



0 Sicherheitshinweise

- Der bestimmungsgemäße Gebrauch der TESA Endmaßmessgeräte *upd* und *upc* setzt das Beachten nachstehender Beschreibungen, im Besonderen das Einhalten der Anforderungen an die Umgebungsbedingungen voraus.
- Zusätzlich sind die landesspezifischen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.
- Die Inbetriebnahme, d.h. das Auspacken und Installieren des Endmaßmessgerätes hat von messtechnisch geschultem Fachpersonal zu erfolgen. Es ist von entscheidender Wichtigkeit, dass die Arbeiten sehr sorgfältig ausgeführt werden. Zu allen elektrischen Angelegenheiten ist entsprechend ausgebildetes und autorisiertes Fachpersonal hinzuziehen.
- Es ist zu prüfen, dass vor dem Anschluss die an den Geräten angegebene Versorgungsspannung mit der vorhandenen Netzspannung übereinstimmt.
- Zu beachten ist, dass während des Herstellens der Kabelverbindungen die Geräte ausgeschaltet sind.
- Bei Netzanschlüssen ist darauf zu achten, dass Kabel, Stecker und Anschlussdosen vorschriftsmäßig mit Schutzleitern ausgerüstet sind.
- Netzstecker dürfen nur an Steckdosen mit Schutzleitern angeschlossen werden. Diese Sicherheitsverbindung darf nicht durch ein Verlängerungskabel ohne Schutzleiter unterbrochen werden. Jede Unterbrechung des Schutzleiters, im Innern oder außerhalb der Geräte, oder das Abtrennen von Schutzklemmen kann die Geräte berührungsgefährlich werden lassen.
- Sollte an einem Netzkabel ein Stecker zu montieren sein, muss dieser einen Schutzerdkontakt besitzen, mit dem der gelb/grüne Leiter zu verbinden ist.
- Vor dem Öffnen elektrischer Geräte Stromzufuhr durch Abziehen der Netzstecker unterbrechen.
- Die Geräte dürfen nur in technisch einwandfreiem Zustand benutzt werden. Dazu sind regelmäßige Wartungen sowie Sicherheitsprüfungen vorzunehmen.
- Technische Veränderungen an den Geräten sind zu unterlassen. Werden sie dennoch vorgenommen, führen sie zum Verlust von Garantieleistungen und Haftungsausschluss.



1 Hauptmerkmale

Die TESA Endmaßmessgeräte *upd* und *upc* dienen zur Kalibrierung, d.h. zur maßlichen Prüfung von Parallelendmaßen mit rechteckigem Querschnitt im Nennmaßbereich von 0,5 bis 100 mm bzw. 0.05 bis 4 in. In einer Sonderausführung der Geräte können auch Endmaße mit Nennmaßen bis 500 mm (20 in) in vertikaler Position gemessen werden.

Für beide Messgeräte, *upd* und *upc*, wird das gleiche Messverfahren benutzt. Es basiert auf zwei sich gegenüberstehenden und fluchtend angeordneten Längenmesstastern. Ausgehend von Bezugsendmaßen mit bekannten Mittenmaßabweichungen werden die zu kalibrierenden Endmaße durch mechanisch berührende Messungen dazu verglichen.

Mit dem TESA Messgerät *upd* können «*unmittelbare Messungen*» von Endmaßen mit einem Nennmaßunterschied bis 25 mm bzw. 1 in durchgeführt werden (Bild 2). Des weiteren sind ebenso sog. «*Unterschiedsmessungen*» möglich, bei denen jeweils zwei Endmaße gleichen Nennmaßes maßlich miteinander verglichen werden.

Das TESA Messgerät *upc* ist ausschließlich für «*Unterschiedsmessungen*» konzipiert, wobei stets Endmaße gleichen Nennmaßes verglichen werden (Bild 3).

Zur schnellen und sicheren Endmaßpositionierung an den vorgegebenen Messstellen dienen Einrichtungen nach dem 2- oder 1-Schablonen-System.

Die Messanordnung sowie Konzept und Qualität der Messsysteme garantieren Messungen mit extrem

kleiner Messunsicherheit. Denn die integrierte TESA Temperaturmesseinrichtung *upt*, basierend auf 4 Aufnehmern, erfassen obendrein die Temperatur der Endmaße und des Messgerätes.

Das TESA Messwertverarbeitungs-Programm *up* verarbeitet die on-line-übertragenen Messwerte für die Länge und die Temperatur.

► Es steuert und sichert korrekte Messabläufe, gleichzeitig werden die Messwertstreuungen bzw. -drift für Länge und Temperatur überwacht.

► Das Programm führt automatisch alle relevanten Korrekturen durch, z.B. Berücksichtigung der Istabmaße der Bezugsnormale, Abplattung bei unterschiedlichen Werkstoffen (Stahl, Hartmetall, Keramik) der Endmaße und Temperaturkompensation bezogen auf 20 °C entsprechend dem jeweiligen Längenausdehnungskoeffizienten.

