

**DIN EN ISO 8401**

ICS 17.040.20

Ersatz für  
DIN EN ISO 8401:1995-01**Metallische Schutzschichten –  
Überblick über Verfahren zur Messung der Duktilität (ISO 8401:2017);  
Deutsche Fassung EN ISO 8401:2017**

Metallic coatings –  
Review of methods of measurement of ductility (ISO 8401:2017);  
German version EN ISO 8401:2017

Revêtements métalliques –  
Vue d'ensemble sur les méthodes de mesurage de la ductilité (ISO 8401:2017);  
Version allemande EN ISO 8401:2017

Gesamtumfang 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)



## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 8401:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Der zuständige deutsche Arbeitsausschuss ist der NA 062-01-61 AA „Mess- und Prüfverfahren für metallische und andere anorganische Überzüge“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

### **Änderungen**

Gegenüber DIN EN ISO 8401:1995-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur der Gleichung (C.10);
- b) Anpassung an die aktuellen Gestaltungsregeln.

### **Frühere Ausgaben**

DIN EN ISO 8401: 1995-01

Deutsche Fassung

Metallische Schutzschichten —  
Überblick über Verfahren zur Messung der Duktilität  
(ISO 8401:2017)

Metallic coatings —  
Review of methods of measurement of ductility  
(ISO 8401:2017)

Revêtements métalliques —  
Vue d'ensemble sur les méthodes de mesurage  
de la ductilité  
(ISO 8401:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Februar 2017 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, Serbien, 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 |
|---------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                        | 4     |
| Vorwort .....                                     | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                         | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                    | 6     |
| 3 Begriffe .....                                  | 6     |
| 4 Kurzbeschreibung .....                          | 7     |
| 5 Prüfungen an freien Folien .....                | 8     |
| 5.1 Allgemeines .....                             | 8     |
| 5.2 Zugversuch .....                              | 9     |
| 5.2.1 Kurzbeschreibung .....                      | 9     |
| 5.2.2 Prüfeinrichtung .....                       | 9     |
| 5.2.3 Herstellung der Proben .....                | 9     |
| 5.2.4 Durchführung .....                          | 11    |
| 5.2.5 Darstellung der Ergebnisse .....            | 11    |
| 5.2.6 Anmerkungen zur Durchführung .....          | 11    |
| 5.3 Biegeversuch (mit Mikrometerschraube) .....   | 12    |
| 5.3.1 Allgemeines .....                           | 12    |
| 5.3.2 Prüfeinrichtung .....                       | 12    |
| 5.3.3 Herstellung der Proben .....                | 12    |
| 5.3.4 Durchführung .....                          | 12    |
| 5.3.5 Darstellung der Ergebnisse .....            | 13    |
| 5.4 Faltung (Prüfung mit Schraubstock) .....      | 15    |
| 5.4.1 Allgemeines .....                           | 15    |
| 5.4.2 Prüfeinrichtung .....                       | 15    |
| 5.4.3 Herstellung der Proben .....                | 15    |
| 5.4.4 Durchführung .....                          | 15    |
| 5.4.5 Ergebnisse .....                            | 15    |
| 5.5 Hydraulische Wölbung .....                    | 16    |
| 5.5.1 Allgemeines .....                           | 16    |
| 5.5.2 Kurzbeschreibung .....                      | 16    |
| 5.5.3 Prüfeinrichtung .....                       | 17    |
| 5.5.4 Durchführung .....                          | 17    |
| 5.5.5 Darstellung der Ergebnisse .....            | 18    |
| 5.5.6 Anmerkungen zur Durchführung .....          | 18    |
| 5.6 Mechanische Wölbung .....                     | 18    |
| 5.6.1 Allgemeines .....                           | 18    |
| 5.6.2 Prüfeinrichtung .....                       | 19    |
| 5.6.3 Durchführung .....                          | 19    |
| 5.6.4 Darstellung der Ergebnisse .....            | 20    |
| 5.6.5 Sonderfälle .....                           | 20    |
| 6 Prüfungen an Überzügen auf den Substraten ..... | 22    |
| 6.1 Allgemeines .....                             | 22    |
| 6.2 Zugversuch .....                              | 23    |
| 6.2.1 Prüfeinrichtung .....                       | 23    |
| 6.2.2 Probenvorbereitung .....                    | 23    |

