

DIN EN ISO 18592

ICS 25.160.40

Entwurf

Einsprüche bis 2017-05-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 18592:2010-05

**Widerstandsschweißen –
Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen –
Verfahren zur Schwingfestigkeitsprüfung von Mehrpunktproben
(ISO/DIS 18592:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 18592:2017**

Resistance welding –
Destructive testing of welds –
Method for the fatigue testing of multi-spot-welded specimens (ISO/DIS 18592:2017);
German and English version prEN ISO 18592:2017

Soudage par résistance –
Essais destructifs des soudures –
Méthode d'essai de fatigue des échantillons soudés par points multiples
(ISO/DIS 18592:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 18592:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-03-31 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 nas@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 Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 90 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18592:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-12 AA „Widerstandsschweißen (DVS AG V 3)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 18592 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 14273	siehe	DIN EN ISO 14273
ISO 14324	siehe	DIN EN ISO 14324
ISO 15609-5:2004	siehe	DIN EN ISO 15609-5:2004-10

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 18592:2010-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) ISO-Vorwort wurde aufgenommen;
- b) normative Verweisungen und Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- c) gesamtes Dokument wurde inhaltlich überarbeitet;
- d) Norm an die derzeit gültigen Gestaltungsregeln angepasst.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 14273, *Widerstandsschweißen — Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen — Probenmaße und Verfahren für die Scherzugprüfung an Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißungen mit geprägten Buckeln*

DIN EN ISO 14324, *Widerstandspunktschweißen — Zerstörende Prüfung von Schweißungen — Schwingfestigkeitsprüfung von Punktschweißverbindungen*

DIN EN ISO 15609-5:2004-10, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 5: Widerstandsschweißen (ISO 15609-5:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15609-5:2004*

Widerstandsschweißen — Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen — Verfahren zur Schwingfestigkeitsprüfung von Mehrpunktproben (ISO/DIS 18592:2017)

Soudage par résistance — Essais destructifs des soudures — Méthode d'essai de fatigue des échantillons soudés par points multiples (ISO/DIS 18592:2017)

Resistance welding — Destructive testing of welds — Method for the fatigue testing of multi-spot-welded specimens (ISO/DIS 18592:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Proben	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Auswahl geeigneter Proben	15
5.3 Probenherstellung	17
5.3.1 Blechwerkstoff	17
5.3.2 Biegen und Umformen	17
5.3.3 Toleranzen	18
5.3.4 Schweißen	18
5.3.5 Lagerung	18
5.3.6 Begutachtung	19
5.4 Probengeometrie	19
5.4.1 Allgemeines	19
5.4.2 Probengeometrie von Zugscher- und Schäl-Proben	19
5.4.3 Geometrie der Hut-Proben und der Proben mit geschlossenem Querschnitt	25
5.4.4 Doppel-Teller- und KS-2-Proben	27
6 Anforderungen an die Prüfmaschine	29
7 Proben-Spannbacken und Ausrichtung	30
7.1 Allgemeines	30
7.1.1 Verifizierung der Ausrichtung	30
7.1.2 Kalibrierung der Spanneinrichtung	30
7.2 Scherzug- und Schälbeanspruchung	31
7.2.1 Allgemeines	31
7.2.2 Scherzugbeanspruchung	31
7.2.3 Schälbeanspruchung	31
7.2.4 Scherzugbeanspruchung in Nahtrichtung	32
7.2.5 Torsionsbeanspruchung	32
8 Durchführung	32
8.1 Allgemeines	32
8.2 Befestigen der H-Proben	32
8.3 Einspannvorgang der H-Proben	32
8.4 Schwingfestigkeitsprüfung	33
8.4.1 Allgemeines	33
8.4.2 Prüffrequenz	33
8.5 Beendigung der Prüfung	33
8.5.1 Allgemein	33
8.5.2 Steifigkeitsberechnung	33

8.5.3	Datenerfassung	34
8.5.4	Versagenskriterium und Schwingspielzahl bis zum Versagen.....	34
9	Prüfbericht.....	35
9.1	Grundlegende Angaben.....	35
9.1.1	Werkstoff vor der Herstellung der Schwingfestigkeitsproben	35
9.1.2	Mechanische Eigenschaften.....	36
9.1.3	Probenauslegung und -vorbereitung.....	36
9.1.4	Prüfverfahren	36
9.1.5	Maschine für die Schwingfestigkeitsprüfung.....	36
9.1.6	Umgebungsbedingungen während der Schwingfestigkeitsprüfung	36
9.1.7	Ergebnis der Untersuchung nach der Prüfung	36
9.2	Darstellung der Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfung.....	37
9.2.1	Tabellarische Darstellung.....	37
9.2.2	Graphische Darstellung.....	37
9.2.3	Numerische Bewertung, Statistik.....	38
Anhang A (informativ) Kalibrierprobe für die Verifizierung der Lastverteilung in H-Proben		39
Anhang B (informativ) Hydraulische Spannbacken für die Schwingfestigkeitsprüfung von H-Proben.....		40
Anhang C (informativ) Spannbacken für die Schwingfestigkeitsprüfung von H-Proben		41
Anhang D (informativ) Ablaufdiagramm — Datenerfassung.....		42
Literaturhinweise.....		45

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18592:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 18592:2017 wurde vom CEN als prEN ISO 18592:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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 44/SC 6.

Einleitung

Die vorliegende Internationale Norm wurde erarbeitet, da Schweißfachingenieure (und die meisten Konstrukteure) nicht mit Schwingfestigkeitsprüfungen und dem Einfluss von Faktoren wie Beanspruchungsart (z. B. Scherzug, Schälbeanspruchung), Versagenskriterien usw. vertraut sind.

Prüfverfahren werden angewendet, um das Vorliegen bestimmter Eigenschaften zu untersuchen und diese qualitativ und quantitativ zu bewerten. Schwingfestigkeitsprüfungen werden generell durchgeführt, um das Verhalten von Bauteilen und Konstruktionen unter zyklischer Beanspruchung zu untersuchen. Für geschweißte Bauteile werden Schwingfestigkeitsprüfungen angewendet, um den Einfluss verschiedener Parameter, z. B. Fügeverfahren, Punktabstand, Werkstoffdicken und -kombinationen, Beanspruchungsart (beispielsweise Scherzug- oder Schälbeanspruchung), Überlappung, Lage der Schweißung auf dem Flansch, Randabstand, Beanspruchungsbedingung (z. B. quasi-statisch, zyklisch, Kraftverhältnis R), Umgebung/Korrosion usw. auf das Schwingfestigkeitsverhalten (die Lebensdauer) von Punktschweißungen und/oder Proben zu ermitteln, die unterschiedlichen Beanspruchungsarten ausgesetzt sind. Sollen die Ergebnisse von Schwingfestigkeitsprüfungen zu Bemessungszwecken verwendet werden, sollten so weit wie möglich Randbedingungen berücksichtigt werden, wie sie in der Praxis vorkommen. Dies gilt für die Beanspruchungsarten, Kraftamplituden und -verhältnisse sowie die Lastverteilungen und Versagenskriterien (Literaturhinweis [7]).

Die für die Schwingfestigkeitsprüfungen ausgewählten Proben sollten eine möglichst genaue Simulation der Beanspruchungen und Randbedingungen, wie sie beim Einsatz vorliegen, erlauben. Weiterhin sollte das angewendete Versagenskriterium der jeweiligen Anwendung entsprechen. Obwohl die Art der Primärbeanspruchung bei einigen Proben identisch ist, z. B. Scherzugbeanspruchung bei Mehrpunkt-Flachproben, H-Proben für Scherzugbeanspruchung, KS-2-Proben, und Doppel-Teller-Proben usw., werden sich die Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfungen aufgrund der sekundären Beanspruchungsarten deutlich unterscheiden, die sich aus den verschiedenen Graden der lokalen Verformung ergeben, die wiederum durch die unterschiedlichen lokalen Steifigkeiten im Bereich der Verbindungen bedingt sind. Die lokale Verformung, die für die Größe der Schälkomponente verantwortlich ist, stellt beispielsweise eine Funktion der lokalen Steifigkeit dar und wächst mit abnehmender Steifigkeit.

