestigkeit in der Auswertung der Treppenstufenprüfung.....		29
C.1	Einleitung	29
C.2	Auswertung.....	29
C.3	Schlussfolgerungen.....	31
Anhang D (informativ) Hinzufügen eines zusätzlichen „Phantompunktes“ am Ende der Treppenstufenprüfung.....		32
Anhang E (informativ) Berichte für Dauerschwingprüfungen		33
E.1	Allgemeine Hinweise.....	33
E.2	Darstellung von Ergebnissen in Tabellenform.....	33
E.3	Vorschlag zur grafischen Form der Darstellung	36
E.3.1	Allgemeine Hinweise.....	36
E.3.2	Arten der grafischen Darstellung	36
E.3.3	F-Log N Grafik.....	36
E.3.4	Log F-Log N Grafik	36
E.4	Beispiele für Prüfberichte	37
Anhang F (informativ) Festlegung zur Einschätzung des Dauerschwingverhaltens von Ketten in der Anwendung		41
F.1	Geltungsbereich und Allgemeines.....	41
F.2	Verfahren	41
F.2.1	Kettenlänge.....	41
F.2.2	Probenumfang	44
F.2.3	Repräsentation der Proben	44

F.3	Andere Faktoren	44
F.3.1	Statistische Grenzen	44
F.3.2	Ermüdungslebensdauer	45
F.3.3	Verschleiß	45
F.3.4	Nicht identifizierte Faktoren	45
F.4	Berechnungsbeispiel	45
Anhang G (informativ) Extrapolation der Dauerfestigkeit von 3×10^6 auf 10^7 Belastungszyklen		47
G.1	Allgemeines	47
G.2	Prüfungsdaten	47
G.3	Konstruierte Treppenstufen	47
G.3.1	Phantompunkte	47
G.3.2	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 10^7 Belastungszyklen	47
G.3.3	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 5×10^6 Belastungszyklen	48
G.3.4	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 3×10^6 Belastungszyklen	48
G.3.5	Beispiel für Treppenstufen und Histogramme	48
G.4	Auswertung der Treppenstufen	48
G.4.1	Gemittelte Dauerfestigkeiten	48
G.4.2	Unterschiede	48
G.4.3	Treppenstufenprüfungen von einer Kette 80	49
G.4.4	Histogramme von Treppenstufenprüfungen für eine Kette 80	50
Anhang H (informativ) Prüfungen im Zeitfestigkeitsbereich und Auswertung der Daten		51
H.1	Allgemeines	51
H.2	Prüfverfahren	51
H.2.1	Prüflinge	51
H.2.2	Knickpunkt	51
H.2.3	Kraftstufen	51
H.2.4	Anzahl der Prüfungen	51
H.3	Auswertung der Daten	52
H.3.1	Daten	52
H.3.2	Statistische Verteilungen	52
H.3.3	Bestimmung der Kraft — Lebensdauer ($F-N$)-Geraden	52
H.4	Prüfergebnisse	54
Literaturhinweise		56

Nationales Vorwort

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Arbeitsausschuss NA 060-34-35 AA „Stahlgelenkketten“ im Fachbereich „Antriebstechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Stahlgelenkketten sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Der Ausschuss dokumentiert damit die Übereinstimmung mit der ISO-Norm.

Die Internationale Norm ISO 15654 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 100 „Chains and chain wheels for power transmission and conveyors“ erarbeitet.

Im Anhang A wird die Variable X bzw. X in der Tabelle A.4 sowohl für die Anzahl der Ausfälle je Kraftstufe als auch für die Überlebensquote verwendet. In Kapitel A.4.3 und in Bild A.1 wird X bzw. X als Variable für die Überlebensquote definiert bzw. verwendet. Durch die doppelte Verwendung ist für den Anwender der Norm eine eindeutige Zuordnung der Variablen problematisch.

Diese Ausgabe ist eine Übersetzung der zweiten Ausgabe der ISO 15654:2015 die überarbeitet wurde. Sie ersetzt die Übersetzung der ersten Ausgabe DIN ISO 15654:2011.

Für die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der ISO 15654 entsprechend der diesbezüglich durch ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 15654:2011-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Prüfung von Flyerketten wurde aufgenommen;
- b) einige Formelzeichen (z. B. F_d und F_t) wurden geändert;
- c) die Stufenhöhe wird nun für Mehrfachketten gesondert berechnet.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Richtigstellung gegenüber ISO 15654:2015

Gegenüber ISO 15654:2015 sind für die Anwendung dieses Dokuments folgende Richtigstellungen zu berücksichtigen:

E.4 Die Berechnungsergebnisse für F_b und S des beispielhaft dargestellten Berichts zur Dauerschwingprüfung (Bericht Nr. 1002) sind fehlerhaft. Die korrekten Werte sind im nachfolgenden korrigierten Bericht aufgeführt.

G.4.3 Die Bildunterschrift der ersten Tabelle von Bild G.1 ist fehlerhaft. Hier müsste die korrekte Anforderung 1×10^7 Zyklen lauten.

E.4 Beispiele für Prüfberichte – korrigiert

Bericht zur Dauerschwingprüfung																							
Bericht Nr.: <u>1002</u>			Seite <u>1</u> von <u>1</u>			Erstelldatum: <u>2011-09-30</u>																	
Kette:																							
Hersteller: BCD Kette	Nummer: 80	Teilung: 25,4 mm	Länge Prüfling: 13 Glieder, IGL	Sonstiges:	Minimale Festigkeit	dyn.																	
Mechanische Eigenschaften: nicht berücksichtigt																							
Prüfung:																							
Typ: Treppenstufe	Anforderung: 10 ⁷ Zyklen	Temperatur: etwa 20 °C			Sonstiges: Mäßige Luftfeuchte																		
Maschine:																							
Hersteller: XYZ	Typ: Mech., Schwingfeder	Maschine: 1	Kalibrierung: 2011-08-23		Kraftmessung und überwachung: Periodisch, DMS																		
Datum	Test Nr.	Frequenz Hz	F_{max} kN	F_{min} kN	F_t kN	Zyklen, N	Ausfall	Bemerkungen															
11-09-20	001	31	17,35	2,224	15,75	4,771E6	IL																
11-09-23	002	31	15,57	2,224	13,90	1,000E7	KF																
11-09-23	003	31	17,35	2,224	15,75	1,000E7	KF																
11-09-24	004	31	19,12	2,224	17,60	4,096E6	IL																
11-09-24	005	31	17,35	2,224	15,75	8,480E6	IL																
11-09-25	006	31	15,57	2,224	13,90	1,000E7	KF																
11-09-25	007	31	17,35	2,224	15,75	1,000E7	KF																
11-09-25	008	31	19,12	2,224	17,60	1,463E6	IL																
11-09-26	009	31	17,35	2,224	15,75	1,000E7	KF																
11-09-26	010		19,12	2,224	17,60			Phantompunkt															
Ergebnisse und Schlussfolgerungen:																							
F_d Treppenstufe <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">17,60</td> <td style="width: 10%;">x</td> <td style="width: 10%;">x</td> <td style="width: 10%;">#</td> <td style="width: 10%;">xx#</td> </tr> <tr> <td>15,75</td> <td>x</td> <td>o</td> <td>x</td> <td>o</td> </tr> <tr> <td>13,90</td> <td>o</td> <td>o</td> <td></td> <td>oo</td> </tr> </table> Histogramm F_b = 15,94 kN S = 1,294 kN $F_{dx,0,99865}$ = $F_b - 3S + d$ = 13,90 kN									17,60	x	x	#	xx#	15,75	x	o	x	o	13,90	o	o		oo
17,60	x	x	#	xx#																			
15,75	x	o	x	o																			
13,90	o	o		oo																			
Die Ergebnisse dieser Treppenstufenprüfung sind in der beigegeführten Grafik [siehe Bild E.1] dargestellt.																							
Unterschrift: <u>Johannes Schmidl</u>																							

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 100, *Chains and chain sprockets for power transmission and conveyers*

Diese Ausgabe ist eine Übersetzung der zweiten Ausgabe der ISO 15654:2015.