|                                                                                                                           |                                            |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----|
| 6.2.3                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 23 |
| 6.3                                                                                                                       | Dreipunkt-Biegung [10] .....               | 24 |
| 6.3.1                                                                                                                     | Kurzbeschreibung .....                     | 24 |
| 6.3.2                                                                                                                     | Prüfeinrichtung .....                      | 24 |
| 6.3.3                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 25 |
| 6.3.4                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 25 |
| 6.4                                                                                                                       | Vierpunkt-Biegung [11] .....               | 26 |
| 6.4.1                                                                                                                     | Allgemeines .....                          | 26 |
| 6.4.2                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 27 |
| 6.5                                                                                                                       | Biegung um einen Zylinderdorn .....        | 27 |
| 6.5.1                                                                                                                     | Kurzbeschreibung .....                     | 27 |
| 6.5.2                                                                                                                     | Prüfeinrichtung .....                      | 27 |
| 6.5.3                                                                                                                     | Herstellung der Probe .....                | 28 |
| 6.5.4                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 28 |
| 6.5.5                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 28 |
| 6.5.6                                                                                                                     | Anmerkungen zur Durchführung .....         | 29 |
| 6.6                                                                                                                       | Biegung um einen spiralförmigen Dorn ..... | 29 |
| 6.6.1                                                                                                                     | Kurzbeschreibung .....                     | 29 |
| 6.6.2                                                                                                                     | Prüfeinrichtung .....                      | 29 |
| 6.6.3                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 29 |
| 6.6.4                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 29 |
| 6.7                                                                                                                       | Biegung um einen kegelförmigen Dorn .....  | 30 |
| 6.7.1                                                                                                                     | Kurzbeschreibung .....                     | 30 |
| 6.7.2                                                                                                                     | Prüfeinrichtung .....                      | 31 |
| 6.7.3                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 31 |
| 6.7.4                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 31 |
| 6.7.5                                                                                                                     | Sonderfälle .....                          | 31 |
| 6.8                                                                                                                       | Mechanische Wölbung .....                  | 32 |
| 6.8.1                                                                                                                     | Prüfeinrichtung .....                      | 32 |
| 6.8.2                                                                                                                     | Herstellung der Proben .....               | 32 |
| 6.8.3                                                                                                                     | Durchführung .....                         | 32 |
| 6.8.4                                                                                                                     | Darstellung der Ergebnisse .....           | 32 |
| 7                                                                                                                         | Auswahl des Prüfverfahrens .....           | 32 |
| 8                                                                                                                         | Prüfbericht .....                          | 33 |
| Anhang A (informativ) Verfahren zur Herstellung von Folien .....                                                          |                                            | 34 |
| Anhang B (informativ) Berechnung der Duktilität bei Vergrößerung der wirksamen Oberfläche einer Folie (Ausbauchung) ..... |                                            | 36 |
| Anhang C (informativ) Berechnung der Duktilität und Zugfestigkeit beim hydraulischen Wölbungstest .....                   |                                            | 39 |
| Anhang D (informativ) Berechnung der Duktilität beim mechanischen Wölbungstest .....                                      |                                            | 42 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                   |                                            | 43 |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 8401:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2017 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.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 8401:1994.

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 8401:2017 wurde von CEN als EN ISO 8401:2017 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](http://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](http://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](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 107, *Metallic and other inorganic coatings*.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 8401:1986), welche geringfügig überarbeitet wurde. Die folgenden Änderungen wurden vorgenommen:

- Gleichung (C.10) wurde korrigiert;
- redaktionelle Änderung zur Anpassung an den Teil 2 der ISO-Direktiven von 2016.