Dieses Dokument bildet einen Rahmen, innerhalb dessen die verschiedenen hier beschriebenen Proben so modifiziert werden können, dass Besonderheiten der Konstruktion und fertigungsbedingte Einschränkungen, z. B. Flanschbreite und Überlappung, Linsengröße, Punktabstand, Biegeradius, und Ausschussschweißungen entsprechend berücksichtigt werden können. Das wird dazu beitragen, die Bedeutung der Ergebnisse spürbar zu verbessern.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Lebensdauer von Schweißungen, die identischen Amplituden der Scherzug- und Schälbeanspruchung ausgesetzt sein können, um einen Faktor von etwa 10^4 variieren würde [Literaturhinweise [8] bis [11]]. Dies erklärt die Notwendigkeit der Verwendung unterschiedlicher Proben, die die Simulation verschiedener Beanspruchungsarten erlauben.

Abnahmeprüfungen an *realen* Bauteilen dienen der Verifizierung der statischen Berechnungen und sind für die Zulassung von Konstruktionen erforderlich. Es ist daher notwendig, dass ihre Anzahl auf ein unbedingtes Minimum beschränkt wird.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Proben und Vorgehensweisen für die Durchführung von Schwingfestigkeitsprüfungen mit konstanter Kraftamplitude an geschweißten Mehrpunkt- und multiaxialen Proben im Dickenbereich von 0,5 mm bis 5 mm bei Raumtemperatur und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 80 % fest. Die Anwendbarkeit dieses Dokuments für größere Dicken kann durch die mechanischen Eigenschaften wie Streckgrenze und Verformungsfähigkeit des Probenwerkstoffs eingeschränkt sein. Der Dickenbereich für hochfeste Stähle (en: Advanced High Strength Steels — AHSS) liegt im Allgemeinen unter 3,0 mm. Größere Dicken sind zum Beispiel bei Aluminiumlegierungen anwendbar.

Je nach verwendeter Probenform erlauben die Prüfergebnisse eine Bewertung des Tragverhaltens:

- a) von Verbindungen, bei denen eine definierte gleichmäßige Lastverteilung vorliegt;
- b) von Verbindungen bei denen eine definierte ungleichmäßige Lastverteilung vorliegt;
- c) von Verbindungen unter verschiedenen definierten Kombinationen von Scher-, Schäl- und Kopfzugbeanspruchungen und
- d) des geprüften Prüfkörpers.

Mehrpunktproben, mit denen verschiedene Lastverteilungen realisiert werden können, sind:

- 1) definierte gleichmäßige Lastverteilung;
 - i) H-Proben für Scher- und Schälbeanspruchung, (die Schweißungen werden gleichmäßig auf Scherung oder Schälen quer zur Nahtrichtung beansprucht);
 - ii) Hut- und Doppel-Hut-Proben unter 4-Punkt-Biegung, (die Punktschweißungen werden gleichmäßig auf Scherung in Nahtrichtung beansprucht);
 - iii) torsionsbeanspruchte Doppel-Teller-Proben (die Punktschweißungen werden gleichmäßig auf Scherung beansprucht);
 - iv) auf Zug beanspruchte Doppel-Teller-Probe (die Punktschweißungen werden gleichmäßig auf Schälzug beansprucht);
 - v) Doppel-Teller-Probe unter kombinierter Zug- und Torsionsbeanspruchung;
 - vi) Mehrpunkt-Flachproben mit definierten Spannvorrichtungen;
- 2) definierte ungleichmäßige Lastverteilung;
 - i) H-Proben mit modifizierten Spannvorrichtungen;
 - ii) modifizierte H-Proben mit Standard-Spannvorrichtungen;
 - iii) modifizierte H-Proben mit modifizierten Spannvorrichtungen;
 - iv) Mehrpunkt-Flachproben mit modifizierten Spannvorrichtungen;
 - v) modifizierte Mehrpunkt-Flachproben mit Standard-Spannvorrichtungen;
 - vi) modifizierte Mehrpunkt-Flachproben mit modifizierten Spannvorrichtungen;

- 3) definierte Kombinationen von Scher-, Schäl- und Kopfbiegebeanspruchungen;
 - i) die KS-2-Probe;
 - ii) die Doppel-Teller-Probe;
- 4) Punktschweißungen, die einer undefinierten ungleichmäßigen Lastverteilung unterworfen sind — Hut-, Doppel-Hut- und ähnliche geschlossene Hohlprofile unter Torsion, 3-Punkt-Biegung und/oder Innendruck.

Die unter 4) aufgeführten Proben und Prüfungen werden in diesem Dokument nicht weiter behandelt, weil die mit diesen Proben erzeugten Ergebnisse bauteilspezifisch sind und nicht verallgemeinert oder für das Herleiten von Tragfähigkeitsdaten der Verbindungen verwendet werden dürfen. Die in solchen Prüfungen erzeugten Ergebnisse eignen sich für den Vergleich von mechanischen Eigenschaften der geprüften Bauteile mit denen von ähnlichen Bauteilen, die auf die gleiche Weise geprüft wurden. Diese Prüfungen *eignen sich jedoch nicht* für die Bewertung oder den Vergleich des Tragverhaltens der Schweißverbindungen.

Die mit bauteilähnlichen Proben erzeugten Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfungen eignen sich für das Herleiten von Kriterien zur Auswahl der Werkstoffe und der kombinierbaren Dicken bei Konstruktionen und Bauteilen, die zyklischer Belastung ausgesetzt sind. Diese Aussage trifft insbesondere auf Ergebnisse zu, die mit Proben mit Randbedingungen erzeugt wurden, wie beispielsweise wenn die lokale Steifigkeit ähnlich jener der gegenständlichen Konstruktion ist. Die Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfung eignen sich für die *unmittelbare* Anwendung auf die konstruktive Ausführung nur dann, wenn die Beanspruchungsbedingungen im Betrieb und die Steifigkeiten der konstruktiven Ausführung im Bereich der Verbindungen identisch sind.

ANMERKUNG Proben werden modifiziert, um Einschränkungen oder spezifische Anforderungen seitens der Konstruktion zu berücksichtigen, z. B. kleinere als Standard-Überlappungen, kleinere oder größere als Standard-Linsendurchmesser und spezifische Lastverteilungen. Dadurch kann der Nutzen der Ergebnisse für den Konstrukteur gesteigert werden.

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 14273, *Destructive testing of welds — Specimen dimensions and procedure for tensile shear testing resistance spot and embossed projection welds*

ISO 14324, *Resistance spot welding — Destructive tests of welds — Method for the fatigue testing of spot welded joints*

ISO 15609-5:2004, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure specification — Part 5: Resistance welding*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 14324 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

wiederholte Kraft

F

die Kraft, die einfach und periodisch zwischen konstanten Höchst- und Mindestwerten variiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.12.

3.2

Oberkraft

$F_{\max}$

höchster algebraischer Wert der wiederholten Kraft

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.9.

3.3

Unterkraft

$F_{\min}$

niedrigster algebraischer Wert der wiederholten Kraft

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.11.

3.4

Kraftschwingbreite

ΔF

Differenz zwischen Oberkraft und Unterkraft

$$\Delta F = F_{\max} - F_{\min}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.8.

3.5

Kraftamplitude

F_a

die Hälfte der Kraftschwingbreite

$$F_a = 0,5\Delta F$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.6.

3.6

mittlere Kraft

F_m

Mittelwert von größter und kleinster Kraft

$$F_m = 0,5(F_{\max} + F_{\min})$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.10.