Verfahren zur Dauerschwingprüfung von Präzisions-Rollenketten und Flyerketten

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm legt ein Verfahren zur Dauerschwingprüfung von Präzisions-Rollenketten und Flyerketten mit axialer Prüfkraft fest. Die Prüfungen werden im Zugschwellenbereich bei Raumtemperatur mit einer Prüfkraft in axialer Zugrichtung der Kette durchgeführt. Weiterhin werden die Verfahren zur statistischen Auswertung der Prüfergebnisse sowie Grundlagen und Formate zur Dokumentation der Prüfergebnisse und deren Auslegung festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 606, Short-pitch transmission precision roller and bush chains, attachments and associated chain sprockets

ISO 4347, Leaf chains, clevises and sheaves — Dimensions, measuring forces, tensile strengths and dynamic strengths

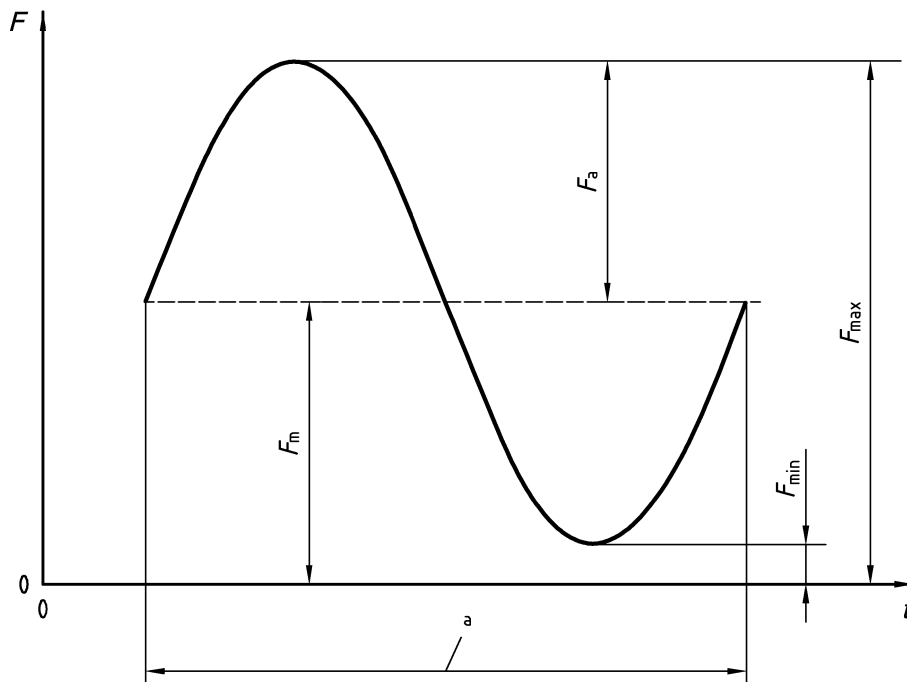
ISO 10190, Motor cycle chains — Characteristics and test methods

3 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen

Formelzeichen	Benennung	Einheit
d	Stufenhöhe — Intervall zwischen benachbarten Kraftstufen in der Treppenstufenprüfung [siehe Gleichung (5)]	N
$F_{\max}$	Maximale Prüfkraft — Maximalwert der Kraft eines Belastungszyklus	N
$F_{\min}$	Minimale Prüfkraft — Minimalwert der Kraft eines Belastungszyklus	N
F_m	Mittlere Prüfkraft — die halbe Summe aus der maximalen und minimalen Prüfkraft eines Belastungszyklus [siehe Gleichung (1)]	N
F_a	Kraftamplitude — die halbe Differenz aus der maximalen und minimalen Prüfkraft [siehe Gleichung (2)]	N
F_b	Gemittelte Dauerfestigkeit mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit aus F_d [siehe Gleichung (8)]	N
F_{dx}	Dauerfestigkeit — Prüfkraft, korrigiert auf eine minimale Kraft gleich Null, bei der eine berechnete Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,135 % bei 10^7 Belastungszyklen besteht — unter der Annahme, dass die Kette bei einer niedrigeren Kraft eine unendliche Anzahl von Belastungszyklen übersteht [siehe Gleichung (10)]	N
F_d	Prüfkraft — maximale Prüfkraft, korrigiert auf eine minimale Prüfkraft $F_{\min}$ gleich Null [siehe Gleichung (3)]	N
F_u	Mindestbruchkraft — Minimale Bruchkraft der Ketten nach ISO 606 oder ISO 10190	N

Formelzeichen	Benennung	Einheit
N	Anzahl der Belastungszyklen bei einer gegebenen zyklischen Kraft, die ein Kettenprüfling nach einer bestimmten Prüfzeit erreicht hat	—
N_e	Mindestzyklenzahl — vorbestimmte Anzahl an Belastungszyklen, bei der eine Prüfung ohne Ausfall des Kettenprüflings abgebrochen wird	—
n	Anzahl der in einer Auswertung enthaltenen Prüfdatenpunkte	—
p	Kettenteilung	mm
S	Standardabweichung der Daten aus der Treppenstufenprüfung [siehe Gleichung (9)]	N



Legende

F Kraft

t Zeit

a ein Belastungszyklus

$$F_m = \left(\frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} \right) \quad (1)$$

$$F_a = \left(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} \right) \quad (2)$$

Bild 1 — Typischer Belastungszyklus

4 Kurzbeschreibung

Die Prüfungen mit Rollenketten und Flyerketten dienen zur Bestimmung der Ermüdungseigenschaften von Kettenlaschen, wie in einem F - N Diagramm dargestellt oder zur Bestätigung der Konformität mit den Anforderungen der ISO 606, ISO 10190 und ISO 4347 hinsichtlich der dynamischen Festigkeiten.

5 Prüfvorrichtung

5.1 Prüfmaschine

Die Größe der Prüfmaschine muss so bemessen sein, dass die maximale Prüfkraft mindestens 10 % der maximalen Kapazität der Maschine beträgt. Die Prüfungen sind auf einer Maschine durchzuführen, die eine sinusförmige Zugkraft in axialer Richtung der Prüflinge aufbringen kann.

Die Prüffrequenz ist so zu wählen, dass der Temperaturanstieg nicht zu einer Schädigung des Prüflings führt.

Die Prüfmaschine muss regelmäßig kalibriert werden, um eine angemessene Genauigkeit zu gewährleisten.

Die Kalibrierung muss in einem Bereich von ± 2 % der maximalen Kapazität der Maschine erfolgen. Die Kraftmesseinrichtung sollte in Reihe mit dem Prüfling montiert sein, um sicherzustellen, dass der Belastungszyklus über die gesamte Prüfdauer erhalten bleibt.

Die Prüfmaschine sollte außerdem ausgestattet sein mit

- a) einem Zähler zur Aufzeichnung der Anzahl an Belastungszyklen,
- b) einer Vorrichtung zum Abschalten der Maschine bei einem Ausfall des Prüflings und
- c) einer Vorrichtung, die ein Wiederanfahren der Prüfmaschine nach einem Not-Aus (z. B. Stromausfall usw.) verhindert.

5.2 Prüfaufnahmen

Die Prüfaufnahmen müssen in der Lage sein, axiale Kräfte auf die Prüflinge zu übertragen, ohne selbst zusätzliche Kräfte zu verursachen. Für Dauerschwingprüfungen von Antriebsketten und Flyerketten sind universelle Prüfaufnahmen zu verwenden.

Die universellen Prüfaufnahmen sind nach den Kettenabmessungen, die in verschiedenen Normen aufgeführt sind, auszulegen. Bild 2 zeigt Beispiele für den Aufbau von Prüfaufnahmen.

Universelle Prüfaufnahmen müssen an beiden Enden der Kette eine freie Bewegung senkrecht zur Mittellinie der Kette erlauben, sowohl in der Ebene des Kettengelenkes als auch senkrecht dazu. Für Rollenketten soll die Bohrung der Prüfaufnahme dem Innendurchmesser der Buchse der zu prüfenden Kette entsprechen. Für Flyerketten soll die Bohrung der Prüfaufnahme dem Bohrungsdurchmesser d_1 des Anschlussstückes in Tabelle 3 und 4 der ISO 4347 entsprechen.

ANMERKUNG Alle dargestellten Prüflinge zeigen fünf freie Kettenglieder.

Wenn Ketten mit Umlenkrollen geprüft werden sollen, muss eine Bewegung der Kette um die Umlenkrollen verhindert werden, um sicherzustellen, dass nur definierte Kettenglieder geprüft werden.

6 Prüflinge

6.1 Ein Prüfling soll mindestens aus fünf freien Kettengliedern bestehen. Für Ketten mit Teilungen über 50,8 mm sind Prüflinge mit mindestens drei freien Kettengliedern ausreichend.

ANMERKUNG Ausfälle in Kettengliedern mit Kontakt zur Prüfaufnahme werden nicht gewertet. Freie Kettenglieder haben keinen Kontakt zu den Prüfaufnahmen.

6.2 Die Prüflinge müssen ungebraucht, unbeschädigt und in allen vorgesehenen Herstellungsprozessen fertiggestellt sein. Es kann ein beliebiges Produkt zur Schmierung der Kette verwendet werden.

