

Messen mit dem Electronic-Scale



Inhaltsverzeichnis

<i>MESSEN MIT DEM ELECTRONIC SCALE</i>	2
<i>1. Genauigkeit von Messinstrumenten mit Digitalanzeige</i>	2
<i>2. Genauigkeit des ELECTRONIC SCALES</i>	2
<i>3. Messunterlage</i>	3
<i>4. Temperatur</i>	3
<i>5. Feuchtigkeit</i>	5
<i>6. Parallaxe</i>	6
<i>7. Visuelles Feingefühl des Prüfers</i>	7

MESSEN MIT DEM ELECTRONIC SCALE (kurz: ES)

Messresultate können durch verschiedenste Einwirkungen beeinflusst werden. Zum korrekten Messen müssen deshalb einerseits gewisse technische Voraussetzungen erfüllt sein und andererseits sollten genügend Kenntnisse aller Zusammenhänge vorhanden sein, damit die erhaltenen Resultate auch richtig interpretiert werden können.

Einflussfaktoren:

- Genauigkeit und physikalische Eigenschaften des Massstabs / Messgeräts
- Messbereich (die Ungenauigkeit steigt mit der Grösse des Bereichs, in der Regel nicht linear sondern (leicht) exponentiell)
- Messaufbau (Planität der Messunterlage, Parallaxfehler, Abbesches Komparatorprinzip etc.)
- Klima:
 - o Temperatur (Raumtemperatur, Strahlungswärme der Beleuchtung, Körpertemperatur des Bedieners bei Berührung, ...)
 - o Feuchtigkeit (z.B. bei Papier oder Kunststofffolien)
 - o Akklimatisierungszeit / -grad
- Physikalische Eigenschaften des zu prüfenden Teils (Ausdehnungskoeffizienten etc.)
- Kantenschärfe des Messobjekts
- Prüfer / Anwender (Kenntnisse, Erfahrung und (visuelles) Feingefühl)

1. Genauigkeit von Messinstrumenten mit Digitalanzeige

Bei Messinstrumenten mit Digitalanzeige ist zu beachten, dass in der Regel der angezeigte Wert nicht dem tatsächlichen Messresultat entspricht. Denn einerseits werden die Zwischenwerte (Stellen hinter der letzten angezeigten Ziffer) gerundet und andererseits berücksichtigt die Anzeige weder die Geräte-Ungenauigkeit noch die Einflüsse durch das bedienende Personal etc.

Für die Geräte-Ungenauigkeit gibt der Hersteller in der Regel Toleranzwerte an, innerhalb derer die Abweichung zum wirklichen Mass liegen muss.

Beispiel für ein elektronisches Messinstrument mit einer garantierten Genauigkeit von ± 0.05 mm:

angezeigter Wert auf dem Display = 347.12 mm

das effektive Mass kann irgendein Wert sein zwischen 347.07 mm und 347.17 mm.

„Wiederholgenauigkeit“ und „Auflösung“, werden oft verwechselt mit der eigentlichen Mess-„Genauigkeit“ eines Geräts. Die drei Begriffe haben aber völlig unterschiedliche Bedeutungen. Die „Wiederholgenauigkeit“ sagt aus, wie groß die Streuung ist, wenn ein und dasselbe Maß mehrmals gemessen wird. Die „Auflösung“ hingegen ist die Feinheit der Anzeige bzw. sagt aus, in welchen kleinsten Teilschritten die Anzeige erfolgt (z.B. 0.01 mm beim ES; Zwischenwerte werden gerundet).

2. Genauigkeit des ELECTRONIC SCALES

Faktoren, die die Gerätegenauigkeit eines Maßstabs (z.B. ES) beeinflussen, sind:

- Konstruktion (Stabgeometrie, Zusammenspiel der Teile, Messbereich, Berücksichtigung messtechnischer Grundprinzipien wie z.B. des Abbeschen Komparatorprinzips, Parallaxe, etc.)
- Optisches System
- Elektronik (als auswertendes Element) (beim ES: ± 0.01 mm)
- Genauigkeit des Kondensator-Massstabs (impulsgebendes Element)