3.7

Kraftverhältnis

R

Unterkraft dividiert durch Oberkraft

$$R = \frac{F_{min}}{F_{max}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.7.

3.8

Lastspielzahl

Anzahl der Versuche bis zum Versagen

N

Anzahl der Schwingspiele, die unter vorgegebener wiederholter Kraft angewendet werden können, bevor Versagen eintritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.3.

3.9

Dauerschwingfestigkeit

N_G

Anzahl der vereinbarten Schwingspiele, bei der die Prüfung abgebrochen wird, auch wenn kein Versagen eintritt

3.10

F - N Wöhler-Kurve

Kurve, dargestellt mit der Kraftamplitude (oder Kraftschwingbreite oder Oberkraft) als Ordinate und der Lastspielzahl (oder Dauerschwingfestigkeit, wenn die Prüfung vor Eintritt des Versagens beendet wurde) als Abszisse, die auch Kraft-Schwingspielzahlkurve genannt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Normalerweise werden beide Achsen logarithmisch eingeteilt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Basierend auf ISO 14324:2003, 3.5.

3.11

S - N Wöhler-Kurve

die Kurve, dargestellt mit der Spannungsamplitude (oder Spannungsbereich oder höchste Spannung) als Ordinate und der Lastspielzahl (oder Dauerschwingfestigkeit, wenn die Prüfung vor Eintritt des Versagens beendet wurde) als Abszisse, die auch Spannungs-Schwingspielzahlkurve genannt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die S - N Wöhlerkurve ist im Allgemeinen nicht für punktgeschweißte Verbindungen geeignet.

3.12

Dauerfestigkeit mit Wahrscheinlichkeit

p

höchste Kraft (Bereich, Amplitude oder Maximalwert), bei der eine Probe eine unendliche Anzahl von Schwingspielen mit der Wahrscheinlichkeit p bestehen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gewählte Wahrscheinlichkeit ist üblicherweise 50 %.

3.13

Zeitschwingfestigkeit mit Wahrscheinlichkeit

p

Kraft (Bereich, Amplitude oder Maximalwert), bei der eine Probe eine vorgegebene Anzahl von Schwingspielen mit der Wahrscheinlichkeit p bestehen kann, ohne zu versagen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gewählte Wahrscheinlichkeit ist üblicherweise 50 %.

3.14

Versatz

ΔL

Änderung in der Länge einer Probe durch die Aufbringung einer Last

3.15

Steifigkeit

c

Kraft F , geteilt durch den entsprechenden Versatz L , d. h.

$$c = \frac{F_{max} - F_{min}}{\Delta L}$$

3.16

Ausgangssteifigkeit

c_0

Steifigkeit zu Beginn der Prüfung, d. h.

$$c_0 = \frac{F_{max} - F_{min}}{\Delta L_0}$$

3.17

Dauerfestigkeit am Knickpunkt

maximale wechselnde Kraftamplitude oberhalb einer bestimmten mittleren Kraft, bei der eine Probe „auf unbestimmte Zeit“ ohne Bruch und übermäßige Verformung bestehen kann

4 Symbole und Abkürzungen

a Überlappung

b Breite des Probenblechs

b_i Innenbreite des Probenblechs

b_s Breite der Seitenplatte

c Steifigkeit

c_0 Ausgangssteifigkeit

d_c Durchmesser des Mittellochs

d_e Durchmesser des Teilkreises

e Punktabstand

F Kraft, wiederholte Kraft

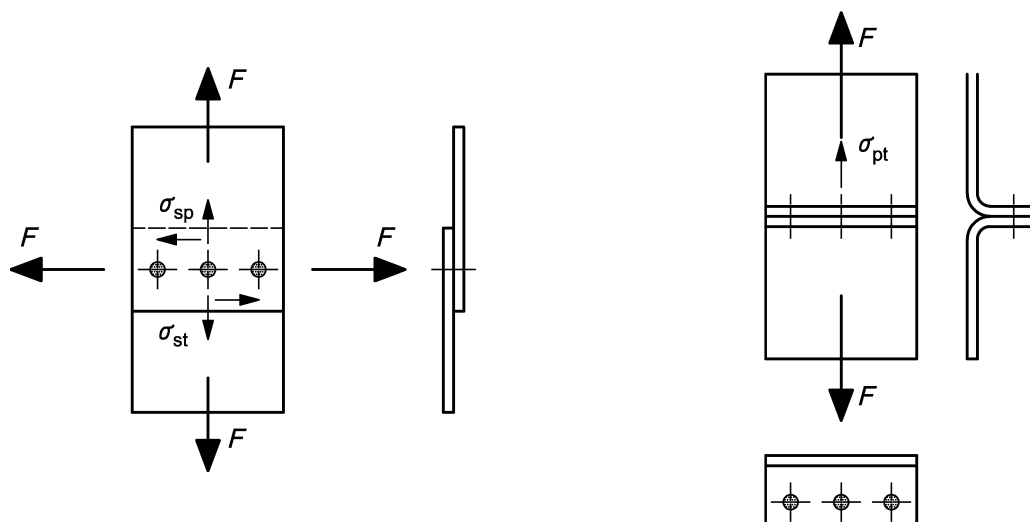
F_a	Kraftamplitude
F_m	mittlere Kraft
$F_{\max}$	Oberkraft
$F_{\min}$	Unterkraft
F_p	Schälbeanspruchung
$F_{p,\max}$	höchste Schälbeanspruchung
$F_{p,\min}$	geringste Schälbeanspruchung
F_{pt}	Schälbeanspruchung quer zur Punktreihe
F_s	Scherzugbeanspruchung
$F_{s,\max}$	höchste Scherzugbeanspruchung
$F_{s,\min}$	geringste Scherzugbeanspruchung
F_{sp}	Scherzugbeanspruchung in Nahrichtung
F_{st}	Scherzugbeanspruchung quer zur Punktreihe
g	Stababstand
h	Außenhöhe des Hut-Profils
h_i	Höhe des Probenblechs
h_o	Außenhöhe
h_H	Gesamthöhe der H-Probe
h_s	Höhe der Seitenplatte oder des Seitenelements
h_L	Höhe des L-Elements
h_U	Höhe des U-Elements
l_a	Abstand zwischen Spannbacke und Überlappung
l_c	Länge des eingespannten Bereichs
l_e	Randabstand
l_f	Probenlänge zwischen Klemmen
l_g	Probenlänge zwischen Spannbacken

l_s	Gesamtlänge der Probe
l_t	Länge des Probenblechs
l_w	Abstand von der Wand
L	Traversenposition
$L_{\max}$	Traversenposition bei Oberkraft
$L_{\min}$	Traversenposition bei Unterkraft
N	Anzahl der Schwingspiele
p	Wahrscheinlichkeit
r_1	Biegeradius für die Blechdicke t_1
r_2	Biegeradius für die Blechdicke t_2
R	Kraftverhältnis
t	Zeit
$t_1; t_2$	Blehdicken
σ_p	Schälspannung
σ_{pt}	Schälspannung quer zur Punktreihe
σ_s	Scherzugspannung
σ_{sp}	Scherzugspannung in Nahrichtung
σ_{st}	Scherzugspannung quer zur Punktreihe
ΔL	Versatz ($L_{\max} - L_{\min}$)

5 Proben

5.1 Allgemeines

Die Proben wurden entwickelt, um die drei Grundbeanspruchungsarten in ihren Primärformen, d. h. Scherzugbeanspruchung quer zur Punktreihe, Scherzugbeanspruchung in Nahrichtung und Schälbeanspruchung an Verbindungen in dünnwandigen Strukturen zu simulieren (siehe Bild 1).



a) Scherzugbeanspruchung quer zur Punktreihe und Scherzugbeanspruchung in Nahrichtung **b) Schälbeanspruchung oder einseitiger Kopfzug**

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

Bild 1 — Die drei Grundbeanspruchungsarten für Verbindungen (Literaturhinweis [9])

ANMERKUNG 1 Bei realen dünnwandigen Konstruktionen kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass die Verbindungen niemals einer der im ersten Absatz aufgeführten Spannungsarten allein oder in reiner Form ausgesetzt sind. Für Überlappverbindungen tritt mindestens eine Art der Scherzugspannung und, wegen der dadurch erzeugten lokalen Verformung der Bleche, eine Schälspannung auf. Auch wenn die Primärspannung bei einer Überlappverbindung eine reine Scherzugspannung ist, wird eine Schälspannungskomponente erzeugt, deren absoluter Wert von der Größe der durch die Scherzugspannung in der Verbindung erzeugten Verformung abhängt. Diese Verformung ist eine Funktion des Biegemoments, das von den beteiligten Blechdicken, der Höhe der wirkenden Kräfte und der lokalen Steifigkeit abhängt. Die Steifigkeit wiederum ist eine Funktion der Blechdicken, des Elastizitätsmoduls der Werkstoffe, der Flanschbreite, der Überlappung, der Lage der Verbindung auf dem Flansch, der Biegeradien usw. (Literaturhinweise [8] bis [11]).

