

Die neue Ausgabe der DIN EN ISO 6892-1:2017-02

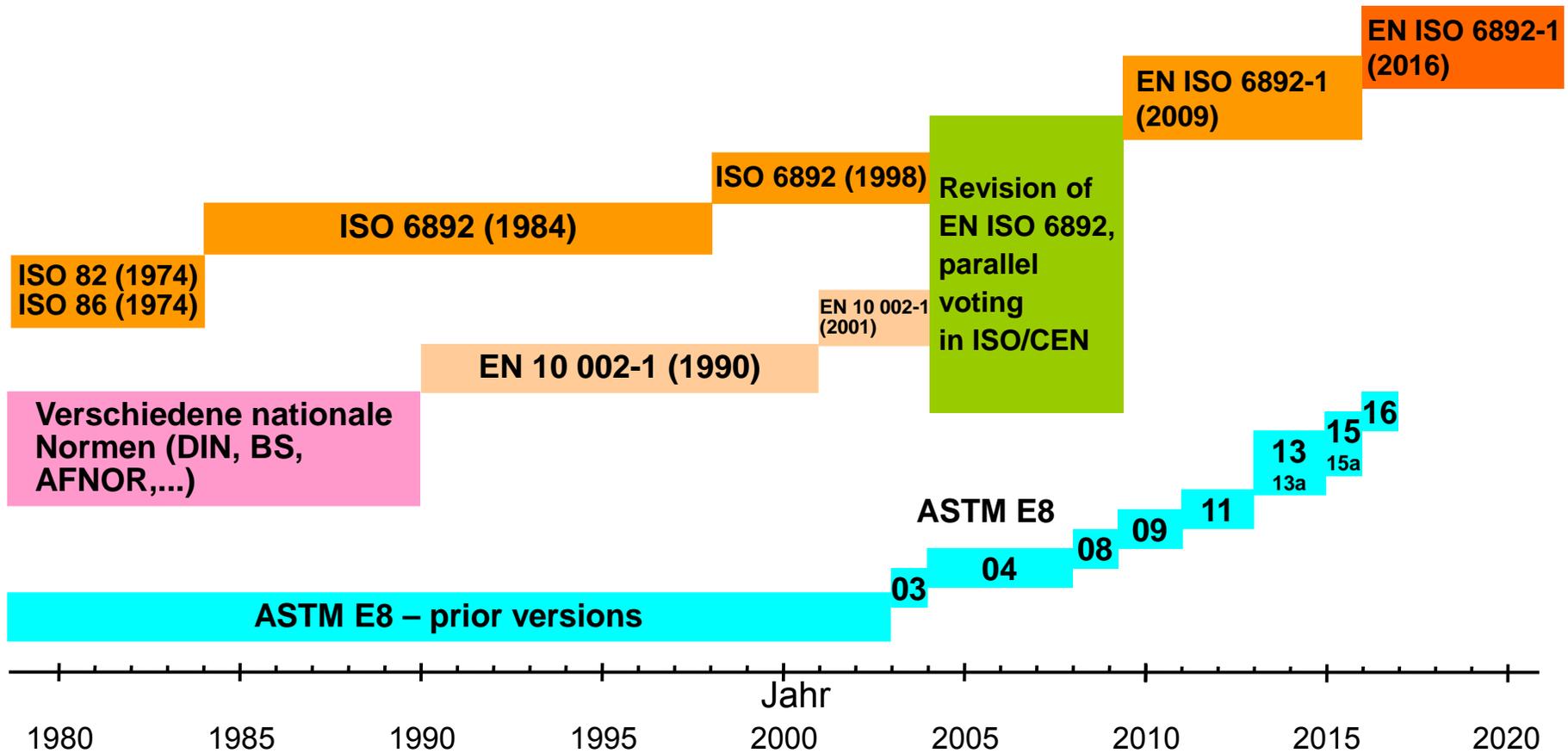
Was ist neu?

Johannes Aegerter
johannes.aegerter@hydro.com

2017-10-19

Normen zum Zugversuch an metallischen Werkstoffen

Von nationalen zu internationalen Normen



Entwicklung nationaler und internationaler Normen für den Zugversuch

DIN EN ISO 6892-1:2017-02

(Deutsche Version der EN ISO 6892-1:2016)

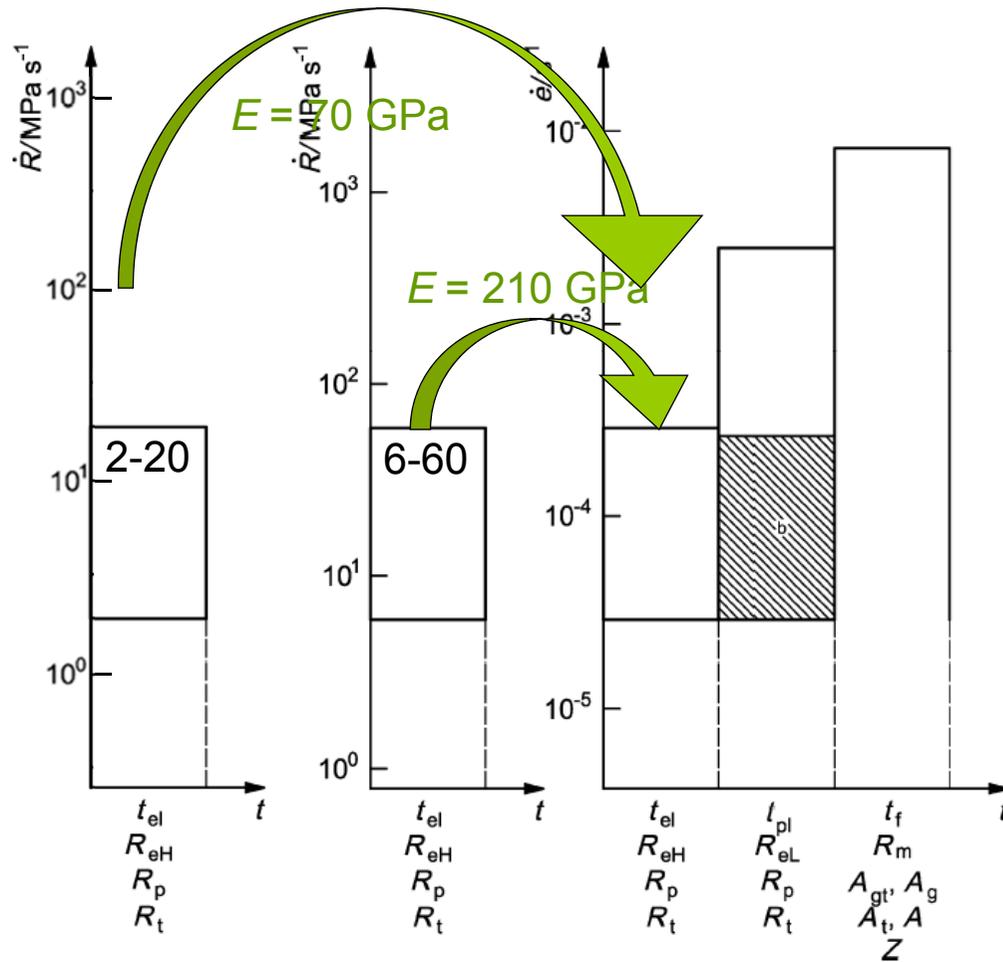
Was ändert sich mit der neuen Ausgabe – ein Überblick