Es gibt keine absolut genauen Messgeräte. Auch der ELECTRONIC SCALE hat Unzulänglichkeiten. Die Fehler-Bandbreiten dieser Ungenauigkeiten sind gemäss Hersteller:

ES 180	:	0.03 mm
ES 300	:	0.03 mm
ES 500	:	0.03 mm
ES 800	:	0.04 mm
ES 1000	:	0.05 mm
ES 1300	:	0.08 mm
ES 1500	:	0.10 mm

Diese Angaben sind nicht als Plus/Minus-Angaben zu verstehen, sondern entsprechen jeweils der gesamten „Fehler-Bandbreite“. Beim ES 800 z.B. müssen sämtliche Ungenauigkeiten innerhalb eines Bandes von max. 0.04mm liegen. In der Praxis bedeutet dies für das Beispiel ES 800, alle bei der Prüfung gefundenen Abweichungen müssen in einem Bereich liegen

	von -0.04 mm bis	0.00 mm (unterer Extremfall)
oder	von -0.03 mm bis	+0.01 mm
oder	von -0.02 mm bis	+0.02 mm
oder	von -0.01 mm bis	+0.03 mm
oder	von 0.00 mm bis	+0.04 mm (oberer Extremfall)

Damit der Anwender weiss, in welchem Toleranzbereich sein Instrument arbeitet, ist jedem ES ein Messprotokoll beigelegt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die angegebenen Messwerte nur die Tendenz anzeigen und nicht als absolute Korrekturwerte verwendet werden können, da der Nullpunkt beim ES beliebig gesetzt werden kann.

3. Messunterlage

Biegen sich Prüfling und/oder Prüfgerät durch, entstehen Mess-Ungenauigkeiten. Um genaue Messresultate zu erhalten, ist deshalb eine gute Unterlage nötig. Ob Leuchttisch oder andere Messplatte, sie darf sich nicht durchbiegen! Die Planität fliesst direkt ins Ergebnis ein.

4. Temperatur

Der Einfluss der Temperatur (wie auch der unter Punkt 5 behandelten „Feuchtigkeit“) wird in der Praxis oft nicht oder zuwenig beachtet. Die Eigenschaft, dass sich unterschiedliche Materialien bei Temperatur-Änderungen unterschiedlich stark ausdehnen, führt dann zu Fehlinterpretationen der Messergebnisse.

Das folgende Beispiel soll diese Problematik veranschaulichen:

Messobjekt/Prüfling:	Polyesterfilm
Messinstrument:	ES 1000 (aus Cr/Ni-Stahl)
Temperatur des Messobjekts:	30 °C (auf dem Leuchttisch!)
Temperatur des Maßstabs:	20 °C
Meßstrecke:	1000 mm

Für die thermische Ausdehnung gilt folgende Formel:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

wobei

ΔL :	Längenänderung
L:	Länge
α :	Wärmeausdehnungskoeffizient
ΔT :	Temperaturunterschied

Der Wärmeausdehnungskoeffizient α des Polyesters beträgt: $27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Somit ergibt sich folgende Längenänderung für den Film (auf 1000 mm bei 10°C Temperaturdifferenz):

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0.27 \text{ mm}$$

Der Fehler reduziert sich, wenn der Maßstab ebenfalls die Temperatur des Films hat (thermische Ausdehnung des Cr/Ni-Stahls: $11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Die Längenzunahme des ES beträgt in unserem Beispiel:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0.115 \text{ mm}$$

Da mit einem zu langen Maßstab zu kurz gemessen wird, korrigiert sich der oben ermittelte Wert bei dem Polyesterfilm um diese 0.115 mm.

Der resultierende Messfehler beträgt somit: $0.27 \text{ mm} - 0.115 \text{ mm} = 0.155 \text{ mm}$.

