Effizienzsteigerung bei der Zugprüfung an Metallen nach ISO 6892-1 und ASTM E8

testXpo2023

Zwick Roell

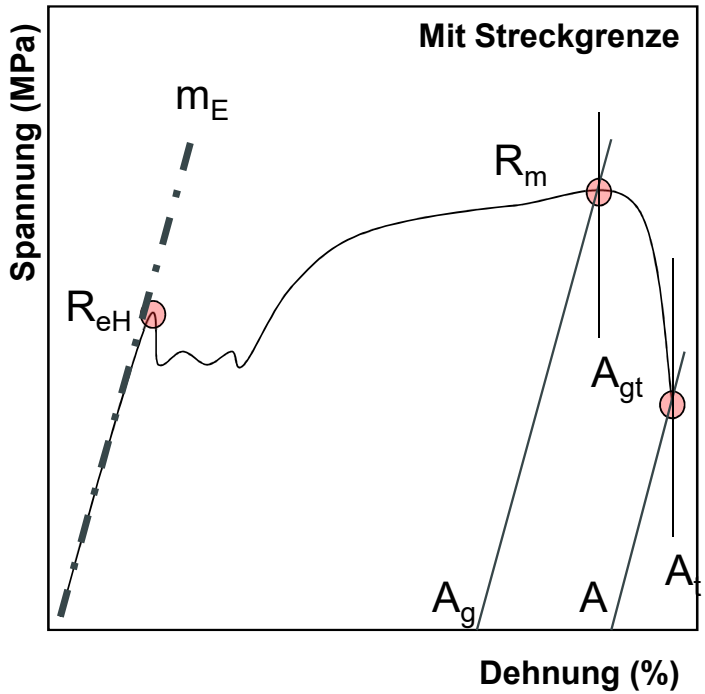
1. **Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Normen**
Kennwerte aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm

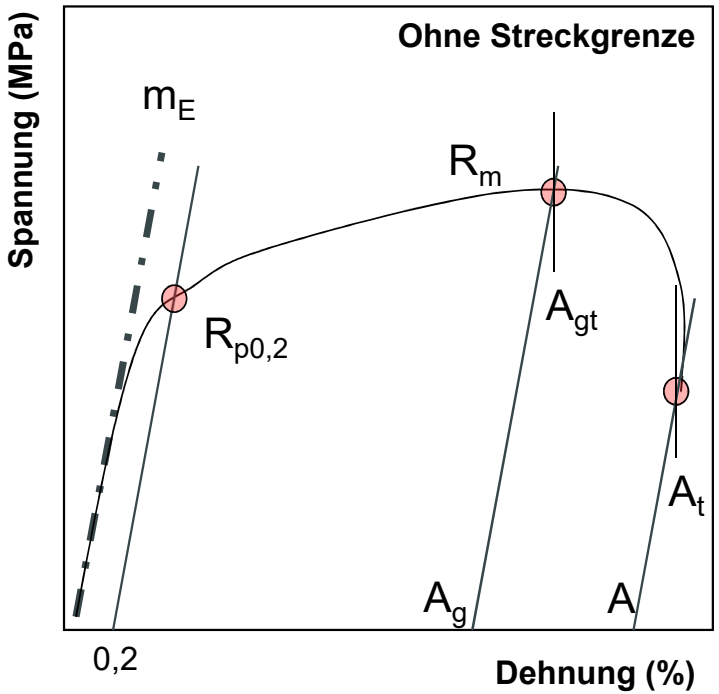
2. **Prüfverfahren/Prüfgeschwindigkeiten nach DIN EN ISO 6892-1**
Kennwert-Abhängigkeit von der Prüfgeschwindigkeit
Verfahren B: Spannungsgeschwindigkeitsregelung
Verfahren A: Dehngeschwindigkeitsregelung

3. **Zusammenfassung**
Typische Prüfergebnisse nach DIN EN ISO 6892-1 Verfahren A1
Zusammenfassung der Effizienzsteigerungen

Zwick Roell

Typische Kennwerte sind die Spannungen R_{eH}, $R_{p0,2}$, R_m und die Dehnungen A_g, A, A_{gt} und A_t sowie die Steigung des elastischen Teils der Spannungsdehnungskurve m_E .





Zwick Roell

testXpert III

Ergebnisse in testXpert

Active	Abbreviation	Unit	Name
☐	$R_{p0.2}/R_m$	%	Proof stress ratio
☑	R_{eH}	MPa	Upper yield point
☐	R_{eH}/R_m	%	Yield point ratio
☑	R_{eL}	MPa	Lower yield point
☑	A_e	%	Yield point strain
☑	R_m	MPa	Tensile strength
☑	F_m	kN	Maximum tensile force
☐	$A_{gt\ (corr.)}$	%	Total strain at maximum tensile force (corr.)
☐	A{lo gt filtered	%	Total strain (corr.) at maximum tensile force (filtered)
☑	A_g	%	Uniform elongation
☐	$A_{g\ filtered}$	%	Uniform elongation (Filtered)
☐	R_B	MPa	Stress at break
☐	$A_{t\ (corr.)}$	%	Total strain at break (corr.)
☐	$A_{5.65}$	%	Strain at break Ax1
☐	$A_{11.3}$	%	Strain at break Ax2
☑	A_{80mm}	%	Strain at break
☐	L_e	mm	Device gage length
☐	L_0	mm	Initial gage length
☐	L_c	mm	Gage length, crosshead
☑	a_0	mm	Specimen thickness
☑	b_0	mm	Specimen width
☑	$d\sigma/dt_{Set}$	MPa/s	Preset stress increase ...
☑	$d\sigma/dt_{Actual}$	MPa/s	Maximum force increase rate ...
☑	$V_{Actual\ crossh.}$	mm...	Driven crosshead speed ...
☑	$V_{Set\ crossh.}$	mm...	Necessary crosshead speed ...
☑	$k_{Test\ assembly}$	kN/...	Required preset for the stiffness of the test assembly ...
☑	S_0	mm^2	Initial cross-section

Zwick Roell

1. **Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Normen**

   Kennwerte aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm

2. **Prüfverfahren/Prüfgeschwindigkeiten nach DIN EN ISO 6892-1**

   Kennwert-Abhängigkeit von der Prüfgeschwindigkeit
   Verfahren B: Spannungsgeschwindigkeitsregelung
   Verfahren A: Dehngeschwindigkeitsregelung

3. **Zusammenfassung**

   Typische Prüfergebnisse nach DIN EN ISO 6892-1 Verfahren A1
   Zusammenfassung der Effizienzsteigerungen

Zwick Roell

ISO 6892-1 beschreibt 3 Prüfmethoden (2 für Dehngeschwindigkeit und 1 für Spannungsgeschwindigkeit). Hintergrund ist die Kennwert-Abhängigkeit (e.g. $R_{p0.2}$) von der Prüfgeschwindigkeit.

Prüfgeschwindigkeiten in der DIN EN ISO 6892-1

Methoden A Dehngeschwindigkeitsregelung

Methode A1 Closed loop

Methode A2 Open loop

Methode B Einstellen einer Spannungsgeschwindigkeit

Entspricht der EN 10002-1 oder der ISO 6892:1998

ANMERKUNG 1 Der Unterschied zwischen Verfahren A und Verfahren B besteht darin, dass die notwendige Prüfgeschwindigkeit bei Verfahren A beim interessierenden Punkt, z. B. Rp0,2, an dem der Kennwert bestimmt werden soll, definiert ist, wohingegen bei Verfahren B die notwendige Prüfgeschwindigkeit im elastischen Bereich, d. h. bevor der Kennwert (z. B. Rp0,2) bestimmt werden soll, eingestellt wird.