► Zuordnung der Endmaße zur entsprechenden Toleranzklasse.



Bild 1 TESA Endmaßmessgerät *upd* komplett mit TESA Temperaturmesseinrichtung *upt*

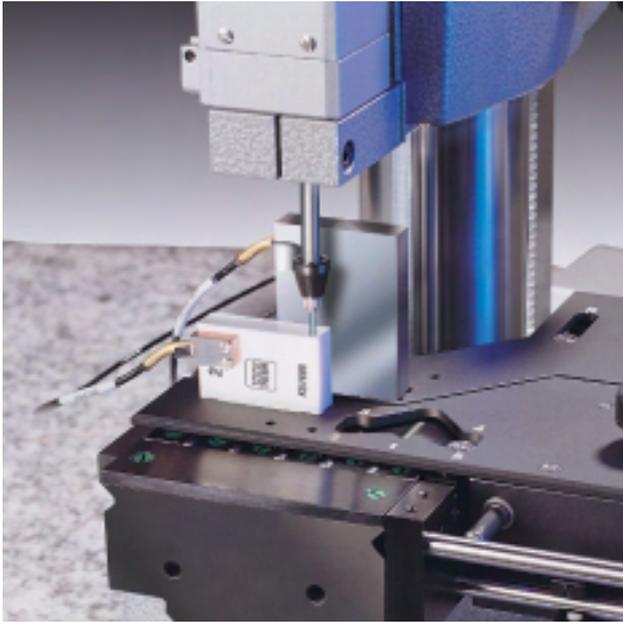


Bild 2 TESA Endmaßmessgerät *upd* mit 2-Schablonen-System bei «*unmittelbaren Messungen*» von Endmaßen mit ungleichem Nennmaß

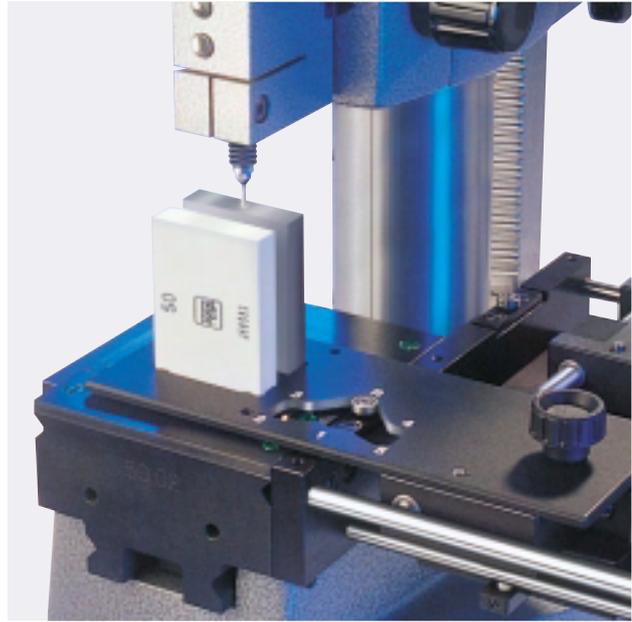


Bild 3 TESA Endmaßmessgerät *upc* beim Messen von Endmaßen nach dem 1-Schablonen-System («*Unterschiedsmessungen*» bei gleichem Nennmaß)

Die Kalibrierungen können konform zu den Anforderungen relevanter Normen und Richtlinien durchgeführt werden.

Internationale Norm:

ISO 3650 Geometrical Product Specifications (GPS) – Length standards – Gauge blocks
Second edition: 1998-12-15

Nachgeordnete Ausgaben davon:

Regionale Norm: **EN ISO 3650 : 1998**

(Beispiel) CEN, Europäisches Komitee für Normung

Nationale Norm: **SN EN ISO 3650 : 1999**

(Beispiele) Schweizer Norm des VSM, Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller

DIN EN ISO 3650 : 1999

Deutsche Norm des DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.

Richtlinien:

EAL-G21

Calibration of Gauge Block Comparators

Edition 2: August 1996

European cooperation for Accreditation of Laboratories

DKD-R 4-1

Auswahl und Kalibrierung von Endmaßmessgeräten zur Verwendung als Normalgeräte in Kalibrierlaboratorien

Ausgabe 1994

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

**DKD-R 4-3
Blatt 1**

Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen Grundlagen

Ausgabe Mai 1999

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

**DKD-R 4-3
Blatt 3.1**

Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen Kalibrieren von Parallelendmaßen

Ausgabe 2001

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Dem Hersteller dienen die TESA Messgeräte zur maßlichen Prüfung gefertigter Endmaße und deren Zuordnung zu den entsprechenden Toleranzklassen. Dem Anwender von Endmaßen stehen die TESA Messgeräte *upd* und *upc* zu periodischen Kalibrierungen im Rahmen der Prüfmittelüberwachung ebenso zur Verfügung wie den Laboratorien metrologischer Staatsinstitute, akkreditierten und nicht akkreditierten Kalibrierlaboratorien, Hochschullaboratorien usw.