Dieses Beispiel zeigt deutlich den Einfluss der Temperatur und wie wichtig es ist, die tatsächlichen Temperaturen aber auch die physikalischen Eigenschaften des Prüflings und des Prüfmittels zu kennen. - Legt man Prüfling und Maßstab auf den warmen Leuchttisch, so nimmt die Folie (Prüfling) die Wärme schnell an, während die Wärmeaufnahme des Stahl-Maßstabs (Prüfmittel) etwas länger dauert. Während dieser Zeit der Anpassung sind in der Regel keine genauen Temperaturen bekannt und man weiß nicht wirklich, wie weit sich Prüfling und Prüfmittel schon angepasst haben. In dieser Zeit sind keine genauen Messungen möglich! (siehe auch [Akklimation](#))

Zahlenbeispiele der Ausdehnung in Abhängigkeit von Material, Temperatur und Länge:

a) Ausdehnung von Cr/Ni Stahl:

(Ausdehnungskoeffizient $AK_T = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Temperatur- unterschied	Messlänge / Längenänderung (alle Maße in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0.00115	0.00230	0.00345	0.00460	0.00575	0.01150
2 °C	0.00230	0.00460	0.00690	0.00920	0.01150	0.02300
3 °C	0.00345	0.00690	0.01035	0.01380	0.01725	0.03450
4 °C	0.00460	0.00920	0.01380	0.01840	0.02300	0.04600
5 °C	0.00575	0.01150	0.01725	0.02300	0.02875	0.05750

b) Ausdehnung von Glas:

(Ausdehnungskoeffizient $AK_T = 9.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Temperatur- unterschied	Messlänge / Längenänderung (alle Maße in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0.00090	0.00180	0.00270	0.00360	0.00450	0.00900
2 °C	0.00180	0.00360	0.00540	0.00720	0.00900	0.01800
3 °C	0.00270	0.00540	0.00810	0.01080	0.01350	0.02700
4 °C	0.00360	0.00720	0.01080	0.01440	0.01800	0.03600
5 °C	0.00450	0.00900	0.01350	0.01800	0.02250	0.04500

c) Differenz der Ausdehnung von Cr/Ni-Stahl zu Glas

Temperatur- unterschied	Messlänge / Längenänderung (alle Maße in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0.00025	0.00050	0.00075	0.00100	0.00125	0.00250
2 °C	0.00050	0.00100	0.00150	0.00200	0.00250	0.00500
3 °C	0.00075	0.00150	0.00225	0.00300	0.00375	0.00750
4 °C	0.00100	0.00200	0.00300	0.00400	0.00500	0.01000
5 °C	0.00125	0.00250	0.00375	0.00500	0.00625	0.01250

Bem: Die aufgeführten Ausdehnungskoeffizienten sind Beispiele und nicht für alle Sorten gültig!

[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)

5. Feuchtigkeit

Die Feuchtigkeit bewirkt beim ELECTRONIC SCALE keine Längenveränderung. Sie kann jedoch auf das Messobjekt einen Einfluss haben, wie z.B. beim Prüfling aus dem vorangegangenen Beispiel (Polyesterfilm).

Für die Ausdehnung durch Feuchtigkeit gilt folgende Formel:

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T \quad \text{wobei} \quad \begin{array}{l} \Delta L: \text{ Längenänderung} \\ L: \text{ Länge} \\ AK_F: \text{ Wärmeausdehnungskoeffizient für Feuchte} \\ \Delta T: \text{ Temperaturunterschied} \end{array}$$

Der Ausdehnungskoeffizient für Feuchte beträgt bei Polyester: $12 \times 10^{-6} / \%RF$ (relative Feuchtigkeit).

Für den Film ergibt sich hiermit eine Längenänderung (auf 1000mm bei einer Änderung um 10%RF:

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 12 \times 10^{-6} / \%RF \times 10 \%RF = 0.12 \text{ mm}$$

Achtung: Die Wasseraufnahme und -abgabe sind je nach Beschaffenheit des Objekts langwierige Prozesse und können oft mehrere Tage dauern!

▣ Akklimatisierung:

Da die Temperatur und Feuchte einen so hohen Einfluss auf die Genauigkeit haben, ist es extrem wichtig, dem Prüfgut und dem Messmittel genügend Zeit zu geben, sich an die vorherrschenden Bedingungen anzupassen. Ist die Akklimatisierung vollständig abgeschlossen, können die Einflüsse von Temperatur und Feuchte (sofern die entsprechenden Koeffizienten bekannt sind) relativ leicht mit den oben stehenden Formeln rein rechnerisch kompensiert bzw. gegen gerechnet werden. Ist die Akklimatisierung aber noch im Gange (z.B. bei einer Kunststoffolie nach nur 24 Std. oder 48 Std.), so weis man nicht genau, wie weit diese fortgeschritten ist, bzw. wie viel sich der Prüfling noch ändert. Und somit ist eine rechnerische Kompensation bzw. ein sicheres Messen nicht möglich.