Bei Verfahren B kann unter bestimmten Bedingungen (so z. B. für einige Stähle bei einer Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich von etwa 30 MPa/s, bei Verwendung einer Prüfmaschine und eines Einspannsystems mit hoher Steifigkeit und einer Flachprobe 20 mm Breite) eine Dehngeschwindigkeit nahe des Bereichs 2 von Verfahren A beobachtet werden.

Modulus of elasticity of the material E MPa	Stress rate $\dot{R}$ MPa s^{-1}	
	min.	max.
<150 000	2	20
≥150 000	6	60

Magnesium, Aluminium, Messing, Titan

Schmiedeeisen, Stahl, Wolfram, Nickel

Zwick Roell

ASTM E8 describes 3 test methods (2 for strain-rate and 1 for stress rate control). Background is the possible material property's dependency (e.g. $R_{p0.2}$) on test speed.

Test speeds specified in ASTM E8:2021

Control method B	Control method C	Control method A
rate of straining "closed loop"	crosshead speed control	rate of stressing
e.g. in mm/mm/min	e.g. in mm/min	e.g. in MPa/s
0,015±0.006 mm/mm/min	0,015±0.003 mm/mm/min	1.5 .. 11.5 MPa/s in elastic region
= 0.00025 1/s ±40%	= 0.00025 1/s ±20%	

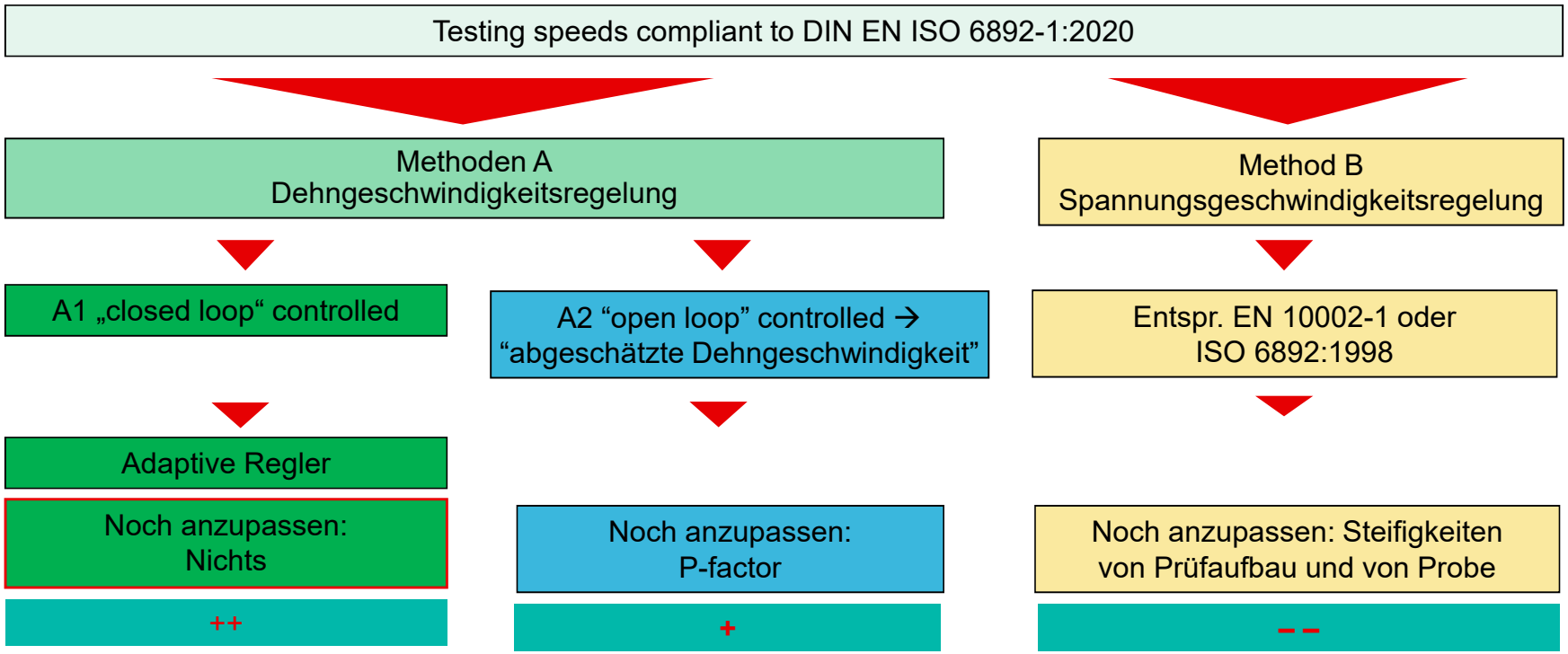
Zwick Roell

Die Prüfmethoden nach ISO und ASTM haben unterschiedliche Abkürzungen (Buchstaben) und unterschiedliche Bedeutungen (Inhalte).

ISO 6892-1	Method description	ASTM E 8	Method description
Method A1	Strain-rate control closed loop	Method B	Rate of straining "closed loop"
Method A2	Strain-rate control open loop	Method C	Crosshead speed control
Method B	Stress-rate control	Method A	Rate of stressing

Zwick Roell

ISO 6892-1:2020 beschreibt 3 Prüfgeschwindigkeiten: Methode A1, geregelt nach dem Extensometersignal “closed loop”, ist empfohlen.



Zwick Roell

Der Unterschied der Verfahren liegt in der Erzielung der eingestellten Prüfgeschwindigkeit im elastischen Bereich

- Die Kennwerte Rp0,2 bzw. ReH können durch die Prüfgeschwindigkeit beeinflusst werden

- Verfahren B:
  - Einstellen/berechnen einer konstanter Traversengeschwindigkeit zur Erzielung der spezifizieren Spannungsgeschwindigkeit, z.B. 6/60 or 2/20 MPa/s; erreicht erheblich vor Messwertermittlung

- Verfahren A2 (open loop):
  - Einstellen einer konstanten Traversengeschwindigkeit zur Erzielung der spezifizierten Dehngeschwindigkeit, z.B. von 0,00025 1/s, bei Messwertermittlung

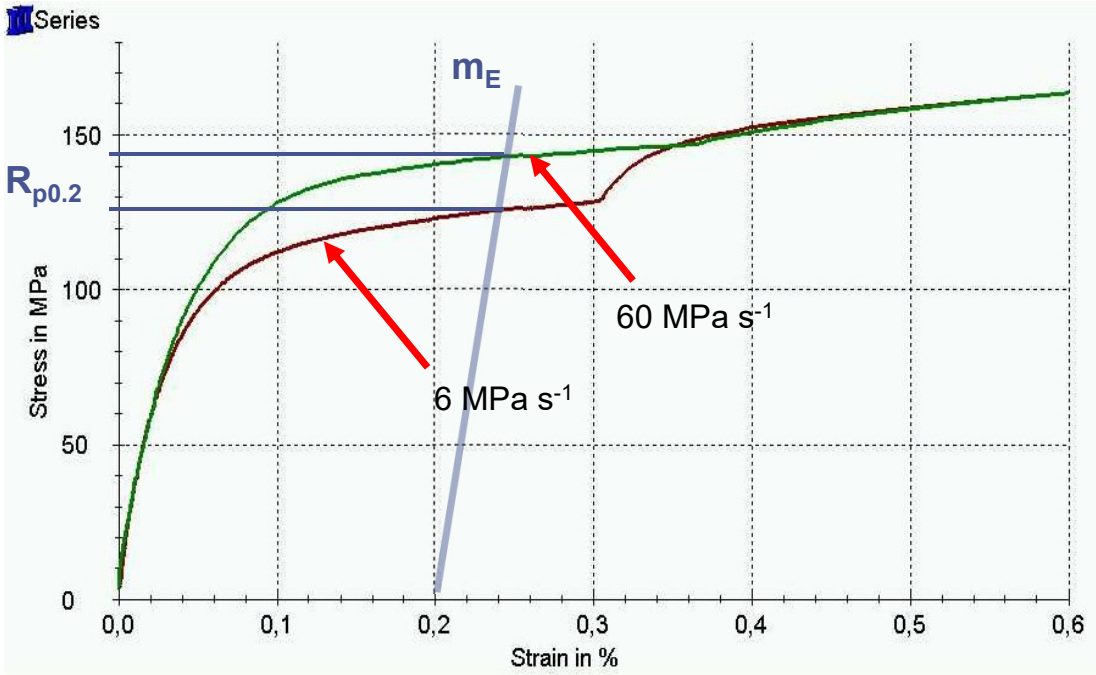
- Verfahren A1 (closed loop):
  - Einstellen einer „geregelten“ Traversengeschwindigkeit zur Erzielung einer konstanten Dehngeschwindigkeit im gesamten elastischen Bereich, z.B. 0,00025 1/s, bei Messwertermittlung