7 Prüfverfahren

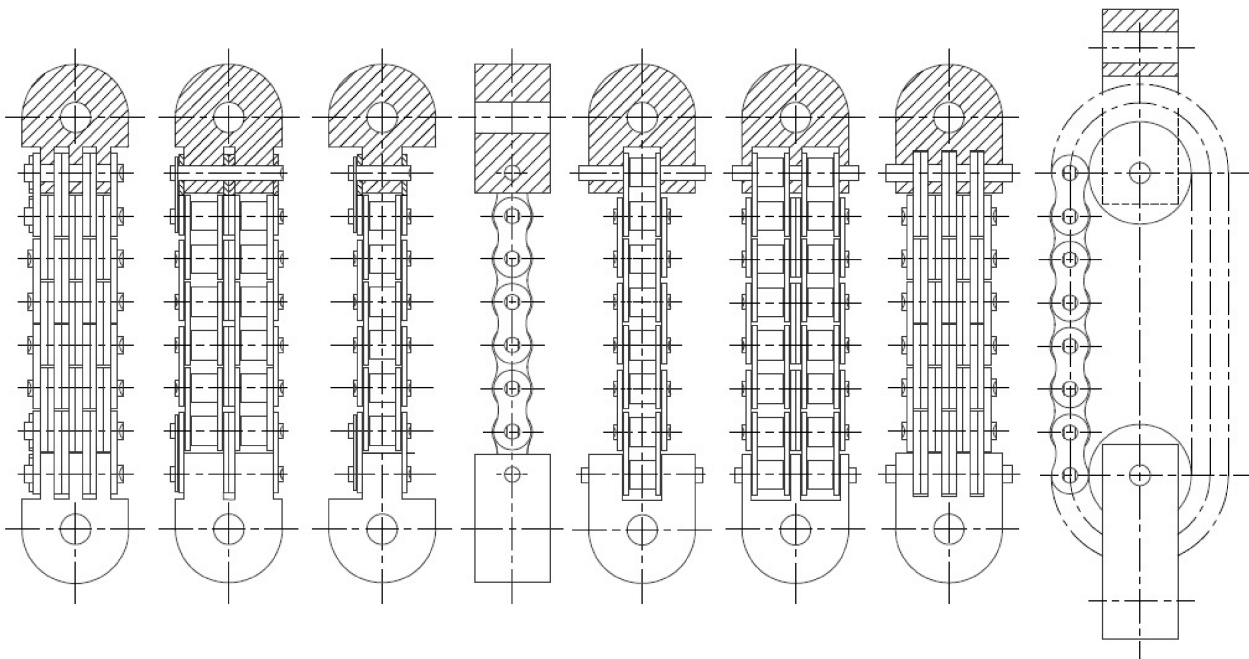
7.1 Prüfkraft

7.1.1 Minimale Prüfkraft

Die minimale Prüfkraft soll mindestens 1 % aber nicht mehr als 5 % der Mindestbruchkraft der betreffenden Kette nach ISO 606, ISO 10190 oder ISO 4347 betragen.

7.1.2 Maximale Prüfkraft

Die maximale Prüfkraft wird für eine Konformitätsprüfung nach 7.2 und für eine Treppenstufenprüfung nach 7.3 bestimmt.



ANMERKUNG Die geschlossene Kettenanordnung mit Umlenkrollen ist nicht für Flyerketten anwendbar.

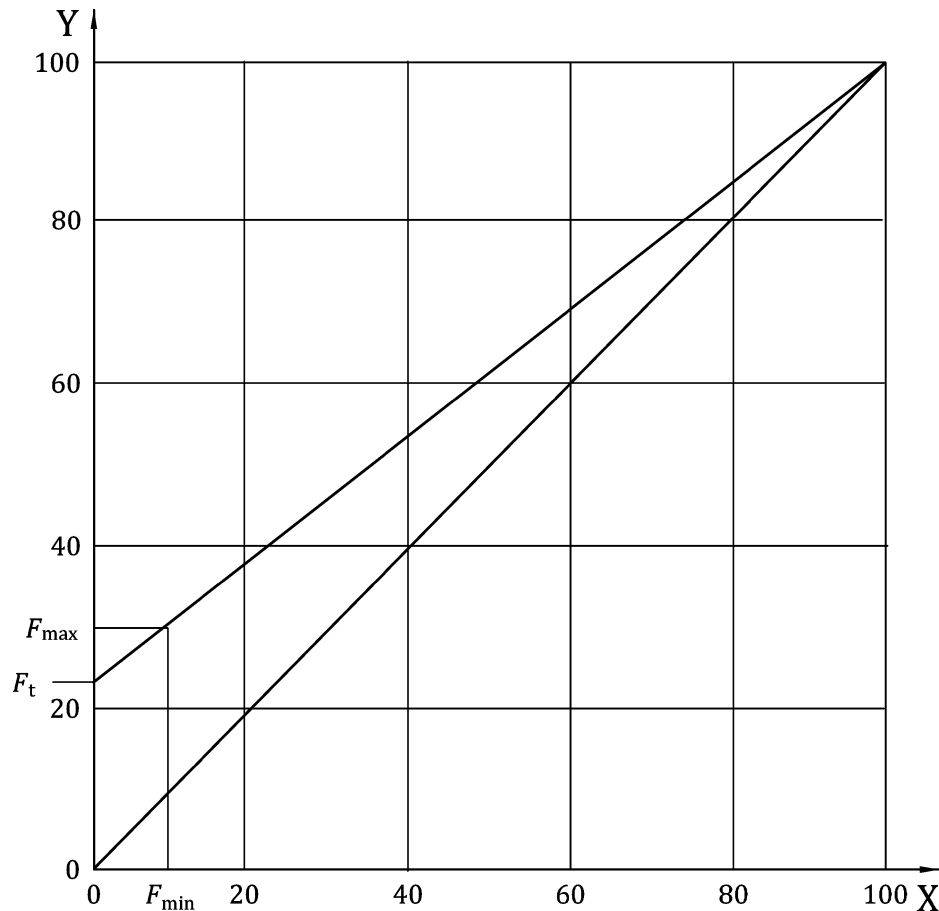
Bild 2 — Beispiele Prüflinge, die in Universalaufnahmen montiert sind

7.1.3 Prüfkraft

Zur Auswertung der Prüfergebnisse werden die maximalen Kräfte so korrigiert, dass die minimalen Kräfte gleich Null sind. Die Prüfkraft ermittelt man mit der Johnson-Goodman Beziehung [Gleichung (3)] durch die Korrektur der maximalen Kraft auf eine minimale Kraft gleich Null. Das Bild 3 zeigt die Johnson-Goodman Beziehung, wobei $F_{\min} = 0,05 \times F_u$, $F_{\max} = 0,3 \times F_u$ und die resultierende Prüfkraft $F_d = 0,2632 \times F_u$ beträgt.

Die Johnson-Goodman Beziehung lautet:

$$F_d = \frac{F_u(F_{\max} - F_{\min})}{F_u - F_{\min}} \quad (3)$$



Legende

- X minimale Kraft, % von F_u
Y maximale Kraft, % von F_u

Bild 3 — Johnson-Goodman Diagramm

7.1.4 Kraftaufbringung

Die längsgerichtete Zugkraft variiert sinusförmig zwischen der minimalen Prüfkraft nach 7.1.1 und der maximalen Prüfkraft nach 7.1.2. Die Prüfung wird bis zum Erreichen der Mindestzyklenzahl oder bis zum Ausfall des Prüflings fortgeführt, je nachdem welcher Fall früher eintritt.

7.2 Konformitätsprüfung

7.2.1 Ziel

Mit dieser Prüfung soll ermittelt werden, ob eine Kette die Anforderungen der ISO 606, ISO 10190 oder ISO 4347 hinsichtlich der dynamischen Festigkeit erfüllt.

7.2.2 Mindestzyklenzahl

Die Mindestzyklenzahl beträgt 3×10^6 Belastungszyklen.

7.2.3 Minimale Prüfkraft

Die minimale Prüfkraft wird nach 7.1.1. festgelegt.

7.2.4 Maximale Prüfkraft

Die maximale Kraft wird mit Gleichung (4) bestimmt:

$$F_{\max} = \frac{F_d F_u + [F_{\min}(F_u - F_d)]}{F_u} \quad (4)$$

7.2.5 Anzahl der Prüfungen

Es werden drei Prüflinge getestet.

7.2.6 Annahmekriterium

Alle Prüflinge müssen die Mindestzyklenzahl erfüllen.

7.3 Treppenstufenprüfung

7.3.1 Ziel

Mit dieser Prüfung soll die Dauerfestigkeit der betreffenden Rollenkette bestimmt werden.

7.3.2 Beschreibung

Zur Zweckerfüllung dieser Internationalen Norm werden in der Treppenstufenprüfung Prüflinge nacheinander unter bestimmten Kraftstufen gleicher Stufenhöhe geprüft. Der erste Prüfling wird bei einer Kraftstufe knapp oberhalb der abgeschätzten gemittelten Dauerfestigkeit der Kette geprüft. Wenn der erste Prüfling die Mindestzyklenzahl erreicht (Durchläufer), wird der nächste Prüfling bei der nächst höheren festgelegten Kraftstufe geprüft. Wenn der Prüfling unterhalb der Mindestzyklenzahl ausfällt, wird der nächste Prüfling bei der nächst kleineren festgelegten Kraftstufe geprüft. Die Kraftstufen für die weiteren Prüfungen werden entsprechend bestimmt und die Prüfungen fortgesetzt, bis die erforderliche Anzahl an Prüfungen erreicht wurde.

7.3.3 Mindestzyklenzahl

Die Mindestzyklenzahl beträgt 10^7 Belastungszyklen beim Test der Dauerfestigkeit.

7.3.4 Regeln zur Durchführung der Treppenstufenprüfung

Die Prüfung beginnt mit einem wechselnden Prüfergebnis, d. h. einem Durchläufer gefolgt von einem Ausfall oder einem ein Ausfall gefolgt von einem Durchläufer.

Für eine Zuverlässigkeit der mittleren Dauerfestigkeit von 95 % sind mindestens 10 gültige Einzelprüfungen erforderlich, für eine Zuverlässigkeit von 90 % sechs gültige Einzelprüfungen. Tabelle 2 enthält die erforderliche Mindestanzahl an Einzelprüfungen, um Unterschiede von etwa einer halben Stufenhöhe in der mittleren Dauerfestigkeit ermitteln zu können.

