

# Die Laborprüfmaschine bei HÄUSSERMANN

Beispiel aus der Praxis für allgemeine Qualitätsmerkmale einer geeigneten Prüfmaschine, die Ermittlung der Messunsicherheit, die Kalibrierung, etc.

## Mechanischer Aufbau:

4-Säulengestell mit unterer Fahrtraverse

Druckplatten durchgehärtet: 60 HRc

Dicke: 80 mm

Nutzbarer Durchmesser: 500 mm

## Messsystem

Kraftmessung: 3 Kraftmessdosen auf  
Teilkreis 600 mm

Messbereich: 0,2 bis 100 kN

Auflösung: 1 N

Höhenmessung: Traversenwegaufnehmer

Auflösung: 0,001 mm.

kl. Traversengeschw. 0,001 mm/min.

gr. Traversengeschw. 750 mm/min.

Automatischer Nullpunktgleich.

Korrektur der elastischen Verformung des gesamten Aufbaus bei der Auswertung der Messergebnisse durch den Rechner. Die Korrekturkurven für Be- und Entlastung (s. unten) können für den individuellen Versuchsaufbau aufgenommen oder als gespeicherte Standardkurven abgerufen werden.

## Prüfverfahren

Die Kräfte werden bei bis zu 12 voreinstellbaren Federhöhen im Durchlauf gemessen. Ausweitung für Be- und/oder Entlastung

und/oder Mittelwert aus beiden. Beliebige rechnerische Auswertungen von Kräften/ Höhen untereinander sind darstellbar, wie z. B. Differenzkraft zwischen Kraftmaximum und -minimum, Federrate, usw. Bei Federn mit Kraftmaximum und -minimum kann die Maschine sowohl die Extremwerte als auch die zugehörigen Höhen ermitteln. Bei der Stichprobenprüfung werden die Messergebnisse nach den üblichen statistischen Verfahren untersucht inkl. der Ausgabe von Histogrammen.

## Messgenauigkeit der Laborprüfmaschine

### Merkmale der Druckplatten

Die folgenden Ergebnisse sind dem Abnahmeprotokoll entnommen.

### Merkmale der Druckplatten:

Härte: 60 x 63 HRc

Rauhigkeit: 0,15 – 0,29 Ra

Ebenheit: < 0,01 / 500 mm

Parallelität unbelastet: 0,023 / 450 mm

Parallelität bei zentrischer Belastung von ca. 100 kN mit einem punktförmigen, starren Körper: < 0,04 mm

Parallelität bei Belastung von ca. 12 kN mit einem 150 mm außermittigen, punktförmigen, starren Körper: 0,17 / 450 mm.

## Kalibrierung der Kraft und Ermittlung der Messunsicherheit $U_F$ in Druckrichtung

Aus 10 Auf- und 6 Abwärtsreihen waren folgende Einzelgrößen zu ermitteln:

q = Anzeigefehler bei belastender Prüfung bezogen auf den wahren Wert

b = relative Spannweite der Messwerte bei belastender Prüfung, bezogen auf den Mittelwert

s = relative Umkehrspanne bei Belasten der Prüfung, bezogen auf den jeweiligen Mittelwert

$U_F$  = Messunsicherheit der Kraftmessung nach der Formel

$$U_F = \sqrt{q^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2 + s^2}$$

Die auflösungsbedingte Messunsicherheit „a“ ist durchgängig mit 0,25 % berücksichtigt.

Soll:

$U_F < 0,5 \%$  bei 100 kN – 1 kN

$U_F < 1,0 \%$  bei 1 kN – 200 N

$U_F < 2 \%$  bei < 200 N

Kalibriergerät: DK 38 S6, F.Nr. 39617 mit So-Prog. für  $v_{max} = 750$  mm/min

Kalibriergeschwindigkeiten:

	200 kN Master	10 kN Master
Schleichgeschw. $v_1$	0.04 mm/min	0.025 mm/min
Fahrgeschw. $v_2$	0.50 mm/min	0.20 mm/min

**Positioniergenauigkeit ohne Belastung**

Die folgenden Messungen wurden im „pseudo-manuellen“ Betrieb durchgeführt. Die Traversengeschwindigkeit betrug  $v_1 = 1 \text{ mm/min}$ .

**Absoluter Plattenabstand im Prüfbericht „Ab“:**

Wegvorgabe (mm)	Istwert (mm)
1,00	1,00
10,00	10,00
50,00	50,00
100,00	100,00

Die Plattenabstände wurden an der engsten Stelle mit Endmaßen ermittelt. Aufgrund der Endmaßstufung liegt die Messunsicherheit bei 0.01 mm.