Zwick Roell

Kennwert-Abhängigkeit von der Prüfgeschwindigkeit

Metalle zeigen ein unterschiedliches Verhalten in Abhängigkeit der Prüfgeschwindigkeit. Bei manchen Metallen ist vor allem die Rp0.2 stark von der Prüfgeschwindigkeit beeinflusst.

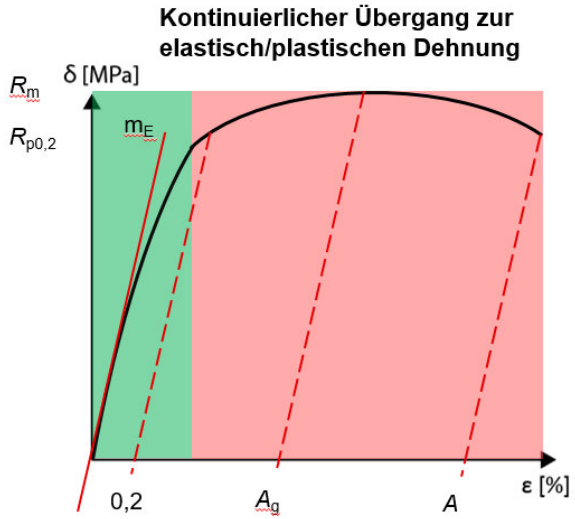
Spannungs-Dehnung Diagramm bei unterschiedlichen Spannungsgeschwindigkeiten



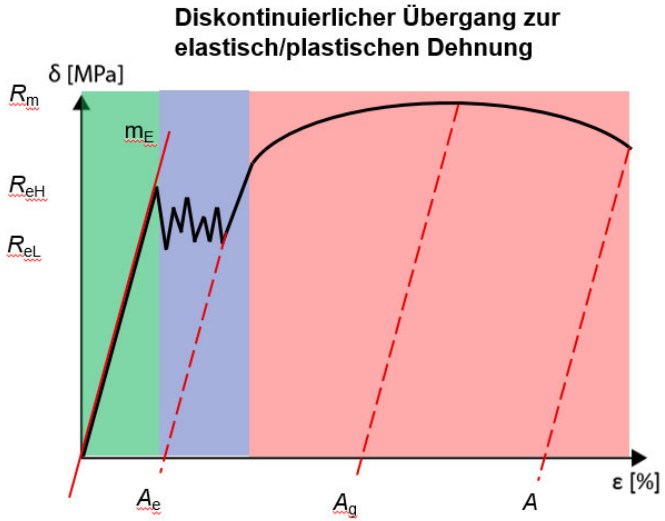
Zwick Roell

Prüfverfahren entsprechend DIN EN ISO 6892-1

Abhängig von der Spannungs-Dehnungs-Kurve wird zwischen zwei oder drei Geschwindigkeitsbereichen unterschieden



Die Prüfgeschwindigkeiten der Verfahren A1, A2 und B unterscheiden sich nur im elastischen Bereich (grün)



strain-rate control of …

Range 1: 0,000 07 s−1, with a relative tolerance of ±20 %.

Range 2: 0,000 25 s−1, with a relative tolerance of ±20 % (recommended)

Range 3: 0,002 s−1, with a relative tolerance of ±20 % (for R_{eL} and A_e)

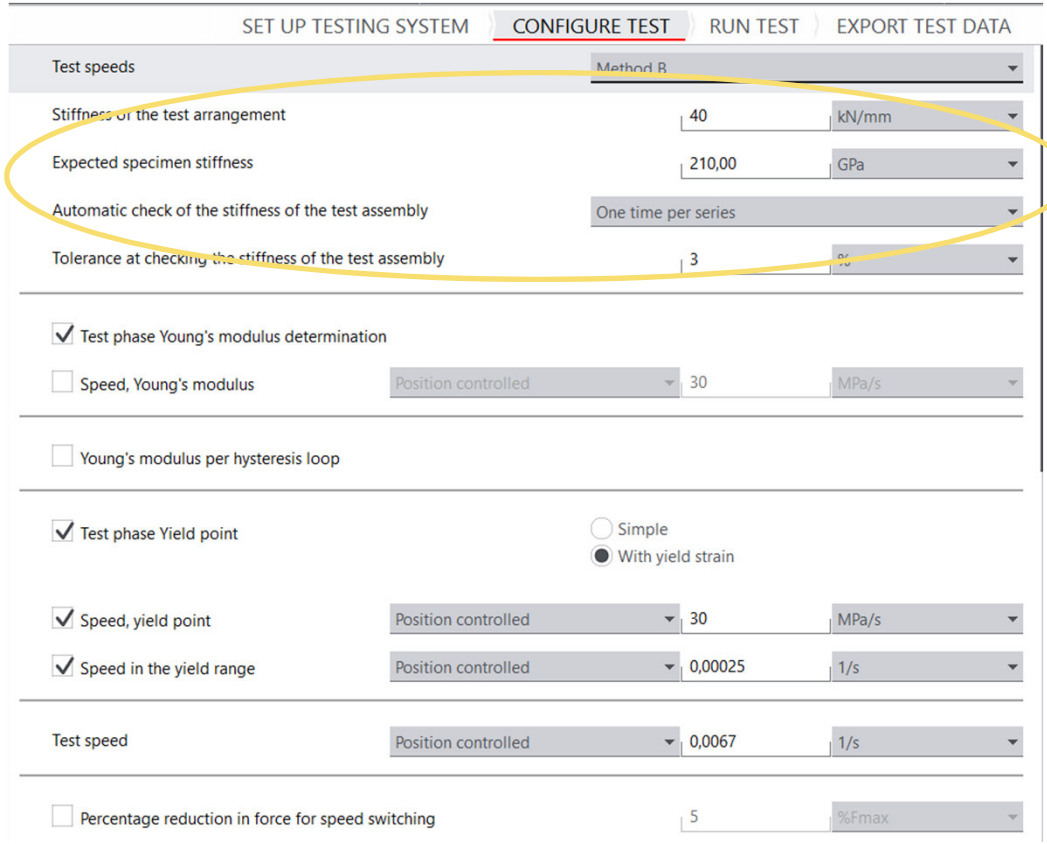
Range 4: 0,006 7 s−1, with a relative tolerance of ±20 % (recommended)

Die Prüfverfahren sind vollständig in testXpert enthalten, z.B. Prüfgeschwindigkeiten und Prüfparameter

Zwick Roell

testXpert test program to ISO 6892-1: Method B (with yield strain)

Method B of ISO 6892-1 incl. test speed and all test parameters are fully configured in the testXpert software.

