

DIN EN 6072

ICS 49.025.05; 49.025.15

**Luft- und Raumfahrt –
Metallische Werkstoffe –
Prüfverfahren - Ermüdungstest mit konstanter Amplitude;
Deutsche und Englische Fassung EN 6072:2010**

Aerospace series –
Metallic materials –
Test methods - Constant amplitude fatigue testing;
German and English version EN 6072:2010

Série aérospatiale –
Matériaux métalliques –
Méthodes d'essai - Essai de fatigue à amplitude constante;
Version allemande et anglaise EN 6072:2010

Gesamtumfang 68 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Die vorliegende Norm EN 6072:2010 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Metallische Werkstoffe, unter Mitwirkung deutscher Experten des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitssausschuss NA 131-01-01 AA „Stähle“ DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser EN-Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Metallische Werkstoffe —
Prüfverfahren —
Ermüdungstest mit konstanter Amplitude

Aerospace series —
Metallic materials —
Test methods —
Constant amplitude fatigue testing

Série aérospatiale —
Matériaux métalliques —
Méthodes d'essai —
Essai de fatigue à amplitude constante

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. Dezember 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Kurzbeschreibung des Verfahrens	5
5 Prüfgerät	5
6 Probekörper	5
7 Durchführung	6
8 Analyse der Prüfergebnisse	7
9 Prüfbericht	7
Anhang A (normativ) Ermüdung in Axialrichtung — Zylindrischer Probekörper	13
Anhang B (normativ) Ermüdung in Axialrichtung — Flacher Probekörper ($K_t = 1,0$)	17
Anhang C (normative) Ermüdung in Axialrichtung — Flacher Probekörper vom „Typ T“ und „Typ T min.“ ($K_t = 2,3$)	18
Anhang D (normativ) Biegeverhalten — Flacher Probekörper	21
Anhang E (normativ) Empfehlungen für das Verfahren der spanenden Bearbeitung von Probekörpern	23
E.1 Zylindrische Probekörper	23
E.2 Flache Probekörper	26
Anhang F (normativ) Angabe der Bruchstellen	30
Anhang G (normativ) Tabelle der Prüfergebnisse aus dem Ermüdungsversuch	31
Anhang H (normativ) Darstellung der Ermüdungsdaten	32
Anhang I (informativ) Beispiel für ein Verfahren mit Kontrollplatte	33

Vorwort

Dieses Dokument (EN 6072:2010) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur Bestimmung der Daten aus dem Ermüdungsversuch mit konstanter Amplitude für metallische Werkstoffe und zur Erstellung der S-N-Kurve (oder Wöhlerkurve) fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 286-1, *ISO system of limits and fits — Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits*

ISO 965-1, *ISO general-purpose metric screw threads — Tolerances — Part 1: Principles and basic data*

ISO 1101, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ASTM E 466, *Standard practice for conducting force controlled constant amplitude axial fatigue tests of metallic materials*¹⁾

ASTM E 1823, *Standard terminology relating to fatigue and fracture testing*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ASTM E 1823 und die folgenden Begriffe.

3.1 Probenrichtung

3.1.1

zylindrische Probekörper

die Probenrichtung wird mit folgenden Kurzzeichen angegeben:

L: Längs (in Richtung des Faserverlaufs)

LT: Längs quer

ST: Kurz quer

Die Probenrichtungen von Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt sind in Bild 1 für gewalzte oder stranggepresste Erzeugnisse und Schmiedestücke dargestellt.

Die Probenrichtungen von Halbzeug mit kreisförmigem Querschnitt sind in Bild 2 für gewalzte Erzeugnisse und geschmiedete Ringe dargestellt.

1) Herausgegeben durch: American Society for Testing and Materials (ASTM), 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103, USA.

3.1.2

flache Probekörper

die Bezeichnung der Richtung dieser Probekörper entspricht der ASTM-Bezeichnung:

Zwei mit einem Bindestrich getrennte Buchstaben:

Erster Buchstabe: Kraftrichtung;

Zweiter Buchstabe: Rissfortschrittsrichtung.

Die Probenrichtungen von Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt sind in Bild 3 für gewalzte oder stranggepresste Erzeugnisse und Freiformschmiedestücke angegeben.

Die Probenrichtungen von Halbzeug mit kreisförmigem Querschnitt sind in Bild 4 für gezogene oder stranggepresste Erzeugnisse und Freiformschmiedestücke angegeben.

4 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Siehe ASTM E 466.

5 Prüfgerät

Siehe ASTM E 466 (Kalibrieren nach ISO 7500-1 ist auch möglich).

6 Probekörper

6.1 Allgemeines

Die Probekörper müssen nach den Anforderungen der jeweiligen Verfahrens- oder Werkstoffnorm hergestellt werden.