1. Prüfungsgeschwindigkeiten
2. Kennwertermittlung
3. E-Modul-Bestimmung
4. Zusammenfassung

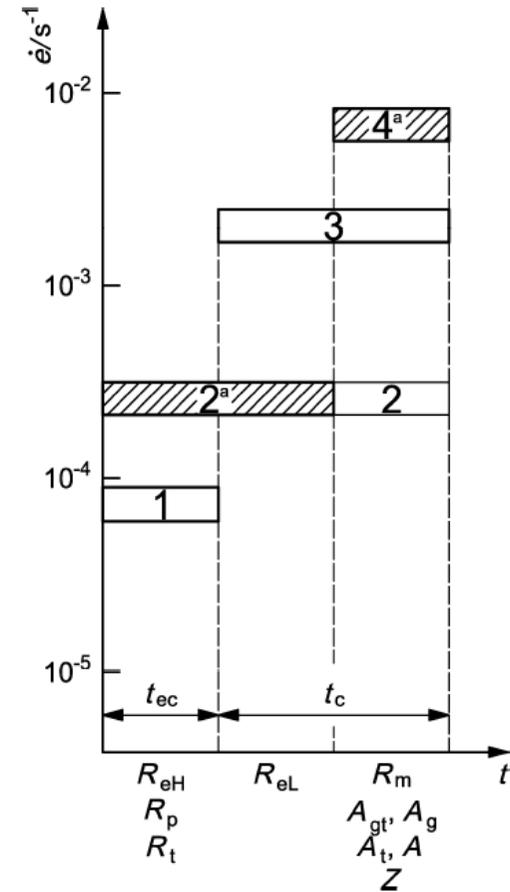
Prüfgeschwindigkeiten

01

Prüfgeschwindigkeiten nach ISO 6892:1998 und 2009

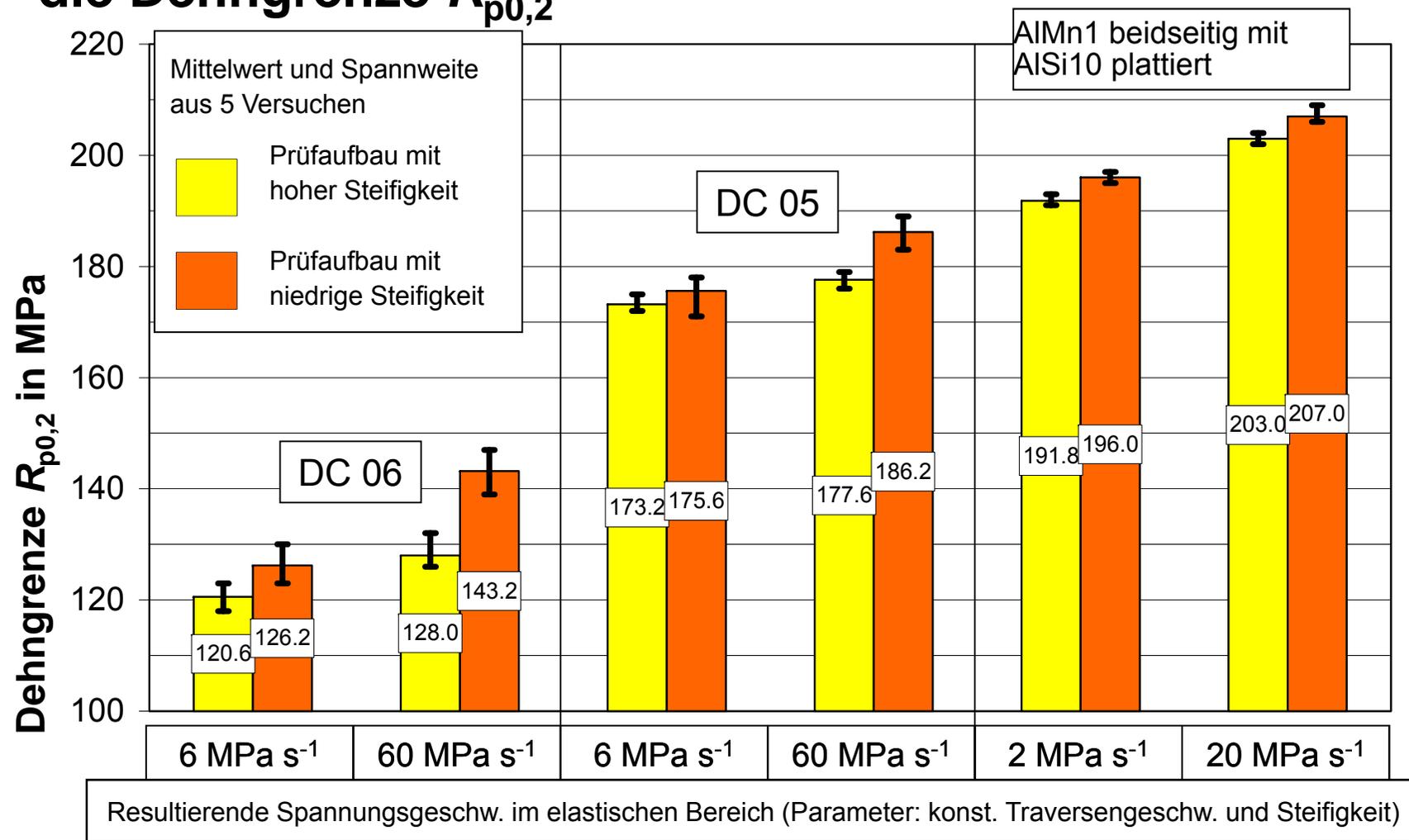


ISO 6892-1:1998, 2009 und 2016, Verfahren B



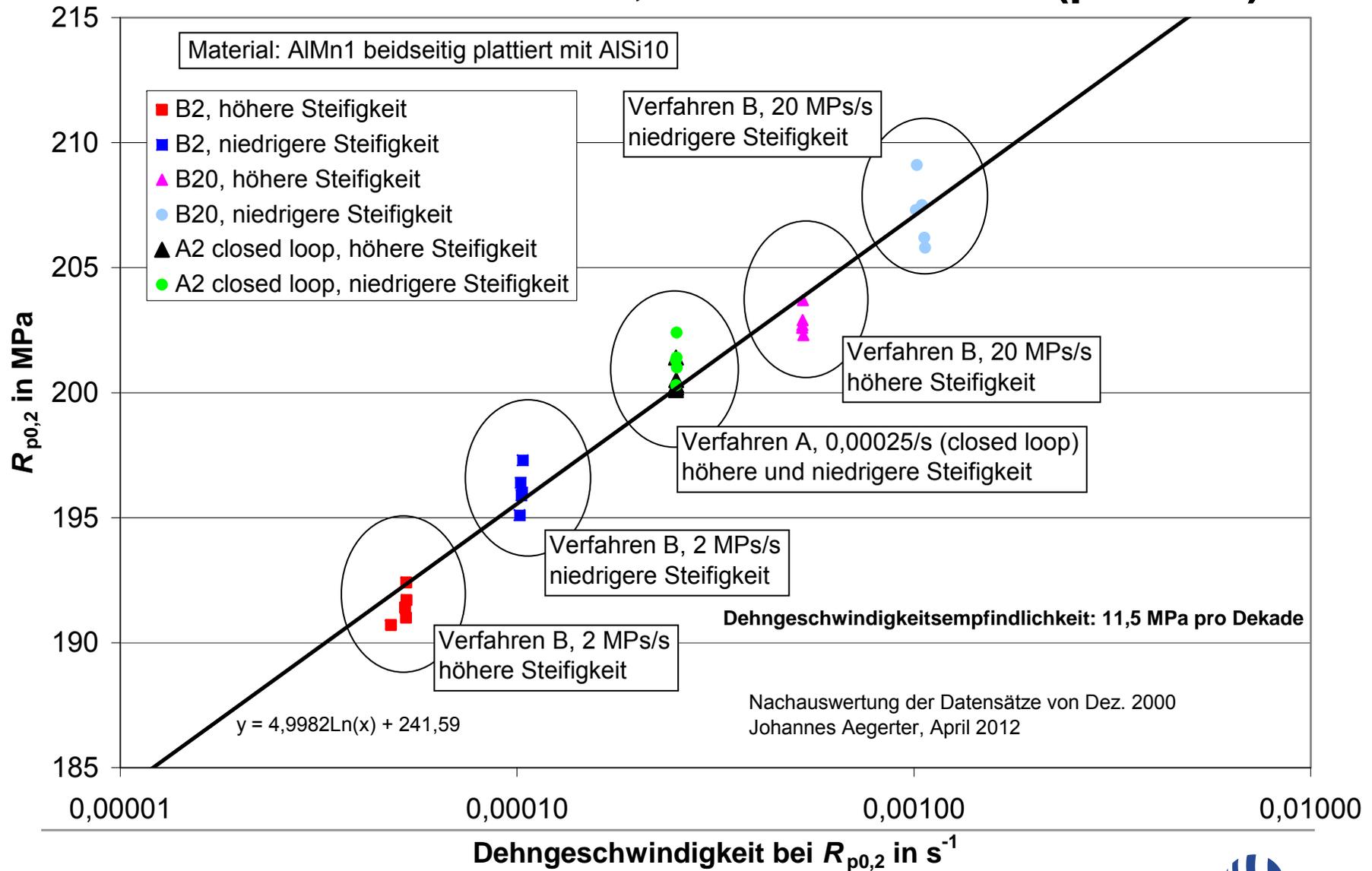
EN ISO 6892-1:2009 und 2016, Verfahren A

Einfluss von Prüfgeschwindigkeit und Prüfaufbau auf die Dehngrenze $R_{p0,2}$



Quelle: J. Aegerter, H. Bloching, H. M. Sonne; Einfluss der Prüfgeschwindigkeit auf die Streck-/Dehngrenze im Zugversuch nach DIN EN 10002-1, Tagung „Werkstoffprüfung 2000“, siehe auch Veröffentlichung in MP Materialprüfung 10-2001

$R_{p0,2}$ vs. resultierende Dehngeschwindigkeiten bei den verschiedenen Verfahren, Werkstoff AlMn1 (plattiert)



DIN EN ISO 6892-1:2017-02

Prüfgeschwindigkeiten

- Technisch: keine Änderungen zur Ausgabe 2009 beim Thema Prüfgeschwindigkeiten
- Redaktionell: Überarbeitung des Abschnitts Prüfgeschwindigkeiten zum besseren Verständnis
 - Neue Nummerierung im Abschnitt Prüfgeschwindigkeiten
 - Begriffliche Klarstellungen zu den Prüfgeschwindigkeiten, vor allem zu Verfahren A

DIN EN ISO 6892-1:2017-02

Prüfgeschwindigkeiten

Neue Anmerkungen in 10.3.1 Allgemeine Informationen zu den Prüfgeschwindigkeiten:

.....

ANMERKUNG 1 „Der Unterschied zwischen Verfahren A und Verfahren B besteht darin, dass die notwendige Prüfgeschwindigkeit bei **Verfahren A beim interessierenden Punkt**, an dem der Kennwert, z. B. ($R_{p0,2}$) bestimmt werden soll, definiert ist, wohingegen bei **Verfahren B die notwendige Prüfgeschwindigkeit im elastischen Bereich**, d. h. bevor der Kennwert (z. B. $R_{p0,2}$) bestimmt werden soll, eingestellt wird.“

ANMERKUNG 2 „Bei Verwendung von **Verfahren B kann unter bestimmten Bedingungen** (so z. B. für einige Stähle bei einer Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich von in etwa 30 MPa/s, bei Verwendung einer Prüfmaschine und eines Einspannsystems mit hoher Steifigkeit und einer Probengeometrie nach Anhang B, Tabelle B.1, Probenform 2) eine **Dehngeschwindigkeit nahe des Bereichs 2 von Verfahren A beobachtet werden.**“

| DIN EN ISO 6892-1:2009-12 | DIN EN ISO 6892-1:2017-02 | ASTM E8 |
|--|---|--|
| 10.3 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeitsregelung (Verfahren A) | 10.3.2 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeit (Verfahren A) | |
| 10.3.1 Die Erste ist die Regelung der Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{Le}$, die auf dem Signal des Dehnungsaufnehmers basiert. | 10.3.2.1 Verfahren A1 „geschlossener Regelkreis“ (en: closed loop) bezeichnet die Regelung der Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{Le}$, die auf dem Signal des Dehnungsaufnehmers basiert. | 7.6.3.2 Control Method B – Rate of Straining Control Method for Determining Yield Properties the testing machine shall be operated in closed-loop control using the extensometer signal... |
| 10.3.1 Die Zweite ist die Regelung der abgeschätzten Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, die durch Regelung der Traversengeschwindigkeit entsprechend dem Produkt aus der gewünschten Dehngeschwindigkeit und der Versuchslänge realisiert wird. | 10.3.2.1 Verfahren A2 „offener Regelkreis“ (en: open loop) bezeichnet die Regelung der abgeschätzten Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, die durch Verwendung einer Traversengeschwindigkeit entsprechend dem Produkt aus der gewünschten Dehngeschwindigkeit und der parallelen Länge realisiert wird [siehe Gleichung (2)]. | 7.6.3.3 Control Method C – Crosshead Speed Control Method for Determining Yield Properties the testing machine shall be set to a crosshead speed equal to ... |
| 10.4 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B) | 10.3.3 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B) | 7.6.3.1 Control Method A – Rate of Stressing Method for Determining Yield Properties ...rate of stress application in the linear elastic region... |

DIN EN ISO 6892-1:2017-12

Prüfgeschwindigkeiten

- Klarstellung zu Verfahren B

Neue Anmerkung nach 10.3.3.1 Allgemeines

ANMERKUNG Ziel ist es nicht bei Verfahren B, während der Bestimmung der Streckgrenzen eine konstante Spannungsgeschwindigkeit aufrecht zu erhalten oder die Spannungsgeschwindigkeit im geschlossenen Regelkreis über eine Kraftregelung zu steuern, sondern nur über die Einstellung einer Traversengeschwindigkeit eine **definierte Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich** zu erhalten (siehe Tabelle 3). Wenn eine Probe bei der Prüfung anfängt zu fließen, reduziert sich die Spannungsgeschwindigkeit oder wird sogar negativ, wenn die Probe diskontinuierliches Fließen zeigt. Der Versuch, während des Fließens eine konstante Spannungsgeschwindigkeit aufrecht zu erhalten erfordert von der Prüfmaschine extrem hohe Prüfgeschwindigkeiten. Dieses ist in den meisten Fällen weder praktikabel noch gewünscht.