**Umkehrspanne**

Bei Wechsel von der Prüfrichtung „Belastung“ in „Entlastung“ ergibt sich eine Umkehrspanne. Bei verschiedenen Plattenabständen wurde mit je 3 Messungen ermittelt:

Plattenabstand (mm)	Umkehrspanne ( $\mu\text{m}$ )
120	6.3
184.6...185.8	7.9
300	6.5

Die Messungen erfolgten mit einem inkrementalen Messtaster MT10 mit einer Messunsicherheit  $< + 1 \mu\text{m}$ .

**Kalibrierung des Traversenwegs**

Die vorgelegten Daten über eine Messstrecke von 55 mm belegen, daß der Traversenwegaufnehmer ohne Belastung ab 400 mm der Klasse 1 entspricht.

**Korrektur der Prüfmaschinenelastizität**

Die *Anlage* zeigt die unkorrigierte Prüfmaschinenelastizität (oberes Diagramm). Durch die rechnerseitige Korrektur mit einem starren Körper muss die Prüfmachine eine nahezu unendliche Federate erhalten, die Korrekturkurve verläuft senkrecht (unteres Diagramm).

Soll:  $\leq 5\mu\text{m}$

Ist:  $\leq 5\mu\text{m}$

Die Korrekturkurve ist in Ordnung.

**Nachlauffehler**

Die Messungen wurden wie folgt durch-

geführt:

- Basismessung auf Kraftmessbügel bis ca. 70 kN, ohne Korrektur der Prüfmaschinenelastizität, mit Kalibriergeschwindigkeit 0,25 mm/min,
- Vergleichsmessungen mit den Geschwindigkeiten 6,12 und 18 mm/min.

Die max. Kraftanstiegsgeschwindigkeit betrug hierbei 11,4 kN/s.

Die vorgelegten Kraft-Weg-Diagramme mit Zoom-Ausschnitten lassen keinen Versatz zur Basismessung erkennen.

Beim Vermessen von Tellerfedern mit Geschwindigkeiten bis zu 120 mm/min ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Nachlauffehler, so dass eine Korrektur nicht erforderlich ist.

**Messen der Komponenten der Federhöhe-Messunsicherheit  $U_{\text{Federhöhe}}$**

Soll:  $U_L < 5\mu\text{m}$

Ergebnis: s. Tabelle

$L_{\text{soll}}$ (mm)	$L_{\text{bel. quer}}$ (mm)	$L_{\text{ent. quer}}$ (mm)	q (mm)	b (mm)	s (mm)	a (mm)	$U_L$ ( $\mu\text{m}$ )
185,8000	185,8011	185,7985	-0,0011	0,0020	0,0026	0,001	3,04
185,3000	185,3023	185,2988	-0,0023	0,0020	0,0035	0,001	4,33
185,8000	184,8017	184,7993	-0,0017	0,0030	0,0024	0,001	3,34
184,4000	184,4012	184,3974	-0,0012	0,0020	0,0038	0,001	4,14

$U_L$  Messunsicherheit Federhöhe

$L_{\text{soll}}$  tatsächliche Höhe, gemessen mit Heidenhein-Messtaster MT 10

$L_{\text{bel.}}$  Maschinenanzeige der Höhe bei Belastung

$L_{\text{ent.}}$  Maschinenanzeige der Höhe bei Entlastung

Die Messung erfolgte bei zentrischer Belastung durch einen Kraftmessbügel mit einer Federsteifigkeit von 45.1 kN/mm.

*Traversengeschwindigkeit:  $v1 = 1 \text{ mm/min}$ .*

*Haltezeit an den Messpunkten:*

*5 s in Belastungsrichtung*

*30/15/15/15 s in Entlastungsrichtung*

*maximal aufgetretene Kraft  $F_{max}$  ca. 66.3 kN*

- Die verwendete Korrekturkurve der Prüfmaschinenelastizität wurde mit einem Einstellzylinder  $h = 180 \text{ mm}$  aufgenommen. Die Verkürzung des Einstellzylinders unter Last ist mit dem Faktor  $1.732E-07$

berücksichtigt.

- Der Bezugspunkt „Plattenabstand 186.00 mm" wurde durch Überprüfung mit Endmaßen bestätigt. Hierzu war es erforderlich, „LE-Referenz" mit einer vorgewählten Kraft von 1000 N einzustellen.
- Die 10 Auf- und Abwärtsreihen wurden im Prüfmodus aufgenommen. Die Einzelgrößen  $q$ ,  $b$ ,  $s$  und  $UL$  wurden analog zur Kraftkalibrierung ermittelt.
- Die auflösungsbedingte Messunsicherheit „a" ist durchgängig mit  $1 \mu\text{m}$  berücksichtigt.

### Vergleichsmessungen an Tellerfedern aus einem Ringversuch

Zu vergleichen waren die Kraftwerte in verschiedenen Prüfhöhen bei Be- und Entlastung. Teilweise wurde mit verschiedenen Geschwindigkeiten geprüft.

Die ermittelten Werte werden akzeptiert.