6.2 Form

Die Form der Probekörper ist in den Anhängen A bis D beschrieben.

6.3 Spanende Bearbeitung

6.3.1 Maßtoleranzen

Bearbeitungstoleranzen (nach ISO 286-1) für die Quermaße: ISO js 12.

Formtoleranzen (nach ISO 1101) = ISO IT9.

Die Probekörper müssen kalt spanend bearbeitet werden, ohne dabei Oberflächenverfestigung oder merkliche Metallerwärmung hervorzurufen.

Empfehlungen für das Verfahren der spanenden Bearbeitung von Probekörpern sind für jeden Probekörpertyp im Anhang E angegeben.

Endbearbeitung zur Einhaltung der Toleranzen und Erzielung der für die Messlänge geforderten Oberflächenbeschaffenheit (siehe Anhänge A bis D).

6.3.2 Probekörper, die einer Wärmebehandlung zu unterziehen sind

Die Wärmebehandlung sollte vorzugsweise an Probekörperrohlingen durchgeführt werden, um Verformungen zu vermeiden, die durch spanende Bearbeitung nicht behoben werden können.

Endbearbeitung nach der Wärmebehandlung nach 6.3.1.

ANMERKUNG Bei Stählen kann es zur Erzielung einer hohen Zugfestigkeit erforderlich sein, die Probekörper im Lieferzustand auf die Fertigmaße spanend zu bearbeiten und sie dann vor der Wärmebehandlung zu schützen.

Im Allgemeinen muss die Oberfläche von Probekörpern aus Stahl und Aluminiumlegierungen:

- entweder mit einem geeigneten Mittel vor Korrosion geschützt werden;
- oder erst kurz vor der Prüfung spanend bearbeitet werden.

6.3.3 Schleifen

Probekörper aus Stahl und Titan dürfen nur geschliffen werden, wenn es ein Verfahren gibt, bei dem sichergestellt ist, dass keine schädlichen Auswirkungen auf die Oberfläche des Probekörpers, z. B. Verunreinigungen auftreten.

6.4 Richten

Ein verformter Probekörper darf unter keinen Umständen gerichtet werden.

Eine derartige Verformung kann durch Wärmebehandlung von Probekörpern entstehen, die auf ihre Fertigmaße spanend bearbeitet wurden.

Eine Oberflächenverfestigung, die durch die zum Richten der Probekörper verwendeten mechanischen Einrichtungen verursacht wurde, beeinflusst die mechanischen Eigenschaften und ergibt keine repräsentativen Ergebnisse.

7 Durchführung

7.1 Anzahl der Probekörper

Mindestens 10 Probekörper für den Ermüdungsversuch, die gültige Ergebnisse erbracht haben, sind zur Erstellung der Wöhlerkurve notwendig.

Falls gefordert, ist eine statische Beanspruchung der Probekörper durchzuführen.

7.2 Bestimmung der Probekörpermaße

Die Maße der Probekörper sind vor der Prüfung zu bestimmen und die Ergebnisse in den Prüfbericht (siehe Abschnitt 9) aufzunehmen.

7.3 Prüfverfahren

Das Kraftverhältnis R und die Formzahl K_t sind in der jeweiligen Verfahrens- oder Werkstoffnorm angegeben.

Die Prüffrequenz darf höchstens 170 Hz betragen. Bei Frequenzen größer als 50 Hz ist es ratsam, ein dynamisches Einmessen am Probekörper vorzunehmen.

Die Kräfte müssen so gewählt werden, dass die Prüfergebnisse gleichmäßig zwischen mindestens 10^4 und $3 \cdot 10^6$ Schwingspielen auf der S-N-Kurve liegen, damit die Wöhlerkurve bestimmt werden kann. Sofern nicht anders festgelegt, darf bei der Qualifikation des Werkstoffes der Zyklus nicht vor $3 \cdot 10^6$ Zyklen beendet

werden. Im Fall, dass bei $3 \cdot 10^6$ Zyklen (oder mehr) kein Bruch auftritt, kann der Probekörper mit einem höheren Kraftniveau, das vor 10^5 Zyklen zu einem Bruch führen wird, erneut geprüft werden. In den Prüfergebnissen muss erwähnt werden, dass der Probekörper, nachdem kein Bruch aufgetreten ist, wieder geprüft wurde, damit dieser Umstand bei der Analyse berücksichtigt werden kann.

ANMERKUNG Bei einem Kraftverhältnis $R < 0$ wird die Verwendung einer Einrichtung zur Verhinderung des Einknickens empfohlen.

Der Bruch in der Nähe des Einspannkopfes und die zugehörige Schwingspielanzahl sind im Prüfbericht (siehe Abschnitt 9) anzugeben. In diesem Fall sollte der Probekörper (falls möglich) wieder eingespannt und die Prüfung mit der gleichen Kraft fortgesetzt werden.