DIN EN ISO 6892-1:2017-12

Prüfgeschwindigkeiten

- Klarstellung zu Verfahren B

10.3.3.2.4 Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung und Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung, R_p und R_t

„Innerhalb des elastischen Bereiches muss die Traversengeschwindigkeit so konstant wie möglich und innerhalb der Grenzen gehalten werden, die den in Tabelle 3 angegebenen Spannungsgeschwindigkeiten entsprechen. Diese Traversengeschwindigkeit muss bis zur Dehngrenze (plastische oder gesamte Extensometer-Dehnung) beibehalten werden. Keinesfalls darf die Dehngeschwindigkeit größer sein als $0,0025 \text{ s}^{-1}$.“

Tabelle 3 – Spannungsgeschwindigkeiten

| Elastizitätsmodul des Werkstoffs E MPa | Spannungsgeschwindigkeit \dot{R} MPa s ⁻¹ | |
|--|--|------|
| | min. | max. |
| < 150 000 | 2 | 20 |
| ≥ 150 000 | 6 | 60 |

Bestimmung der Steifigkeit des Prüfaufbaus für Abschätzungen nach Anhang F

- Bisherige übliche Vorgehensweise:
 - Verwendung einer sehr steifen kurzen Probe und Aufzeichnung des Kraft/Traversenweg-Diagramms
 - Steigung der Kurve entspricht der Steifigkeit
- Nachteile:
 - Steifigkeit nicht bei allen Spannsystemen über den gesamten Kraftbereich konstant (z. B. Keilspannbacken)
 - Steifigkeit sollte mit dem Prüfaufbau bestimmt werden, mit dem anschließend geprüft wird

Siehe auch: Aegerter, J.; Frenz, H.; Kühn, H.-J.; Weißmüller, C.: EN ISO 6892-1:2009 Tensile Testing: Initial Experience from the Practical Implementation of the New Standard, Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 10, pp. 595-603, correction of Fig. 6 in Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 11

DIN EN ISO 6892-1:2017-02

Ergänzung in Anhang F zur Abschätzung der Steifigkeit Methode „Hydro Aluminium“

- Verwendung einer Probe möglichst gleicher Geometrie und Eigenschaften wie das zu prüfende Material
- Durchführung eines Zugversuchs mit einer bekannten konstanten Traversengeschwindigkeit
- Auswertung (am Ende des elastischen Bereichs, d. h. kurz vor der Plastifizierung des Materials):
 - Bestimmung der resultierenden Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{L_e}$ an der Probe
 - Bestimmung der Steigung m aus dem Spannung/Dehnung-Diagramm
 - Berechnung der Steifigkeit des Prüfaufbaus nach folgender Gleichung:

$$C_m = \frac{m \cdot S_0}{\frac{v_c}{\dot{\epsilon}_{L_c}} - L_c}$$

Achtung: Steifigkeit des Prüfaufbaus C_M hängt vom Prüfaufbau selbst ab und ist nicht immer konstant (bei Verwendung von Keilspannköpfen, unterschiedlichen Kraftbereichen, etc.)

Siehe auch: Aegerter, J.; Frenz, H.; Kühn, H.-J.; Weißmüller, C.: EN ISO 6892-1:2009 Tensile Testing: Initial Experience from the Practical Implementation of the New Standard, Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 10, pp. 595-603, correction of Fig. 6 in Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 11

02

Kennwerte

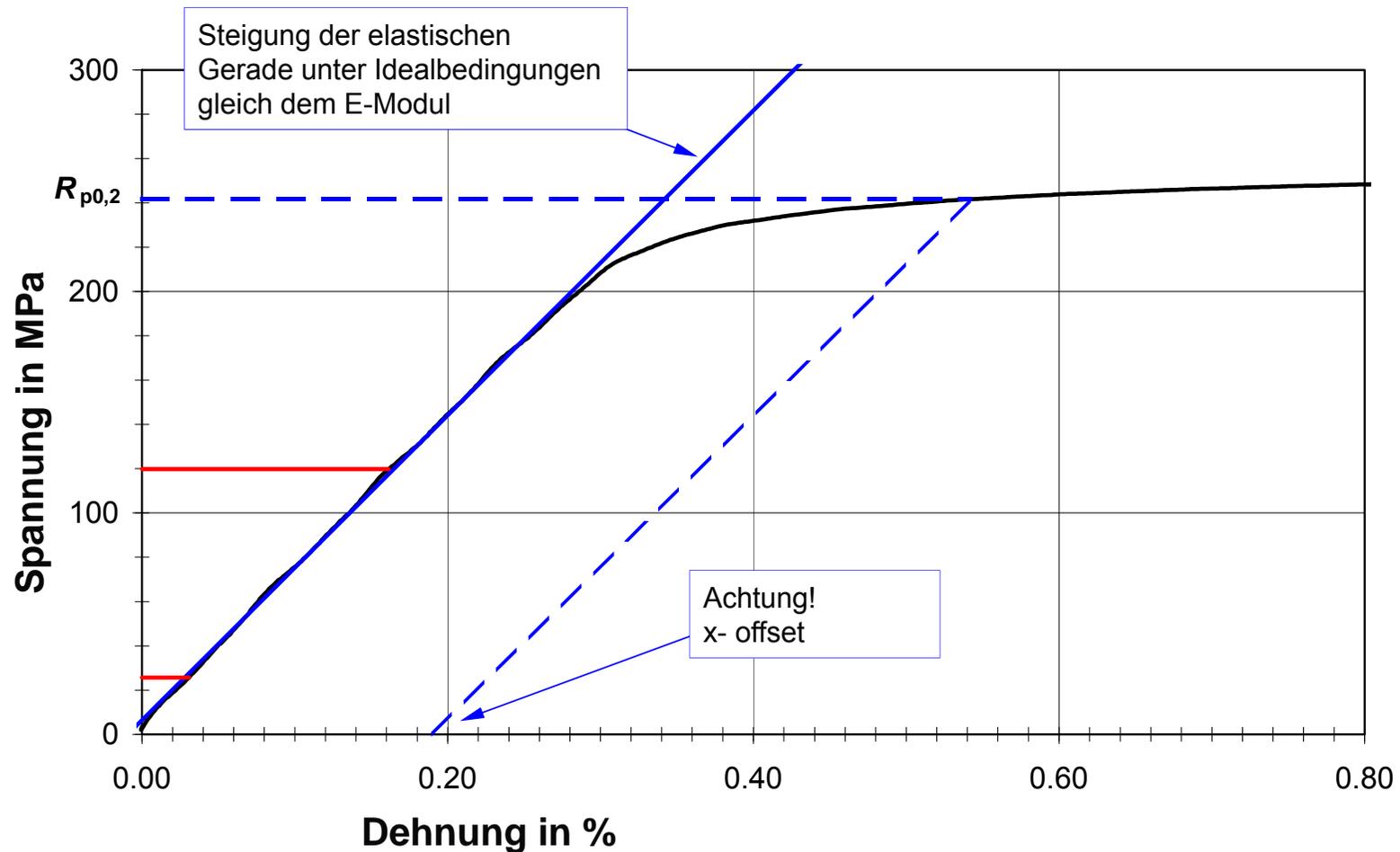
DIN EN ISO 6892-1:2009-12 bzw. 2017-02

Kennwert: Steigung der elastischen Geraden m_E

- ISO 6892:1998
 - Tabelle 1: Begriff „Elastizitätsmodul E “, jedoch keine weiteren Erläuterungen
- DIN EN 10002-1:2001-12
 - Tabelle 1: Begriff „Elastizitätsmodul E “, jedoch keine weiteren Erläuterungen
 - Anhang A 4.9: Messung des Kurvenanstiegs im elastischen Bereich
- DIN EN ISO 6892-1:2009-12
 - Tabelle 1: Begriff „Elastizitätsmodul E “
 - Tabelle 1: Begriff „Steigung des elastischen Teils der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve m_E “, mit Hinweis, dass m_E nur bei optimalen Prüfbedingungen (hochauflösende, beidseitig messende, Mittelwert bildende Dehnungsaufnehmer, perfekte Ausrichtung der Probe usw.) dem Wert des Elastizitätsmoduls recht nahe kommen wird
 - Anhang A 4.7: Messung des Kurvenanstiegs im elastischen Bereich

Verwendung der Steigung der elastischen Geraden m_E zur Bestimmung weiterer Kennwerte, z. B. für $R_{p0,2}$

Technisches Spannung/Dehnung-Diagramm



DIN EN ISO 6892-1:2009-12 bzw. 2017-02

Kennwerte: Steigung der elastischen Geraden m_E

- Berechnungsgleichung:

$$m_E = \frac{\Delta R}{\Delta e} \cdot 100 \%$$

oder:

$$m_E = \frac{\Delta F \cdot L_e}{S_o \cdot \Delta L}$$

- Beim Vorliegen digitaler Datensätze: Berechnung üblicherweise mittels linearer Regression von Spannung vs. Dehnung:

$$R = \frac{m_E \cdot e}{100\%} + b$$

- Daten für die Steigung der elastischen Geraden m_E sind bei jedem Versuch verfügbar, so dass mit jedem Versuch das System auf Plausibilität geprüft werden kann
 - Kontrolle des gesamten Messsystems (Kraft, Daten für den Anfangsquerschnitt, Messlänge, Verlängerung) mit jedem durchgeführten Versuch möglich
 - Definition einer Toleranz für die Steigung der elastischen Geraden m_E (bei bekanntem Material)