Zahlenbeispiele der Massabweichung einer Polyesterfolie in Abhängigkeit von Temperatur und Länge bzw. relativer Feuchte und Länge:

A) Maßabweichung bei Temperaturänderung:

(Ausdehnungskoeffizient $AK_T = 27 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Temperatur- unterschied	Messlänge / Längenänderung (alle Maße in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0.0027	0.0054	0.0081	0.0108	0.0135	0.0270
2 °C	0.0054	0.0108	0.0162	0.0216	0.0270	0.0540
3 °C	0.0081	0.0162	0.0243	0.0324	0.0405	0.0810
4 °C	0.0108	0.0216	0.0324	0.0432	0.0540	0.1080
5 °C	0.0135	0.0270	0.0405	0.0540	0.0675	0.1350
6 °C	0.0132	0.0324	0.0486	0.0648	0.0810	0.1620
7 °C	0.0189	0.0378	0.0567	0.0756	0.0945	0.1890
8 °C	0.0216	0.0432	0.0648	0.0864	0.1080	0.2160
9 °C	0.0243	0.0486	0.0729	0.0972	0.1215	0.2430
10 °C	0.0270	0.0540	0.0810	0.1080	0.1350	0.2700

B) Maßabweichung bei Änderung der Feuchtigkeit:

(Ausdehnungskoeffizient $AK_F = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Unterschied % RF	Messlänge / Längenänderung (alle Maße in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0.0012	0.0024	0.0036	0.0048	0.0060	0.0120
2 °C	0.0024	0.0048	0.0072	0.0096	0.0120	0.0240
3 °C	0.0036	0.0072	0.0108	0.0144	0.0180	0.0360
4 °C	0.0048	0.0096	0.0144	0.0192	0.0240	0.0480
5 °C	0.0060	0.0120	0.0180	0.0240	0.0300	0.0600
6 °C	0.0072	0.0144	0.0216	0.0288	0.0360	0.0720
7 °C	0.0084	0.0168	0.0252	0.0336	0.0420	0.0840
8 °C	0.0096	0.0192	0.0288	0.0384	0.0480	0.0960
9 °C	0.0108	0.0216	0.0324	0.0432	0.0540	0.1080
10 °C	0.0120	0.0240	0.0360	0.0480	0.0600	0.1200

Bem: Die aufgeführten Ausdehnungskoeffizienten sind Beispiele und nicht für alle Sorten gültig!

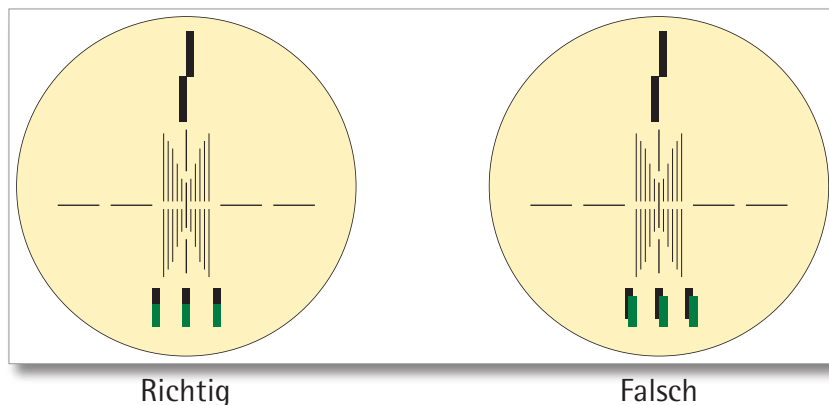
Lupe oder Mikroskop?

