

DIN ISO 15654

ICS 21.220.30

Ersatz für
DIN ISO 15654:2011-10**Verfahren zur Dauerschwingprüfung von Präzisions-Rollenketten und Flyerketten (ISO 15654:2015)**

Fatigue test method for transmission precision roller chains and leaf chains (ISO 15654:2015)

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

Gesamtumfang 55 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	10
5.1 Prüfmaschine	10
5.2 Prüfaufnahmen.....	11
6 Proben	11
7 Prüfverfahren	11
7.1 Prüfkraft	11
7.1.1 Minimale Prüfkraft	11
7.1.2 Maximale Prüfkraft.....	11
7.1.3 Prüfkraft	12
7.1.4 Krafteinwirkung	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 Standardabweichungen	16
8.3.3 Dauerfestigkeit: Überlebenswahrscheinlichkeit 0,998 65	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 Proben	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 Proben	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 <i>R-F-N</i> -Kurve.....	24
B.6 Prüfbericht und Grafik.....	25
Anhang C (informativ) Rechtfertigung für das Hinzufügen einer Stufe zur Dauerfestigkeit in der Auswertung der Treppenstufenprüfung.....	28
C.1 Allgemeines	28
C.2 Auswertung.....	28
C.3 Schlussfolgerungen.....	30
Anhang D (informativ) Hinzufügen eines zusätzlichen „Phantompunktes“ am Ende der Treppenstufenprüfung.....	31
Anhang E (informativ) Berichte für Dauerschwingprüfungen	32
E.1 Allgemeines	32
E.2 Darstellung von Ergebnissen in Tabellenform.....	32
E.3 Vorschlag zur grafischen Form der Darstellung	34
E.3.1 Allgemeines	34
E.3.2 Arten der grafischen Darstellung.....	34
E.3.3 <i>F</i> -Log <i>N</i> Grafik.....	35
E.3.4 Log <i>F</i> -Log <i>N</i> Grafik	35
E.4 Beispiele für Prüfberichte.....	35
Anhang F (informativ) Festlegung zur Einschätzung des Dauerschwingverhaltens von Ketten in der Anwendung.....	39
F.1 Geltungsbereich und Allgemeines.....	39
F.2 Verfahren	39
F.2.1 Kettenlänge.....	39
F.2.2 Probenumfang.....	42
F.2.3 Repräsentativität der Proben	42
F.3 Andere Faktoren.....	42
F.3.1 Statistische Grenzen.....	42

F.3.2	Ermüdungslebensdauer	43
F.3.3	Verschleiß	43
F.3.4	Nicht identifizierte Faktoren.....	43
F.4	Probenberechnung	43
Anhang G (informativ) Extrapolation der Dauerfestigkeit von 3×10^6 auf 10^7		
	Belastungszyklen.....	45
G.1	Allgemeines	45
G.2	Prüfungsdaten	45
G.3	Konstruierte Treppenstufen	45
G.3.1	Phantompunkte.....	45
G.3.2	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 10^7 Belastungszyklen.....	45
G.3.3	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 5×10^6 Belastungszyklen.....	46
G.3.4	Konstruierte Treppenstufen mit einer Anforderung von 3×10^6 Belastungszyklen.....	46
G.3.5	Beispiel für Treppenstufen und Histogramme	46
G.4	Auswertung der Treppenstufen	46
G.4.1	Gemittelte Dauerfestigkeiten.....	46
G.4.2	Unterschiede	46
G.4.3	Treppenstufenprüfungen von einer Kette 80	47
G.4.4	Histogramme von Treppenstufenprüfungen für eine Kette 80.....	48
Anhang H (informativ) Prüfungen im Zeitfestigkeitsbereich und Auswertung der Daten		
H.1	Allgemeines	49
H.2	Prüfverfahren	49
H.2.1	Proben	49
H.2.2	Knickpunkt	49
H.2.3	Kraftstufen	49
H.2.4	Anzahl der Prüfungen	49
H.3	Auswertung der Daten.....	50
H.3.1	Daten	50
H.3.2	Statistische Verteilungen.....	50
H.3.3	Bestimmung der Kraft-Lebensdauer($F-N$)-Geraden	50
H.4	Prüfergebnisse.....	52
Literaturhinweise.....		55

Nationales Vorwort

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden 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 waren an der Erarbeitung beteiligt.

Die Internationale Norm ISO 15654 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 100 „Chains and chain sprockets 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.