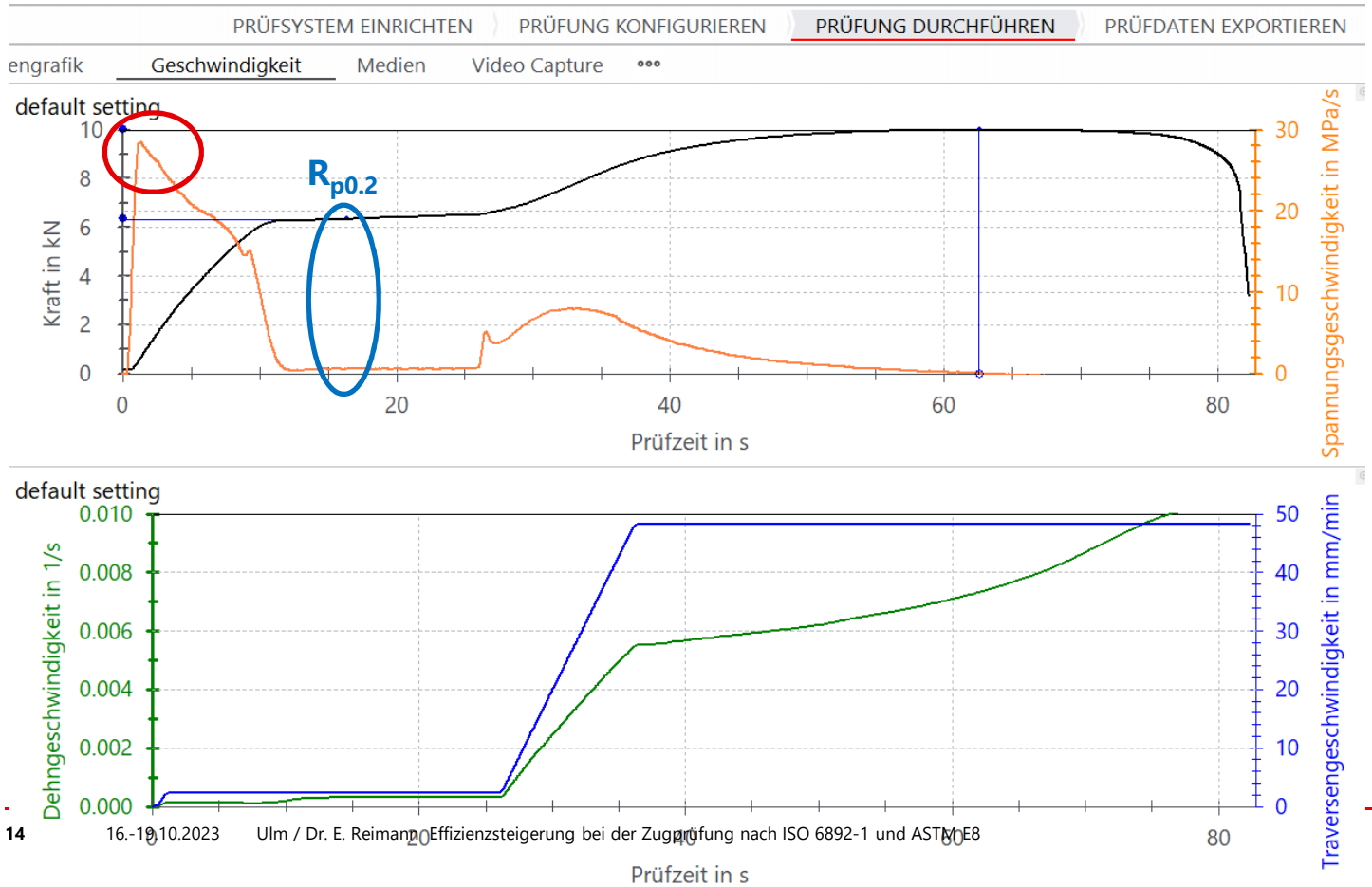


- A pre-test is required to check the stiffness of the test assemby
- Then stiffness of test arragment and specimen stiffness are re-calculated

Zwick Roell

Prüfverfahren B (Vorprüfung!) nach DIN EN ISO 6892-1

Verfahren B - Einstellen/berechnen einer konstanter Traversengeschwindigkeit um spezifizierte Spannungsgeschwindigkeit zu erreichen



Vorprüfung:

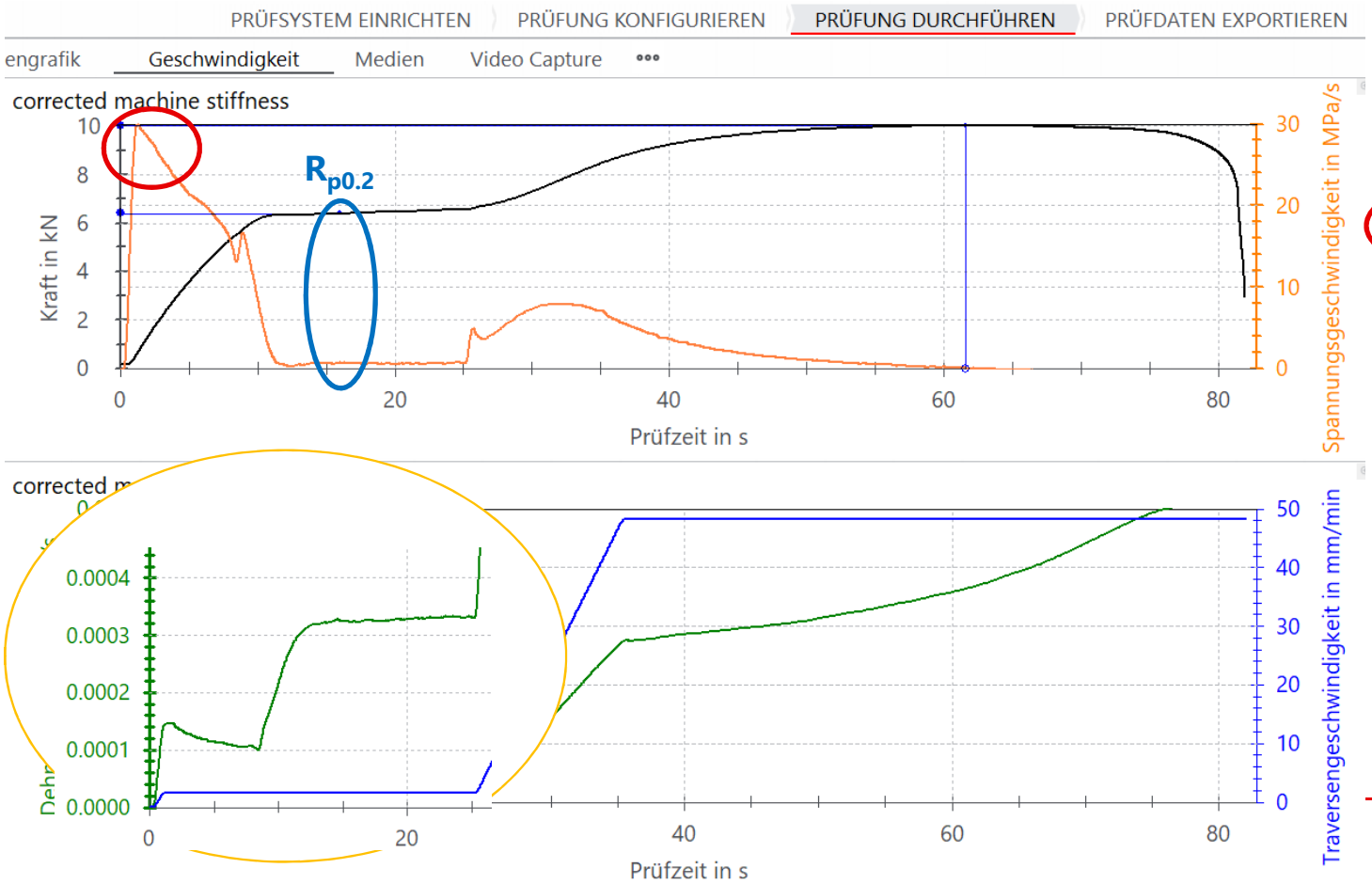
- Vorgabe einer Spannungsgeschwindigkeit: 30 MPa/s
- Vorgabe (default) Steifigkeit des Prüfaufbaus: 40 kN/mm
- Material: Stahl 210 GPa