Tabelle 2 — Erforderlicher Probenumfang

Zuverlässigkeit	3-stufige Prüfung	4-stufige Prüfung	5-stufige Prüfung
90 %	6	11	16
95 %	10	15	20

Die höchste Kraftstufe in der Treppenstufenprüfung darf nur Ausfälle enthalten.

Die niedrigste Kraftstufe in der Treppenstufenprüfung darf nur Durchläufer enthalten.

Dazwischenliegende Kraftstufen in der Treppenstufenprüfung dürfen Durchläufer und Ausfälle enthalten.

7.3.5 Bestimmung der Stufenhöhe

7.3.5.1 Anwendung der Überlebensprüfung mit Probit-Auswertung

Siehe Anhang A. Die Stufenhöhe ist nach A.5 zu bestimmen.

7.3.5.2 Anwendung des kombinierten Prüfverfahrens (CTM)

Siehe Anhang B. Die Stufenhöhe ist nach B.3.4.3 [siehe Gleichung (B.10)] zu bestimmen.

7.3.5.3 Anwendung des empirischen Verfahrens

Umfassende Prüfungen haben ergeben, dass verlässliche Ergebnisse erreicht werden, wenn die Stufenhöhe mit der Einheit Newton (N) nach Gleichung (5) oder (6) bestimmt wird:

$$\text{Für Einfach-Rollenketten } d \approx 14 p^{1,5} \quad (5)$$

$$\text{Für Mehrfach-Rollenketten } d \approx 0,7 \cdot n_S \cdot 14 \cdot p^{1,5} \quad (6)$$

Wobei n_S der Anzahl der Stränge entspricht und 2 oder größer sein muss.

ANMERKUNG Bei Anwendung des kombinierten Prüfverfahrens (CTM) ist die Stufenhöhe nach B 3.4.3 zu bestimmen. Für Flyerketten existiert keine anerkannte empirische Methode. Hier ist die Stufenhöhe nach Gleichung (7) zu bestimmen. Diese Formel dient lediglich zur Information und hilft eine ungefähre minimale dynamische Kraft abzuleiten.

$$d \approx f_L \cdot \frac{n_L}{4} \cdot 14 \cdot p^{1,5} \quad (7)$$

Mit

p als Kettenteilung in Millimetern (mm);

f_L als Laschenfaktor entsprechend Tabelle A.2 der ISO 4347;

n_L als Gesamtanzahl der Laschen in angrenzenden Kettengliedern, z.B. $n_L = 10$ für eine 4x6 Anordnung.

8 Auswertung der Treppenstufenprüfung

8.1 Daten

Die Erstellung der Daten zur Auswertung der Treppenstufenprüfung erfolgt nach Kapitel 7.3.

Ein zusätzlicher Datenpunkt am Ende der Treppenstufenprüfung kann nach den Regeln zur Durchführung einer Treppenstufenprüfung (siehe 7.3) erfolgen. Dieser zusätzliche Datenpunkt, auch „Phantompunkt“ genannt, ist in der Auswertung zu berücksichtigen.

8.2 Darstellung der Ergebnisse der Treppenstufenprüfung

Es ist üblich, die Ergebnisse im Verlauf der Treppenstufenprüfung tabellarisch zu erfassen und auszudrucken, um sicherzustellen, dass die Regeln zur Durchführung der Treppenstufenprüfung eingehalten werden. Tabelle 3 zeigt ein Beispiel für einen solchen Datenausdruck (3 Kraftstufen und 95 % Zuverlässigkeit).

Tabelle 3 — Datenausdruck Treppenstufenprüfung — Beispiel

Prüfkraft	Ungültige Prüfungen		Gültige Prüfungen									
$F_d + 2d$	x											
$F_d + d$		x						x		x		#
F_d			x		x		o		o		o	
$F_d - d$				o		o						
o Durchläufer x Ausfall # Phantompunkt												

8.3 Statistische Berechnungen

8.3.1 Gemittelte Dauerfestigkeit: Überlebenswahrscheinlichkeit 0,50

Die gemittelte Dauerfestigkeit wird mit Gleichung (8) berechnet.

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^n F_{d_i}}{n} \quad (8)$$

wobei n die Gesamtanzahl der gültigen Einzelprüfungen der Treppenstufenprüfung ist.

8.3.2 Standardabweichung

Die Standardabweichung der Daten aus der Treppenstufenprüfung wird mit Gleichung (9) berechnet.

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n F_{d_i}^2}{n} - F_b^2 \right]^{0,5} \quad (9)$$

8.3.3 Dauerfestigkeit: Überlebenswahrscheinlichkeit 0,99865

Die Dauerfestigkeit wird mit Gleichung (10) berechnet.

$$F_{dx} = F_b - 3S + d \quad (10)$$

9 Prüfbericht

9.1 Information über die geprüften Ketten

Der Prüfer informiert den Anwender über

- den Markennamen, andere Identifizierungsnamen oder die Signierung der geprüften Ketten
- die ISO- oder Herstellernummer sowie die Teilung der Kette und
- die Längen der geprüften Ketten in Anzahl der freien Glieder.

9.2 Prüfausstattung und Verfahren

9.2.1 Prüfausstattung

Der Prüfer informiert den Anwender über

- a) den Markennamen und den Typ der Prüfmaschine,
- b) die angegebene maximale Kapazität der Prüfmaschine,
- c) die Anzahl der Maschinen, falls mehr als eine verwendet wurden,
- d) die Methode zur Bestimmung und Überwachung der dynamischen Prüfkraft und
- e) die Methode zur Kalibrierung sowie das Datum der letzten Kalibrierung.

9.2.2 Prüfverfahren

Der Prüfer informiert den Anwender über

- a) die Art der Prüfung, Konformitäts- oder Treppenstufenprüfung,
- b) die Anzahl der Lastwechsel, die mindestens gefordert ist und
- c) alle Umgebungsbedingungen, die die Prüfergebnisse beeinflussen können.

9.3 Prüfergebnisse für die Konformitäts- und die Treppenstufenprüfung

Der Prüfer stellt dem Anwender eine Tabelle mit Prüfergebnissen folgenden Inhaltes zur Verfügung:

- a) Identifizierung der Prüflinge;
- b) die Prüfabfolge, die Reihenfolge, in der die Prüflinge getestet wurden;
- c) die maximale und minimale Prüfkraft für jede Prüfung;
- d) die Prüfkraft für jede Prüfung, korrigiert auf eine minimale Kraft gleich Null;
- e) die Prüffrequenz;
- f) die Anzahl der Belastungszyklen, bei der eine Prüfung abgebrochen wurde;
- g) der Grund für den Abbruch einer jeden Prüfung und, im Falle eines Ausfalls, das Kettenbauteil, welches ausgefallen ist;
- h) falls durchgeführt, eine kurze Zusammenfassung einer nachfolgenden Untersuchung; und
- i) die für jede Prüfung verwendete Prüfmaschine, falls mehr als eine Maschine eingesetzt wurde.

Außerdem informiert der Prüfer der Treppenstufenprüfung den Anwender über:

- die gemittelte Dauerfestigkeit, F_b und
- die minimale Dauerfestigkeit oder die Dauerfestigkeit.

Anhang A **(informativ)**

Überlebensprüfung mit verkürzter Probit-Auswertung

A.1 Kurzbeschreibung

Das Ziel dieser Prüfung ist die Bestimmung der mittleren Dauerfestigkeit und ihrer Standardabweichung. Die Überlebensprüfung mit verkürzter Probit-Auswertung kann auch verwendet werden, um die Stufenhöhe für spätere Treppenstufenprüfungen mit dem entsprechenden Kettentyp zu bestimmen.

A.2 Beschreibung

Die Überlebensprüfung ist ein Verfahren, bei dem die Kettenprüflinge mit unterschiedlichen Kraftstufen derart geprüft werden, dass die mittlere Kraftstufe ungefähr 50 % Ausfälle, die höchste Kraftstufe 90 % bis 95 % Ausfälle und die niedrigste Kraftstufe 5 % bis 10 % Ausfälle enthält.

Die Probit Auswertung wird verwendet, um die mittlere Dauerfestigkeit und Standardabweichung der geprüften Probenanzahl abzuschätzen. Für nachfolgende Treppenstufenprüfungen mit dem entsprechenden Kettentyp sollte der Wert für die Stufenhöhe 67 % bis 150 % der Standardabweichung betragen.

A.3 Prüfverfahren

A.3.1 Prüflinge

Es sind mindestens fünfzig und vorzugsweise hundert Prüflinge nach Abschnitt 6 aus einer Produktionscharge vorzuhalten.

Es sind zusätzliche Prüflinge für vorbereitende oder ungültige Prüfungen vorzusehen.

A.3.2 Mindestzyklenzahl

Die Mindestzyklenzahl beträgt 10^7 Belastungszyklen.

A.3.3 Kraftstufen

Für die Überlebensprüfung sind fünf Kraftstufen vorgesehen, eine mit 50 % Ausfällen unter der Mindestzyklenzahl (sehr nahe am Mittel), zwei Kraftstufen darüber und zwei darunter. Es können sich nur vier Kraftstufen ergeben, wenn die mittlere ungefähr mit der Mitte zweier Kraftstufen zusammenfällt.

