

DIN EN ISO 16808



ICS 77.040.10

**Metallische Werkstoffe –
Blech und Band –
Bestimmung der biaxialen Spannung/Dehnung-Kurve durch einen
hydraulischen Tiefungsversuch mit optischen Messsystemen
(ISO 16808:2014);
Deutsche Fassung EN ISO 16808:2014**

Metallic materials –
Sheet and strip –
Determination of biaxial stress-strain curve by means of bulge test with optical measuring
systems (ISO 16808:2014);
German version EN ISO 16808:2014

Matériaux métalliques –
Tôles et bandes –
Détermination de la courbe contrainte-déformation biaxiale au moyen de l'essai de
gonflement hydraulique avec systèmes de mesure optiques (ISO 16808:2014);
Version allemande EN ISO 16808:2014

Gesamtumfang 31 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16808:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee 1 „Uniaxial testing“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) erarbeitet und vom ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA „Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle“ des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

In der Literatur wird auch häufig „Fließkurve aus dem hydraulischen Tiefungsversuch“ verwendet.

Deutsche Fassung

**Metallische Werkstoffe —
Blech und Band —
Bestimmung der biaxialen Spannung/Dehnung-Kurve
durch einen hydraulischen Tiefungsversuch
mit optischen Messsystemen
(ISO 16808:2014)**

Metallic materials —
Sheet and strip —
Determination of biaxial stress-strain curve by means
of bulge test with optical measuring systems
(ISO 16808:2014)

Matériaux métalliques —
Tôles et bandes —
Détermination de la courbe contrainte-déformation biaxiale
au moyen de l'essai de gonflement hydraulique avec
systèmes de mesure optiques
(ISO 16808:2014)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. Juli 2014 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-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, 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, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Symbole und Abkürzungen	4
3 Kurzbeschreibung	5
4 Prüfausrüstung	5
5 Optisches Messsystem	9
6 Prüfstück	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Aufbringendes Gitters	10
6.2.1 Art des Gitters	10
6.2.2 Gitteraufbringung	10
7 Verfahren	10
8 Auswerteverfahren für die Bestimmung des Krümmungsradius und der Umformgrade im Kuppenbereich.....	11
9 Berechnung der biaxialen Spannung/Dehnung-Kurven.....	12
10 Prüfbericht.....	13
Anhang A (informativ) Internationaler Vergleich der für die Bestimmung der Fließkurve im hydraulischen Tiefungsversuch verwendeten Symbole	14
Anhang B (normativ) Prüfverfahren für eine Qualitätsüberprüfung des optischen Messsystems	16
B.1 Prüfverfahren	16
B.2 Nachbereitung.....	17
B.3 Bestimmung der normierten Standardabweichung	18
Anhang C (informativ) Berechnung der Krümmung auf der Grundlage einer Wirkungsfläche	19
C.1 Allgemeines	19
C.2 Berechnung der Werkstoffdicke am Kuppenpol	20
Anhang D (informativ) Bestimmung des äquibiaxialen Spannungspunktes der Fließortkurve und der Verfestigungskurve.....	21
D.1 Allgemeines	21
D.2 Verfahren	21
Literaturhinweise	29

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16808:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente 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, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16808:2014 wurde vom CEN als EN ISO 16808:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur Ermittlung der biaxialen Spannung/Dehnung-Kurve von Metallblechen mit einer Dicke unter 3 mm bei reinem Streckziehen ohne signifikanten Reibungseinfluss fest. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Zugprüfung können höhere Formänderungswerte erreicht werden.

ANMERKUNG Der in der Norm verwendete Terminus „biaxialen Spannung/Dehnung-Kurve“ ist der Einfachheit halber verwendet. Prinzipiell wird in dem Versuch die biaxiale wahre Spannung über dem Umformgrad ermittelt.

2 Symbole und Abkürzungen

Die verwendeten Symbole und Bezeichnungen sind in Tabelle 1 angegeben.