Probendicke	1,521	mm
Probenbreite	20,05	mm
Versuchslänge	120	mm

Zwick Roell

Prüfverfahren B (gültige Prüfung!) nach DIN EN ISO 6892-1

Verfahren B - Einstellen/berechnen einer konstanter Traversengeschwindigkeit um spezifizierte Spannungsgeschwindigkeit zu erreichen



Gültige Prüfung:

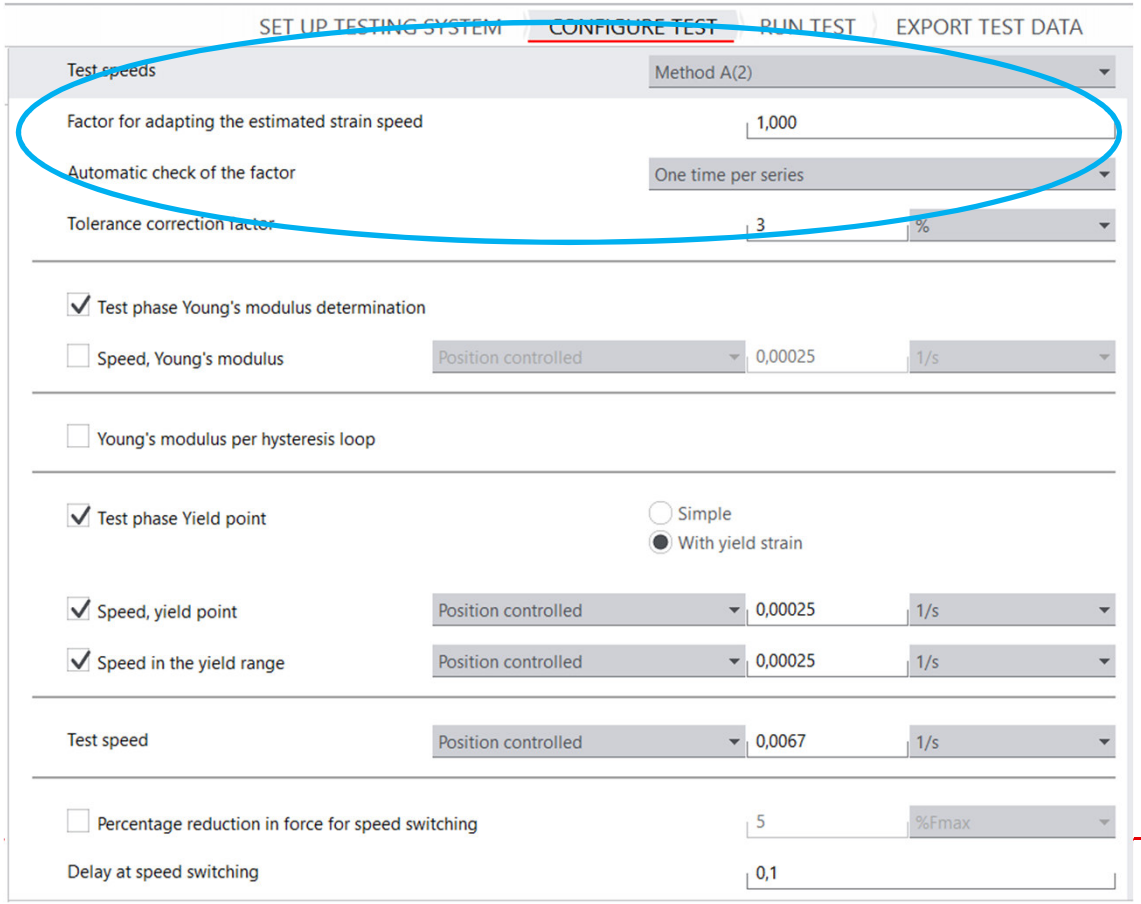
- Vorgabe einer Spannungsgeschwindigkeit: 30 MPa/s
- Korrekturwert für Steifigkeit des Prüfaufbaus: 37 kN/mm
- Material: Stahl 210 GPa

Probendicke	1,516	mm
Probenbreite	20,03	mm
Versuchslänge	120	mm

Zwick Roell

testXpert test program to ISO 6892-1: Method A2 (with yield strain)

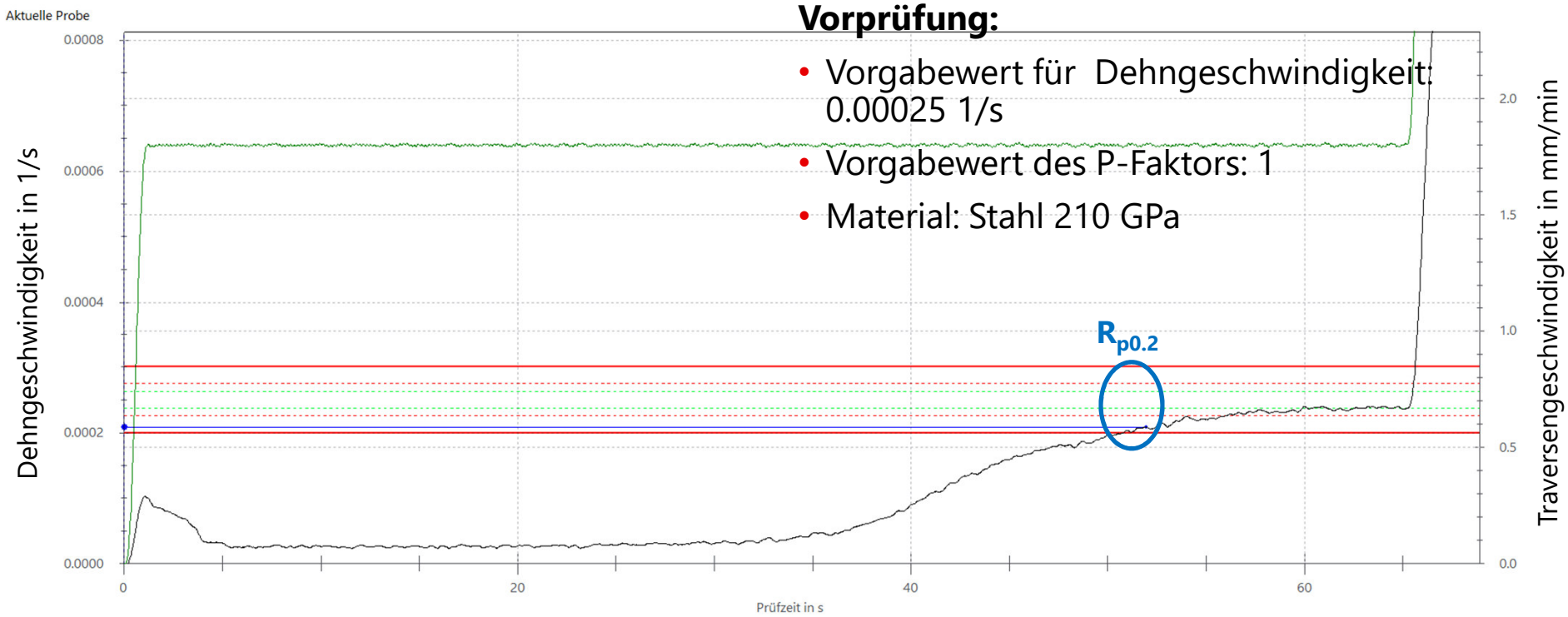
Method A2 of ISO 6892-1 incl. test speed and all test parameters are fully configured in the testXpert software.