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.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 15654: 2011-10
DIN ISO 15654: 2017-01

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 Beispiele für Prüfberichte

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 Treppenstufenprüfungen

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

Bericht zur Dauerschwingprüfung																																
Bericht Nr.:		1002		Seite 1 von 1		Erstelldatum: 2011-09-30																										
Kette:																																
Hersteller: BCD Kette	Nummer: 80	Teilung: 25,4 mm	Probenlänge: 13 Glieder, IGL	Sonstiges:	Minimale dynamische Festigkeit:																											
Mechanische Eigenschaften: Nicht berücksichtigt																																
Prüfung:																																
Typ: Treppenstufe	Anforderung: 10 ⁷ Zyklen	Temperatur: Etwa 20 °C			Sonstiges: Mäßige Luftfeuchte																											
Prüfmaschine:																																
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 Histogramm																																
<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> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 15%;">F_b</td> <td style="width: 10%;">= 15,94 kN</td> </tr> <tr> <td>15,75</td> <td>x</td> <td>o</td> <td>x</td> <td>o</td> <td>o</td> <td>S</td> <td>= 1,294 kN</td> </tr> <tr> <td>13,90</td> <td>o</td> <td></td> <td>o</td> <td></td> <td>oo</td> <td>$F_{dx,0,99865}$</td> <td>= $F_b - 3S + d = 13,90$</td> </tr> </table>									17,60	x	x	#	xx#		F_b	= 15,94 kN	15,75	x	o	x	o	o	S	= 1,294 kN	13,90	o		o		oo	$F_{dx,0,99865}$	= $F_b - 3S + d = 13,90$
17,60	x	x	#	xx#		F_b	= 15,94 kN																									
15,75	x	o	x	o	o	S	= 1,294 kN																									
13,90	o		o		oo	$F_{dx,0,99865}$	= $F_b - 3S + d = 13,90$																									
kN																																
Die Ergebnisse dieser Treppenstufenprüfung sind in der beigefügten Grafik [siehe Bild E.1] dargestellt.																																
Unterschrift: <u>Max Mustermann</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 conveyors*.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 15654:2004), die technisch überarbeitet wurde.

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*

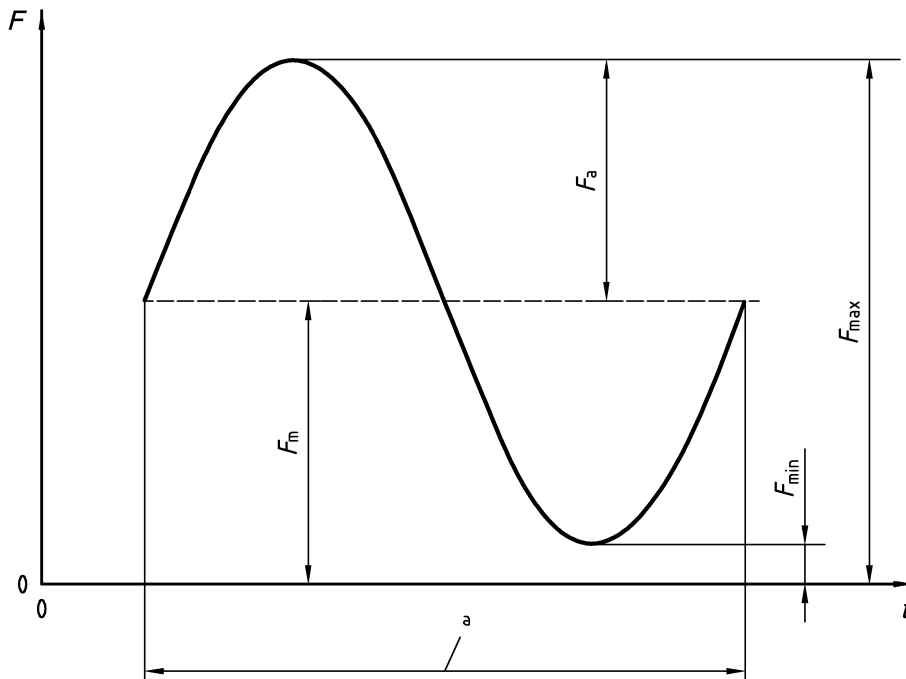
ISO 4347:2015, *Leaf chains, clevises and sheaves — Dimensions, measuring forces, tensile strengths and dynamic strengths*

ISO 10190, *Motorcycle 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	Mittlere Dauerfestigkeit – Prüfkraft, korrigiert auf eine minimale Kraft gleich Null, bei der eine berechnete Ausfallwahrscheinlichkeit von 50% im Belastungszyklus besteht. [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, ISO 10190 oder ISO 4347	N
N	Anzahl der Belastungszyklen bei einer gegebenen Wechselkraft, die zu einer bestimmten Prüfzeit auf die Kettenprobe einwirkt.	—
N_e	Mindestzyklenzahl — vorbestimmte Anzahl an Belastungszyklen, bei der eine Prüfung ohne Ausfall der Kettenprobe 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 mit sinusförmiger Zugkraft in axialer Richtung auf die Proben einwirken kann.