E-Modul-Bestimmung

03

Anhang G: Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Metallen im uniaxialen Zugversuch

G.1 Einleitung

G.2 Allgemeines

G.3 Prüfeinrichtungen

G.4 Proben

G.5 Verfahren

G.6 Auswertung

G.7 Messunsicherheit

G.8 Prüfbericht

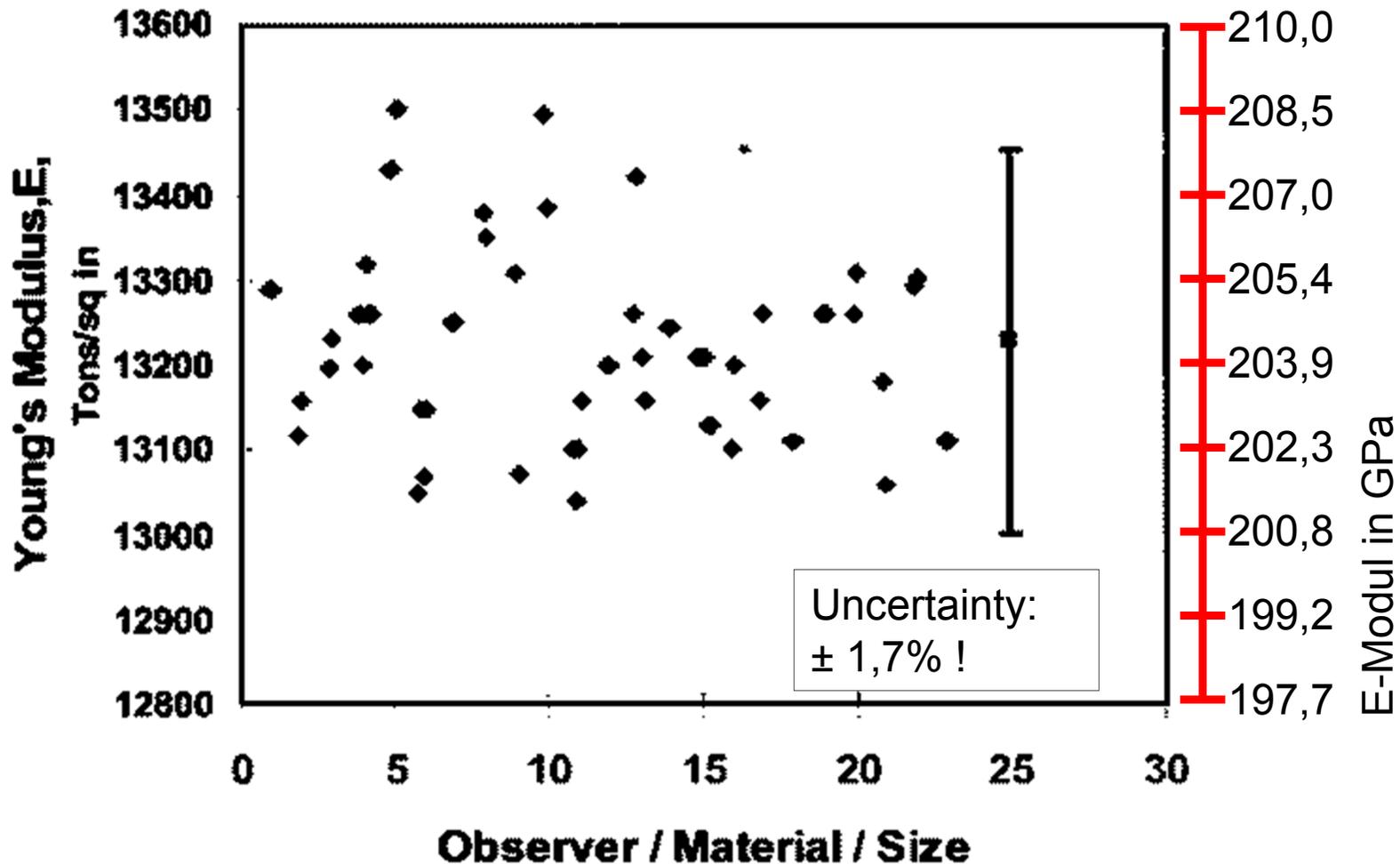
G.9 Weitere Hinweise

G.10 Andere Verfahren zur Bestimmung des E-Moduls

G.11 Unsicherheit und Vergleichspräzision

Rückblick ins vorletzte Jahrhundert

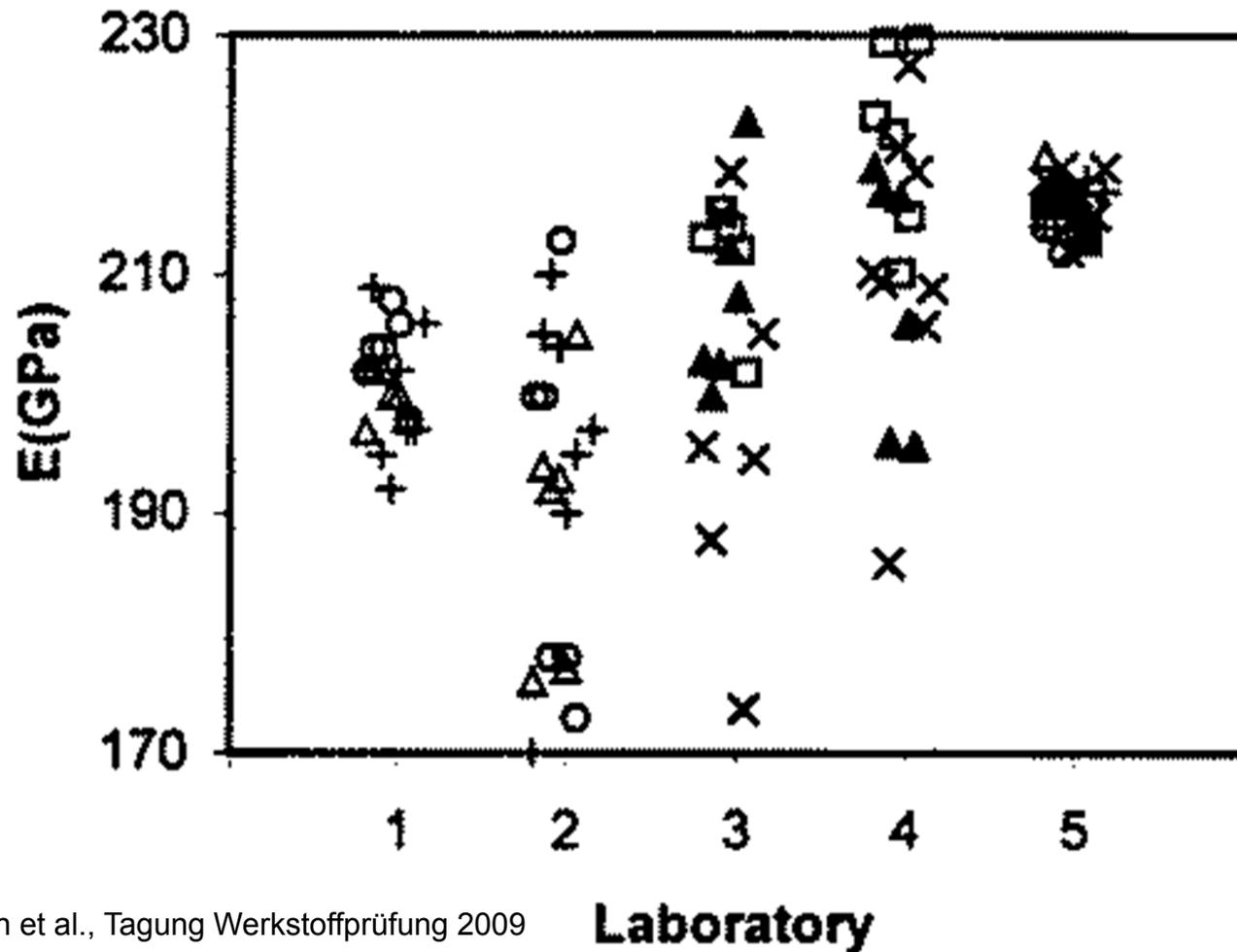
Values of Young's modulus reported by Kennedy et al. (1895), (1896), (1897) and summarised by Unwin (1910)



Quelle: Loveday et al., Tensile Testing of Metallic Materials: A Review, TENSTAND-Project, WP1, Figure 12