- A pre-test is required to check the factor for adopting of the estimated strain speed
- Then factor for adopting of the estimated strain speed re-calculated

Zwick Roell

Verfahren A2 - Einstellen einer konstanten Traversengeschwindigkeit, um spezifizierte Dehngeschwindigkeit (bei Messwertnahme) zu erreichen



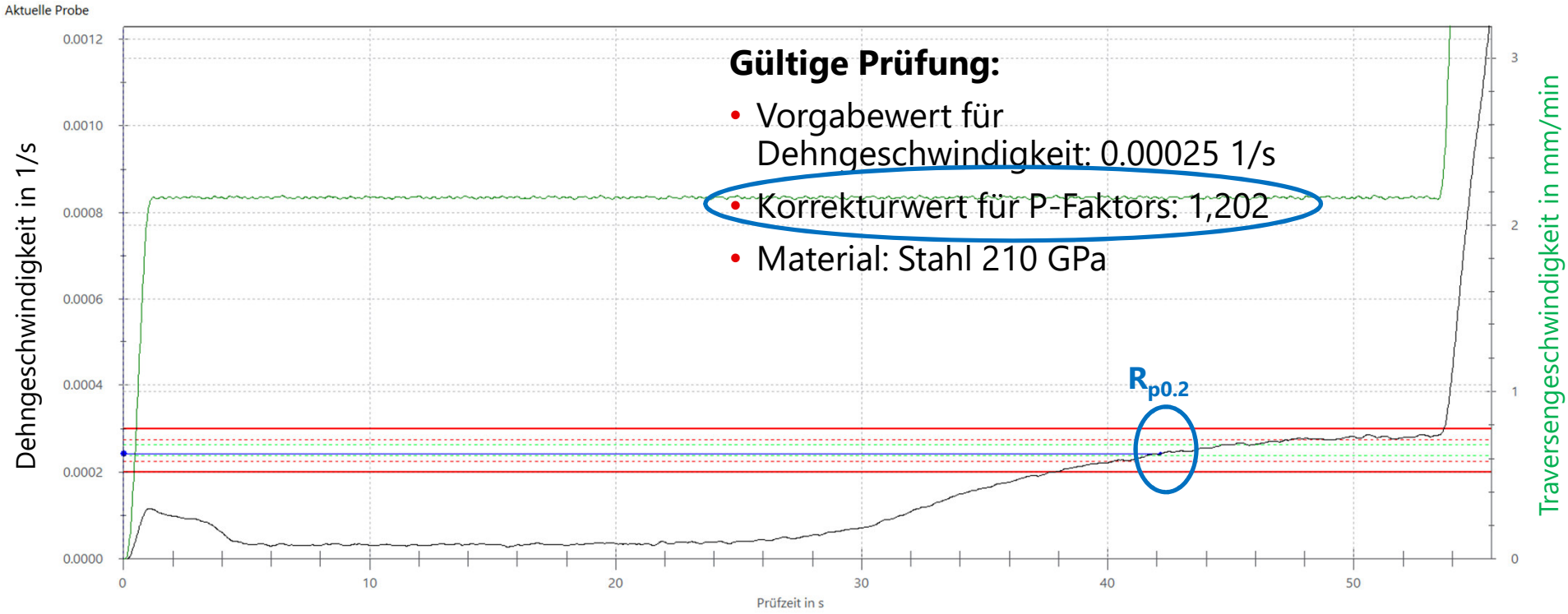
Vorprüfung:

- Vorgabewert für Dehngeschwindigkeit: 0.00025 1/s
- Vorgabewert des P-Faktors: 1
- Material: Stahl 210 GPa

Zwick Roell

Prüfverfahren A2 (gültige Prüfung!) nach DIN EN ISO 6892-1

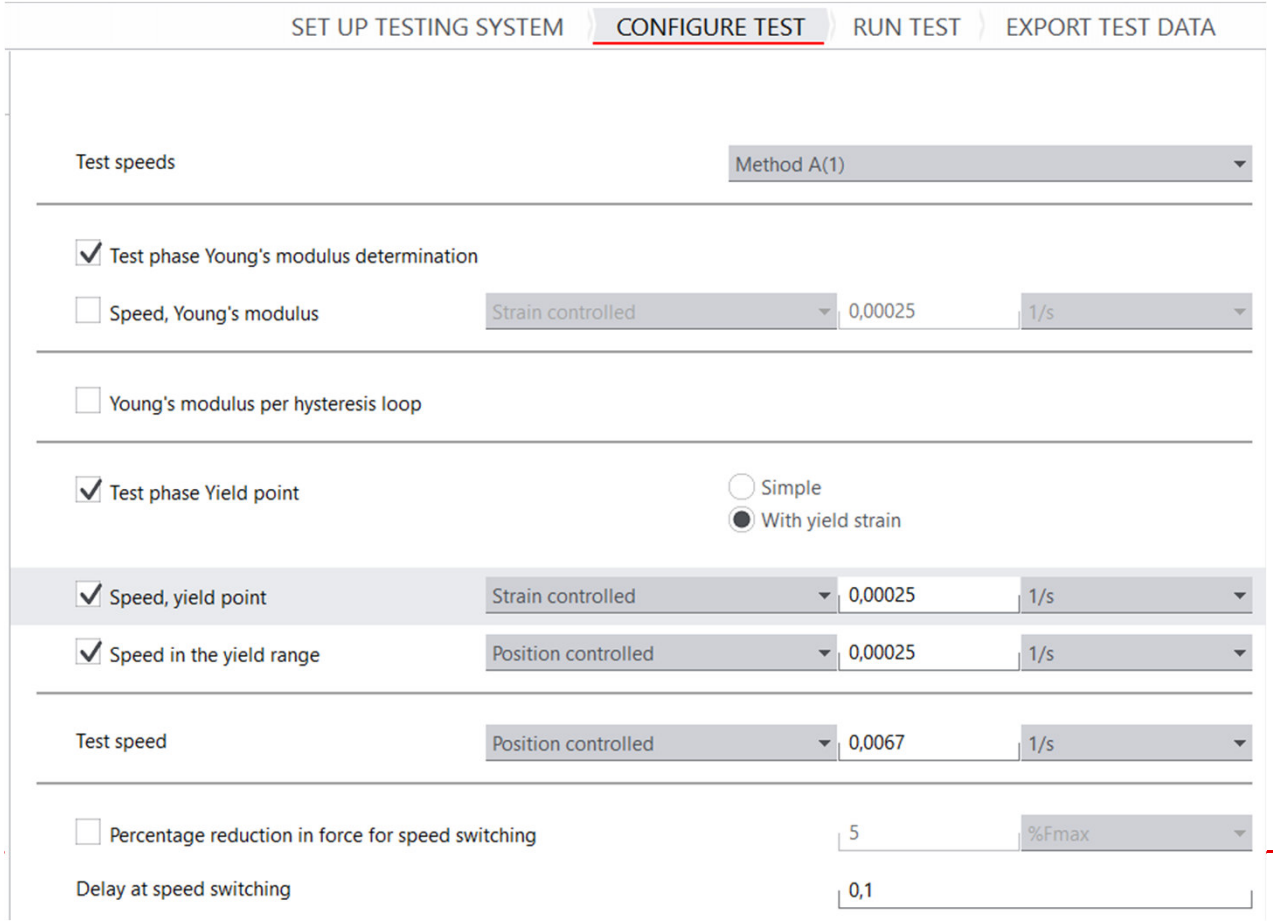
Verfahren A2 - Einstellen einer konstanten Traversengeschwindigkeit, um spezifizierte Dehngeschwindigkeit (bei Messwertnahme) zu erreichen