Die Prüffrequenz ist so zu wählen, dass der Temperaturanstieg nicht zu einer Schädigung der Probe 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 der Probe 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 der Probe 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 Proben 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 muss die Bohrung der Prüfaufnahme dem Innendurchmesser der Buchse der zu prüfenden Kette entsprechen. Für Flyerketten muss die Bohrung der Prüfaufnahme dem Bohrungsdurchmesser d_1 des Anschlussstückes in Tabelle 3 und 4 der ISO 4347:2015 entsprechen.

ANMERKUNG Alle dargestellten Proben 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 Proben

6.1 Proben für die Dauerschwingprüfung müssen mindestens aus fünf freien Kettengliedern bestehen. Für Ketten mit Teilungen über 50,8 mm sind Proben 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 Proben müssen ungebraucht, unbeschädigt und in allen vorgesehenen Herstellungsprozessen fertiggestellt sein. Es kann ein beliebiges Produkt zur Schmierung der Kette verwendet werden.

7 Prüfverfahren

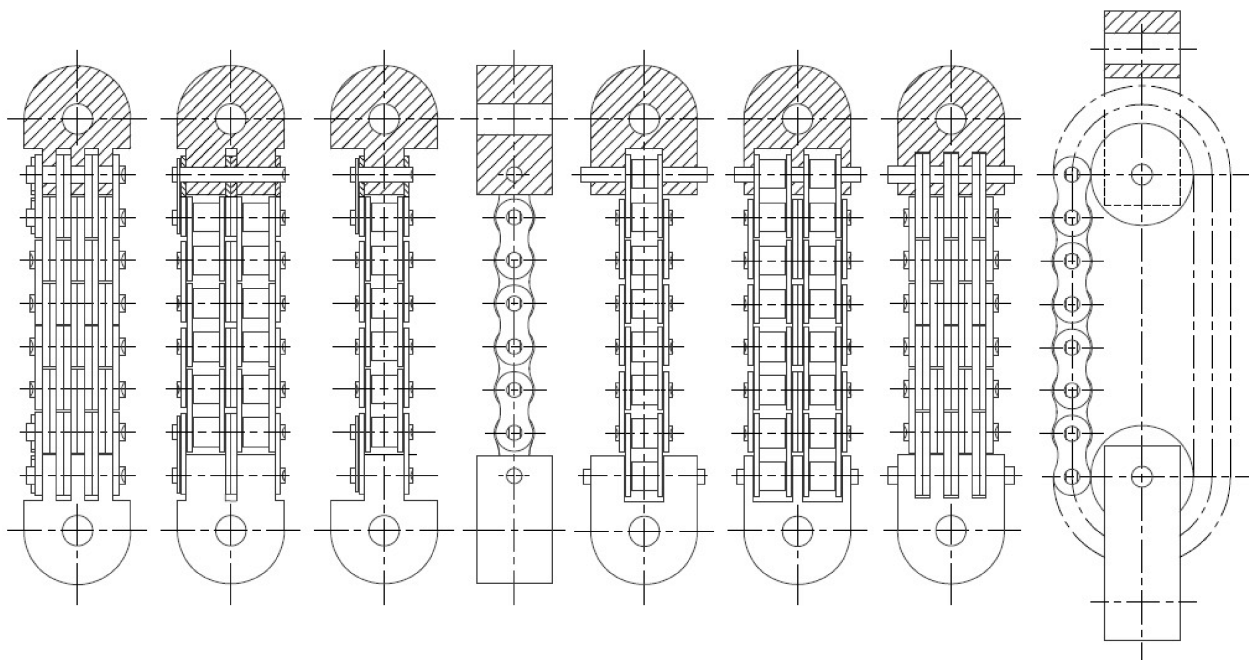
7.1 Prüfkräfte

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.