Zur Prüfung der Vergleichpräzision und der Bröckligkeit des Prüfgerätes ist in Anhang I ein Beispiel einer Kontrollkarte angegeben.

8 Analyse der Prüfergebnisse

8.1 Bruch der Probekörper

Die Probekörper müssen nach der Prüfung untersucht werden. Bruchart und -stellen sind anzugeben (siehe Anhang F).

8.2 Darstellung der Ermüdungsdaten

Alle gemessenen und berechneten Werte der Probekörper sind in einer Tabelle aufzuführen (siehe Anhang G).

Der zur Berechnung verwendete Querschnitt des Probekörpers muss angegeben werden.

8.3 Erstellen der Wöhlerkurve

Alle Einzelergebnisse müssen logarithmisch (oder semi-logarithmisch) dargestellt werden: max. Spannung, σ , in MPa, gegen Ermüdungslebensdauer (Bruchlastspielanzahl), Schwingspielanzahl, N (siehe Anhang H).

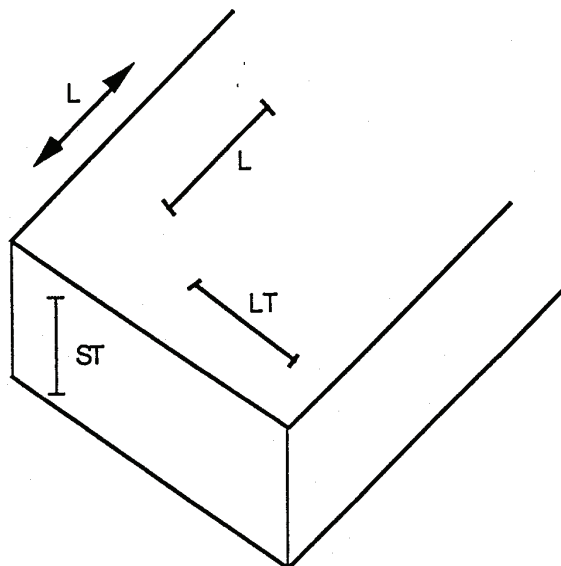
Die Analyse der Prüfergebnisse muss eine durchschnittliche Wöhlerkurve mit einer Bruchwahrscheinlichkeit von 50 % ergeben und zusätzlich zwei Kurven für die kleinste und größte Bruchwahrscheinlichkeit.

9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss auf das Prüfverfahren verweisen und folgendes beinhalten:

- Vollständige Beschreibung des untersuchten Werkstoffs, einschließlich Herstellername, Bezeichnung und Losnummer.
- Alle Einzelheiten in Bezug auf die Herstellung der Probekörper.
- Alle relevanten Maße der Probekörper.
- Datum der Prüfung und Rückverfolgbarkeit bis zum einzelnen Prüfer.
- Vorbehandlung.
- Verwendete Geräte und Prüfparameter (Kraftverhältnis R , Prüffrequenz, Probenlage, ...).

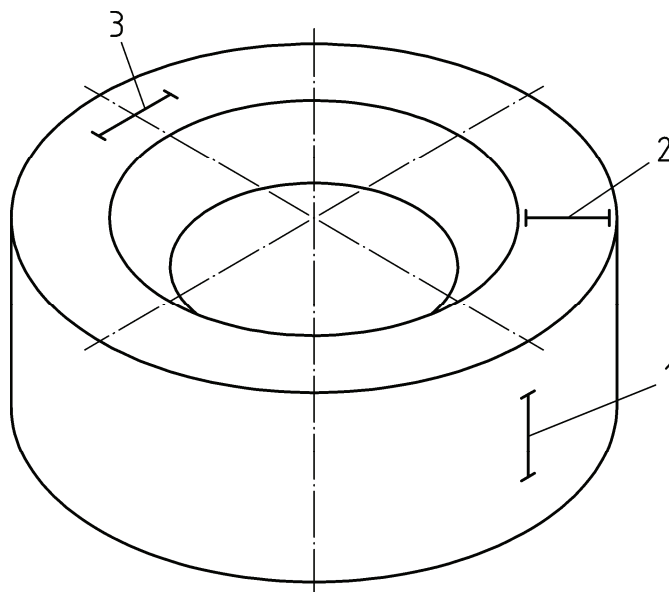
- Aufzeichnungen/Diagramme (mit allen Punkten).
- Einzelne Prüfergebnisse und Bruchart (siehe Anhang F und Anhang G).
- Alle Vorkommnisse, die die Prüfergebnisse beeinflusst haben können und alle Abweichungen vom Prüfverfahren.