Zwick Roell

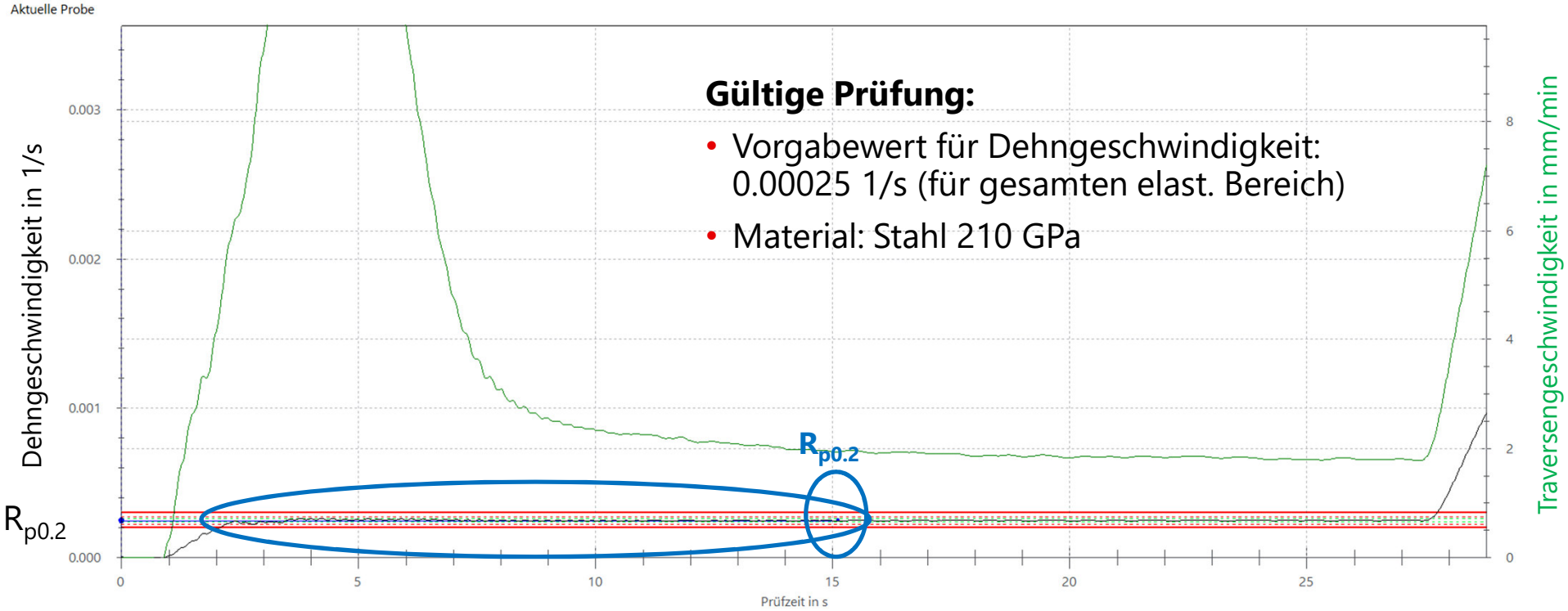
testXpert test program to ISO 6892-1: Method A1 (with yield strain)

Method A1 of ISO 6892-1 incl. test speed and all test parameters are fully configured in the testXpert software.



Zwick Roell

Verfahren A1 - Einstellen einer „geregelten“ Traversengeschwindigkeit zur Erzielung einer konstanten Dehngeschwindigkeit im gesamten elastischen Bereich



Zwick Roell

1. **Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Normen**
   Kennwerte aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm

2. **Prüfverfahren/Prüfgeschwindigkeiten nach DIN EN ISO 6892-1**
   Kennwert-Abhängigkeit von der Prüfgeschwindigkeit
   Verfahren B: Spannungsgeschwindigkeitsregelung
   Verfahren A: Dehngeschwindigkeitsregelung

3. **Zusammenfassung**
   Typische Prüfergebnisse nach DIN EN ISO 6892-1 Verfahren A1
   Zusammenfassung der Effizienzsteigerungen

Zwick Roell

Typische Prüfergebnisse nach DIN EN ISO 6892-1 Verfahren A1

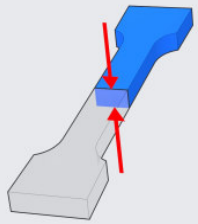
Beispiel für Prüfergebnisse an Blechen - Verfahren A1

PRÜFSYSTEM EINRICHTEN | PRÜFUNG KONFIGURIEREN | PRÜFUNG DURCHFÜHREN | PRÜFDATEN EXPORTIEREN

Serienlayout | Probengrafik | Geschwindigkeit | Medien

Serie
- Probe 1
- Probe 2
- Probe 3
- Probe 4
- Probe 5

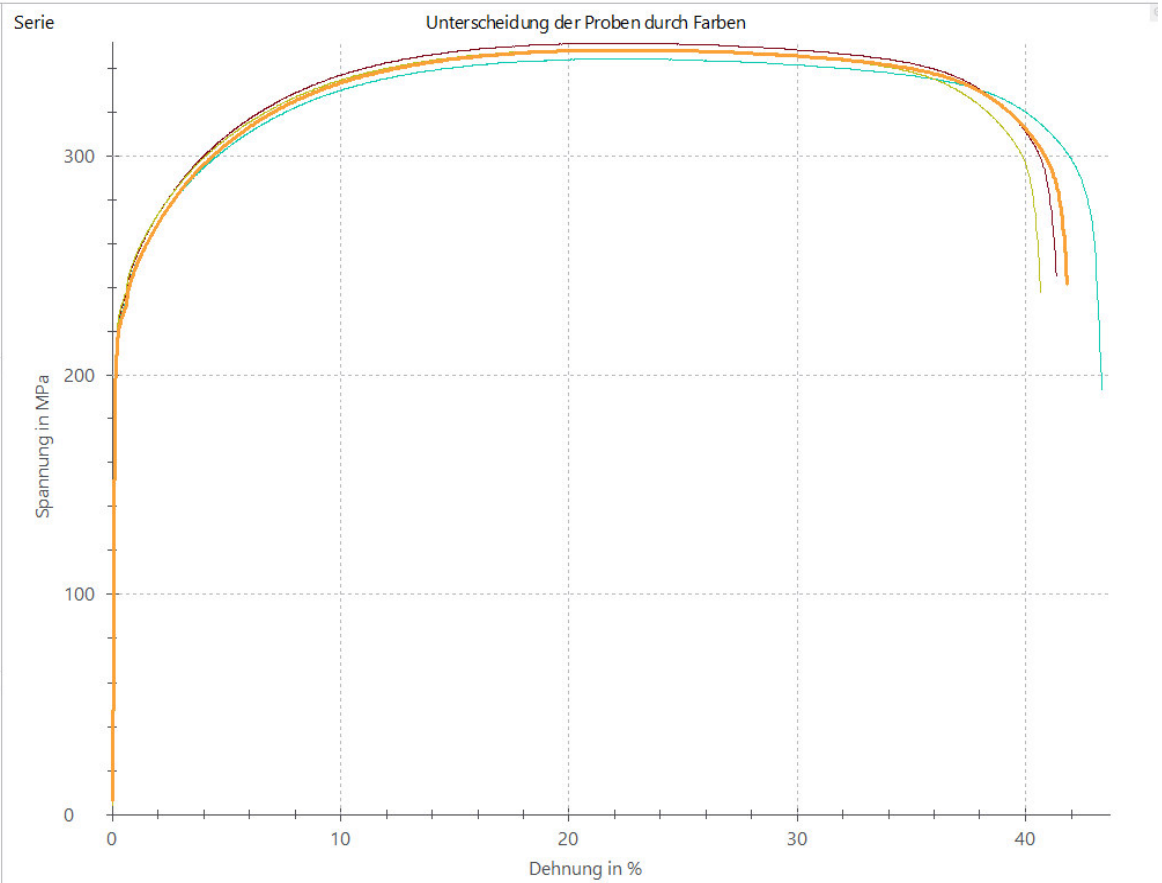
Probendicke	0,9	mm
Probenbreite	20	mm
Versuchslänge	120	mm