Es ist sicherzustellen, dass das Intervall benachbarter Kraftstufen gleich groß ist.

Die mittlere Kraftstufe kann mit einer kurzen Treppenstufenprüfung (5 oder 6 Prüfungen) gewählt werden.

A.3.4 Prüfung

Die Prüflinge sind in den jeweiligen Bereich nach Tabelle A.1 oder Tabelle A.2 einzuordnen, um die Genauigkeit bei jeder Kraftstufe vergleichbar zu machen. Es sind mindestens fünf Prüflinge für jede Stufe und insgesamt fünfzig Prüflinge erforderlich, um eine ausreichende Genauigkeit zu gewährleisten.

Tabelle A.1 — Einordnung der Prüflinge für fünf Kraftstufen

Erwartete Durchläufer %	Relative Gruppengröße
25 bis 75	1,0
15 bis 20 oder 80 bis 85	1,5
10 oder 90	2,0
5 oder 95	3,0
2 oder 98	5,0

Tabelle A.2 — Einordnung der Prüflinge für vier Kraftstufen

Erwartete Durchläufer %	Relative Gruppengröße
20 bis 80	1,0
5 bis 10 oder 90 bis 95	2,5

Jeder Prüfling muss geprüft werden, bis er ausfällt oder die Mindestzyklenzahl erreicht.

- Zentrale Kraftstufe: Ungefähr 50 % Ausfälle.
- Höchste Kraftstufe: Mindestens ein Durchläufer.
- Niedrigste Kraftstufe: Mindestens ein Ausfall.

A.4 Auswerteverfahren

A.4.1 Allgemeines

Eine Probit-Auswertung ist ein komplexes Verfahren zur Berechnung einer optimierten Gerade durch die Prüfdatenpunkte. Unter der Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate wird jeder Prüfdatenpunkt hinsichtlich seines Abstandes zur optimierten Gerade gewichtet. Diese verkürzte Methode berechnet eine Regressionsgerade durch einen einzelnen Datenpunkt einer jeden Kraftstufe. Die verkürzte Methode hat sich als durchaus angemessen für die Zwecke dieser Internationalen Norm herausgestellt.

A.4.2 Verteilungen

Die Verteilung der Belastungszyklen (Anzahl der Belastungszyklen bis zum Ausfall) und die Verteilung der Kraft sind optisch an Hand einer Wahrscheinlichkeitsgrafik zu prüfen. Die Verteilung der Belastungszyklen bis zum Ausfall bei mittlerer Kraftstufe und bei allen höheren Kräften muss einer logarithmischen Normalverteilung und die Verteilung über die Kraftstufen einer Normalverteilung entsprechen.

Da die Probit-Auswertung von Normalverteilungen ausgeht, sollte die Auswertung unterbleiben, wenn die Verteilung offensichtlich nicht normal (oder logarithmisch normal) ist.

A.4.3 Standardabweichung

Die Standardabweichung S für die Daten der Überlebensprüfung, die der Steigung der Regressionsgeraden entspricht, kann mit der Gleichung (A.1) abgeschätzt werden.

$$S = \left| \frac{n_F \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{n_F \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \right| \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

n_F die Anzahl der Kraftstufen für die Prüfung;

X die Überlebensquote, in Standardnormal-Transformation Einheiten Z (siehe Bild A.1);

Y die Prüfkraft in Newton (N).

A.4.4 Mittlere Dauerfestigkeit

Die mittlere Dauerfestigkeit Y_0 für die Daten der Überlebensprüfung, die dem Y-Achsenabschnitt (bei einer Kraft mit 50 % Überlebensquote) entspricht, kann mit der Gleichung (A.2) abgeschätzt werden.

$$Y_0 = \frac{\Sigma Y + S \Sigma X}{n_F} \quad (\text{A.2})$$

A.5 Stufenhöhe

Der Wert für die Stufenhöhe einer nachfolgenden Treppenstufenprüfung sollte 67 % bis 150 % der Standardabweichung betragen. Die Stufenhöhe sollte ungefähr 100 % der Standardabweichung betragen.

A.6 Beispiel

Es wurde eine Überlebensprüfung mit Kettenprüflingen vom Typ 80 in sechs Kraftstufen durchgeführt. Alle Ausfälle ergaben sich bei der höchsten Kraftstufe und alle Durchläufer bei der niedrigsten Kraftstufe. Die Ergebnisse der übrigen vier Kraftstufen zeigt die Tabelle A.3.

Tabelle A.3 — Prüfergebnisse

Kraftstufe kN	n_L	Ausfälle	Durchläufer
19,45	25	23	2
17,60	10	6	4
15,75	10	4	6
13,90	25	1	24

Für die Auswertung der Daten einer Überlebensprüfung und vorbereitende Berechnungen wird normalerweise eine Tabelle verwendet. Tabelle A.4 wurde für dieses Beispiel erstellt.

Tabelle A.4 — Überlebensprüfung und Probit Auswertung

n_L	X	Überlebensquote %	Z	Kraft, F kN	X	Y	X^2	Y^2	(XY)
25	1	96,00	1,751	13,90	1,751	13,90	3,066 0	193,2	24,34
10	4	60,00	0,253	15,75	0,253	15,75	0,064 0	248,1	3,98
10	6	40,00	-0,253	17,60	-0,253	17,60	0,064 0	309,8	-4,45
25	23	8,00	-1,405	19,45	-1,405	19,45	1,974 0	378,3	-27,33
				Gesamt	0,346	66,70	5,168	1 129,3	-3,46

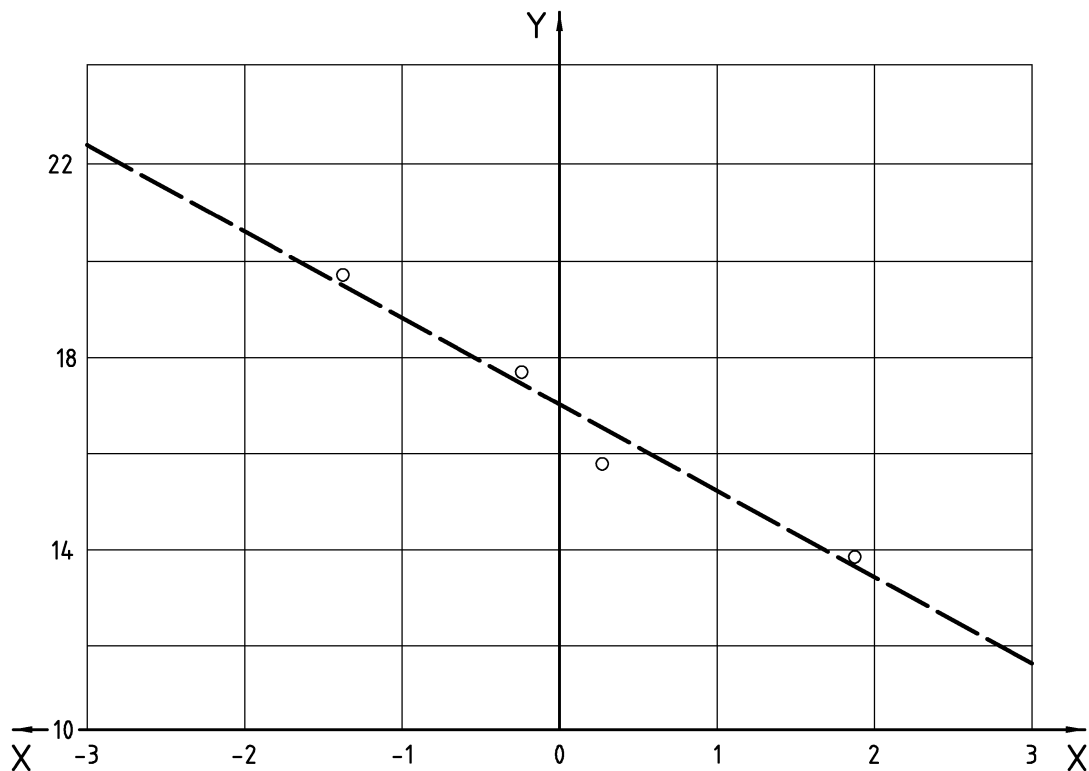
Mit diesen Daten ergibt sich die berechnete Standardabweichung zu

$$S = \left| \frac{4(-3,46) - (0,346 \times 66,70)}{4 \times 5,168 - 0,346^2} \right| = 1,796 \text{ kN} \quad (\text{A.3})$$

und die mittlere Dauerfestigkeit

$$Y_0 = \left| \frac{66,70 + (1,796 \times 0,346)}{4} \right| = 16,83 \text{ kN} \quad (\text{A.4})$$

Die Ergebnisse der Auswertung sind in Bild A.1 dargestellt.



Legende

X Überlebensquote, Standardnormal-Transformation Einheiten, Z

Y Kraft, F, kN

Bild A.1 — Probit-Auswertung

Anhang B (informativ)

Kombiniertes Prüfverfahren (CTM)

B.1 Ziel

Das Ziel dieser Prüfung ist die Bestimmung der Steigung der F - N Geraden und der Dauerfestigkeit für eine bestimmte Kette in einer einzigen Prüfserie. Die CTM kann auch dazu verwendet werden, um die Stufenhöhe für zukünftige Treppenstufenprüfungen mit dem entsprechenden Kettentyp zu bestimmen.