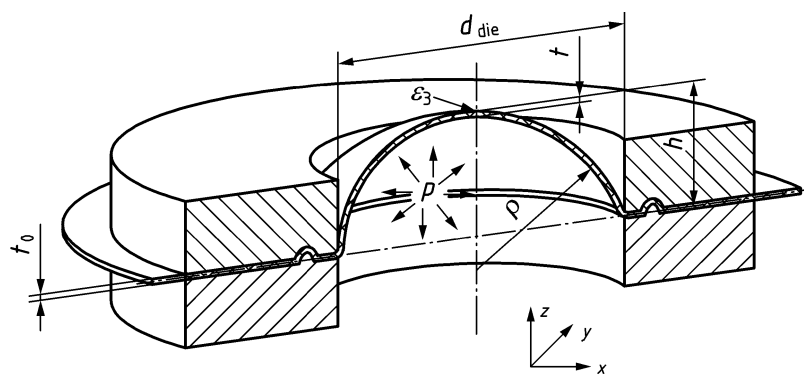
Tabelle 1

Symbol	Bezeichnung	Einheit
d_{die}	Matrizendurchmesser (innen)	mm
d_{BH}	Durchmesser des Niederhalters (innen)	mm
R_1	Matrizenkantenradius (innen)	mm
h	Ziehtiefe/-höhe (äußere Fläche)	mm
t_0	Ausgangsblechdicke	mm
t	Aktuelle Blechdicke	mm
p	Druck im Werkzeug	MPa
r_{ms}	Standardabweichung (Effektivwert)	—
ρ	Krümmungsradius	mm
r_1	Radius des Kuppenbereiches zur Bestimmung der Krümmung	mm
r_2	Radius des Kuppenbereiches zur Bestimmung der Formänderung	mm
r_{1_100}	Kuppenradius zum Bestimmen der Krümmung bei einem Matrizendurchmesser von 100 mm	mm
a_i, b_i	Beiwerte für die Wirkungsfläche	—
σ_{B}	Biaxiale Spannung	MPa
e	Technische Dehnung	—
ε_1	Hauptumformgrad	—
ε_2	Nebenumformgrad	—
ε_3	Umformgrad in Dickenrichtung	—
ε_{E}	Vergleichsumformgrad	—
l_{s}	Koordinate und Länge einer Schnittlinie	mm
dz	Verschieben in z -Richtung	mm
dz_{mv}	Verschieben nach Bewegungskorrektur	mm

3 Kurzbeschreibung

Eine Ronde wird an ihrem Rand komplett in ein Werkzeug zwischen Matrize und Niederhalter eingespannt. Es wird eine Wölbung gebildet, indem eine Flüssigkeit gegen das Blech gedrückt wird, bis ein Riss auftritt (Bild 1). Während dem hydraulischen Tiefungsversuch wird der Druck der Flüssigkeit gemessen und die Entwicklung der Blechumformung wird mit einem optischen Messgerät aufgezeichnet [1], [2], [3]. Basierend auf der aufgezeichneten Blechumformung werden die folgenden Größen in der Nähe des Kuppenpols bestimmt: Die örtliche Krümmung, die Umformgrade auf der Oberfläche, und die aktuelle Blechdicke unter der Voraussetzung der Inkompressibilität des Werkstoffes. Weiterhin wird die biaxiale Spannung aus dem Flüssigkeitsdruck, der Dicke und dem Krümmungsradius berechnet, wobei der Spannungszustand eines dünnwandigen kugelförmigen Druckbehälters in der Nähe des Kuppenpols vorausgesetzt wird.

ANMERKUNG Zusätzlich zu den Verfahren der hydraulischen Tiefungsversuche mit optischen Messsystemen, die in [1] vorgestellt und nachfolgend beschrieben werden, gibt es ebenfalls Lasersysteme [4], [5], [6] oder Tastsysteme [7], [8], [9] zur Messung des Umformungszustandes der Probe, die in dieser Internationalen Norm nicht behandelt werden.



Legende

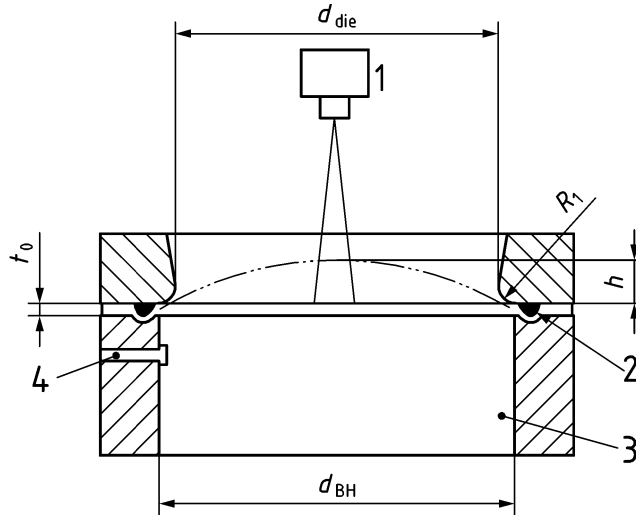
- h Ziehtiefe/-höhe (äußere Fläche)
- p Druck im Werkzeug
- ϵ_3 Umformgrad in Dickenrichtung (am Kuppenpol)
- d_{die} Matrizendurchmesser (innen)
- ρ Krümmungsradius
- t_0 Ausgangsblechdicke
- t Aktuelle Blechdicke

Bild 1 — Kurzbeschreibung des hydraulischen Tiefungsversuchs

Der Koordinatenursprung muss sich im Mittelpunkt des Niederhalters befinden. Die xy -Ebene sollte parallel zur Fläche des Niederhalters liegen (parallel zum eingespannten Metallblech vor dem Umformen). Hier entspricht die x -Richtung der Walzrichtung. Die z -Richtung muss senkrecht zum eingespannten Metallblech vor dem Umformen liegen, mit der positiven Richtung auf den optischen Sensor ausgerichtet.