2 Grundlagen

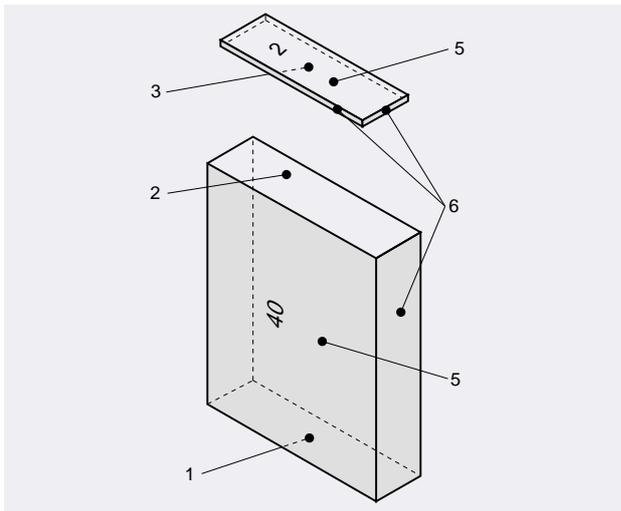
2.1 Parallelendmaße und ihre Bedeutung

Parallelendmaße, nachstehend nur «*Endmaße*» genannt, stellen die wichtigsten Maßverkörperungen in der Längenmesstechnik dar. In der hierarchisch geordneten Kette der Längenmaßübertragungen mit Anschluss an die nationalen Normale in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI) nehmen deshalb Endmaße eine entscheidende Schlüsselposition ein.

Endmaße dienen als Bezugsnormale der Länge für verschiedenste Einsatzzwecke. Ihre hauptsächliche Verwendung liegt bei der Kalibrierung (= maßlichen Prüfung) von Maßverkörperungen, z.B. von Endmaßen und Einstellringen, sowie Messgeräten, z.B. Messschiebern, Messschrauben, Ein- und Mehrkoordinatenmessgeräten. Ein weiterer Einsatzschwerpunkt besteht beim Anwenden zum Anzeigeeinstellen von Längenmessgeräten. Es ist deshalb von fundamentaler Bedeutung, dass die Maßzuverlässigkeit von Endmaßen stets gewährleistet ist. Regelmäßig wiederkehrende Kalibrierungen sind eine Voraussetzung dafür.

2.2 Begriffe und Definitionen

Am Parallelendmaß wird das Längenmaß jeweils durch den Abstand zweier ebener und zueinander parallel stehender Messflächen dargestellt. Diese Messflächen müssen von solcher Oberflächenbeschaffenheit sein, dass sie an Messflächen anderer Endmaße zur Bildung von Maßkombinationen angeschoben werden können.



- 1 = linke Messfläche
- 2 = rechte Messfläche
- 3 = unbeschriftete Messfläche
- 4 = beschriftete Messfläche
- 5 = beschriftete Seitenfläche
- 6 = Seitenflächen

Bild 4 Benennung der Flächen

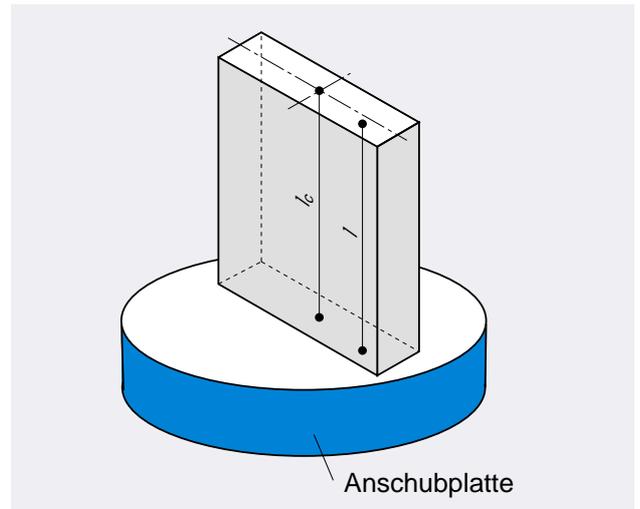


Bild 5 An eine Anschubplatte angeschobenes Endmaß, Mittenmaß l_c mit einem Beispiel für die Länge l an beliebiger Stelle

2.2.1 Nennmaß l_n eines Endmaßes

Nennwert der Messgröße, angegeben am Endmaß.

2.2.2 Länge l (an beliebiger Stelle) eines Endmaßes

Sie ist der senkrechte Abstand zwischen einer beliebigen Stelle der freien Messfläche und der ebenen Fläche einer Anschubplatte aus gleichem Werkstoff und von gleicher Oberflächenbeschaffenheit, auf der das Endmaß angeschoben ist. (Bild 5)

Diese Definition bezieht sich auf die Messbedingungen, wie sie bei interferentiellen Fundamentalmessungen (siehe Bild 8) vorhanden sind. Die Länge l eines Endmaßes enthält somit den Einfluss eines Anschubs.