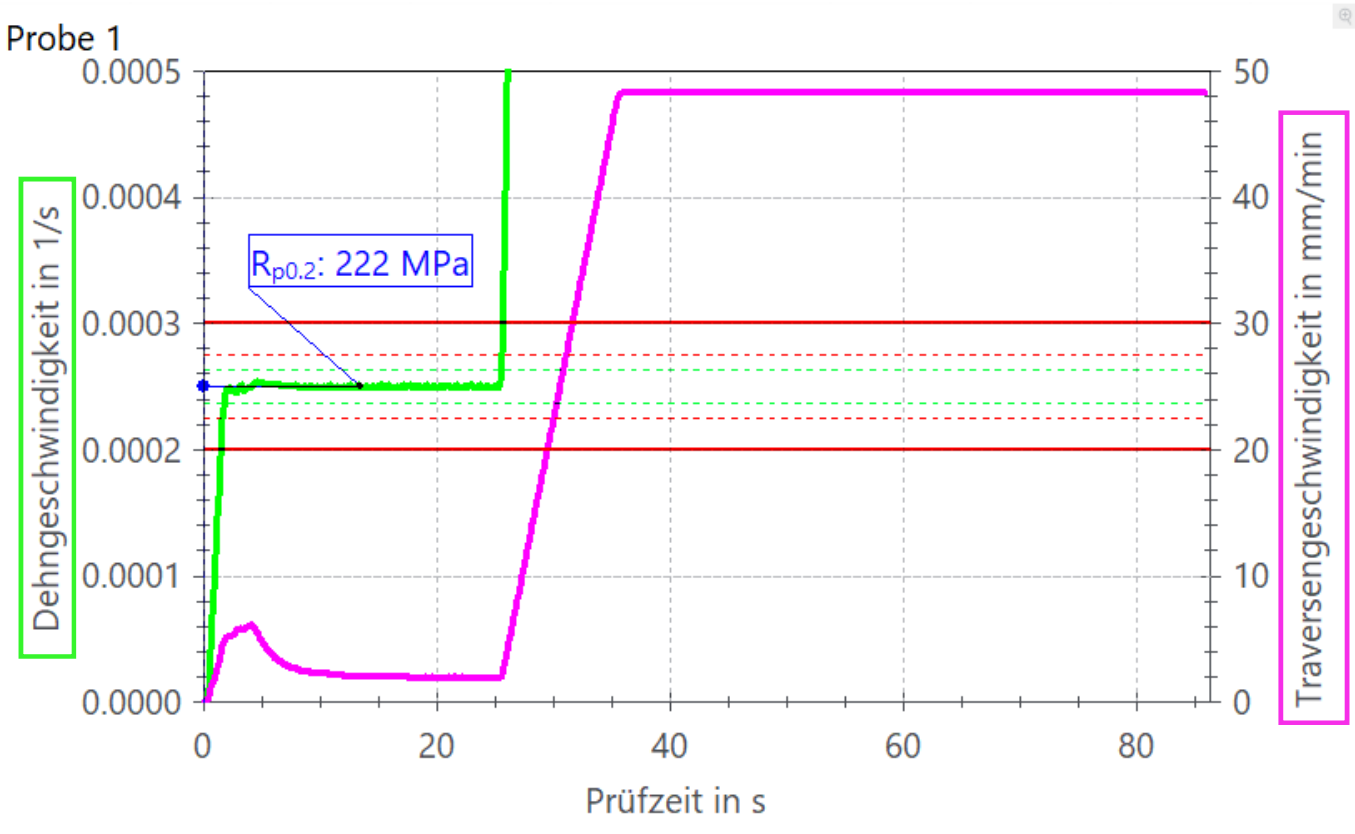
Dicke der Probe

Legende	Nr	m_E GPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	F_m kN	A_g %	A_{80mm} %	a_0 mm	b_0 mm	S_0 mm²
	1	198	222	348	6,27	22,23	41,7	0,9	20	18,00
	2	199	225	344	6,19	21,91	43,3	0,9	20	18,00
	3	201	228	351	6,33	21,88	41,2	0,9	20	18,00
	4	223	229	349	6,27	21,85	40,6	0,9	20	18,00

Serie n = 4	m_E GPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	F_m kN	A_g %	A_{80mm} %	a_0 mm	b_0 mm	S_0 mm²
$\bar{x}$	205	226	348	6,27	21,96	41,7	0,9	20	18,00
s	12	3	3	0,05	0,18	1,1	0,000	0,000	0,00
ν [%]	5,77	1,21	0,86	0,86	0,81	2,74	0,00	0,00	0,00



testXpert weist automatisch die korrekte Dehngeschwindigkeitsregelung nach Normvorgabe nach.



Legende	Nr	$(de/dt)_{Le}(R_{p0.2})$ 1/s	$\overline{(de/dt)_{Le}}$ 1/s
	1	0,000250	0,000250
	2	0,000250	0,000250
	3	0,000250	0,000250
	4	0,000249	0,000249

- Definierte und erreichte Dehngeschwindigkeit werden grafisch und als Ergebnis angezeigt

Zwick Roell

Zusammenfassung: Effiziensteigerungen

Die Effizienzsteigerungen sind wesentlich durch die Assistenz von testXpert und die Wahl des Prüfverfahrens bedingt.

- Bei dem Wechsel der Probe sind bei den Prüfverfahren B und A2 Vorprüfungen notwendig.
- Für das Verfahren B sind Angaben zu den Steifigkeiten von Prüfaufbau und Probe notwendig
- Für das Verfahren A2 ist die Angabe des P-Faktors notwendig, um die exakte Prüfgeschwindigkeit im interessierten Punkte zu gewährleisten.
- Für das Verfahren A1 sind keine Vorprüfungen oder aufwändige Prüfparametrisierung notwendig, falls das Prüfsystem bereits mit einer adaptiven Reglung ausgestattet ist.
- Die Assistenz von testXpert unterstützt in der passenden Parametrisierung der Prüfung. Hierdurch werden auch potenzielle Eingabefehler durch den Bediener reduziert. Die Prüfergebnisse sind automatisch vorbereitet und können durch Aktivieren einfach übernommen, weiterverarbeitet und exportiert werden.
- Die Prüfgeschwindigkeiten nach Normvorgabe sind in testXpert als Diagramm oder als Ergebnis direkt verfügbar, was zusätzlich zur Qualifizierung auch die Auditierung des Prüfsystems einfach ermöglicht.
  Dies gilt analog auch für die Traversengeschwindigkeit.
- Probenmessgeräten sind in testXpert integriert, hierdurch sparen Sie Zeit und reduzieren Eingabefehler.
- Automatischer Import von Proben- und Organisationsdaten aus Ihrem ERP- oder Host-System.
- Automatischer Export von Ergebnissen und Daten in ihr ERP System durch standardisierter ODBC Schnittstelle bzw. Excel

Zwick Roell

Zwick Roell

zwickroell.com