B.2 Beschreibung

Die Anzahl der Prüflinge für die CTM hängt von den verschiedenen Überlebenswahrscheinlichkeiten R der mittleren F - N Geraden ab. Hier werden das 14 F - N Prüfverfahren zur Bestimmung von $R = 90\%$ und die 24 F - N Prüfverfahren zur Bestimmung von $R = 95\%$ beschrieben. Das 14 F - N Prüfverfahren ist ein Verfahren mit acht Kettenprüfungen in vier Kraftstufen im Bereich der Zeitfestigkeit und fünf Prüflingen sowie einem Phantompunkt in der Treppenstufenprüfung. Das 24 F - N Prüfverfahren ist ein Verfahren mit vierzehn Prüflingen in vier Kraftstufen im Bereich der Zeitfestigkeit und neun Prüflingen sowie einem Phantompunkt in der Treppenstufenprüfung. Die mittlere F - N Gerade und die Standardabweichung der Ermüdungslebensdauer werden statistisch berechnet. In der Treppenstufenprüfung ermittelt man die Standardabweichung der Kraft aus der Standardabweichung der Ermüdungslebensdauer im Zeitfestigkeitsbereich, die der Stufenhöhe in der Treppenstufenprüfung entspricht.

B.3 Prüfverfahren

B.3.1 Prüflinge

In Übereinstimmung mit Abschnitt 6 sind mindestens 13 Prüflinge für das 14 F - N Prüfverfahren bzw. 23 Prüflinge für das 24 F - N Prüfverfahren vorzuhalten, wobei alle Prüflinge aus einer Fertigungscharge stammen müssen. Es sind zusätzliche Prüflinge für vorbereitende oder ungültige Prüfungen vorzusehen.

B.3.2 Mindestzyklenzahl

Die Mindestzyklenzahl für die Treppenstufenprüfung beträgt 10^7 Belastungszyklen. Sollte sie zwischen 3×10^6 und 10^7 Belastungszyklen angesetzt sein, können die Ergebnisse mit Hilfe des Verfahrens in Anhang G auf 10^7 Belastungszyklen extrapoliert werden.

B.3.3 Kraftstufen

Für die Prüfung im Zeitfestigkeitsbereich werden vier Kraftstufen (F_A , F_B , F_C und F_D) in Übereinstimmung mit B.3.4.1 festgelegt.

Für die Treppenstufenprüfung wird das erste Kraftniveau F_1 aus zwei Kraftstufen zuzüglich der Kraft, bei der die mittlere F - N -Gerade 10^6 Belastungszyklen schneidet, gebildet. Die weiteren Kraftstufen ergeben sich durch Abstufung mit der Stufenhöhe.

B.3.4 Prüfung

B.3.4.1 Vorbereitende Prüfungen

Ein Prüfling sollte zunächst bei der niedrigsten Kraftstufe (F_D) im Bereich der Zeitfestigkeit geprüft werden. Wenn die erreichte Anzahl an Belastungszyklen signifikant von 5×10^5 abweicht, ist eine weitere Prüfung mit einer angepassten Kraftstufe durchzuführen. Wenn dagegen die erreichte Anzahl an Belastungszyklen nahe bei 5×10^5 liegt, ist diese Kraftstufe als (F_D) festzulegen. Danach ist ein Prüfling mit der höchsten Kraftstufe (F_A) im Zeitfestigkeitsbereich zu prüfen, wobei diese Kraftstufe 60 % der Bruchkraft nach ISO 606, ISO 10190 oder ISO 4347 nicht überschreiten soll. Die anderen Kraftstufen werden mithilfe der Gleichungen (B.1) bis (B.3) berechnet.

$$\Delta = \frac{F_A - F_D}{3} \quad (B.1)$$

$$F_B = F_A - \Delta \quad (B.2)$$

$$F_C = F_A - 2\Delta \quad (B.3)$$

B.3.4.2 Prüfungen im Zeitfestigkeitsbereich

Bei dem 14 $F-N$ Prüfverfahren wird der Zeitfestigkeitsbereich durch Prüfungen mit zwei Prüflingen in jeder Kraftstufe vervollständigt. Bei der 24 $F-N$ Prüfmethode wird der Zeitfestigkeitsbereich durch insgesamt vier Prüfungen mit den Kraftstufen F_A und F_B und drei Prüfungen mit den Kraftstufen F_C und F_D vervollständigt. Die Gleichung der $F-N$ Geraden wird mithilfe der Gleichungen (B.4) bis (B.8) bestimmt. Die Berechnung der Standardabweichung der logarithmischen Lebensdauer erfolgt mit Gleichung (B.9), die Standardabweichung der Kraft mit Gleichung (B.10).

B.3.4.3 Treppenstufenprüfungen

Die Stufenhöhen im Treppenstufenversuch sollten der Standardabweichung der Kraft entsprechen, die mit Gleichung (B.10) berechnet wurde. In Übereinstimmung mit 7.3 sind für das 14 $F-N$ Prüfverfahren sechs Einzelprüfungen (5 gültige Prüfungen und Phantompunkt) und für das 24 $F-N$ Prüfverfahren zehn Einzelprüfungen (9 gültige Prüfungen und Phantompunkt) durchzuführen.

B.4 Auswerteverfahren

B.4.1 Bereich Zeitfestigkeit

Bei der CTM wird die Lebensdauer auf einer logarithmisch skalierten Achse und die Kraft auf einer linear skalierten Achse aufgetragen. Die $F-N$ Gerade, die Standardabweichung der logarithmischen Lebensdauer und die Standardabweichung der Kraft werden mithilfe der Gleichungen (B.4) bis (B.10) bestimmt.

Die Regressions-Gleichungen für die $F-N$ Gerade sind

$$\lg N = \hat{\alpha} + \hat{\beta} F_d \quad (B.4)$$

$$\hat{\alpha} = \overline{\lg N} - \hat{\beta} \overline{F_d} \quad (B.5)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} (F_{d_i} - \bar{F}_d)(\lg N_i - \overline{\lg N})}{\sum_{i=1}^{n_f} (F_{d_i} - \bar{F}_d)^2} \quad (\text{B.6})$$

$$\overline{\lg N} = \frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} \lg N_i \quad (\text{B.7})$$

$$\bar{F}_d = \frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} F_{d_i} \quad (\text{B.8})$$

wobei die Anzahl der Prüfungen $n_f = 8$ für das 14 $F-N$ Prüfverfahren und $n_f = 14$ für das 24 $F-N$ Prüfverfahren beträgt.

Die abgeschätzte Standardabweichung der logarithmischen Lebensdauer beträgt

$$\hat{\sigma}_{\lg N} = \sqrt{\frac{1}{n_f - 2} \sum_{i=1}^{n_f} [\lg N_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} F_{d_i})]^2} \quad (\text{B.9})$$

Die abgeschätzte Standardabweichung der Kraft beträgt

$$\hat{\sigma}_F = \frac{1}{|\hat{\beta}|} \hat{\sigma}_{\lg N} \quad (\text{B.10})$$

B.4.2 Bereich Treppenstufenprüfung

Die abgeschätzte gemittelte Dauerfestigkeit F_b beträgt

$$F_b = \frac{1}{n_s} \sum_{j=1}^{n_s} F_{d_j} \quad (\text{B.11})$$

mit n_s als Anzahl der Prüfungen, wobei $n_s = 6$ für das 14 $F-N$ Prüfverfahren und $n_s = 10$ für das 24 $F-N$ Prüfverfahren.

Die Standardabweichung der Dauerfestigkeit wird nach Gleichung (7) (siehe 8.3.2) ermittelt.

B.5 $R-F-N$ Kurve

Die mittlere $R-F-N$ Kurve für $R = 50$ % Überlebenswahrscheinlichkeit ist im Zeitfestigkeitsbereich durch Gleichung (B.4) und im Dauerfestigkeitsbereich (Treppenstufenprüfung) durch Gleichung (B.11) definiert.

Mit den Daten der 14 $F-N$ Prüfverfahren wird die $R-F-N$ Kurve für $R = 90$ % Überlebenswahrscheinlichkeit im Zeitfestigkeitsbereich durch Gleichung (B.12) und im Dauerfestigkeitsbereich (Treppenstufenprüfung) durch Gleichung (B.13) definiert. Der Wert für q beträgt 1,28.

Mit den Daten der 24 $F-N$ Prüfverfahren wird die $R-F-N$ Kurve für $R = 95$ % Überlebenswahrscheinlichkeit im Zeitfestigkeitsbereich durch Gleichung (B.12) und im Dauerfestigkeitsbereich (Treppenstufenprüfung) durch Gleichung (B.13) definiert. Der Wert für q beträgt 1,64.

In beiden Fällen kann mithilfe des Verfahrens aus Anhang G die Dauerfestigkeit auf 10^7 Belastungszyklen extrapoliert werden. Dieser Punkt ist mit dem der Mindestzyklenzahl zu verbinden und bis zu der Linie der Zeitfestigkeit zu verlängern.