4 Prüfausrüstung

4.1 Der hydraulische Tiefungsversuch ist an einer Maschine durchzuführen, die mit einer Matrize, einem Niederhalter und einer Flüssigkeitskammer ausgestattet ist. Die empfohlene Ausrüstung wird in Bild 2 dargestellt.



Legende

- 1 System für die Messung des Umformvorgangs
- 2 Klemmsicke
- 3 Flüssigkeitskammer
- 4 Druckmesssystem

Bild 2 — Vorschlag für einen Prüfaufbau (Prinzipzeichnung)

4.2 Der Aufbau der Prüfvorrichtung muss zulassen, die äußere Oberfläche der Probe während der Prüfung durchgehend zu messen, d. h. es sollte möglich sein, die Verformung der Geometrie durch die Aufzeichnung der Entwicklung der Koordinaten x, y und z eines Gitters auf der sich umformenden Blechfläche zu bestimmen, um die Form und die Umformgrade im zentralen Untersuchungsbereich zu berechnen, bevor Versagen auftritt.

4.3 Während der Prüfung muss das System in der Lage sein, die Koordinaten x, y und z eines Gitters auf der sich biegenden Fläche des Prüfkörpers optisch (ohne Berührung) zu messen. Aus diesen Koordinaten werden die Umformgrade ε_1 und ε_2 für jeden Punkt des ausgewählten Bereiches, der Umformgrad in Dickenrichtung ε_3 sowie der Krümmungsradius ρ für den Kuppenpol berechnet.

4.4 Das System sollte mit einem Messsystem in der Druckflüssigkeitskammer ausgestattet sein. Ein indirektes Messsystem ist ebenfalls zulässig. Ausgehend von 20 % des maximalen gemessenen Druckwertes sollte die Genauigkeit 1 % des tatsächlich gemessenen Wertes betragen.

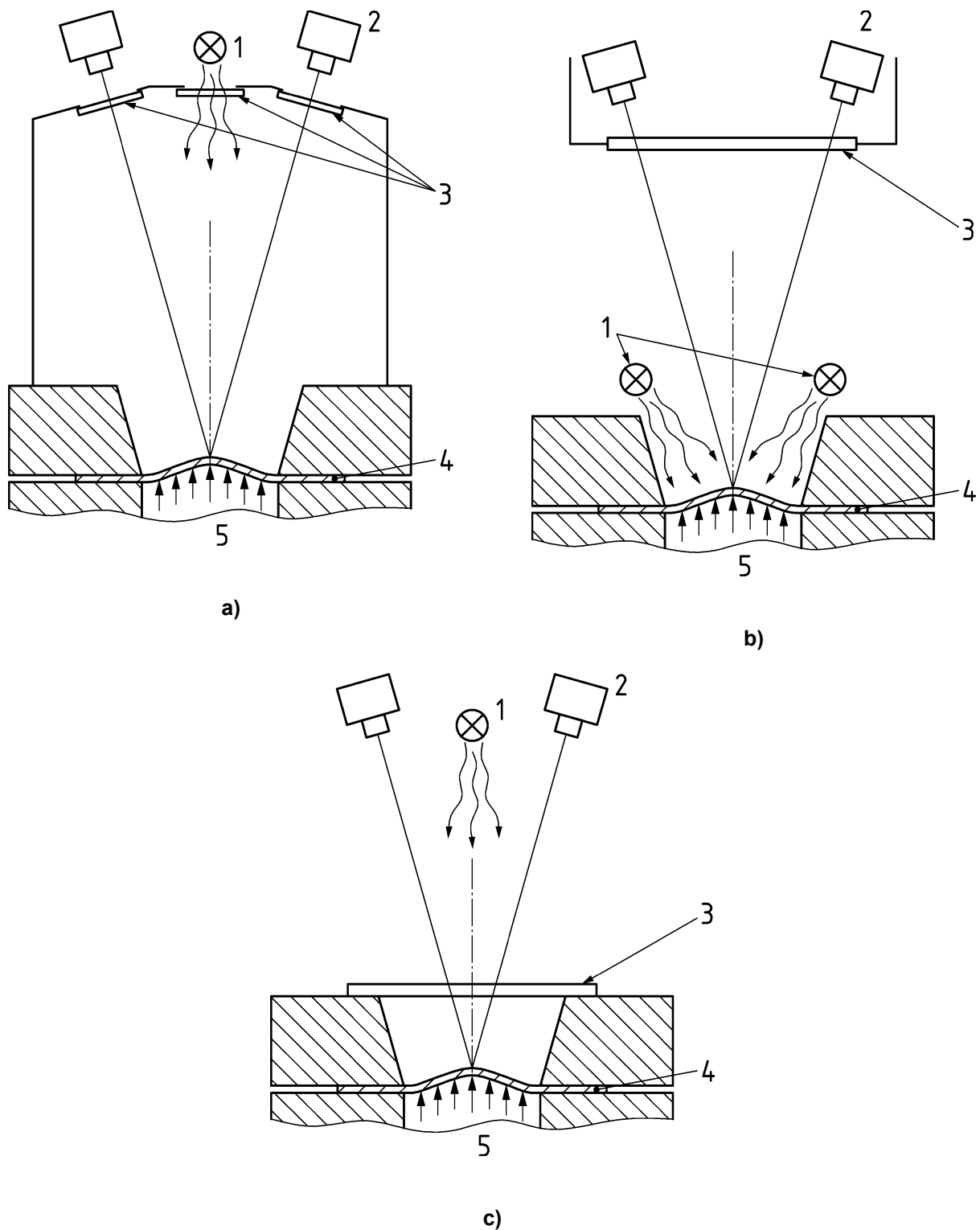
4.5 Die Matrize, der Niederhalter und die Flüssigkeitskammer müssen ausreichend starr sein, um Eigenverformung während der Prüfung zu minimieren. Die Kraft des Niederhalters muss groß genug sein, um den Niederhalter geschlossen zu halten. Jede Bewegung der Probe zwischen Niederhalter und Matrize sollte vermieden werden. Normalerweise wirkt während der Prüfung der Druck auf Teile des Niederhalters ein und verringert die tatsächliche Kraft des Niederhalters. Das ist zu berücksichtigen, wenn die erforderliche Kraft des Niederhalters festgelegt wird.