Bei Messungen mit zwei mechanisch berührenden Axialmesstastern, so wie sie bei den TESA Messgeräten *upd* und *upc* durchgeführt werden, entfällt die Anschubplatte.

2.2.3 Mittenmaß l_c eines Endmaßes

Dieses ist die Länge eines Endmaßes, die unter zuvor beschriebenen Festlegungen in der Mitte der freien Messfläche gemessen wird. Das Maß l_c ist somit eine ausgewählte Länge von l . (Bild 6)

2.2.4 Abweichung der Länge e an beliebiger Stelle vom Nennmaß

Sie ist die Differenz der Länge l zum Nennmaß l_n . (Bild 6)

2.2.5 Abweichungsspanne v

Sie ist als eine Kombination der Ebenheits- und Parallelitätsabweichungen die Differenz zwischen der größten Länge l_{max} und der kleinsten Länge l_{min} . Die Abweichungsspanne ist gleich der Summe der Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c . (Bild 6)

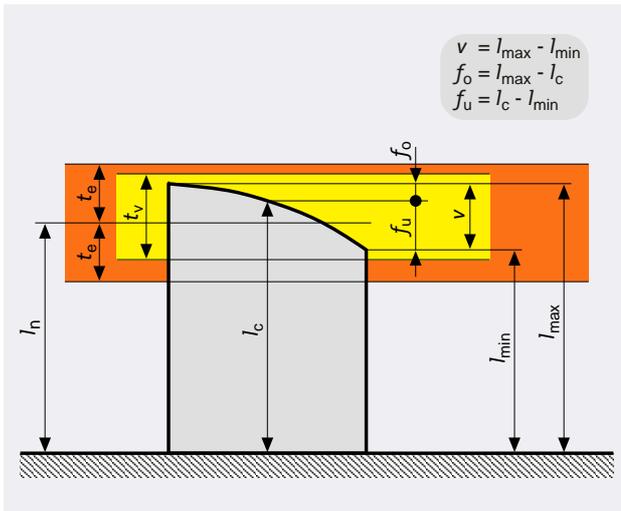


Bild 6 Nennmaß l_n ; Mittenmaß l_c ; Abweichungsspanne v mit f_o und f_u ; Grenzabmaße t_e für die Länge an beliebiger Stelle, ausgehend vom Nennmaß

2.3 Prüfaufgaben am Endmaß

Durch die Normfestlegungen beziehen sich die Prüfaufgaben auf zwei Schwerpunkte:

- ▶ Prüfen der Ebenheit und der Anschubfähigkeit der Messflächen sowie
- ▶ Messen der Längenabweichungen.

2.3.1 Ebenheitsabweichung f_d

Die Abweichung von der Ebenheit ist der kleinste Abstand zweier paralleler Ebenen, zwischen denen alle Punkte der Messfläche liegen (siehe ISO 1101).

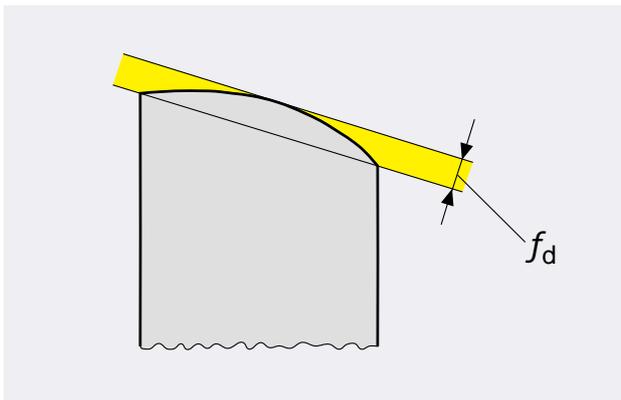


Bild 7 Ebenheitsabweichung f_d (nur in einer Schnittebene dargestellt)

Zum Prüfen der Ebenheitsabweichung wird ein Plan- glas benutzt. Das Endmaßmessgerät kann wegen der aufgabenspezifischen Eigenschaften dafür nicht eingesetzt werden. Siehe dazu den Abschnitt 6.2 – Prüfen der Messflächen.

2.3.2 Längenabweichungen

Das maßliche Prüfen eines Endmaßes bezieht sich auf drei Merkmale von Längenabweichungen. Durch die Norm ISO 3650 sind festgelegt:

- ▶ das Mittenmaß l_c in der Mitte der Messfläche,
- ▶ die Abweichung der Länge e an beliebiger Stelle der Messfläche vom Nennmaß l_n und
- ▶ die Abweichungsspanne v als Differenz zwischen der größten Länge l_{max} und der kleinsten Länge l_{min} . Sie ist gleich der Summe der Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c .