Legende

L: Längs (in Richtung des Faserverlaufs)
LT: Längs quer
ST: Kurz quer

Bild 1 — Zylindrische Probekörper — Probenrichtung von Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt

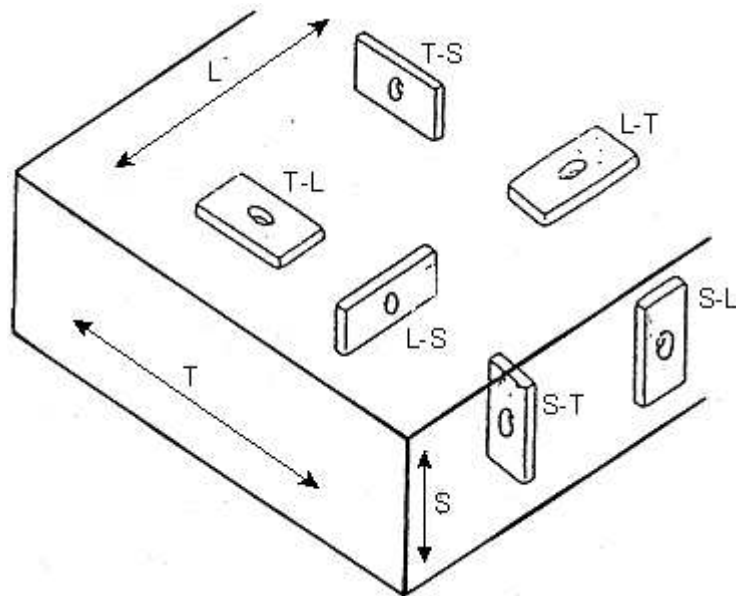


Legende

- 1 Axial: entspricht der LT-Richtung
- 2 Radial: entspricht der ST-Richtung
- 3 Tangential: entspricht der L-Richtung (Richtung des Faserverlaufs)

Je nach Schmiedeachse kann sich die LT- und ST-Richtung ändern.

Bild 2 — Zylindrische Probekörper — Probenrichtung von Halbzeug mit kreisförmigem Querschnitt



Legende

L : Längs (in Richtung des Faserverlaufs)

LT: Längs quer

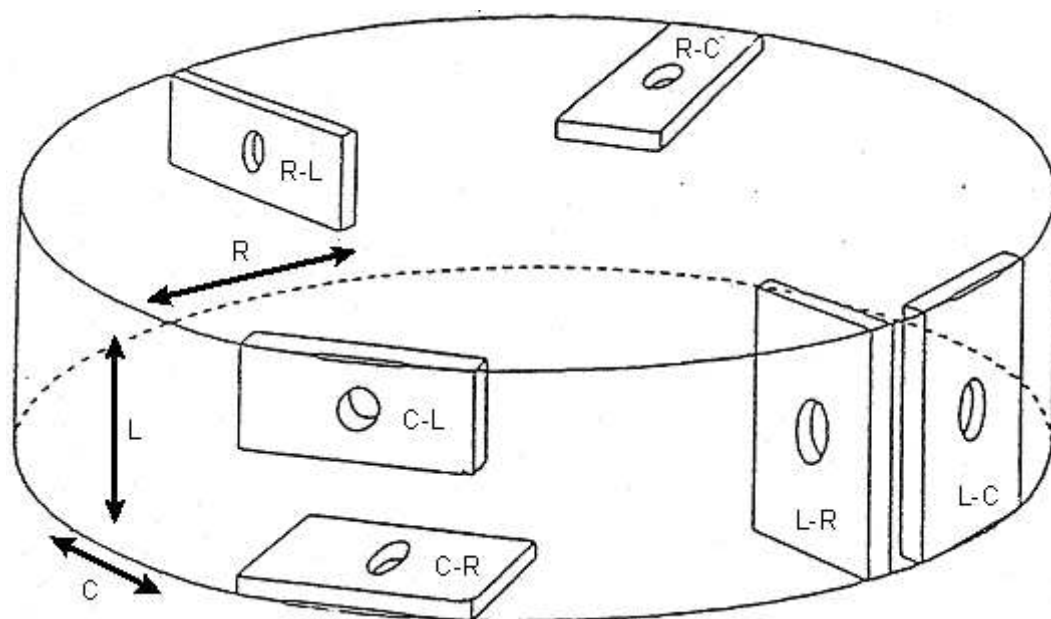
ST: Kurz quer

Zwei durch einen Bindestrich getrennte Buchstaben:

Erster Buchstabe: Krafrichtung

Zweiter Buchstabe: Rissfortschrittsrichtung.