ANMERKUNG 2 Die Proben wurden derart konzipiert, dass sie mit verschiedenen Fügeverfahren angewendet werden können, z. B. Punktschweißen, Stanznieten, Clinchen, Rührreib-Punktschweißen, Laserschweißen, Metall-Schutzgasschweißen usw., sodass das Tragverhalten von unterschiedlich hergestellten Verbindungen verglichen werden kann.

ANMERKUNG 3 Bei auf Torsion und 3-Punkt-Biegung belasteten Einfach- und Doppel-Hut-Proben werden die Verbindungen selbst einer komplexen Beanspruchung ausgesetzt, wodurch die Verhältnisse der Beanspruchungsarten und die Lastverteilung ungleichmäßig und undefiniert sind. Weiterhin sind die Verhältnisse der drei im ersten Absatz genannten Grundbeanspruchungsarten abhängig von der Kraftamplitude, den Einspannbedingungen sowie den Werkstoff- und Dickenkombinationen der Bleche.

Qualität, Wert und Nutzen der Ergebnisse aus Schwingfestigkeitsprüfungen hängen wesentlich von der Sorgfalt bei der Herstellung der Proben, deren Prüfung, der Erfassung der Prüfdaten und deren Bewertung sowie von der Vollständigkeit der Dokumentation ab.

Die Dokumentation sollte die folgenden Angaben enthalten:

a) Werkstoff(e)

- Werkstoffspezifikation, Dicke und Art der Beschichtung(en), Blechdicke, Oberflächenzustand und mechanische Eigenschaften sollten vermerkt werden.

b) Probenbleche

- Die Probenbleche sollten nach Möglichkeit aus derselben Werkstoffcharge stammen.
- Die Walzrichtung muss bei allen Probenblechen identisch sein und dokumentiert werden.
- Die erforderlichen Toleranzen müssen eingehalten werden.
- Unbeabsichtigte Verformungen der Probenbleche und Oberflächenbeschädigungen sind zu vermeiden.

c) Schweißen

- Es sollten geeignete Spannvorrichtungen angewendet werden, um die exakte Ausrichtung der Probenbleche und Lage der Schweißungen sicherzustellen.
- die Schweißparameter und die angewendete Schweißeinrichtung sind zu dokumentieren.

d) Dokumentation

- Die relevanten Normen müssen angegeben werden.
- Jede Abweichung von den in Bezug genommenen Normen muss dokumentiert werden.

Die Proben müssen für die unterschiedlichen Fügeverfahren derart modifiziert werden, dass die damit erstellten Verbindungen unter den optimalen Randbedingungen funktionieren können, z. B. kann die Flanschbreite von Laserschweißungen im Vergleich zur für Widerstandspunktschweißungen erforderlichen Länge erheblich verringert werden. Auf vergleichbare Weise können rechteckige Clinchverbindungen wegen des geringeren Platzbedarfs auf dem Flansch viel näher am Radius liegen, als dies bei Widerstandspunktschweißungen der Fall ist, wenn hierfür keine exzentrischen Elektroden verwendet werden.

5.2 Auswahl geeigneter Proben

Die Auswahl geeigneter Proben für die Schwingfestigkeitsprüfung ist abhängig von der beabsichtigten Verwendung der Prüfergebnisse. Eine Grundanforderung an die Proben ist, dass sie die Simulation der/des relevanten Beanspruchungsart und Kraftverhältnisses zulassen sollte. Wenn die Ergebnisse zu Bemessungszwecken eingesetzt werden sollen, ist es wichtig, Proben zu verwenden, mit denen eine vergleichbare Lastverteilung erreicht werden kann. Außerdem sollte die Steifigkeit der Probe im Verbindungsbereich ähnlich wie beim zu betrachtenden Bauteil sein.

Neben der Beachtung der Primärbeanspruchungsbedingung der Schweißungen ist es von großer Wichtigkeit, die lokale Steifigkeit des Verbindungsbereichs im zu betrachtenden Bauteil zu berücksichtigen. *Die Lastspielzahl von Schweißungen wird entscheidend von der Schälbeanspruchung und nicht von der Scherzugbeanspruchung beeinflusst.* Die Lebensdauer von Schweißungen, die identischen Amplituden der Scherzug- und Schälbeanspruchung unterzogen werden können, würde z. B. um einen Faktor von etwa 10^4 schwanken. Wie jedoch in Bild 2 gezeigt wird, würden auf Scherzug beanspruchte Punktschweißungen niemals unter einer Last versagen, unter der identische Schweißungen eine Lebensdauer von etwa 1 000 Schwingspielen aufweisen. Wie vorstehend beschrieben, hängt die Höhe der Schälkomponente von

der Scherzugbeanspruchung und der lokalen Steifigkeit der Probe ab. Insbesondere bei der Einpunktprobe, Bild 4, ist die lokale Steifigkeit erheblich geringer als üblicherweise in realen Konstruktionen. Deshalb ist das Schäl-/Scherzug-Verhältnis relativ groß, was eine deutlich kleinere Lastspielzahl gegenüber identischen Schweißungen zur Folge hat, wie sie z. B. an H-Proben geprüft werden. Weiterhin sind einige Werkstoffe im geschweißten Zustand gegenüber der Schälbeanspruchung besonders empfindlich, sodass Ergebnisse, die mit Proben geringer Steifigkeit ermittelt wurden, in Bezug auf Annahmen zum Verhalten derartiger Schweißungen in Konstruktionen irreführend sein können.

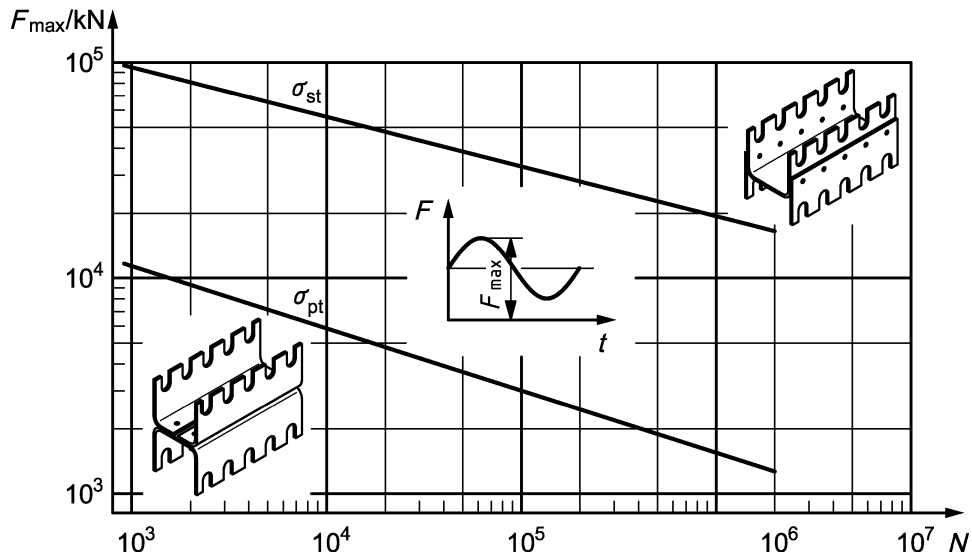
Die H-Proben erlauben die Untersuchung fast aller Parameter, einschließlich unterschiedlicher Spannungsverhältnisse und Spannungsverteilungen. Sie erfordern spezielle Spannbacken für die Prüfung, und ihre Herstellung ist relativ kompliziert. Unter gleichmäßiger Beanspruchung können jedoch mit 5 bis 7 dieser Proben Ergebnisse mit hoher Signifikanz erzielt werden.