Stand der E-Modul-Bestimmung

Beispiel NPL, E-Modul-Ringversuch 1995 an einem Stahlwerkstoff

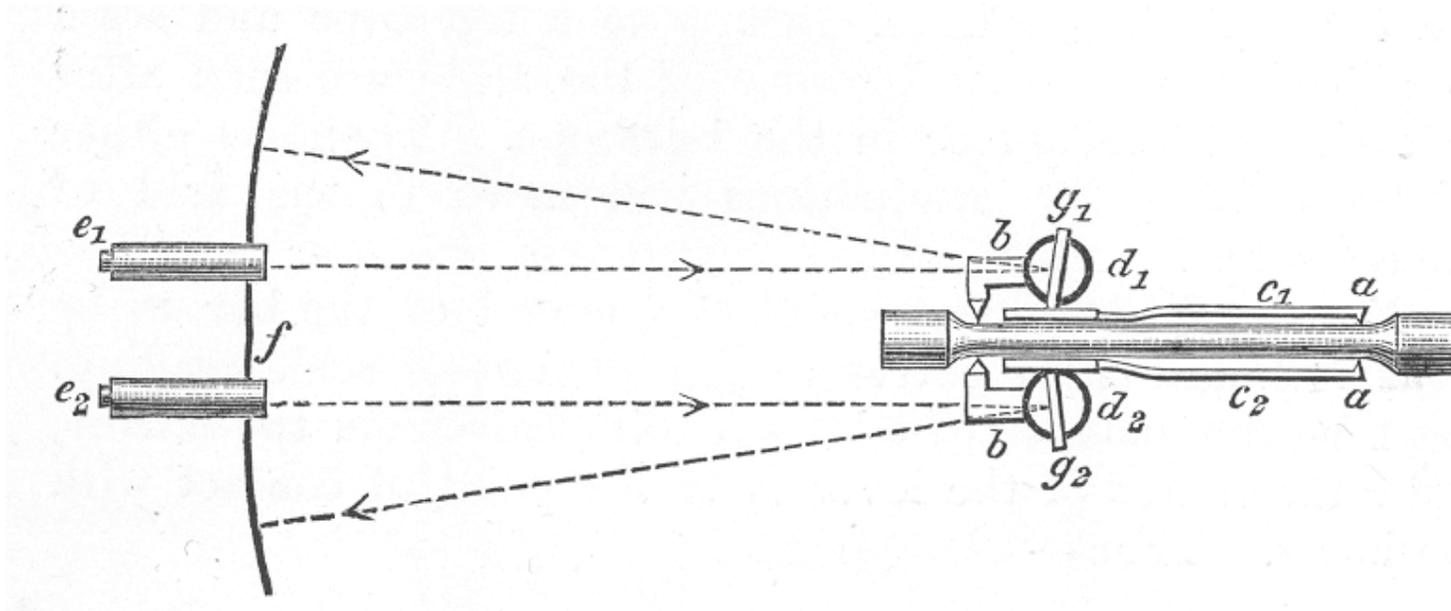


Quelle: Kühn et al., Tagung Werkstoffprüfung 2009

Mutmaßungen über die Ursachen der sehr unterschiedlichen Ergebnisse

| Parameter | 1895 | 1995 |
|-------------------------------|--|--|
| Personeller Aufwand | Laborleiter, Assistent und Gehilfe führen zusammen einen Versuch durch | Der E-Modul ist ein „Abfallprodukt“ des Standardzugversuches |
| Versuchsdauer | Versuchsdauer für einen Versuch inklusiv Auswertung 0,5 bis 1 Tag | Wenige Minuten |
| Probengeometrie | Separate Proben für die E-Modul-Bestimmung, u. U. mit sehr großen Messlängen | Standardproben, an denen auch die üblichen Kennwerte bestimmt werden |
| Verwendeter Dehnungsaufnehmer | Spezielle Extensometer, die beidseitig und probennah messen (siehe folgende Abbildungen) | Häufig Dehnungsaufnehmer, die auch für große Längenänderungen (z. B. Bestimmung der Bruchdehnung) geeignet sind (Makrodehnungsaufnehmer) |

Historische Extensometer (1/2)

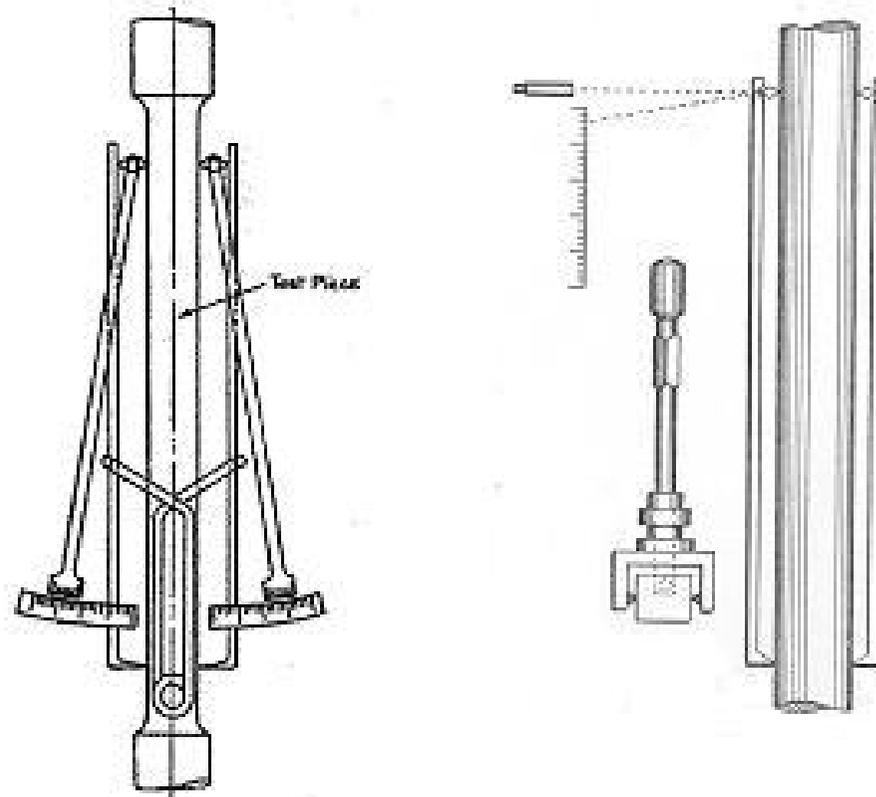


Bauschinger's Roller and Mirror Extensometer (Unwin (1910))

Key: a & b – knife edges contacting the testpiece; c- limbs translating the movement of knife edges 'a' to the rollers; d- ebonite rollers on accurately centered spindles; e – telescope-eyepieces focused on scale via mirrors; f- scale at a distance of ~ 4m; g- mirrors connected to the rollers

Quelle: Loveday et al., Tensile Testing of Metallic Materials: A Review, TENSTAND-Project, WP1, Figure 10

Historische Extensometer (2/2)



Diagrams of Martens extensometers

a) (left) lever type, b) (right) mirror and rhomb type. (Note the insert on the R-H diagram shows the rhombs with its counterbalance and spindle which supports the mirror)

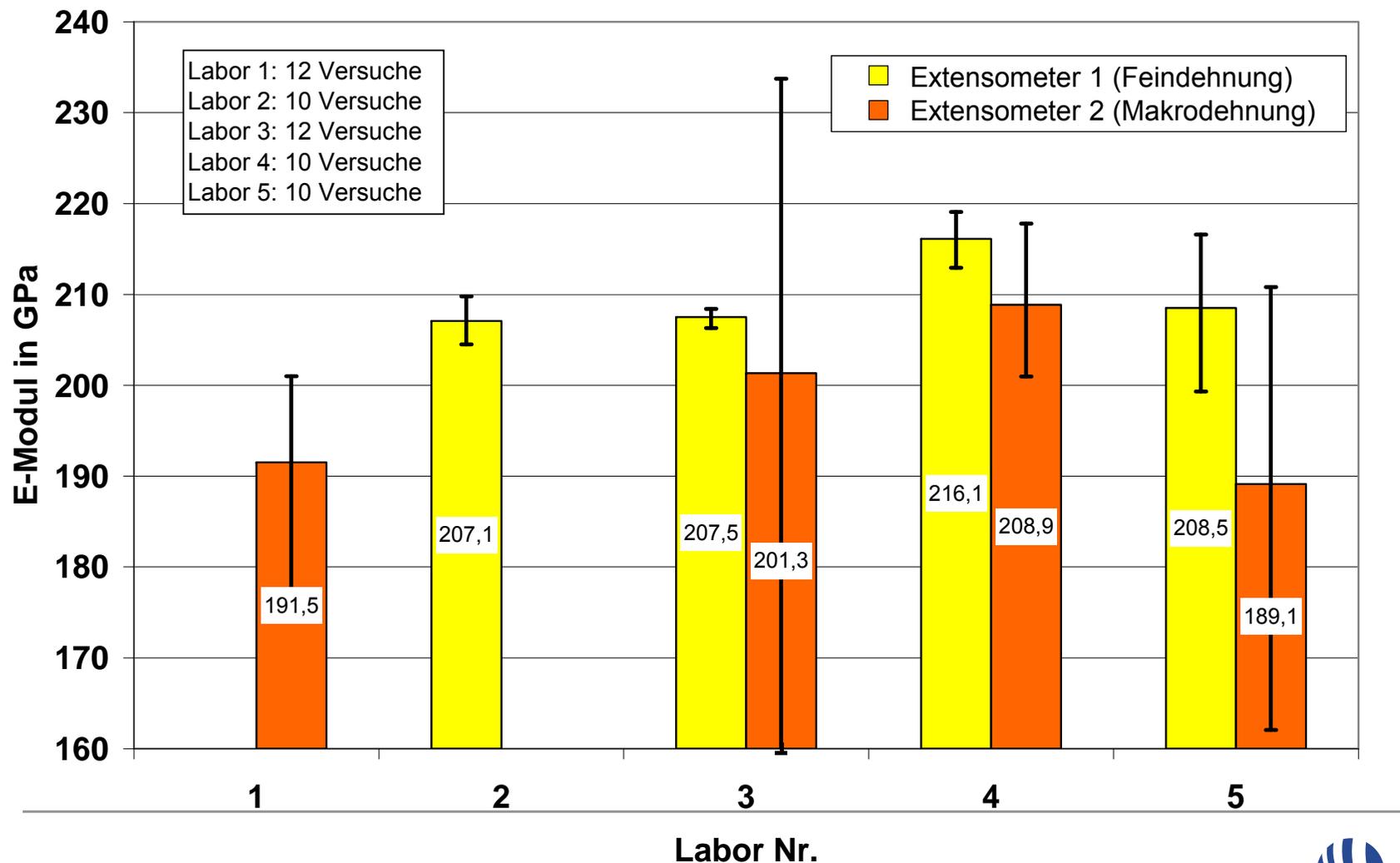
Quelle: Loveday et al., Tensile Testing of Metallic Materials: A Review, TENSTAND-Project, WP1, Figure 11

Ergebnisse eines Ringversuches nach dem SEP 1235

Werkstoff: IF-Stahl

Mittelwerte und Spannweiten aus jeweils ca. 10 Einzelversuchen

Quelle: Aegerter et al., Tagung Werkstoffprüfung 2012



Beidseitige Dehnungsmessung, Beispiele

Beidseitig angesetzte Extensometer (genauer: Messung mit zwei gegenüberliegenden Extensometern)



Fotos: BAM Berlin

Analoger Feindehnungsaufnehmer beidseitig messend mit Messlänge 50 mm (Distanzstücke)