Bild 3 — Flache Probekörper — Probenrichtung von Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt



Legende

L: Richtung des Faserverlaufs
R: Radiale Richtung
C: Umfangsrichtung

Bild 4 — Flache Probekörper — Probenrichtung von Halbzeug mit kreisförmigem Querschnitt

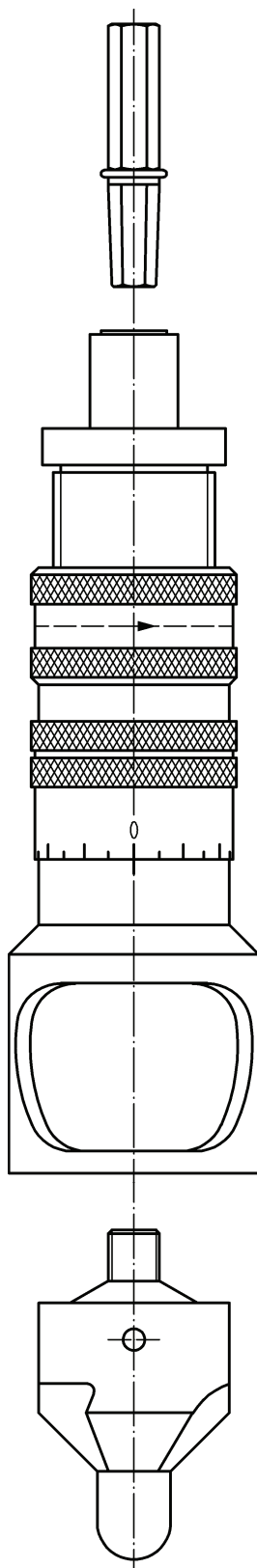
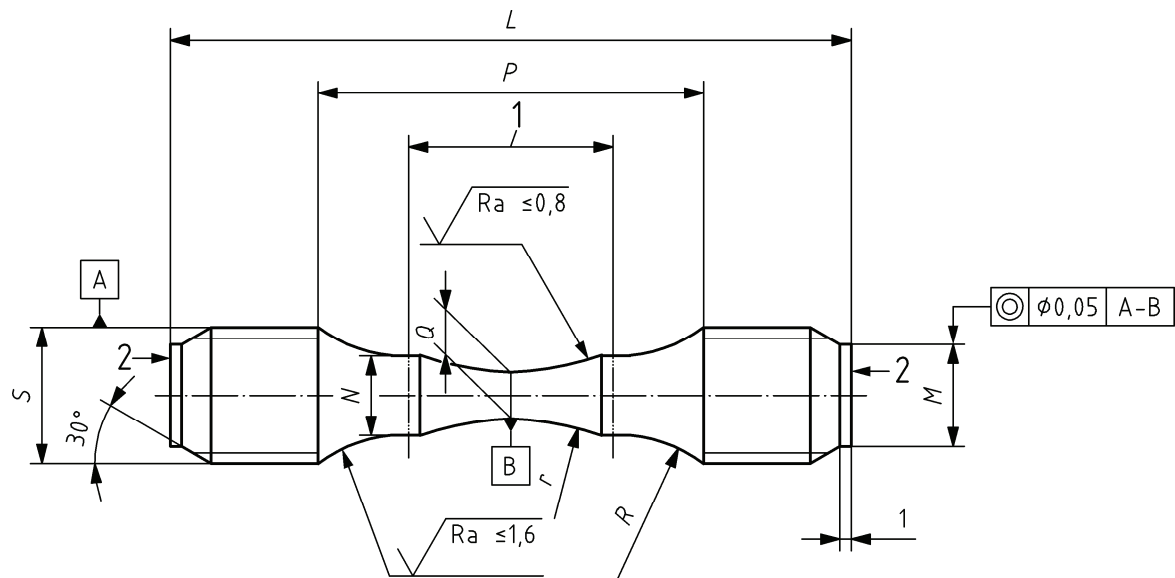


Bild 5 — Werkzeug zur Herstellung der Fase

(kann von der Recoules Society oder von der Rexim Werkzeug GmbH bezogen werden)

Anhang A (normativ)

Ermüdung in Axialrichtung — Zylindrischer Probekörper



Legende

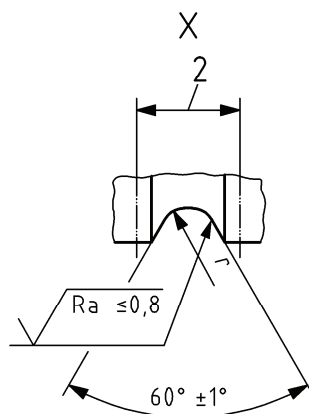
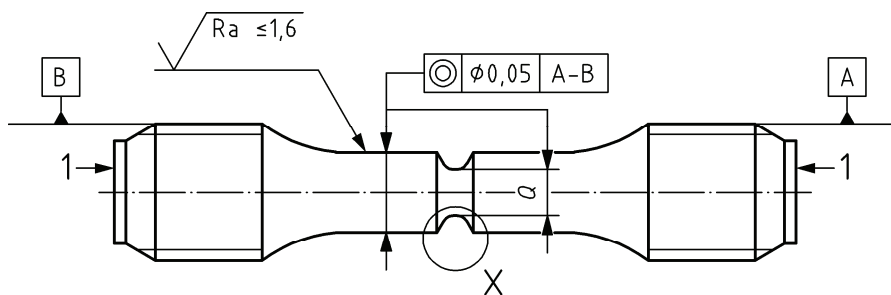
- 1 Messlänge (kalibrierter Abschnitt)
- 2 Kennzeichnungsfeld