4.6 Die Flüssigkeit muss die Blechoberfläche berühren (ohne Luftblasen), um Energiespeicherung durch komprimierte Luftblasen während der Prüfung zu vermeiden, was bei Versagen zu höherer Energiefreisetzung und vermehrtem Herausspritzen von Öl führen würde. Während der Prüfung darf bis zum Versagen keine Flüssigkeit durch den Niederhalter, die Matrize und das Blech oder anderweitig austreten.

4.7 Eine Klemmsicke (oder eine vergleichbare Geometrie in der runden Fläche) ist empfehlenswert und muss so ausgeführt sein, dass der Werkstofffluss unterdrückt wird. Die Klemmsicke darf keine Risse im Werkstoff hervorrufen. Die Klemmsicke ist zwischen dem Niederhalter und der Matrize anzuordnen. Das Anbringen in der Nähe des Matrizenradius ist empfehlenswert. Die Geometrie der Klemmsicke sollte eine Krümmung und Faltenbildung bei Werkzeugschließung vermeiden sowie das Verrutschen des Bleches während der Prüfung verhindern.

4.8 Das Anbringen von Glasplatten vor den Linsen und der Beleuchtung wird empfohlen, um das optische Messsystem vor herausspritzendem Öl bei Versagen des Bleches am Ende der Prüfung zu schützen [7], [12]. Die Platten können am Niederhalter (dickes Glas) oder in der Nähe der Kameralinsen und Beleuchtung (dünneres Glas) angebracht sein, siehe Bild 3. Die eingesetzte Schutzvorrichtung darf die Qualität der optischen Messung nicht beeinträchtigen (siehe Abschnitt 5). Die Glasplatten sind nach jeder Prüfung gründlich zu reinigen, ohne sie zu beschädigen oder zu zerkratzen, und anschließend an derselben Stelle wieder anzuordnen, um die Kalibrierung nicht zu verändern. Üblicherweise wird die Qualität der Messung durch eine Kalibrierung des optischen Systems unter Einbeziehung der Schutzvorrichtung erhöht.

4.9 Der kleinste empfohlene Matrizendurchmesser sollte ein Verhältnis von Matrizendurchmesser zur Ausgangsblechdicke von $d_{\text{die}} / t_0 \geq 33$ haben (siehe Bild 2). Der Radius der Matrize sollte während der Prüfung nicht zu Rissen im Blech führen. Eine Empfehlung lautet $(5 \times t_0)$ bis $(15 \times t_0)$ (maximal 15 mm).



Legende

- 1 Beleuchtung
- 2 Kameras
- 3 Glasplatten
- 4 Probe
- 5 Flüssigkeit

Bild 3 — Beispiele für die mögliche Positionierung von Ölabschirmplatten und Beleuchtung