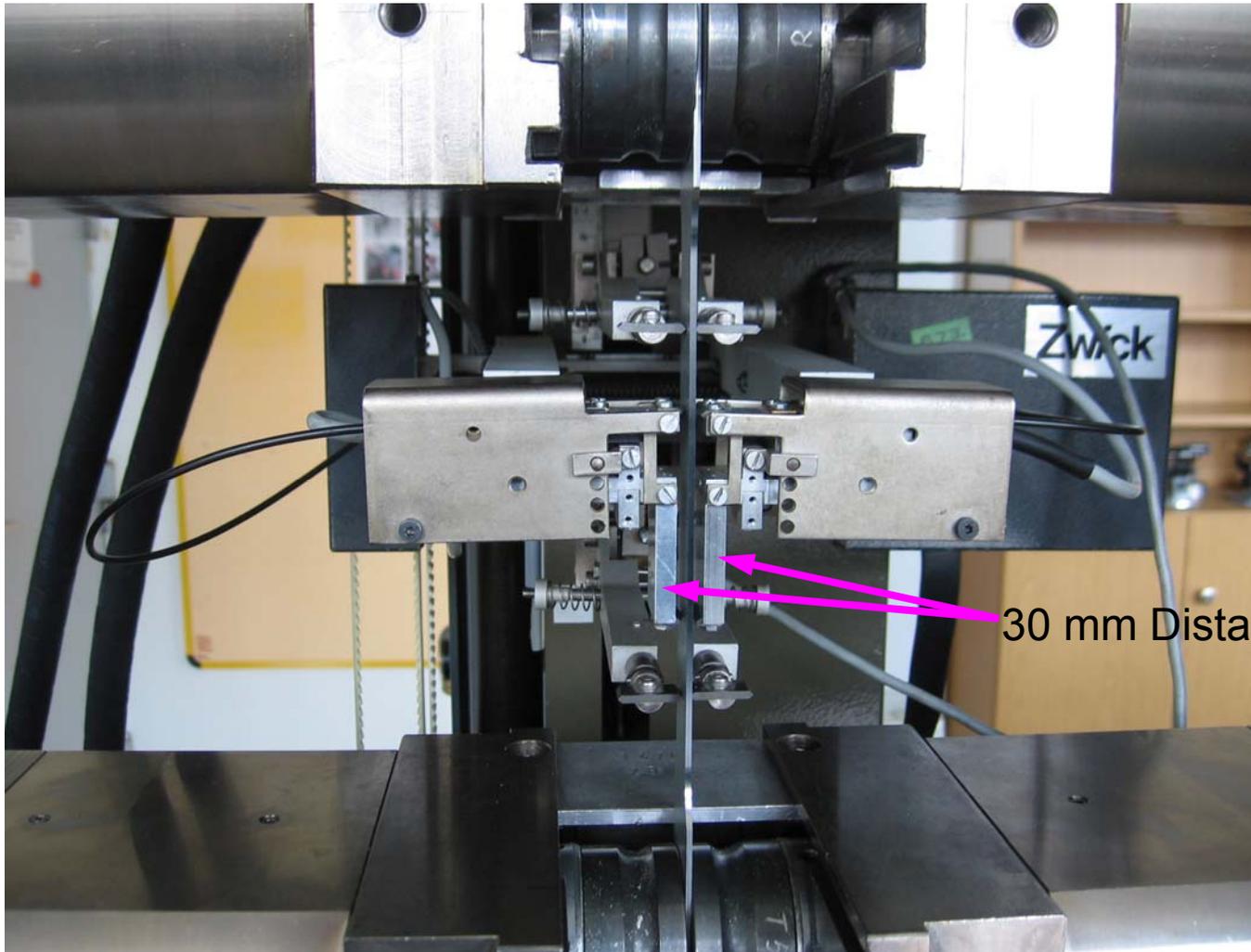


Foto:
Hydro Aluminium
Rolled Products
GmbH, RDB

30 mm Distanzstücke

G.6 Auswertung

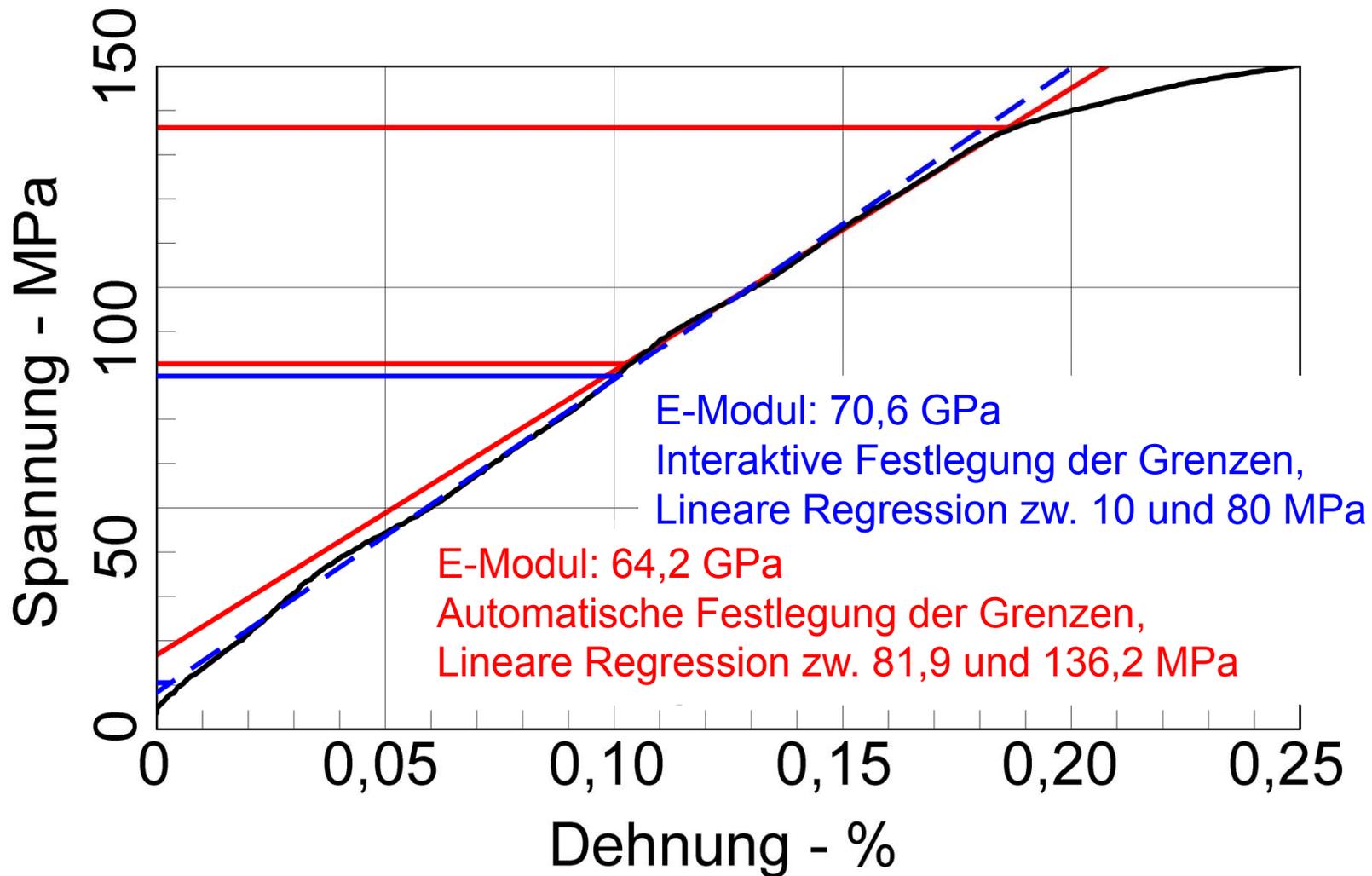
- Üblicherweise per linearen Regression: Spannung vs. Dehnung
 - Möglichst viele Datenpunkte im Auswertebereich
 - Auswertebereich muss den elastischen Bereich der Kurve repräsentieren
 - Statistische Hilfsgrößen:
 - Korrelationskoeffizient $R^2 \rightarrow 1$
 - Standardabweichung S_m oder relative Standardabweichung $S_{m(rel)}$ (vgl. CWA 15261-2 (April 2005))

$$S_{m(rel)} = \frac{S_m}{m} \rightarrow \textit{minimum}$$

- Automatisierte Verfahren zur Festlegung des Auswertebereiches führen nicht zwangsläufig zu korrekten oder vergleichbareren Werten

Versuchsauswertung

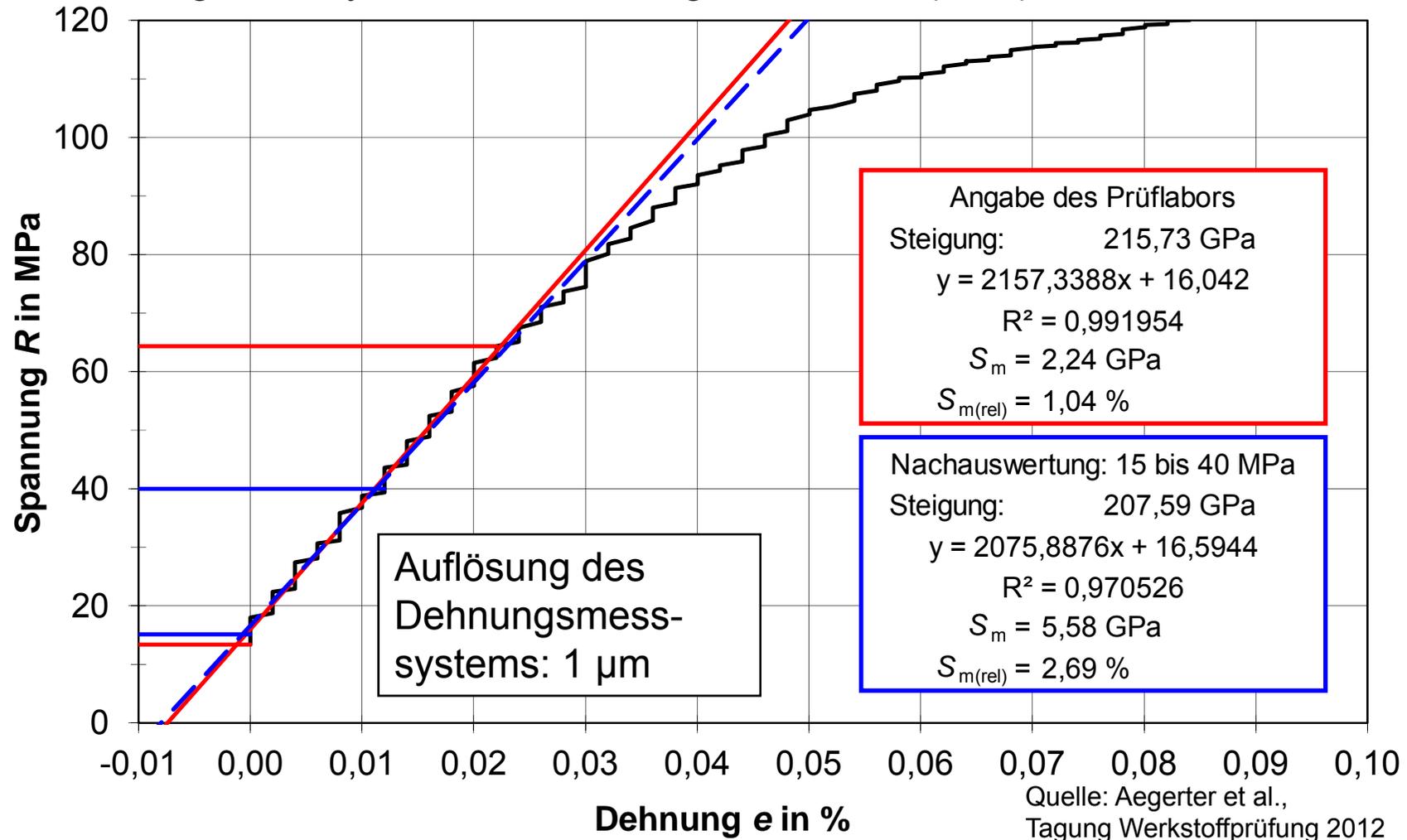
Automatisierte und interaktive Festlegung der Grenzen für die Regression