Bei der Auswahl einer Probe sollten u. a. folgende Hauptgesichtspunkte berücksichtigt werden:

- die Simulation der Beanspruchungsart und des Kraftverhältnisses im zu betrachtenden Bauteil;
- Simulation von Bemessungsparametern wie Steifigkeit, Punktabstand, Rand- und Flanschabstand;
- Simulation der Spannungsverteilung im Bauteil;
- erforderlicher Aufwand für die Herstellung und Prüfung;
- erforderliche Anzahl von Proben, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten.

Es muss hervorgehoben werden, dass Ergebnisse, die mit Proben geringer Steifigkeit erzielt wurden, im Allgemeinen die Ergebnisse für Punktschweißungen verzerren, insbesondere bei hochfesten Stählen.

Die statistische Signifikanz von Prüfergebnissen wird durch deren Streuung beeinflusst. Je größer die Anzahl der unter gleichmäßiger Beanspruchung geprüften Verbindungen in einer Einzelprobe ist, umso geringer ist die Streuung. Deshalb müssen, um Ergebnisse mit dem gleichen Signifikanzgrad zu erhalten, bei z. B. zwei Punktschweißungen 5-mal so viele Proben getestet werden wie bei H- oder Doppel-Teller-Proben mit 10 Punktschweißungen. Weiterhin ist die Steifigkeit flacher Proben merklich geringer als die von Bauteilen, sodass Ergebnisse, die mit diesen Proben erzielt wurden, im Allgemeinen irreführend sind. Außerdem können einige Probenformen, z. B. zwei Flachproben mit einer oder zwei Schweißung(en), nicht mit Drucklast oder mit negativen Kraftverhältnissen R beansprucht werden.



ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

Bild 2 — Wöhler-Kurven punktgeschweißter H-Proben aus 1 mm Stahlblechen DC 04 unter Scherzug- und Schälbeanspruchung, Kraftverhältnis $R = 0,1$ (Literaturhinweis [9])

5.3 Probenherstellung

5.3.1 Blechwerkstoff

Der Werkstoff der Probenbleche darf sich im gescherten Zustand befinden, jedoch sollten alle Grate entfernt werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Probenbleche nicht verbogen oder verdreht sind. Proben, die unter Verwendung solcher Probenbleche hergestellt wurden, können die Prüfergebnisse beeinträchtigen und die Streuung erhöhen. Die Maße der Probenbleche für die verschiedenen Proben sind in den entsprechenden Tabellen angegeben.

Sofern die zu betrachtende Konstruktion aus extrudiertem oder gegossenem Werkstoff besteht, sollten die Proben entsprechend den Konstruktionsanforderungen ebenfalls aus extrudierten Profilen oder gegossenem Werkstoff bestehen, z. B. Aluminium- oder Magnesiumlegierungen.

5.3.2 Biegen und Umformen

Das Biegen der Probenbestandteile ist auf einer Abkantpresse bis zum erforderlichen Biegewinkel und -radius, $R_{\min} = 2t$, durchzuführen. Falls der verwendete Werkstoff diesen Radius nicht zulässt, darf bis $R_{\max}$ gebogen werden. Da die Genauigkeit der Proben von den Maßen der Probenbleche abhängt, ist es wichtig sicherzustellen, dass die in den Tabellen angegebenen Toleranzen genau eingehalten werden.

Die Bestandteile der Doppel-Teller-Proben erfordern für die Herstellung die Anwendung von Zieh- oder Tiefziehwerkzeugen. Pressformwerkzeuge, z. B. Tiefziehwerkzeuge, sollten ausschließlich für Doppel-Teller-Proben angewendet werden, da die große Anzahl von Prozessparametern, wie Klemmkraft, Niederhaltergeometrie, Menge und Eigenschaften des Schmiermittels, Oberflächenrauheit der Werkzeuge usw., den Grad der Kaltverfestigung, die Blechdicke und die Oberflächenbedingungen und somit die Eigenschaften der Proben beeinflussen kann, wodurch der Vergleich der Ergebnisse erschwert wird.

Die Geometrie der Proben sowie die Lage, der Abstand und die Größe der Punktschweißungen dürfen so modifiziert werden, dass die konstruktions- und herstellungsbezogenen Anforderungen berücksichtigt werden können. So können beispielsweise der Punktabstand, der Linsendurchmesser, die Flanscbreite und die Lage der Schweißung auf dem Flansch modifiziert werden, wenn dies erforderlich ist. Für die Anordnung der Probenbleche während des Schweißens und zur Sicherstellung der exakten Schweißpositionen und

einer gleichmäßigen Lastenverteilung während der Prüfungen sollten geeignete Spannvorrichtungen angewendet werden.

Die Fügefolge für alle Proben muss von der Probenmitte ausgehend zum Rand verlaufen, siehe Bild 3. Die Schweißfolge für die verschiedenen Mehrpunktproben muss so sein, dass Einhüllungen vermieden werden. Der Durchmesser aller Schweißungen muss den Vorgaben entsprechen. Wenn erforderlich, den Schweißstrom zur Kompensation des Nebenschlusseffekts erhöhen.

Bei AHS-Stählen sind wesentlich größere Biege- und Zugradienten erforderlich. In diesen Fällen ist es notwendig, die Flanschbreite und die Lage der Schweißungen entsprechend zu modifizieren.

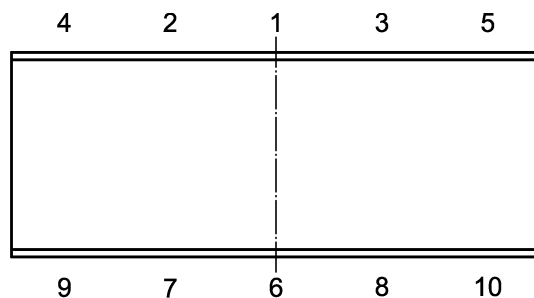


Bild 3 — Fügefolge für H-Proben

5.3.3 Toleranzen

Die sorgfältige Herstellung der Proben ist für die Qualität der Prüfergebnisse von großer Bedeutung. Ungeeignete Vorbereitungsverfahren können die Prüfergebnisse stark verzerren. Genauer gesagt sollten die Toleranzen die in den Tabellen zu den einzelnen Proben angegebenen Werte nicht überschreiten. Auch für die flacheren Zugscher- und Schälproben ist es wichtig, Vorspannungen vor dem Einspannen zu vermeiden. Dazu sollten die Proben nach der Biegung und auch nach dem Schweißen eine Winkeltoleranz von weniger als $\pm 1^\circ$ aufweisen. Bei höheren Winkeltoleranzen muss geprüft werden, ob vor dem Einspannen eine Nacharbeit möglich ist.

Im Falle der H- und der KS-2-Proben ist der Toleranzbereich für die Innenbreite, bei den Hut-Proben für die Außenbreite, der Proben $^{+0,2}_0$ mm. Der Flanschwinkel beträgt $(90 \pm 0,5)^\circ$.