## 1 Anwendungsbereich

In diesem Dokument sind allgemeine Verfahren zur Messung der Duktilität von metallischen Überzügen mit einer Dicke kleiner als 200 µm festgelegt, die durch elektrolytische Abscheidung, autokatalytische Abscheidung oder andere Verfahren aufgebracht wurden.

Es ist anwendbar auf die beiden folgenden Verfahren:

- Prüfungen an freien Folien (vom Substrat abgehoben);
- Prüfungen der Überzüge auf Substraten.

Es ist nicht anzuwenden auf Internationale Normen, welche für einzelne Überzüge spezielle Prüfverfahren beinhaltet. In diesen Fällen werden die festgelegten Verfahren, die zuvor zwischen Lieferer und Besteller vereinbart wurden, den Verfahren bevorzugt, welche in diesem Dokument festgelegt sind.

## 2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten 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>

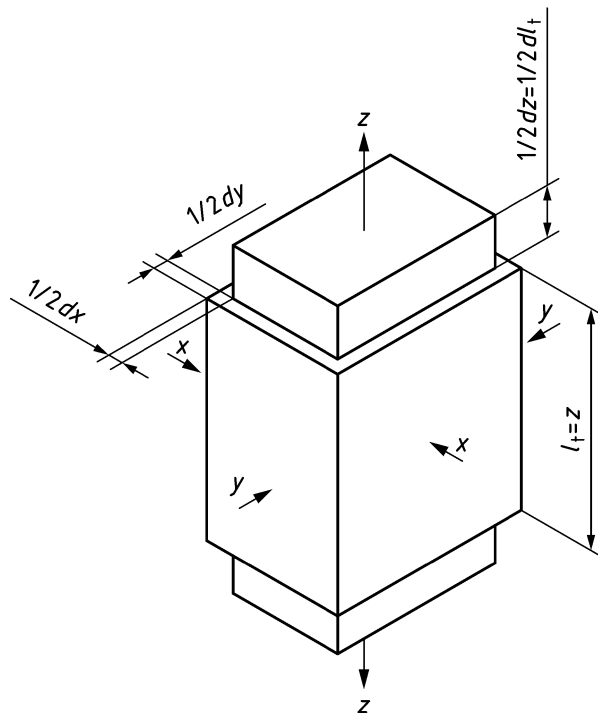
**3.1  
Duktilität**  
Fähigkeit eines metallischen oder anderen Überzugs, eine bleibende und/oder elastische Verformung ohne Bruch oder Rissbildung zu ertragen

**3.2  
lineare Dehnung**  
Verhältnis der Verlängerung  $\Delta l$  zur festgelegten Anfangslänge  $l_0$  einer Probe

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie dient als Maß für die Duktilität.

Anmerkung 2 zum Begriff: Häufig wird dieses Verhältnis in Prozent ausgedrückt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Allgemeinen werden die Proben gedehnt [siehe Bild 1 a)]. Bei bestimmten Biegeversuchen wird die Deckschicht der Probe, d. h. die elektrolytisch aufgebrachte Schicht, gedehnt. Beim Wölbungstest wird jedoch die Oberfläche der Folie vergrößert, wodurch die Berechnung der linearen Dehnung aus der Verringerung der Dicke erforderlich ist. Die Berücksichtigung der Verformungskomponente (Ausdehnung) in nur einer Achse würde zu irreführenden Angaben über die Duktilität des Werkstoffs führen [siehe Bild 1 b)]. In diesen Fällen ist die aus der Vergrößerung der wirksamen Oberfläche berechnete Dickenverringerung der Folie ein vorteilhafteres Maß für die Duktilität des Werkstoffs (siehe Anhang B).