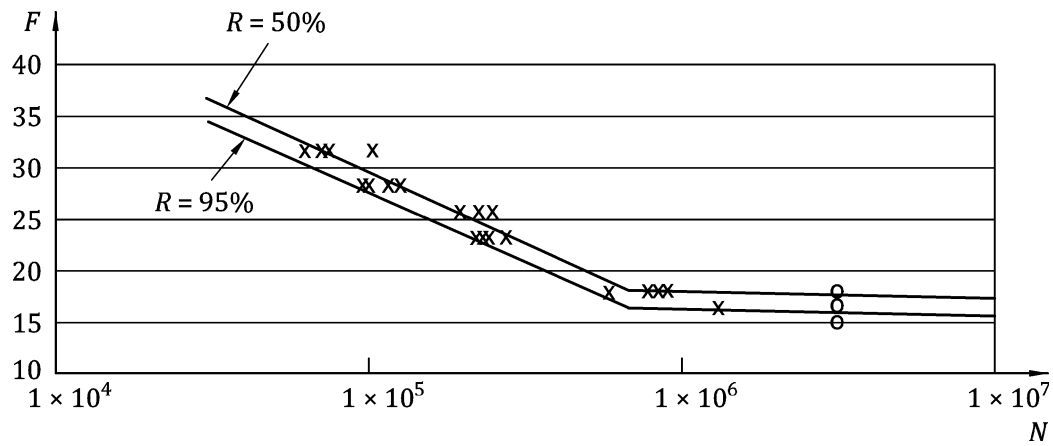
$$\lg N = \hat{\alpha} + \hat{\beta} F_d - q \hat{\sigma}_{\lg N} \quad (\text{B.12})$$

$$F_{0,90} \text{ oder }_{0,95} = F_b - \frac{q}{|\hat{\beta}|} \hat{\sigma}_{\lg N} \quad (\text{B.13})$$

B.6 Prüfbericht und Grafik

Bericht zur Dauerschwingprüfung									
Bericht Nr.: <u>1001</u>			Seite <u>1</u> von <u>2</u>			Erstelldatum: <u>2011-06-10</u>			
Kette:									
Hersteller: ABC Ketten		Nummer: 80		Teilung: 25,4 mm		Länge Prüfling: 5 Glieder, IGL		Sonstiges: Minimale dynamische Festigkeit	
Mechanische Eigenschaften: Nicht berücksichtigt									
Prüfung:									
Typ: Kombiniert (24 F-N)		Anforderung: 3×10^6 Zyklen		Temperatur: etwa 20 °C		Sonstiges: Mäßige Luftfeuchte			
Prüfmaschine:									
Hersteller: XYZ		Typ: Servohydraulisch		Maschine: 1		Kalibrierung: 2011-05-20		Kraftmessung und -überwachung: Periodisch, DMS	
Datum	Test Nr.	Frequenz Hz	$F_{\max}$ kN	$F_{\min}$ kN	F_t kN	Zyklen, N	Ausfall	Bemerkungen	
11-06-05	001	13	33,3	1,80	32,55	7,055E4	IL		
11-06-05	002	13	24,9	1,80	23,87	2,381E5	IL		
11-06-05	003	13	30,5	1,80	29,66	1,104E5	IL		
11-06-06	004	13	30,5	1,80	29,66	8,980E4	IL		
11-06-06	005	13	24,9	1,80	23,87	2,510E5	IL		
11-06-06	006	13	27,7	1,80	26,77	2,236E5	IL		
11-06-07	007	13	33,3	1,80	32,55	9,895E4	IL		
11-06-07	008	13	24,9	1,80	23,87	2,885E5	IL		
11-06-08	009	13	33,3	1,80	32,55	6,891E4	IL		
11-06-08	010	13	33,3	1,80	32,55	6,036E4	IL		
11-06-08	011	13	30,5	1,80	29,66	9,309E4	IL		
11-06-09	012	13	30,5	1,80	29,66	1,242E5	IL		
11-06-09	013	13	27,7	1,80	26,77	1,905E5	IL		
11-06-09	014	13	27,7	1,80	26,77	2,379E5	IL		
Ergebnisse und Schlussfolgerungen: $\alpha = 7,07$ $\beta = -0,07$ $\sigma_{\lg N} = 0,081$ $\sigma_F (s) = 1,188$ Die Ergebnisse der Treppenstufenprüfung enthält die beigefügte Grafik [siehe Bild B.1].									
Unterschrift: _____									

Bericht zur Dauerschwingprüfung																				
Bericht Nr.: <u>1001</u>			Seite <u>2</u> von <u>2</u>			Erstelldatum: <u>2011-06-22</u>														
Kette:																				
Hersteller: ABC Ketten	Nummer: 80	Teilung: 25,4 mm	Länge Prüfling: 5 Glieder, IGL	Sonstiges:	Minimale dynamische Festigkeit															
Mechanische Eigenschaften: Nicht berücksichtigt																				
Prüfung:																				
Typ: Kombiniert (24 F-N)	Anforderung: 3 × 10 ⁶ Zyklen	Temperatur: etwa 20 °C			Sonstiges: Mäßige Luftfeuchte															
Prüfmaschine:																				
Hersteller: XYZ		Typ: Servohydraulisch		Maschine: 1	Kalibrierung: 2011-05-20		Kraftmessung und -überwachung: Periodisch, DMS													
Datum	Prüfung Nr.	Frequenz Hz	F _{max} kN	F _{min} kN	F _t kN	Zyklen, N	Ausfall	Bemerkungen												
11-06-12	015	13	19,6	1,80	18,40	8,471E5	IL													
11-06-12	016	13	18,4	1,80	17,16	3,000E6	KF													
11-06-13	017	13	19,6	1,80	18,40	5,581E5	IL													
11-06-13	018	13	18,4	1,80	17,16	1,240E6	IL													
11-06-16	019	13	17,2	1,80	15,92	3,000E6	KF													
11-06-19	020	13	18,4	1,80	17,16	3,000E6	KF													
11-06-19	021	13	19,6	1,80	18,40	8,124E5	IL													
11-06-20	022	13	18,4	1,80	17,16	3,000E6	KF													
11-06-21	023	13	19,6	1,80	18,40	3,000E6	KF													
	024		20,8	1,80	19,64			Phantompunkt												
Ergebnisse und Schlussfolgerungen: F_d Treppenstufen <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">19,64</td><td style="width: 30%;">#</td><td style="width: 30%;">#</td></tr> <tr><td>18,40 x x</td><td>x o</td><td>xxxo</td></tr> <tr><td>17,16 o x o o</td><td></td><td>oxoo</td></tr> <tr><td>15,92 o</td><td></td><td>o</td></tr> </table> Histogramm $F_b = 17,78 \text{ kN}$ $\sigma_F = 1,000 \text{ kN}$ $F_{0,95} = 16,02 \text{ kN}$ (für 3 × 10⁶ Zyklen) $F_{0,95} = 15,35 \text{ kN}$ (für 10⁷ Zyklen) Die Ergebnisse der Treppenstufenprüfung enthält die beigefügte Grafik [siehe Bild B.1].									19,64	#	#	18,40 x x	x o	xxxo	17,16 o x o o		oxoo	15,92 o		o
19,64	#	#																		
18,40 x x	x o	xxxo																		
17,16 o x o o		oxoo																		
15,92 o		o																		
Unterschrift: <u>John Smith</u>																				



Legende

F Kraft, kN

N Anzahl kombinierter Belastungszyklen bis zum Ausfall

R Überlebenswahrscheinlichkeit

ANMERKUNG Darstellung ist nicht maßstäblich

Bild B.1 — Beispiel für ein CTM Prüfergebnis

Anhang C (informativ)

Rechtfertigung für das Hinzufügen einer Stufe zur Dauerfestigkeit in der Auswertung der Treppenstufenprüfung

C.1 Einleitung

Die Auswertung der Treppenstufenprüfung in dieser Internationalen Norm berücksichtigt alle Prüfergebnisse, sowohl Ausfälle als auch Durchläufer. Die berechnete minimale Dauerfestigkeit ($F_b - 3S$) ist immer kleiner als die kleinste Prüfkraft. Per Definition müssen alle Prüfergebnisse bei der geringsten Prüfkraft Durchläufer sein. Folglich muss die minimale Dauerfestigkeit mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,135 % immer größer sein als die geringste Prüfkraft.

C.2 Auswertung

Die Treppenstufenprüfung mit 50 bis 75 Einzelprüfungen ist so konzipiert, dass Treppenstufenversuche mit je 10 Einzelprüfungen kombiniert werden. Gemittelte Werte und Standardabweichungen werden für alle Prüfungen und Ausfälle nur in der jeweiligen Treppenstufe berechnet. Berechnungen für die Ketten 50, 80, und 120 sind in den Tabellen C.1 bis C.4 dargestellt. Die Grafik für eine 4-stufige Treppenstufenprüfung mit einer Kette 80 ist in Bild C.1 dargestellt.