5.3.4 Schweißen

Alle Parameter, die bei der Fertigung der Proben angewendet werden, müssen im Testbericht dokumentiert werden (siehe ISO 15609-5:2004, Anhang A).

Falls die Punktschweißung in Kombination mit einem Klebstoff verwendet wird, müssen die Bezeichnung und der Typ des Klebstoffs, Angaben zur Oberflächenvorbehandlung, Aushärtetemperatur usw. im Testbericht dokumentiert werden.

5.3.5 Lagerung

Proben, die an Luft bei Raumtemperatur einer Korrosionsbeanspruchung ausgesetzt sind, sollten entsprechend geschützt werden, vorzugsweise in einem inerten Medium. Vor der Prüfung sollten die Proben aus dem Lagermedium entnommen werden, wobei darauf zu achten ist, dass die Proben nicht chemisch angegriffen werden.

5.3.6 Begutachtung

Alle Proben müssen vor Durchführung der Prüfung begutachtet werden. Besondere Beachtung sollte der Probengeometrie, d. h. Breite und Flanschwinkel, sowie den Verbindungen geschenkt werden. Für die Gesamtüberprüfung der Maße wird die Anwendung einer Lehre empfohlen.

5.4 Probengeometrie

5.4.1 Allgemeines

Die Geometrie der Proben und die Lage, der Abstand und die Größe der Punktschweißungen sollte so modifiziert werden, dass die konstruktions- und herstellungsbezogenen Anforderungen berücksichtigt werden können. So können beispielsweise Punktabstand, Linsendurchmesser, Flanschbreite und Lage der Schweißung auf dem Flansch modifiziert werden, wenn dies erforderlich ist. Für die Anordnung der Probenbleche während des Schweißens und zur Sicherstellung der exakten Schweißpositionen sollten geeignete Spannvorrichtungen verwendet werden.

Derzeit werden bei der Schwingfestigkeitsprüfung verschiedene Proben verwendet. Das Ziel dieses Dokuments ist es, den Anwender bei der Auswahl der für seine Aufgabenstellung geeigneten Proben zu unterstützen:

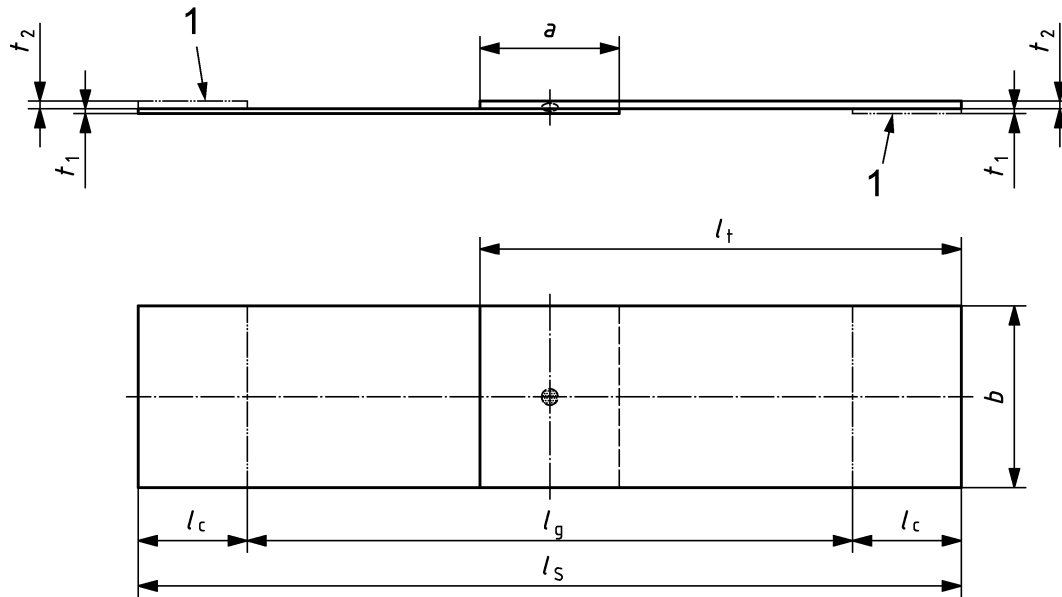
- a) Einzelpunktschweißung nach ISO 14273, siehe Bild 4;
- b) Überlapp-Flachprobe mit zwei Punktschweißungen, siehe Bild 5;
- c) Mehrpunkt-Flachproben für Scherzug- und Schälbeanspruchung, siehe Bilder 6 und 7;
- d) H-Proben für Scherzug- und Schälbeanspruchung, siehe Bilder 8 und 9;
- e) Einfach- und Doppel-Hut-Proben (unter 4-Punkt-Biegung), siehe Bilder 10 und 11;
- f) verschiedene geschlossene Querschnitte (unter 4-Punkt-Biegung), siehe Bild 12;
- g) Doppel-Teller-Probe, siehe Bild 13;
- h) KS-2-Probe, siehe Bild 14.

Die Geometrie und die Maße der verschiedenen Proben sind in den entsprechenden Bildern und Tabellen dargestellt.

5.4.2 Probengeometrie von Zugscher- und Schäl-Proben

Die Flachproben aus 5.4.1 a) und 5.4.1 b) weisen eine gegenüber normalen Konstruktionen wesentlich geringere Steifigkeit auf.

Die Flachproben unter 5.4.1 c) sind steifer und bieten größere Vorteile, z. B. kann mit ihnen der Einfluss von Parametern wie Punktabstand, Überlappung, gleichmäßige und ungleichmäßige Spannungsverteilung usw. untersucht werden. Diese Proben erfordern die Anwendung der gleichen Spannbacken wie bei den unter 5.4.1 d) angegebenen H-Proben.



Legende

1 Ausgleichsbleche werden verwendet, um beim Einspannen der Probe Ausrichtungsfehler zu vermeiden

ANMERKUNG 1 Siehe Abschnitt 4.

ANMERKUNG 2 Bei Proben, die aus Blechen mit ungleicher Dicke, t_1, t_2 , bestehen, entsprechen die jeweilige Blechdicken nach Tabelle 1 den für das dünnere Blech festgelegten Dicken.

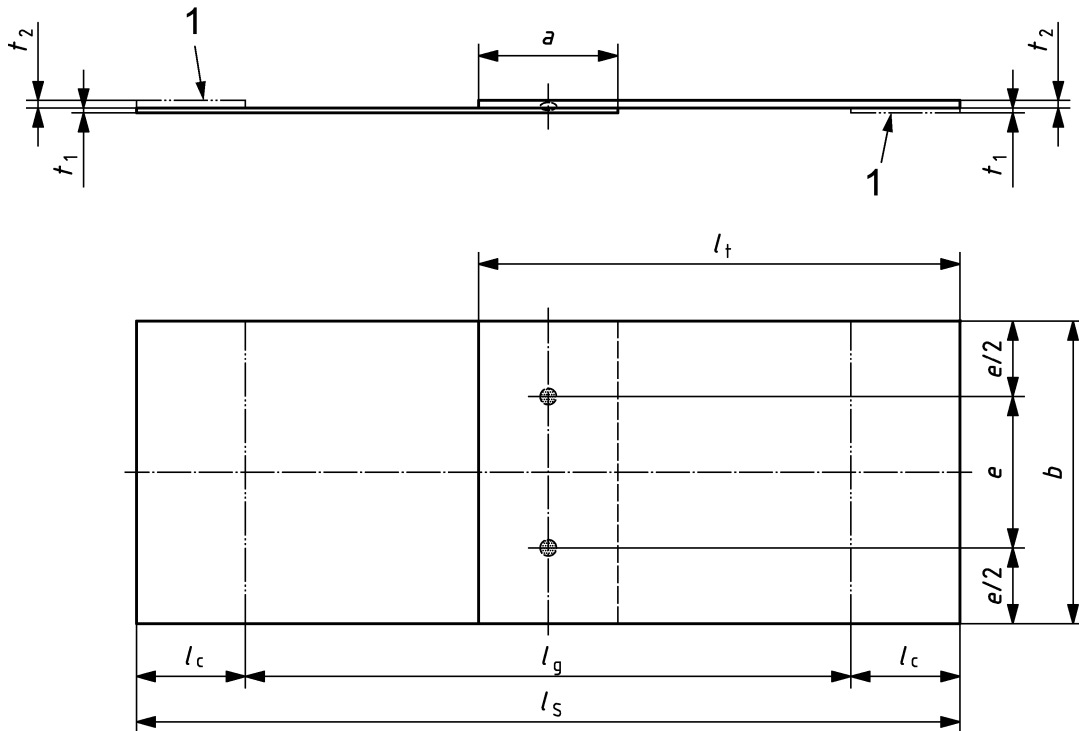
Bild 4 — Einzelpunktprobe nach ISO 14324