Allgemeintoleranz = js 12

Formtoleranz = IT 9

Gewindetoleranz = ISO 965-1, Toleranzklasse 6g

Bild A.1 — Bezug FCE Typ A



Einzelheit X

Legende

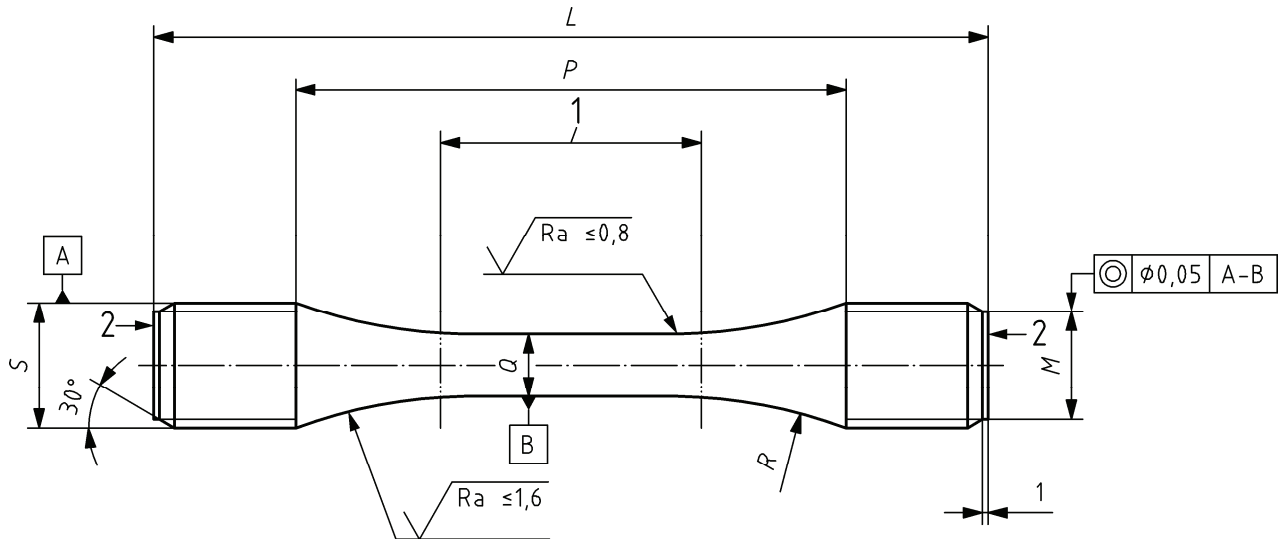
- 1 Kennzeichnungsfeld
- 2 Messlänge (kalibrierter Abschnitt)