$$xyz = (x - dx)(y - dy)(z + dz)$$

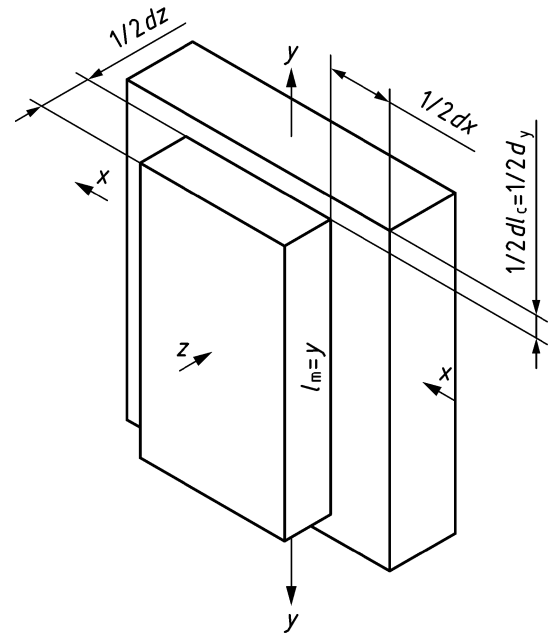
$$xyz = xyz + xydz - xzdy - yzdx$$

$$\frac{dz}{z} = \frac{dy}{y} + \frac{dx}{x}$$

$$\frac{dz}{z} > \frac{dy}{y}$$

$$\frac{dl_t}{l_t} = \frac{dz}{z}$$

a) Zugversuch



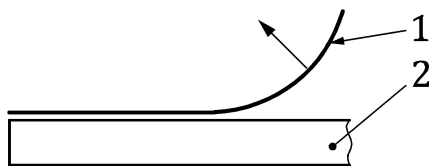
b) Tiefungsprüfung

Bild 1 — Zugversuch und Tiefungsprüfung

## 4 Kurzbeschreibung

**4.1** Bei der Prüfung an freien Folien, die vom Substrat abgehoben sind (siehe Bild 2), können die Folien aus einer oder mehreren metallischen Schichten bestehen. Dadurch sind die Messung der Duktilität von Verbundwerkstoffen sowie die Bestimmung des Einflusses der einzelnen Schichten auf die Gesamtduktilität möglich. Verfahren für Prüfungen an freien Folien werden im Abschnitt 5 beschrieben. Verfahren zur Herstellung der Folien für die Prüfung werden im Anhang A erörtert.

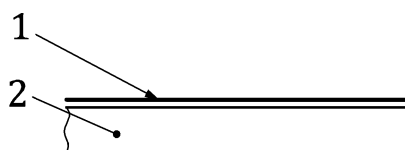
**4.2** Bei der Prüfung von Überzügen auf den Substraten (siehe Bild 3) ist es besonders wichtig, den genauen Punkt für die Risseinleitung auf der Deckschicht zu bestimmen. Es wird auf die unterschiedlichen Verfahren zur Erkennung dieses Punktes bei normalem oder entsprechend korrigiertem Sehvermögen oder mit einer Lupe aufmerksam gemacht. Siehe Anleitung für die einzelnen Verfahren. Diese Verfahren können auch dazu verwendet werden, eine Versprödung des Substrats aufzuzeigen, die sich beim Beschichtungsvorgang ergeben haben kann. Verfahren zur Prüfung der Überzüge auf den Substraten werden im Abschnitt 6 beschrieben.



#### Legende

- 1 Metallfolie
- 2 Substrat

**Bild 2 — Folie, welche vom Substrat getrennt werden kann**



#### Legende

- 1 Überzug
- 2 Substrat

**Bild 3 — Überzug auf dem Substrat**

**4.3** Obwohl die Duktilität eine Werkstoffeigenschaft und von den Maßen der Probe unabhängig ist, kann die Dicke des Überzugs den Wert der linearen Dehnung ( $\Delta l/l_0$ ) beeinflussen.

**4.3.1** Sehr dünne Überzüge haben andere Eigenschaften, da der Aufbau der ersten Schichten von den Eigenschaften des Substrats (Epitaxie) beeinflusst wird. In den ersten Schichten der Abscheidung können hohe Eigenspannungen auftreten, die auf die Duktilität einwirken können.