Tabelle 1 — Maße von Einzelpunktproben nach ISO 14324

Maße in Millimeter

Blechdicke t_1, t_2	Breite b	Überlappung a	Gesamtlänge der Probe ^a l_s	Probenlänge zwischen Spannbacken l_g	Länge des einzelnen Probenblechs ^a l_t
0,5 u t u 1,5	$45 \pm 0,5$	35	W 250	160	W 142,5
$1,5 < t$ u 3,0	$60 \pm 0,5$	46	W 320	200	W 182,5
$3,0 < t$ u 6,0	$90 \pm 0,8$	60	W 420	240	W 240

^a Diese Maße sind für ältere Prüfmaschinen mit mechanischen Klemmen anwendbar. Unter dieser Annahme sollte die Länge des eingespannten Bereichs l_c größer sein als die Probenbreite. Bei modernen Maschinen, insbesondere solchen mit hydraulischen Klemmen, können die Länge des eingespannten Bereichs sowie l_t und l_s entsprechend verringert werden.



Legende

1 Ausgleichsbleche werden verwendet, um beim Einspannen der Probe Ausrichtungsfehler zu vermeiden

ANMERKUNG 1 Siehe Abschnitt 4.

ANMERKUNG 2 Bei Proben, die aus Blechen mit ungleicher Dicke, t_1 , t_2 , bestehen, entsprechen die jeweiligen Blechdicken nach Tabelle 2 den für das dünnere Blech festgelegten Dicken.

Bild 5 — Überlapp-Flachprobe mit zwei Punktschweißungen

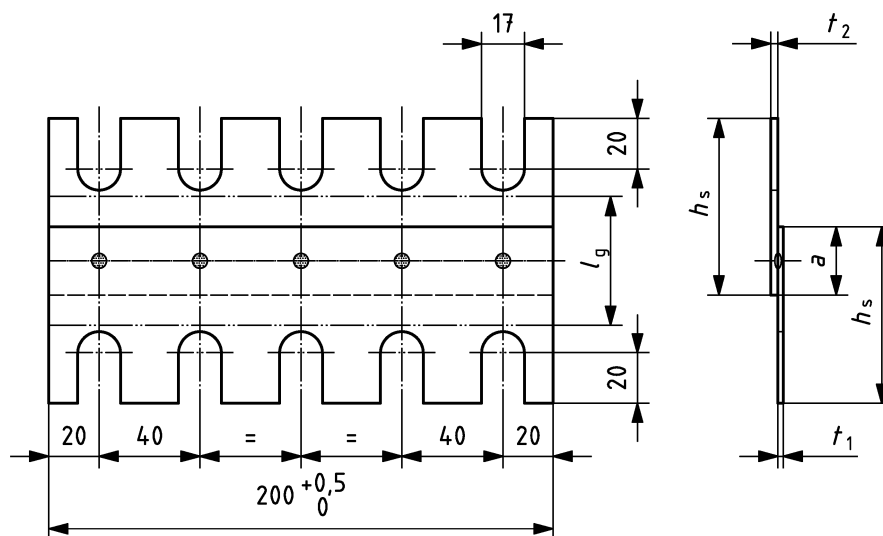
Tabelle 2 — Maße von Überlapp-Flachproben mit zwei Punktschweißungen

Maße in Millimeter

Blechdicke t_1, t_2	Breite b	Überlappung a	Länge eines einzelnen Probenblechs l_t^a	Gesamtlänge der Proben l_s^a	Probenlänge zwischen Spannbacken l_g	Punktabstand e
0,5 u $t \leq 1,5$	70	35	W 167,5	W 300	160	35
1,5 < $t \leq 3,0$	100	45	W 222,5	W 400	200	50
3,0 < $t \leq 6,0$	W 100	60	W 250	W 440	240	50

^a Diese Maße sind für ältere Prüfmaschinen mit mechanischen Klemmen anwendbar. Unter dieser Annahme sollte die Länge des eingespannten Bereichs l_c größer sein als die Probenbreite. Bei modernen Maschinen, insbesondere solchen mit hydraulischen Klemmen, können die Länge des eingespannten Bereichs sowie l_t und l_s entsprechend verringert werden.

Maße in Millimeter



ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

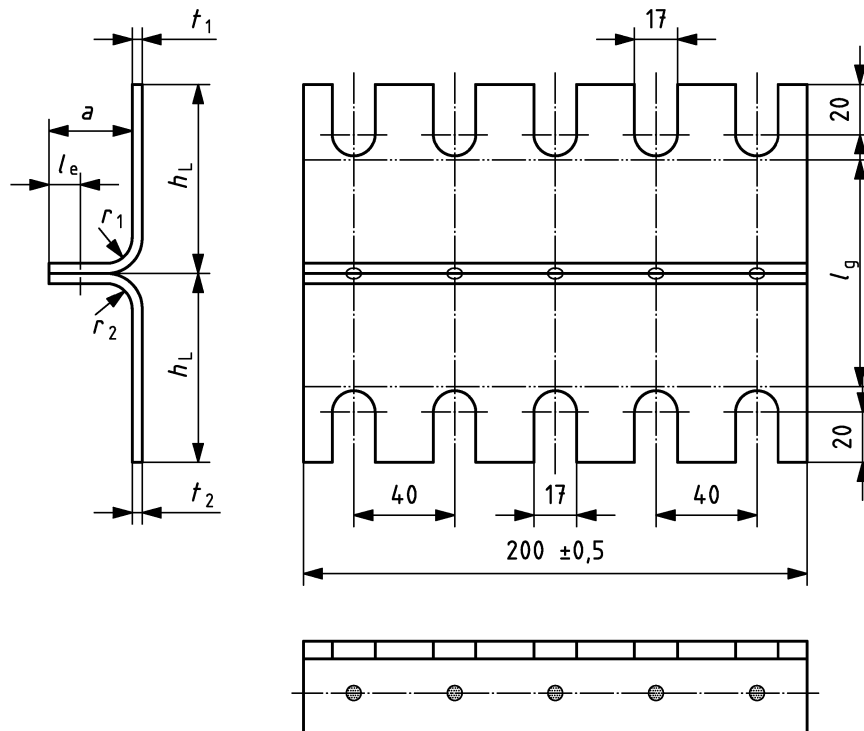
Bild 6 — Mehrpunkt-Flachprobe für Scherzugbeanspruchung

Tabelle 3 — Maße von Mehrpunkt-Flachproben für Scherzugbeanspruchung

Maße in Millimeter

Geringste Blechdicke t_1 oder t_2	Überlappung a	Probenlänge zwischen Spannbacken l_g
u 1	16	40
u 1,5	18	42
u 2	21	45
u 3	27	51
u 4	34	58
u 5	39	63