▶ Abweichungsspanne v	$= l_{max} - l_{min}$
Toleranz für die Abweichungsspanne v	$= t_v$
▶ größte Plusabweichung f_o vom Mittenmaß l_c	$= l_{max} - l_c$
▶ größte Minusabweichung f_u vom Mittenmaß l_c	$= l_c - l_{min}$
▶ Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß l_n an beliebiger Stelle	$= \pm t_e$

2.4 Übertragung der Längeneinheit

Das Übertragen der Längeneinheit, basierend auf bestimmten Lichtwellenlängen, auf Endmaße geschieht im ersten Schritt durch eine interferentielle Fundamentalmessung. Sie realisiert durch, vom «Internationalen Komitee für Maß und Gewicht (CIPM)» empfohlene Arbeits-Wellenlängennormale die gültige «Definition der Längeneinheit Meter». Siehe Übersichtsbild 8.

Ausgehend von auf diese Weise gemessenen Endmaßen, können durch hierarchisch gegliederte Messungen die ermittelten Längen auf andere Endmaße weiter übertragen werden. Dies kann entweder wieder nach dem Messprinzip der Lichtinterferenz oder nach dem wirtschaftlicher arbeitenden, mechanisch berührenden Verfahren erfolgen, dem die TESA Endmaßmessgeräte *upd* und *upc* zu Grunde liegen.

2.4.1 Rückverfolgbarkeit

Die so gemessene Länge von Endmaßen ist rückführbar auf nationale oder internationale Längennormale, wenn die Messergebnisse durch eine ununterbrochene Kette von Messungen mit dokumentierten Messunsicherheiten auf Endmaße bezogen sind, die durch interferentielle Fundamentalmessungen mit geeigneten Wellenlängennormalen kalibriert wurden. Über den Anschluss an nationale bzw. internationale Normale ist ebenso die Übereinstimmung mit dem «Internationalen Einheitensystem (SI)» nachgewiesen.