Allgemeintoleranz = js 12

Formtoleranz = IT 9

Gewindetoleranz = ISO 965-1, Toleranzklasse 6g

Bild A.2 — Bezug FCE Typ C bis J



Legende

- 1 Messlänge (kalibrierter Abschnitt)
- 2 Kennzeichnungsfeld

Allgemeintoleranz = js 12

Formtoleranz = IT 9

Gewindetoleranz = ISO 965-1, Toleranzklasse 6g

Bild A.3 — Bezug FCE Typ B

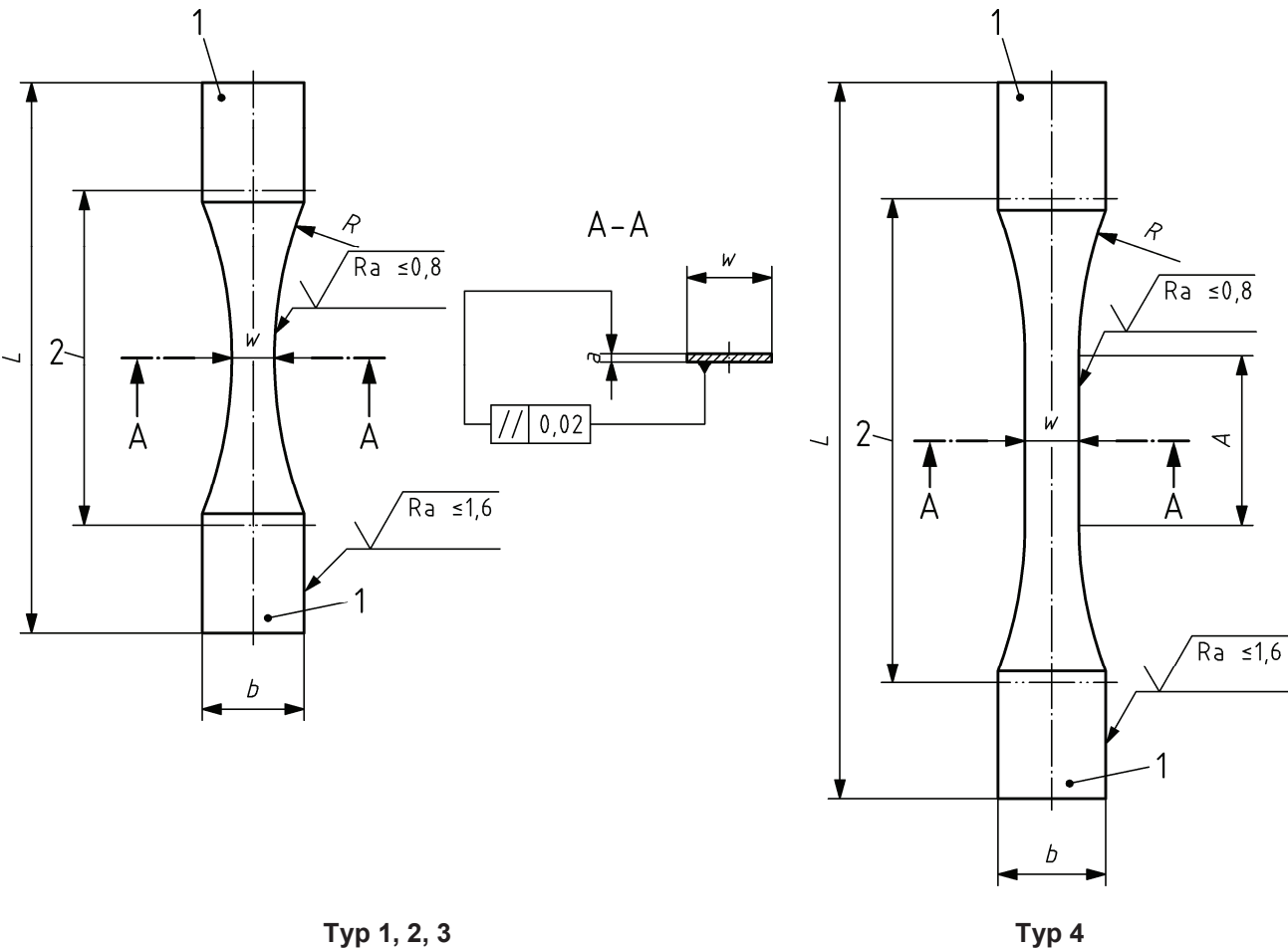
Tabelle A.1 — Maße

Maße in Millimeter

Bezugs- querschnitt mm ²	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	Typ	<i>K</i> _t	<i>r</i>	Grenz- abmaß für <i>r</i>
12,5	60 ^a	9	7	34	3,99	13	M 12 Steigung 100	A ^b	1,035	28	± 0,5
								C ^b	1,7	1	± 0,02
								D ^b	2,3	0,42	
								E ^b	3,3	0,18	
								I	2,5	0,35	
								J	3	0,22	
25	80	13	10	48	5,64 ± 0,03	20	M 16 Steigung 100	A ^b	1,035	40	± 1
								C ^b	1,7	1,41	± 0,02
								D ^b	2,3	0,60	
								E ^b	3,3	0,25	
								I	2,5	0,49	
								J	3	0,31	
50	110	19	14	68	7,98 ± 0,04	31	M 22 Steigung 100	A ^a	1,035	56	± 1
								C ^b	1,7	2	± 0,02
								D ^b	2,3	0,84	
								E ^b	3,3	0,36	
								I	2,5	0,7	
								J	3	0,44	
95	147	19	—	97	11	90	M 22 Steigung 100	B	1	Länge des Mess- bereichs = 35 mm	
^a Kann auf 80 mm verlängert werden.											
^b Empfohlener Typ.											

Anhang B
(normativ)

Ermüdung in Axialrichtung — Flacher Probekörper ($K_t = 1,0$)



Legende

1 Kennzeichnungsfeld
2 Messlänge (kalibrierter Abschnitt)

Allgemeintoleranz = js 12
Formtoleranz = IT 9

Bild B.1 — Typ 1 bis 4 ($K_t = 1,0$)