Tabelle C.1 — Auswertung einer Kette 50, Daten einer 4-stufigen Treppenstufenprüfung

Kraft (N)	x	o	n = 75	d = 925		
8 810	7	0		Auswertung aller Datenpunkte:		
7 885	21	8		$F_b = 7\,393$	$S = 747$	$F_b - 3 S = 5\,152$
6 960	8	23		Auswertung der Ausfälle:		
6 035	0	8		$F_b = 7\,860$	$S = 596$	$F_b - 3 S = 6\,072$
Gesamt	36	39		1,232 S = 0,995 d = Differenz = 920		

Tabelle C.2 — Auswertung einer Kette 80, Daten einer 4-stufigen Treppenstufenprüfung

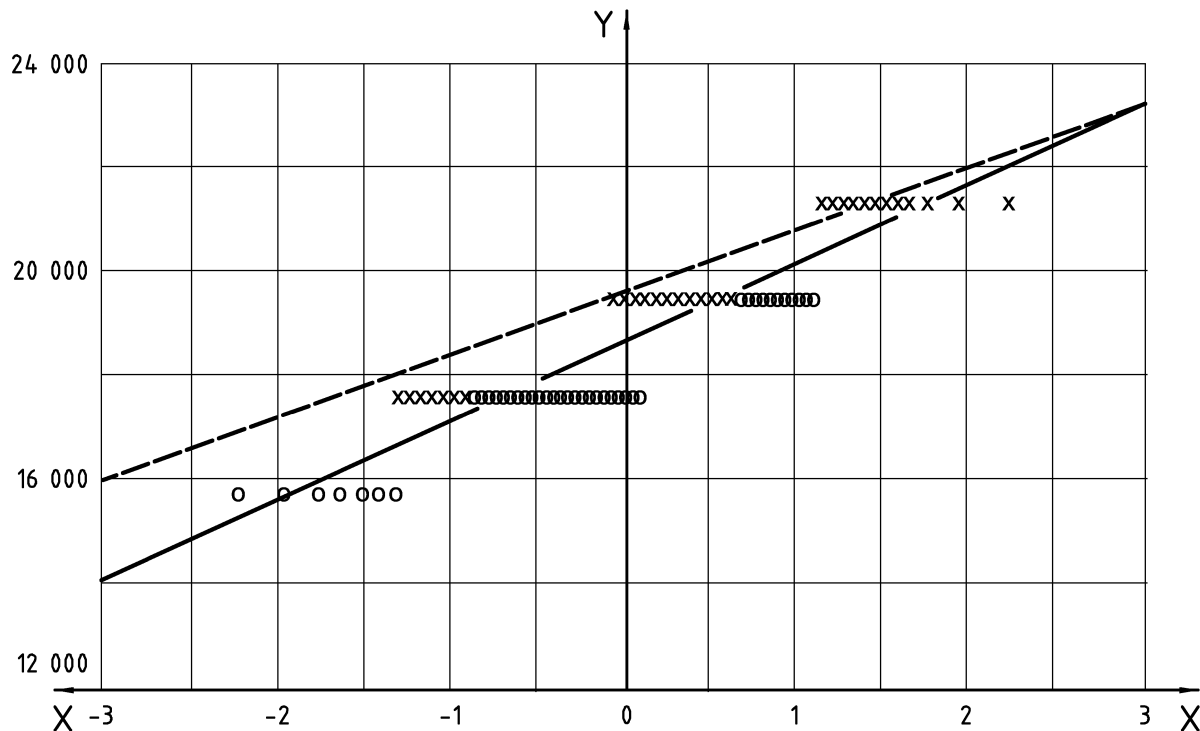
Kraft (N)	x	o	n = 75	d = 1 855		
21 315	9	0		Auswertung aller Datenpunkte:		
19 460	21	9		$F_b = 18\,620$	$S = 1\,521$	$F_b - 3 S = 14\,057$
17 605	7	22		Auswertung der Ausfälle:		
15 750	0	7		$F_b = 19\,563$	$S = 1\,214$	$F_b - 3 S = 15\,921$
Gesamt	37	38		1,226 S = 1,005 d = Differenz = 1 864		

Tabelle C.3 — Auswertung einer Kette 80, Daten einer 3-stufigen Treppenstufenprüfung

Kraft (N)	x	o	n = 50	d = 1 855	
21 315	9	0		Auswertung aller Datenpunkte:	
19 460	16	9		$F_b = 19\,203$	$S = 1\,286$ $F_b - 3 S = 15\,345$
17 605	0	16		Auswertung der Ausfälle:	
Gesamt	25	25		$F_b = 20\,128$	$S = 890$ $F_b - 3 S = 17\,458$
				1,643 S = 1,139 d = Differenz = 2 113	

Tabelle C.4 — Auswertung einer Kette 120, Daten einer 5-stufigen Treppenstufenprüfung

Kraft (N)	x	o	n = 75	d = 3 240	
39 350	5	0		Auswertung aller Datenpunkte:	
36 110	14	5		$F_b = 32\,610$	$S = 3\,540$ $F_b - 3 S = 21\,990$
32 870	11	13		Auswertung der Ausfälle:	
29 630	9	10		$F_b = 34\,113$	$S = 3\,167$ $F_b - 3 S = 24\,612$
26 390	0	8		0,741 S = 0,809 d = Differenz = 2 622	
Gesamt	39	36			



Legende

- X Ausfallwahrscheinlichkeit, Standardnormal-Transformation Einheiten, Z
- Y Kraft, F , N
- o Durchläufer
- x Ausfälle
- Verteilung, alle Daten
- Verteilung, nur Ausfälle

Bild C.1 — Auswertung der Dauerfestigkeit Kette 80

Die Auswertungen der 4-stufigen Treppenstufenprüfungen für die Ketten 50 und 80 zeigen, dass die berechneten Minima für Ausfälle 0,99 bzw. 1,00 Stufenhöhen sowie 1,23 bzw. 1,22 Standardabweichungen über den berechneten Minima für alle Prüfungen liegen. Die Auswertung der 3-stufigen Treppenstufenprüfung für die Kette 80 zeigt, dass das berechnete Minimum für die Ausfälle 1,14 Stufenhöhen sowie 1,64 Standardabweichungen über dem berechneten Minimum für alle Prüfungen liegt. Die Auswertung der 5-stufigen Treppenstufenprüfung zeigt, dass das berechnete Minimum für Ausfälle 0,81 Stufenhöhen sowie 0,74 Standardabweichungen über dem berechneten Minimum aller Prüfungen liegt.

C.3 Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen können aus den vorangegangenen Ausführungen gezogen werden.

- a) Die Dauerfestigkeit für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 99,865 % (Ausfallwahrscheinlichkeit 0,135 %), liegt eine Stufe über dem Minimum der aus allen Prüfungen berechneten Dauerfestigkeit.
- b) Die Auswertungen der 3- und 4-stufigen Treppenstufenprüfungen bestätigen die Schlussfolgerungen aus Unterpunkt a).
- c) Die Auswertung der 5-stufigen Treppenstufenprüfung bestätigt die Schlussfolgerung unter Punkt a) nicht sonderlich gut, wahrscheinlich aufgrund der großen Varianz.
- d) Die Dauerfestigkeit für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 99,865 % (Ausfallwahrscheinlichkeit 0,135 %), liegt eine Stufe über dem Minimum der aus allen Prüfungen berechneten Dauerfestigkeit, wenn die Standardabweichung der Stufenhöhe entspricht.

Anhang D
(informativ)

Hinzufügen eines zusätzlichen „Phantompunktes“ am Ende der Treppenstufenprüfung

Die Regeln zur Auswahl der dritten und nachfolgenden Kraftstufen in der Treppenstufenprüfung erfordern, dass nach einem Durchläufer die nächste Prüfung mit einer um eine Stufe höheren Kraft und nach einem Ausfall die nächste Prüfung mit einer um eine Stufe niedrigeren Kraft erfolgen muss. Dies erlaubt die Bestimmung der Kraftstufe, die nach der letzten durchgeführten Prüfung gewählt werden müsste. Folglich kann nach der letzten Einzelprüfung ein Datenpunkt zu der Serie der Treppenstufenprüfungen hinzugefügt werden, auch wenn die Prüfung tatsächlich nicht erfolgt ist.

Zur Vorgehensweise: Wenn das letzte Prüfergebnis ein Durchläufer war, ist ein Phantompunkt bei der nächst höheren Kraftstufe hinzuzufügen. Wenn das letzte Prüfergebnis ein Ausfall war, ist ein Phantompunkt bei der nächst geringeren Kraftstufe hinzuzufügen.

Es entzieht sich der Kenntnis, ob die Phantomprüfung ein Durchläufer oder ein Ausfall sein würde, so dass nur ein einziger Phantompunkt nach der letzten durchgeführten Prüfung bestimmt werden kann.

Anhang E (informativ)

Berichte für Dauerschwingprüfungen

E.1 Allgemeine Hinweise

In diesem Anhang werden Möglichkeiten zur Darstellung der Ergebnisse von Dauerschwingprüfungen mit Rollenketten und Flyerketten in Form von Tabellen und Grafiken aufgezeigt. Es werden Beispiele für Prüfberichte gezeigt und erklärt sowie Beispiele für grafische Methoden der Darstellung von Prüfergebnissen gegeben

E.2 Darstellung von Ergebnissen in Tabellenform

Dieser Absatz zeigt eine Formatvorlage (siehe auch Anhänge B, E und H) zur Darstellung der benötigten Daten aus 9.1, 9.2 und 9.3 und liefert eine kurze Beschreibung jeder Information, die in das entsprechende Feld des Prüfberichtes eingefügt werden kann. Diese Felder sind hier nummeriert, nicht nummerierte Felder bedürfen keiner Erklärung.