Versuchsauswertung

Datensatz aus einem anderen Ringversuch, Werkstoff IF-Stahl

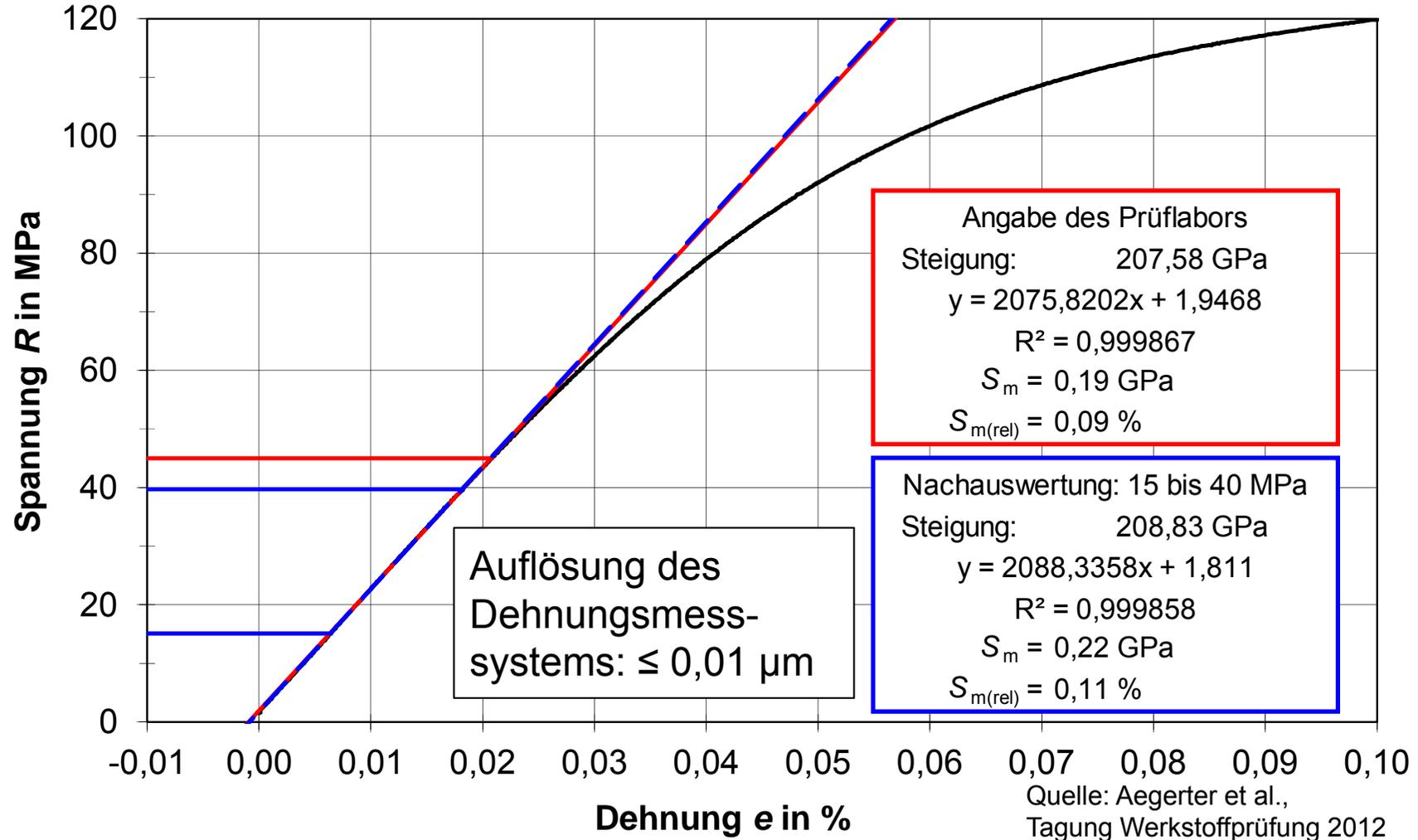
Dehnungsmesssystem: Feindehnungsaufnehmer (FDA)



Versuchsauswertung

Datensatz aus einem anderen Ringversuch, Werkstoff IF-Stahl

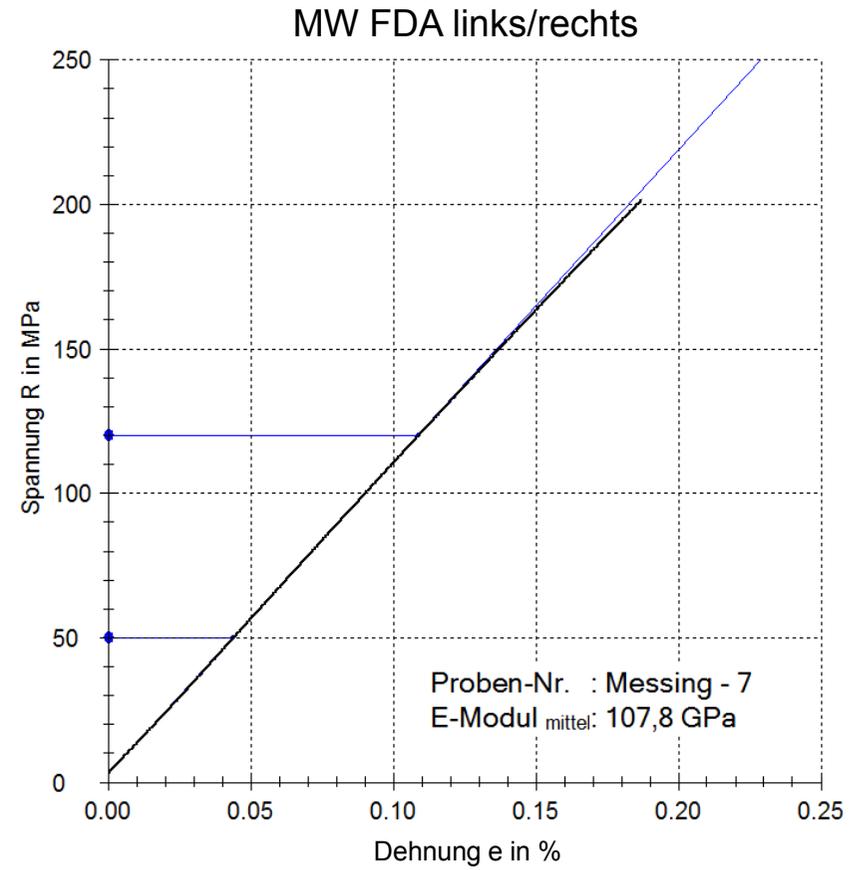
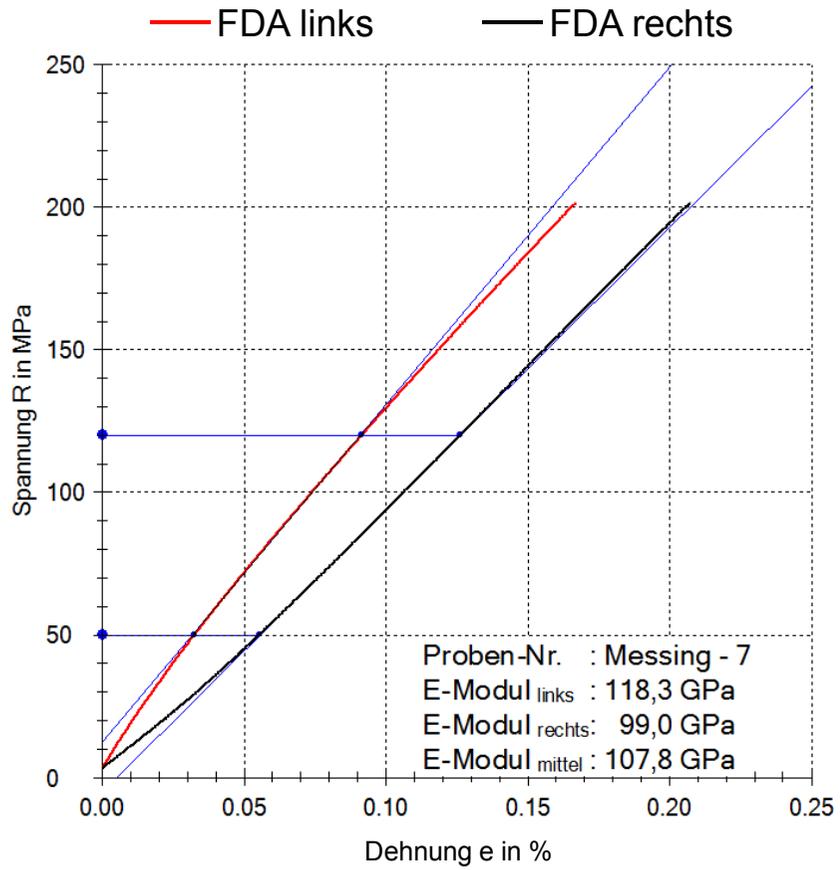
Dehnungsmesssystem: Feindehnungsaufnehmer (FDA)