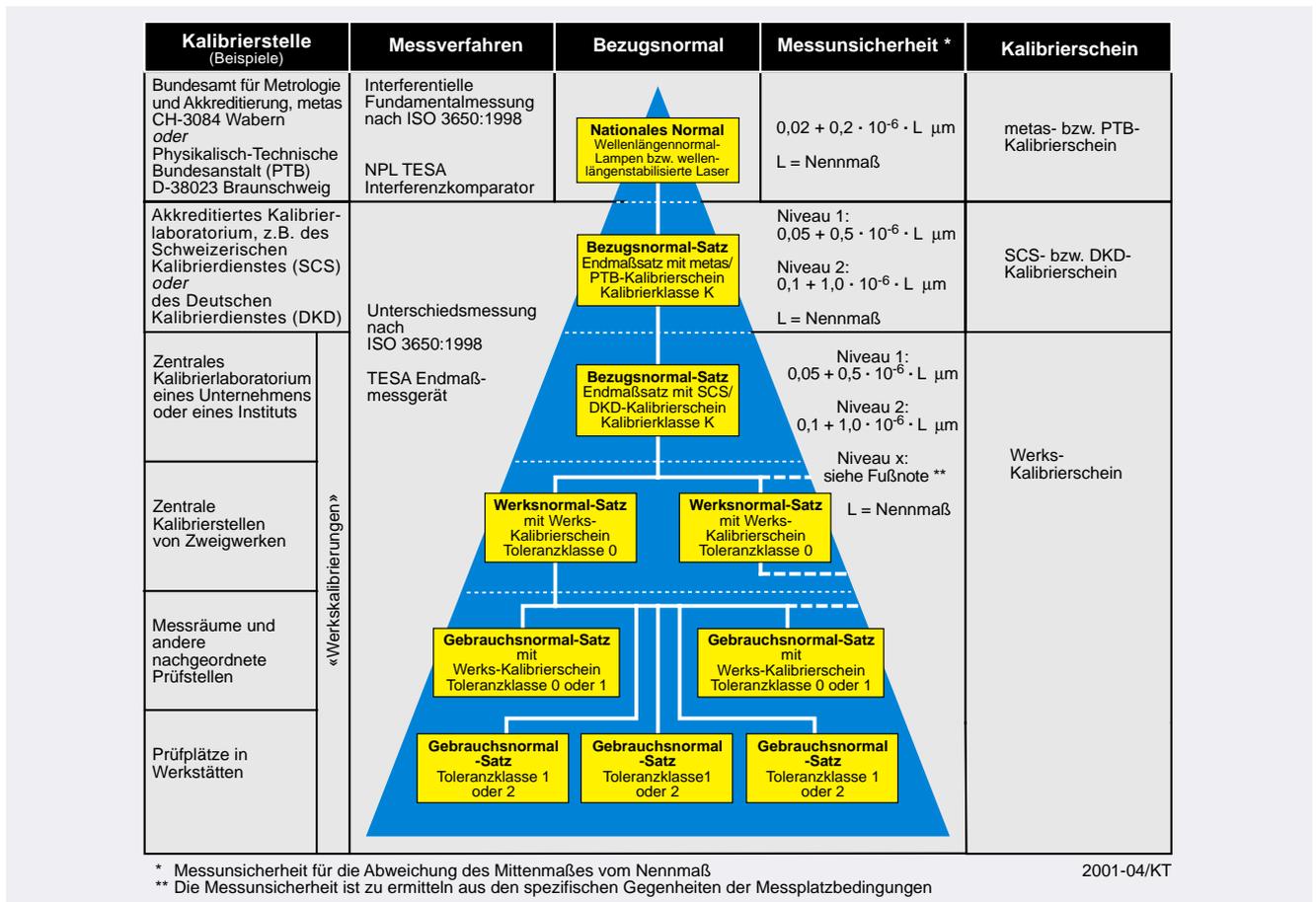


Bild 8 Anschluss der Maßverkörperung Endmaß an die Verkörperung der Längeneinheit Meter

2.5 Messverfahren zur Längenmessung

Im Gegensatz zu interferentiellen Fundamentalmessungen wird bei «*unmittelbaren Messungen*» des *upd* und den «*Unterschiedsmessungen*» der *upd* und *upc* das zu messende Endmaß (Prüfgegenstand) stets mit einem Bezugsendmaß (Normal) verglichen, dessen Mittenmaß l_c aus dem dazugehörigen (gültigen) Kalibrierschein entnommen werden kann.

Beim zu messenden Endmaß sind durch die Festlegungen der Norm ISO 3650 fünf Messstellen vorgegeben (Bild 9). **Außer dem Mittenmaß l_c gelten für die Längenabweichungen e an beliebiger Stelle vorzugsweise noch je eine Messstelle in jeder Ecke der Messfläche. Die Messwerte dieser fünf Messstellen werden einzeln mit dem Grenzmaß der Länge t_e vom Nennmaß an beliebiger Stelle verglichen.** Siehe Tabelle 2.

Die Abweichungsspanne v der Länge l wird aus der Differenz der Extremwerte aller fünf Messstellen bestimmt. Die Toleranzen t_v für die Abweichungsspanne v sind wiederum durch die Norm vorgegeben. Siehe Tabelle 2.

Das TESA Messwertverarbeitungs-Programm UP ermöglicht dem Benutzer, Tabellen mit anderweitig

festgelegten Grenzabmaßen und Toleranzen zu erstellen. Siehe dazu auch die Abschnitte 9 und 10 mit den Hinweisen zu den Messunsicherheiten sowie zu den Entscheidungsregeln für die Feststellung von Übereinstimmung mit Spezifikationen, d.h. zur Bestätigung der Zugehörigkeit eines Endmaßes zu einer bestimmte Toleranzklasse.

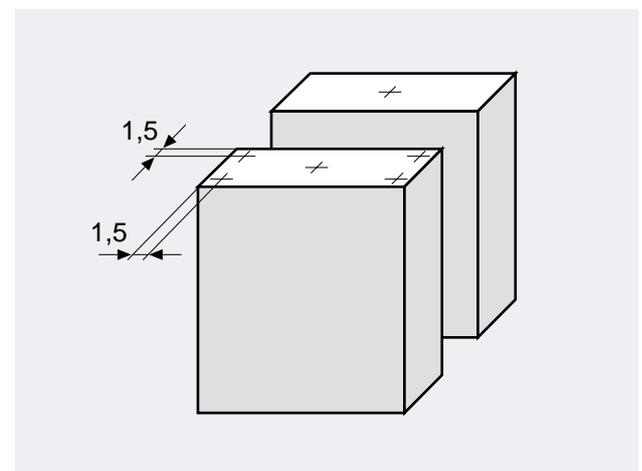


Bild 9 Messstellen am Bezugsendmaß und am zu kalibrierenden Endmaß

2.5.1 «Unmittelbare Messungen» und «Unterschiedsmessungen»

Vorweg ist festzustellen, jedes «Messen» ein «Vergleichen» ist. Ausgehend von einem Normal wird dazu der zu messende Gegenstand verglichen.

Beim «Vergleichen» wird somit der Unterschied der Länge des Normal mit der Länge des zu messenden Gegenstandes festgestellt. Dieses Verfahren kann auch als «Unterschiedsmessung» bezeichnet werden.

Beim Kalibrieren von Endmaßen können diese «Unterschiedsmessungen» in der Form durchgeführt werden, indem entweder zwei Endmaße gleichen oder unterschiedlichen Nennmaßes miteinander verglichen werden.

Bei den TESA Endmaßmessgeräten sprechen wir von:

- «unmittelbaren Messungen», wenn zwei Endmaße *nicht gleichen* Nennmaßes und von
- «Unterschiedsmessungen», wenn zwei Endmaße *gleichen* Nennmaßes zu vergleichen sind.