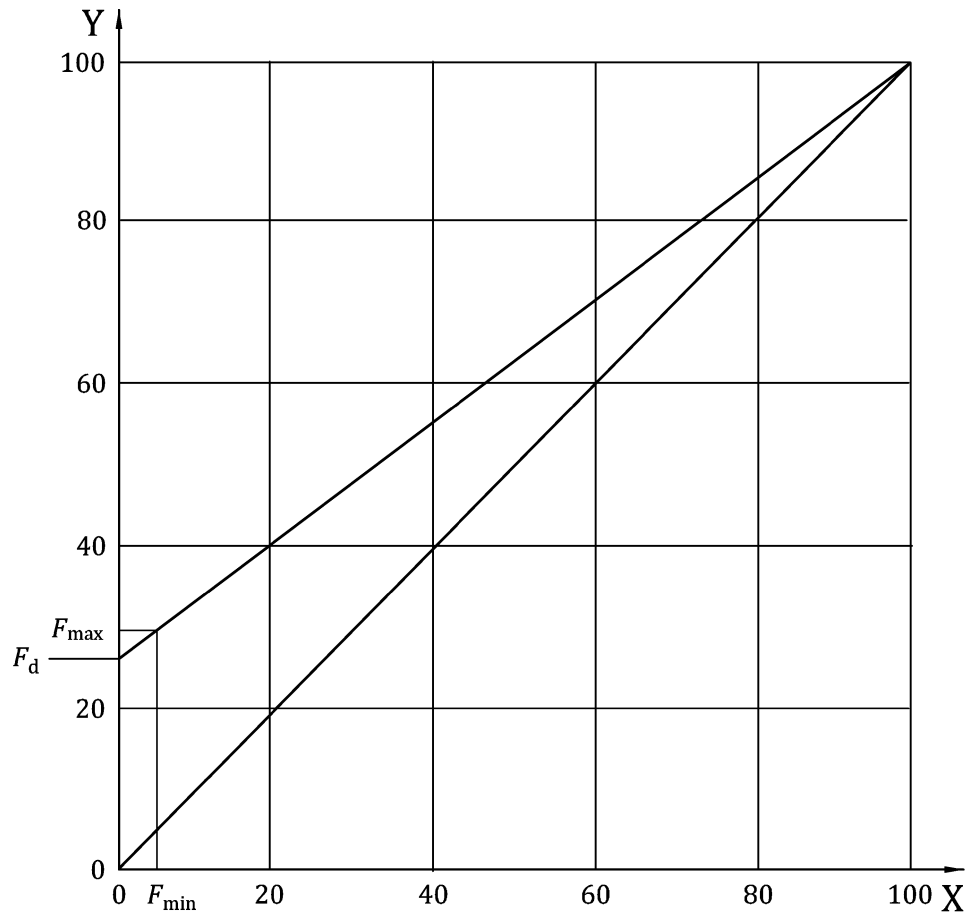
Bild 2 — Beispiele Proben, die in Universalaufnahmen montiert sind

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 $F_d = 0,263 2 \times F_u$ 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 Krafteinwirkung

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 der Probe 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 Proben getestet.

7.2.6 Annahmekriterium

Alle Proben müssen die Mindestzyklenzahl ohne Ausfall überstehen.

7.3 Treppenstufenprüfung

7.3.1 Ziel

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

7.3.2 Beschreibung

Zur Zweckerfüllung dieser Internationalen Norm werden in der Treppenstufenprüfung Proben nacheinander unter bestimmten Kraftstufen gleicher Stufenhöhe geprüft. Die erste Probe wird bei einer Kraftstufe knapp oberhalb der abgeschätzten gemittelten Dauerfestigkeit der Kette geprüft. Wenn die erste Probe die Mindestzyklenzahl erreicht (Durchläufer), wird die nächste Probe bei der nächst höheren festgelegten Kraftstufe geprüft. Wenn die Probe unterhalb der Mindestzyklenzahl ausfällt, wird die nächste Probe 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 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:

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

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

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

ANMERKUNG Bei Anwendung des kombinierten Prüfverfahrens (CTM) sollte die Stufenhöhe nach B.3.4.3 bestimmt werden. 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 4347:2015;

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 Prüfungen der Treppenstufenprüfung ist.

8.3.2 Standardabweichungen

Die Standardabweichungen der Daten aus der Treppenstufenprüfung wurden 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 0,998 65

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 muss den Anwender informieren über

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

9.2 Prüfausstattung und Verfahren

9.2.1 Prüfausstattung

Der Prüfer muss den Anwender informieren 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 wurde;
- 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 muss den Anwender informieren über

- a) die Art der Prüfung, Konformitäts- oder Treppenstufenprüfung;
- b) die Anzahl der Belastungszyklen und
- c) alle Umgebungsbedingungen, die die Prüfergebnisse beeinflussen können.

9.3 Prüfergebnisse für die Konformitäts- und die Treppenstufenprüfung

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

- a) Identifizierung der Proben;
- b) die Prüfabfolge, die Reihenfolge, in der die Proben 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.