Maße in Millimeter



Legende

$$h_L = 42 + (r_1 \text{ oder } r_2)$$

$$l_g = t_1 + t_2 + r_1 + r_2 + 6 \text{ (in Millimeter)}$$

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

Bild 7 — Mehrpunkt-Probe für Schälbeanspruchung

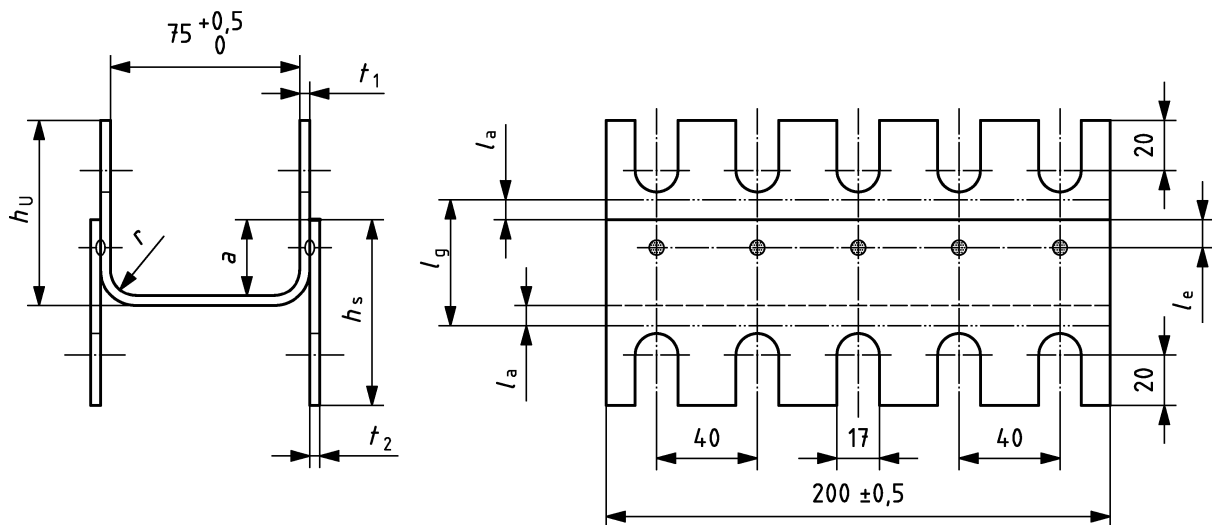
Tabelle 4 — Maße von Mehrpunkt-Flachproben für Schälbeanspruchung

Maße in Millimeter

Geringste Blechdicke t_1 oder t_2	Überlappung a	Randabstand l_e	Radius r_1 oder r_2^a
1	16	7	$2 < r < 3$
1,5	18	7,5	$3 < r < 4,5$
2	21	8,5	$4 < r < 6$
3	27	11	$6 < r < 9$
4	34	14	$8 < r < 12$
5	36,5	15	$10 < r < 15$

^a Der Biegeradius für AHS-Stähle muss möglicherweise erhöht werden. In diesem Fall können Modifizierungen der Überlappung und weiterer Maße erforderlich sein.

Maße in Millimeter



Legende

$$l_g = (2 l_a + a + t_1)$$

$$h_s = a + l_a + 36 + t_1 \text{ (in Millimeter)}$$

$$h_U = 42 + (r_1 \text{ oder } r_2)$$

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

Bild 8 — Mehrpunkt-Probe für Schälbeanspruchung

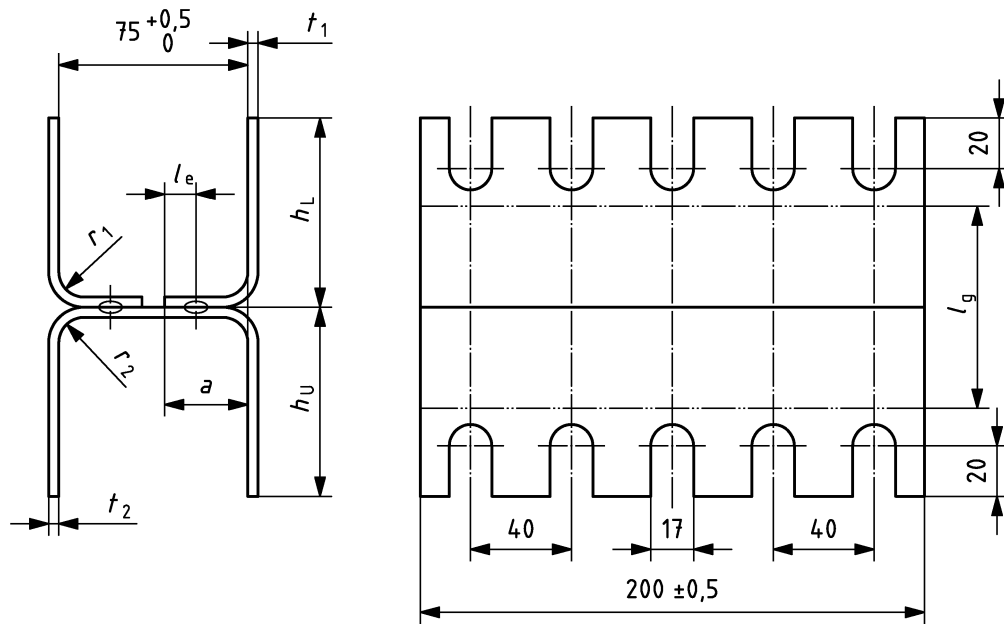
Tabelle 5 — Maße von Mehrpunkt-Flachproben für Schälbeanspruchung

Maße in Millimeter

Blechdicke	Abstand zwischen Spannbacke und Überlappung	Überlappung	Randabstand	Probenlänge zwischen Spannbacken	Radius
t_1 oder t_2	l_a	a	l_e	l_g	r^a
u 1	12	16	7	$40 + t_1$	$2 < r < 3$
u 1,5	12	18	7,5	$42 + t_1$	$3 < r < 4,5$
u 2	12	21	8,5	$45 + t_1$	$4 < r < 6$
u 3	12	27	11	$51 + t_1$	$6 < r < 9$
u 4	12	34	14	$58 + t_1$	$8 < r < 12$
u 5	12	39	15	$63 + t_1$	$10 < r < 15$

^a Der Biegeradius für AHS-Stähle muss möglicherweise erhöht werden. In diesem Fall können Modifizierungen der Überlappung und weiterer Maße erforderlich sein.

Maße in Millimeter



Legende

$$h_L = 42 + (r_1 \text{ oder } r_2)$$

$$h_U = 42 + (r_1 \text{ oder } r_2)$$

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4.

Bild 9 — H-Probe für Schälbeanspruchung

Tabelle 6 — Maße für Doppel-Teller-Proben

Maße in Millimeter

Geringste Blechdicke t_1 oder t_2	Überlappung a	Randabstand l_e	Radius r_1 oder r_2^a
1	16	7	$2 < r < 3$
1,5	18	7,5	$3 < r < 4,5$
2	21	8,5	$4 < r < 6$
3	27	11	$6 < r < 9$

^a Der Biegeradius für AHS-Stähle muss möglicherweise erhöht werden. In diesem Fall können Modifizierungen der Überlappung und weiterer Maße erforderlich sein.

5.4.3 Geometrie der Hut-Proben und der Proben mit geschlossenem Querschnitt

Werden Hut-Proben der 3-Punkt-Biegung unterzogen, kann deren statisches Verhalten unter verschiedenen Beanspruchungsarten untersucht werden. Eine Untersuchung des Tragfähigkeitsverhaltens der Schweißungen ist nicht möglich, da diese undefinierten, ungleichmäßigen Lasten ausgesetzt sind. Die Proben sind relativ schwierig herzustellen und zu prüfen. Die Schwierigkeit bei der Herstellung erhöht sich mit der Anzahl der Biegungen und der Länge der Probe. Bei 4-Punkt-Biegung ist es bei diesen Proben möglich, das Tragfähigkeitsverhalten der Schweißungen in der Achse der Schweißnaht zu untersuchen.