Table B.1 — Maße

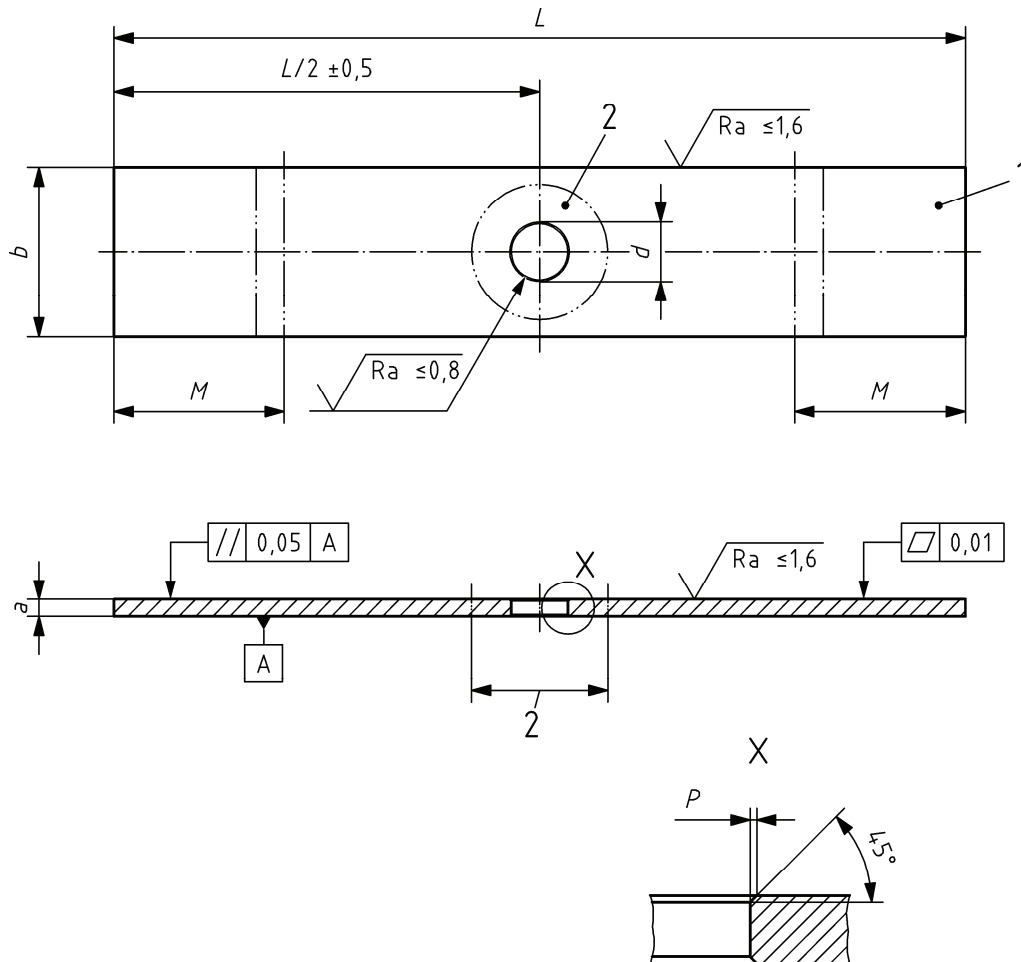
Maße in Millimeter

Bezugs- querschnitt mm ²	Typ	R	Grenzab- maß für R	L	b	w	A
$w \times a$	Typ 1	100	± 1	130	24	10	—
	Typ 2	100	± 1	300	40	16	—
	Typ 3	50	± 1	200	80	50	—
	Typ 4	97	± 1	169	25,4	12,7	40

Anhang C (normative)

Ermüdung in Axialrichtung — Flacher Probekörper vom „Typ T“ und „Typ T min.“ ($K_t = 2,3$)

Siehe Bilder C.1 und C.2 und Tabellen C.1 und C.2.



Legende

- 1 Kennzeichnungsfeld
- 2 Messlänge (kalibrierter Abschnitt)
- M: Einspannbereich

Bild C.1 — „Typ T“ und „Typ T min.“ ($K_t = 2,3$)

Tabelle C.1 — Maße

Maße in Millimeter

Probekörper	L	b	$\varnothing$	M
Typ T	150	30	10	25–35
Typ T min.	100	20	6,35	15–25

Tabelle C.2 — Maße

Maße in Millimeter

Dicke a^a	Grenzabmaß Bohrungsdurchmesser		Tiefe P	Konzentrität von Bohrung und Fase
	Andere Werkstoffe ^b	Aluminium-legierungen		
$3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,05 \end{smallmatrix}$	$\varnothing \pm 0,1$	$\varnothing \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,04 \end{smallmatrix}$	$0,30 \pm 0,05$	$\leq 0,03$
$1 \leq a < 3$	$\varnothing \pm 0,1$	$\varnothing \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,04 \end{smallmatrix}$	$0,15 \pm 0,05$	$\leq 0,03$
^a Probekörper mit Dicken über 3 mm können verwendet werden, falls gefordert. ^b Probekörper aus Titanlegierungen, Stählen, Nickellegierungen, ...				