**4.3.2** Es ist wesentlich, dass die Probe eine gleichmäßige Dicke aufweist, da dünnere Stellen eine vorzeitige Rissbildung einleiten. Ferner ist die Stromdichte bei elektrolytisch beschichteten Proben an dünneren Teilen niedriger und an dickeren Teilen höher; darum können Unterschiede in der Stromdichte zu unterschiedlicher Duktilität führen. Die angewendete Stromdichte sollte über die gesamte Probe möglichst gleichmäßig beibehalten und ihr Wert protokolliert werden.

## 5 Prüfungen an freien Folien

### 5.1 Allgemeines

Die Verfahrensweisen bei diesen Prüfungen umfassen die Messung einer vom Substrat abgehobenen Folie (siehe Bild 2). Dabei kann die zu prüfende Folie auch aus mehreren Schichten bestehen, so dass die Ermittlung des Einflusses von Zwischenschichten auf die Duktilität von Mehrschichtfolien möglich wird. Beispiele sind Goldflash auf Gold-Kupfer-Legierungen und chrombeschichtete Nickelschichten. Verfahren zum Herstellen von freien Folien sind im Anhang A angegeben.

Es werden fünf Verfahren angegeben: Zugversuch (5.2), Biegeversuch (mit Mikrometerschraube) (5.3), Faltung (Prüfung mit Schraubstock) (5.4), Hydraulische Wölbung (5.5), mechanische Wölbung (5.6).

## 5.2 Zugversuch

### 5.2.1 Kurzbeschreibung

Bestimmung der linearen Dehnung einer Folie, die in die Spannbacken einer Zugprüfmaschine gespannt wird. Bei dieser Art der Beanspruchung wird die Folie verlängert, in Breite und Dicke jedoch verringert.

### 5.2.2 Prüfeinrichtung

Für dieses Prüfverfahren kann eine herkömmliche Prüfeinrichtung für mechanische Prüfungen verwendet werden, die handelsüblich und in vielen metallurgischen Labors vorhanden ist [1]. Für einige Anwendungsfälle können Zugprüfmaschinen verwendet werden, bei denen eine mikroskopische Überwachung des Prüfablaufes erfolgt.

### 5.2.3 Herstellung der Proben

Die Proben können aus der Folie herausgearbeitet, ausgestanzt oder ausgeschnitten werden, oder sie können durch Fotoprint mit Hilfe lichtempfindlicher Lacke oder Folien hergestellt werden, die auf einen geeigneten Trägerwerkstoff aufgedruckt werden. Nach der Entwicklung der Struktur der Probe wird sie durch elektrolytisches Beschichten in ihre Endform überführt. Ein ähnliches Verfahren ätzt die gewünschte Form chemisch oder elektrochemisch aus einer Folie, auf die ein geeigneter Resist durch Siebdruck oder in Form eines lichtempfindlichen Fotoresists aufgebracht wurde. Die letztgenannten Verfahren sind in der Industrie für gedruckte Schaltungen weit verbreitet. Die Proben haben im Allgemeinen eine rechteckige Form (siehe Tabelle 1 für empfohlene Maße), können jedoch an beiden Enden verbreitert werden, um ein Abreißen in den Spannbacken zu vermeiden (siehe Bild 4).