Da beim TESA *upd* als oberer Messwertempfänger A ein Messtaster mit einer Messspanne von 25 mm benutzt wird, können mit diesem Messgerät «unmittelbare Messungen» an Endmaßen mit einem größten Nennmaßunterschied durchgeführt werden.

Da beim TESA *upd* ebenso Endmaße gleichen Nennmaßes miteinander verglichen werden können, wie dies beim TESA *upc* generell der Fall ist, können auch hier «Unterschiedsmessungen» vorgenommen werden.

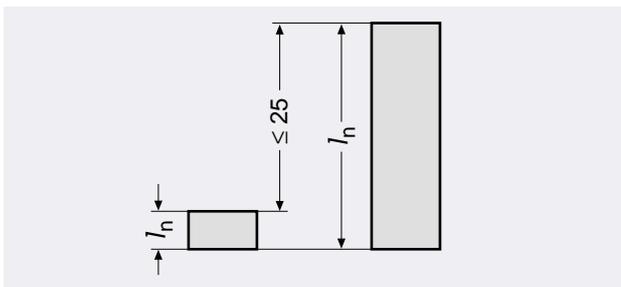


Bild 10 «Unmittelbare Messung» bei einem größten Nennmaßunterschied von 25 mm / 1 in

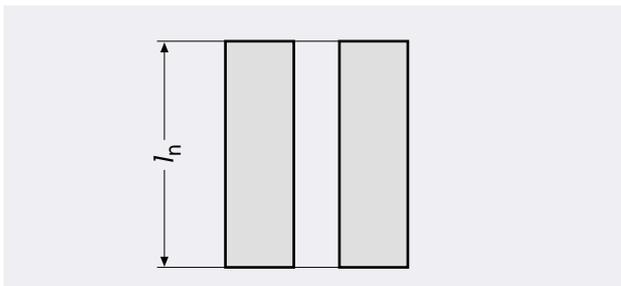


Bild 11 «Unterschiedsmessung» zwischen Endmaßen gleichem Nennmaßes l_n

2.6 Messanordnung zur Längenmessung

Die Messanordnung ist so gewählt, dass zwei sich gegenüberstehende Längenmesstaster (Bild 12), fluchtend angeordnet, die Länge der Endmaße mechanisch berührend erfassen. Beide Messtaster (A und B) sind in der Funktion einer «Summenmessung» (+A+B) an ein elektronisches Längenmessgerät angeschlossen (Bild 14).

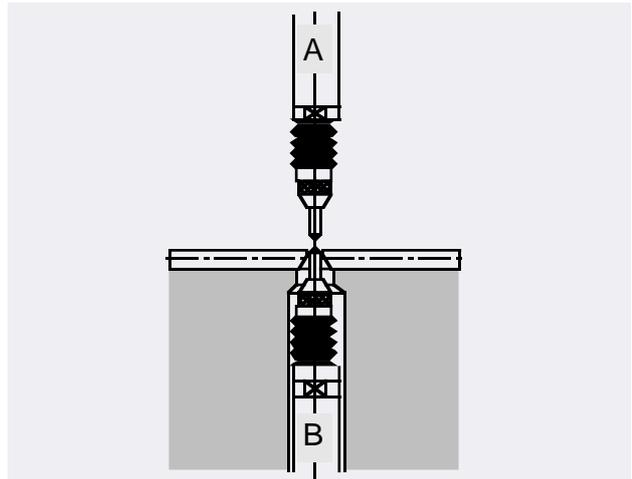


Bild 12 Anordnung der Längenmesstaster A (oben) und B (unten)

Bekanntlich sind dünne Endmaße mit Nennmaßen bis 2,5 mm in ihrer natürlichen Form nicht exakt eben. Erst nach dem Anschieben an ein anderes Endmaß mit wesentlich größerem Nennmaß oder an eine Anschubplatte (Plinglas) nehmen sie die korrekte Form an. Die natürliche Ebenheitsabweichung dünner Endmaße ist beim Messen mit TESA Endmaßmessgeräten *upd* und *upc* praktisch bedeutungslos, da diese Formabweichungen durch die Summenmessung der beiden Längenmesstaster kompensiert werden. Auch ein Hilfsanschub der Endmaße, wie er bei anderen Messverfahren notwendig ist, entfällt.