E-Modul-Bestimmung an Messing

Beidseitige Dehnungsmessung und Datenerfassung

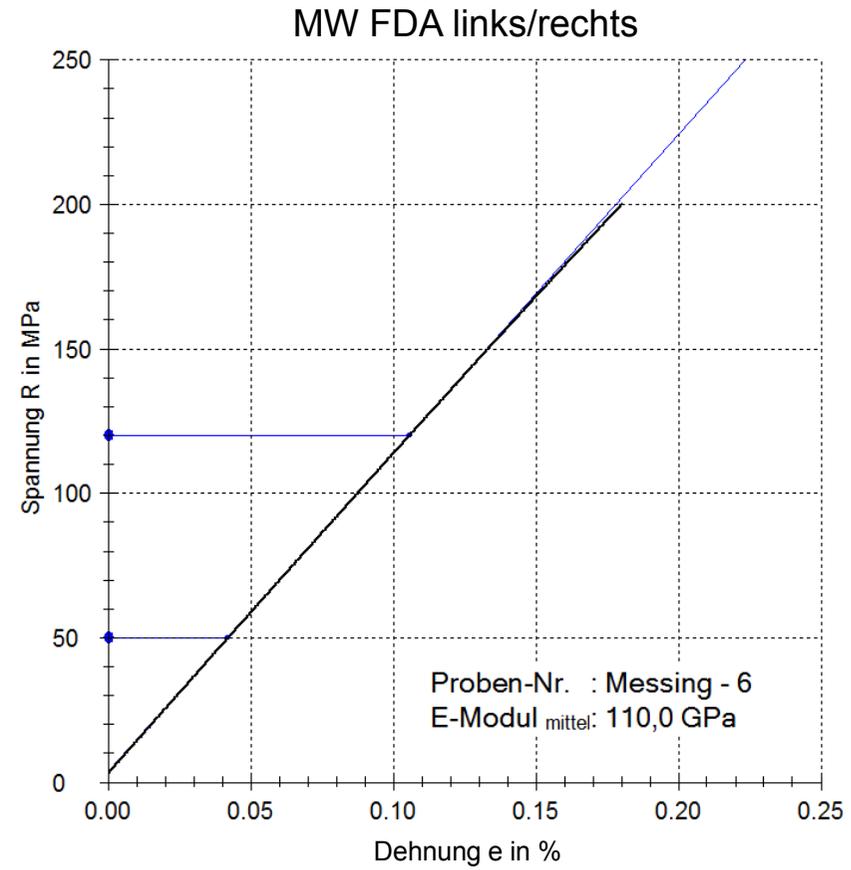
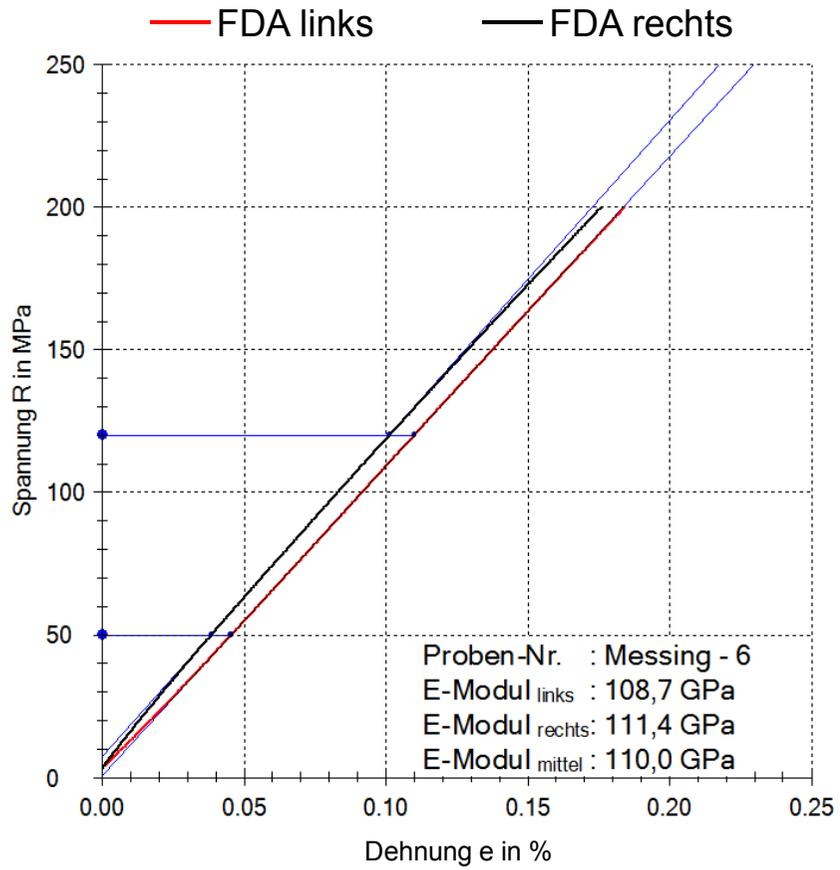
Gewölbte Probe, unterschiedliche Steigungen auf linker und rechter Probenseite



E-Modul-Bestimmung an Messing

Beidseitige Dehnungsmessung und Datenerfassung

Gerade Probe, annähernd gleiche Steigungen auf linker und rechter Probenseite



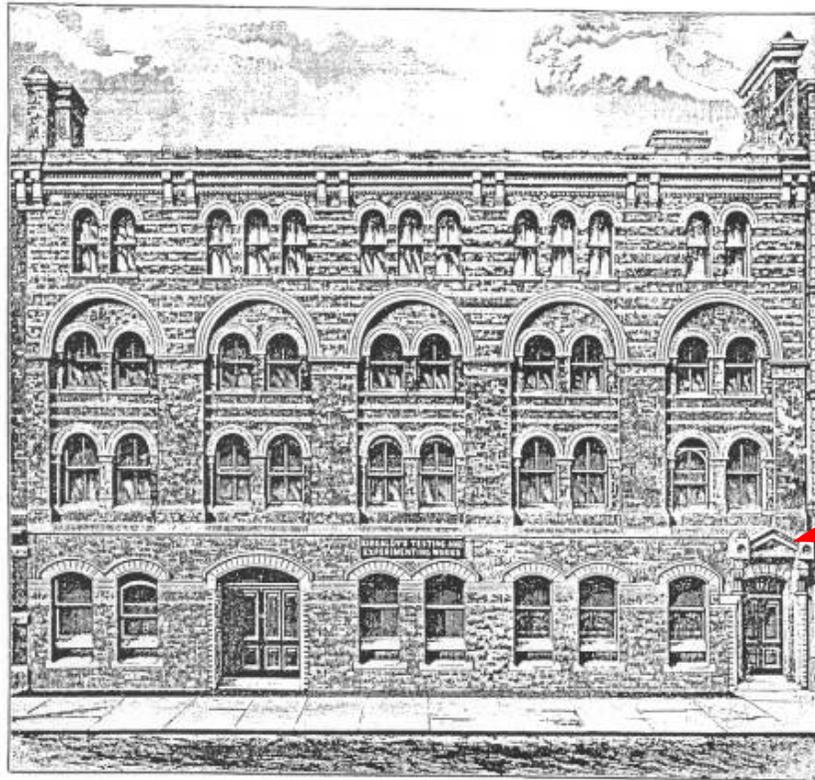
04

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Prüfungsgeschwindigkeiten
 - Keine technischen Änderungen zur DIN EN ISO 6892-1:2009-12
 - Redaktionelle Überarbeitung und zusätzliche Anmerkungen zum leichteren Verständnis
 - Ergänzung des Anhang F um ein Verfahren zur Steifigkeitsermittlung des Prüfaufbaus
- Kennwertermittlung
 - Klare Unterscheidung zwischen Steigung der elastischen Gerade m_E und dem Elastizitätsmodul E
- E-Modul-Bestimmung
 - Neuer separater Anhang G mit exakten Vorgaben, z. B. für
 - Genauigkeit der Prüfeinrichtungen und Messtechnik, insbesondere der Dehnungsmessung (beidseitige Messung und möglichst getrennte Datenerfassung)
 - Auswertung
 - Betrachtung der Messunsicherheit
- Die angeführten Punkte werden voraussichtlich zu einem besseren Verständnis und weiterer Akzeptanz der Norm führen

Kirkaldy's motto for materials testing



DAVID KIRKALDY & SON,
TESTING ♦ AND ♦ EXPERIMENTING ♦ WORKS,
99 SOUTHWARK STREET,
LONDON.

Kirkaldy's motto inscribed over the doorway of his testing works (1866), which is now a Museum



Source: M. S. Loveday et al

Zusammenfassung

- DIN EN ISO 6892-1:2009-12
Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur, zu beziehen beim Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN ISO 6892-1:2009-12: Der Zugversuch – Erste Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung der neuen Norm
Aegerter, J.; Kühn, H.-J.; Frenz, H.; Tagungsband "Werkstoffprüfung 2010", Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf 2010, ISBN 978-3-514-00778-9, Seite 51 – 62
- DIN EN ISO 6892-1:2009-12: Der Zugversuch – Erste Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung der neuen Norm
Aegerter, J.; Frenz, H.; Kühn, H.-J.; Weißmüller, C.: Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 10, S. 586-594, Korrigiertes Bild 6 in: Carl Hanser Verlag, München, Vol. 53, (2011) 11
- Anwendung von Verfahren A der DIN EN ISO 6892-1:2009-12 auf Blechwerkstoffe für die Umformung,
Aegerter, J.; Keller, S.: Tagungsband der Tagung „Werkstoffprüfung 2011“, DVM Berlin, ISBN 978-3-9814516-1-0, Seite 239 – 244
- Frenz, H., Weißmüller, C.: TTSTF2010. Abschlussbericht der Eignungsprüfung „Zugversuch Stahl Flachproben (1010)“, IfEP GmbH, Marl, November 2010
- Einfluss der Prüfgeschwindigkeit auf die Streck-/Dehngrenze im Zugversuch nach DIN EN 10002-1:1991-04
Aegerter, J.; Bloching, H.; Sonne, H. M.; Tagungsband der Tagung „Werkstoffprüfung 2000“, DVM Berlin, S. 113 – 137 (siehe auch MP Materialprüfung Ausgabe 10/2001)
- DIN 50145:1975
Prüfung metallischer Werkstoffe – Zugversuch, zu beziehen beim Beuth-Verlag, Berlin
- DIN 51221 Teil 1:1976
Werkstoffprüfmaschinen – Zugprüfmaschinen – Allgemeine Anforderungen, zu beziehen beim Beuth-Verlag, Berlin



Hydro Aluminium Rolled Products GmbH

Forschung & Entwicklung Bonn

Johannes Aegerter

Projektleiter

Georg-von-Boeselager-Str. 21

53117 Bonn

T: +49 (0)228-552-2386

F: +49 (0)228-552-2017

E: johannes.aegerter@hydro.com

www.hydro.com