Beim ELECTRONIC SCALE stehen unterschiedliche optische Hilfsmittel zum Anpeilen der Prüflinien zur Auswahl. Einerseits eine 10-fache Lupe und andererseits speziell für diesen Einsatz bearbeitete Mikroskope mit entweder 25-facher oder 50-facher Vergrößerung.

Die bei der Standard-Ausführung verwendete Präzisions-Lupe hat die Vorteile größeres Gesichtsfeld und seitenrichtige Darstellung. Leider hat sie aber den großen Nachteil der sogenannten Parallaxe.

6. Parallaxe

Befindet sich zwischen den Linien auf der Strichplatte des Messmittels und den Linien auf dem Messobjekt ein Zwischenraum, so entsteht ein Messfehler, wenn der Einblick in die Lupe nicht genau senkrecht erfolgt.



Der Messfehler steigt mit dem Abstand zwischen Messmarke auf der Strichplatte und der zu messenden Linie auf dem Prüfgut und mit der Winkelabweichung der Betrachtungsachse zur Senkrechten.

Die „Parallaxkontrolle“ des ELECTRONIC SCALE gibt dem Anwender die Möglichkeit, den Betrachtungswinkel zu kontrollieren.

Nur wenn die übereinander liegenden Felder optimal zueinander ausgerichtet sind, schaut der Betrachter senkrecht auf die Messmarken. Das durchdachte Strichplattenbild des ES hilft somit bei richtiger Anwendung den Spielraum der individuellen Interpretation gering zu halten und die Messunsicherheit und die Streuung der Messresultate unterschiedlicher Prüfer auf ein Minimum zu reduzieren.

Bei optischen Systemen mit mehreren Linsen wie z.B. einem Mikroskop, wird die optische Achse durch das Linsensystem gegeben. Dadurch kann nicht schräg durch die Optik geschaut werden wie bei einer Lupe und es entsteht kein Parallaxfehler! Dies ist nebst der höheren Vergrößerung der Hauptvorteil eines Mikroskops. Die Nachteile eines Mikroskops sind das kleinere Sichtfeld und die Umkehrung des dargestellten Bildes. Was oben erscheint, ist unten; was links erscheint, ist rechts. Dies ist beim Arbeiten mit dem Mikroskop am Anfang etwas verwirrend. Man gewöhnt sich aber im Allgemeinen recht schnell daran.

7. Visuelles Feingefühl des Prüfers

Übung macht den Meister! – Durch wiederholtes oder regelmäßiges Arbeiten wird das Auge geschult und das visuelle Feingefühl des Prüfers verbessert sich. Man lernt, das Bild schneller und besser zu lesen und sicherer zu interpretieren.

Faktoren, die das Messresultat beeinflussen

Generelle Einflussfaktoren:

- Genauigkeit und physikalische Eigenschaften des Maßstabs / Messgeräts
- Messbereich (die Ungenauigkeit steigt mit der Grösse des Bereichs, in der Regel nicht linear sondern (leicht) exponentiell)
- Messaufbau (Planität der Messunterlage, Parallaxfehler, Abbesches Komparatorprinzip etc.)
- Klima:
 - o Temperatur (Raumtemperatur, Strahlungswärme der Beleuchtung, Körpertemperatur des Bedieners bei Berührung, ...)
 - o Feuchtigkeit (z.B. bei Papier oder Kunststofffolien)
 - o Akklimatisierungszeit / -grad
- Physikalische Eigenschaften des zu prüfenden Teils (Ausdehnungskoeffizienten etc.)
- Kantenschärfe des Messobjekts
- Prüfer / Anwender (Kenntnisse, Erfahrung und (visuelles) Feingefühl)

Faktoren, die die Genauigkeit eines ELECTRONIC SCALE oder ähnlichen Maßstabs beeinflussen:

- Konstruktion (Stabgeometrie, Herstellpräzision, Zusammenspiel der Teile, physikalische Eigenschaften der verwendeten Materialien, Messbereich, Berücksichtigung messtechnischer Grundprinzipien wie z.B. des Abbeschen Komparatorprinzips, Parallaxe, etc.)
- Optisches System
- Elektronik (als auswertendes Element) (beim ES: +/- 0.01mm)
- Genauigkeit des Kondensator-Massstabs (impulsgebendes Element)