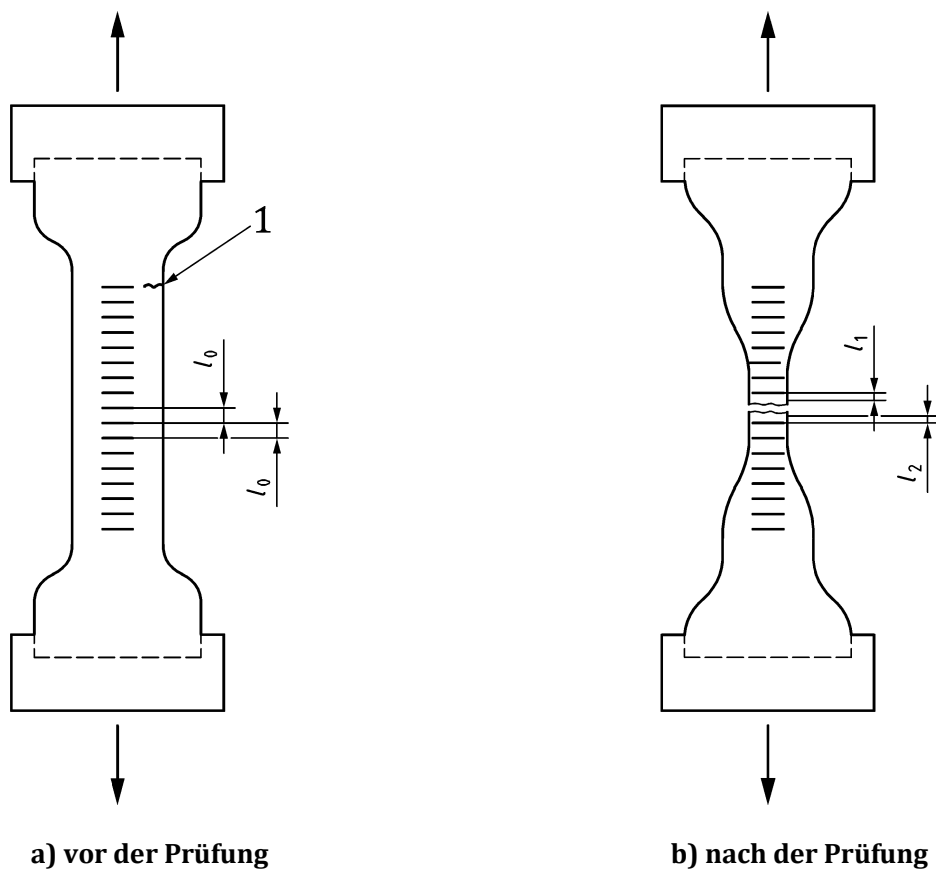
**Tabelle 1 — Mögliche Maße für Proben für den Zugversuch [1]**

|                |     |      |      |
|----------------|-----|------|------|
| Messlänge (mm) | 200 | 50   | 25   |
| Breite (mm)    | 40  | 12,5 | 6,25 |

Einige Verfahren für die Probenherstellung können Mikrorisse an den Kanten verursachen, die zu einem vorzeitigen Versagen und fehlerhaften Ergebnissen führen. Die Herstellung der Proben unter Einbeziehung von Fotoprints oder Elektroforming wird bevorzugt, um Kantenfehler zu vermeiden.

Proben, die durch elektrolytisches Beschichten in Endform gebracht wurden, können dickere Kanten haben, falls keine Abschirmung oder andere Verfahrensweisen verwendet werden, um eine gleichmäßige Stromverteilung zu sichern (siehe Bild 5).

Entsprechend Bild 4 a) sind auf der Oberfläche der Probe Messmarken in gleichem Abstand voneinander anzubringen. Vor der Prüfung ist der Abstand zwischen den Messmarken zu bestimmen.



$$l_0 + \Delta l = l_1 + l_2$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 + l_2 - l_0}{l_0}$$

#### Legende

1 Mikrorisse

**Bild 4 — Probe des Zugversuches vor und nach der Prüfung**

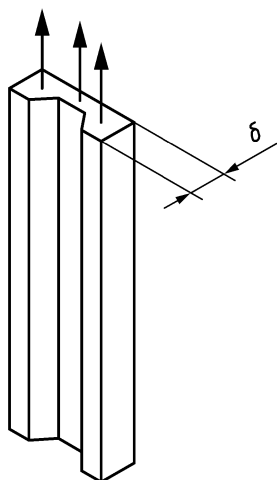


**Bild 5 — Elektrolytisch beschichtetes Probestück mit dickeren Kanten**

#### 5.2.4 Durchführung

Die Probe ist in die Klemmbacken der Zugprüfmaschine einzuspannen und unter Verwendung einer ausgewählten Geschwindigkeit der Traverse zu beanspruchen. Nach der Prüfung ist der Abstand zwischen den Messmarken auf den Proben zu bestimmen [siehe Bild 4 b)].

#### 5.2.5 Darstellung der Ergebnisse

##### 5.2.5.1 Berechnung

Die in Prozent angegebene Duktilität  $D$  ist nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$D = \frac{l_1 + l_2 - l_0}{l_0} \times 100 \quad (1)$$

Dabei ist

$l_0$  der Abstand zwischen den Messmarken vor der Prüfung;

$l_1 + l_2$  der Abstand zwischen den Messmarken nach der Prüfung.

##### 5.2.5.2 Variationskoeffizient

Mechanisch hergestellte Proben können Variationskoeffizienten  $s/\bar{D}$  von 20 % haben (dabei sind  $s$  die Standardabweichung und  $\bar{D}$  die mittlere Duktilität).

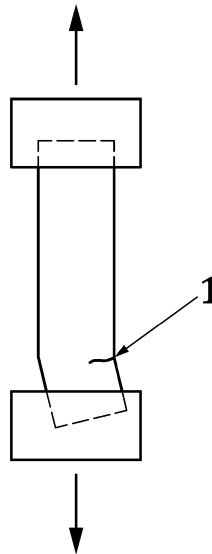
Durch elektrolytisches Beschichten in die endgültige Form unter Verwendung von Abschirmungen zur Sicherung einer gleichmäßigen Stromverteilung können Proben hergestellt werden, die geringere Variationskoeffizienten haben.

#### 5.2.6 Anmerkungen zur Durchführung

**5.2.6.1** Die Einschnürung der Probe [siehe Bild 4 b)] kann die Messung sehr geringer Längenänderungen und den Einsatz eines Mikroskops mit einer Feineinstellungsskala erfordern.

**5.2.6.2** Das Einspannen zerbrechlicher dünner Proben in die Spannbacken einer Zugprüfmaschine kann zu Vorspannungen in den Proben führen, die den wahren Dehnungswert verringern.

**5.2.6.3** Es ist zu beachten, dass ein Verdrehen der Probe zu vermeiden ist (siehe Bild 6).



### Legende

1 Mikrorisse

**Bild 6 — Verdrehte Probe**

**5.2.6.4** Können diese Fehlerquellen (5.2.6.1 bis 5.2.6.3) nicht vermieden werden, sollten andere Messverfahren für die Duktilität verwendet werden.

## 5.3 Biegeversuch (mit Mikrometerschraube)

### 5.3.1 Allgemeines

Das Verfahren ist nur für die Beurteilung von Metallfolien mit niedriger Duktilität geeignet [2]. Die erhaltenen Werte haben keine einfache Beziehung zu Werten, die nach anderen Verfahren gewonnen wurden. Das hier beschriebene Verfahren ist für spröde Metalle, z. B. für Glanznickel, vorteilhaft.

### 5.3.2 Prüfeinrichtung

#### 5.3.2.1 Mikrometerschraube.

#### 5.3.3 Herstellung der Proben

Aus der zu prüfenden Folie sind Streifen von  $0,5\text{ cm} \times 7,5\text{ cm}$  zu schneiden. Im Allgemeinen beträgt die Dicke der Folien  $25\text{ }\mu\text{m}$  bis  $40\text{ }\mu\text{m}$ . Die unter 5.2.3 und 5.2.6 beschriebenen Schwierigkeiten gelten auch für diese Prüfung. Mit einem Messgerät oder nach einem Verfahren, womit die zu bestimmende Dicke mit einer Unsicherheit von höchstens 5 % gemessen werden kann, ist die Dicke der Probe am Biegepunkt zu messen.

#### 5.3.4 Durchführung

Die Probe ist in U-Form zu biegen und zwischen den Backen einer Mikrometerschraube (5.3.2.1) so anzuordnen, dass beim Schließen der Backen die Biegung zwischen den Backen bleibt. Die Backen der Mikrometerschraube sind langsam zu schließen, bis die Folie reißt.

Die Ablesung an der Mikrometerschraube ist ebenso wie die Dicke der Folie zu protokollieren (siehe Bild 7).

Die Prüfung ist mindestens zweimal durchzuführen.