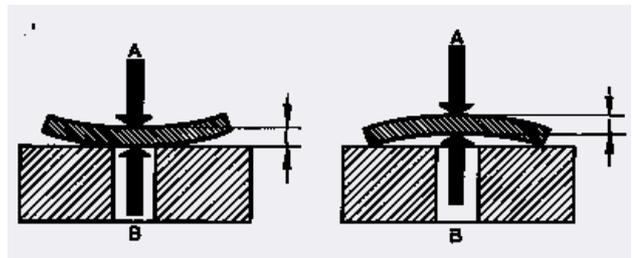
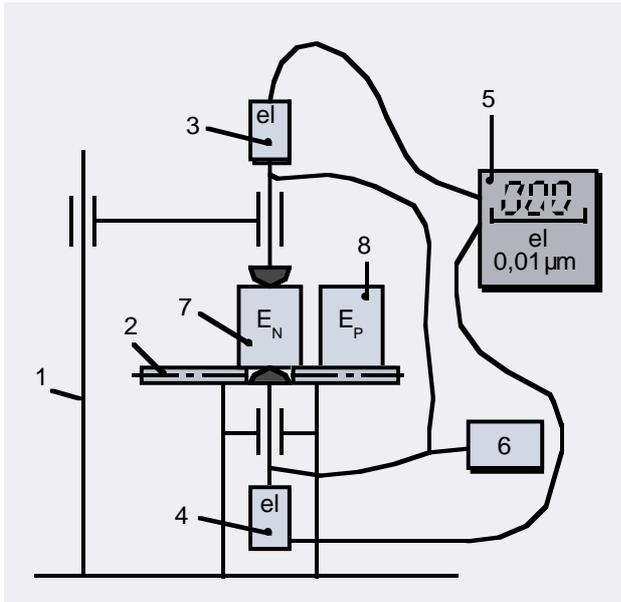


Bild 13 Wirkungsweise durch die Anordnung der Längenmesstaster beim Messen dünner Endmaße

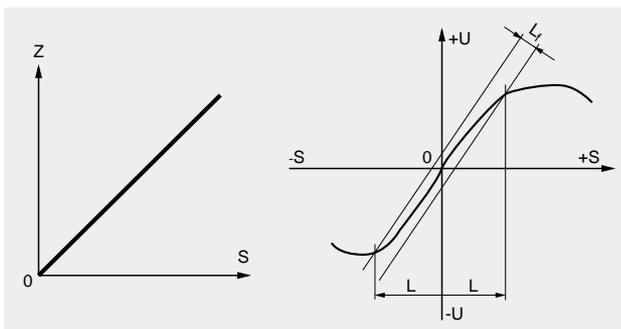


- 1 = Messständer
 - 2 = Messtisch
 - 3 = oberer Längenmesstaster A
 - 4 = unterer Längenmesstaster B
 - 5 = Längenmessgerät (Ausgabegerät) mit Ziffernanzeige
 - 6 = Abhebeeinrichtung für die Messbolzen beim Messgerät *upc* (entfällt beim *upd*)
 - 7 = Bezugsendmaß (Normal)
 - 8 = zu messendes Endmaß (Prüfgegenstand)
- Bild 14 Messanordnung der TESA Endmaßmessgeräte *upd* und *upc*

2.6.1 Messwertaufnehmer

Zur Messwertaufnahme werden beim Messgerät TESA *upd* zwei opto-elektronische Axialmesstaster gleichen Prinzips, jedoch unterschiedlicher Ausführung benutzt. Beide Messtaster sind an ein Ausgabegerät HEIDENHAIN ND 231 B angeschlossen.

Beim Messgerät TESA *upc* sind dies zwei induktive Axialmesstaster gleicher Ausführung, die in Verbindung mit einem elektronischen Längenmessgerät TESAMODUL mit integriertem Messsignalverstärker verwendet werden.



2.6.1.1 Messtaster des TESA *upd*

Die beiden Axialmesstaster benutzen materielle Maßverkörperungen, d.h. inkrementale Phasengitter-Teilungen mit einer Teilungsperiode von $4 \mu\text{m}$ auf einem Träger aus Glaskeramik.

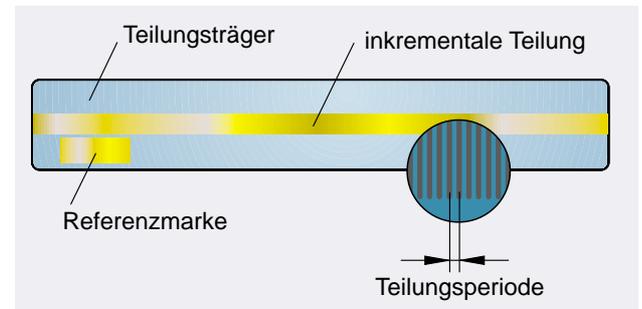


Bild 16 Maßstab des inkrementalen Messtasters

Der Maßstab wird jeweils berührungslos und somit verschleißfrei interferentiell abgetastet. Dies erfolgt im Durchlichtverfahren, wobei Licht durch die strukturierte Abtastplatte und den Maßstab auf die Photoelemente fällt. Diese erzeugen sinusförmige Ausgangssignale mit einer Signalperiode von $2 \mu\text{m}$. Durch Interpolation in der Folge-Elektronik mit Vorwärtszähler werden die sehr kleinen Ziffernschrittweite von $0,000\ 005 \text{ mm}$ (5 nm) erreicht.

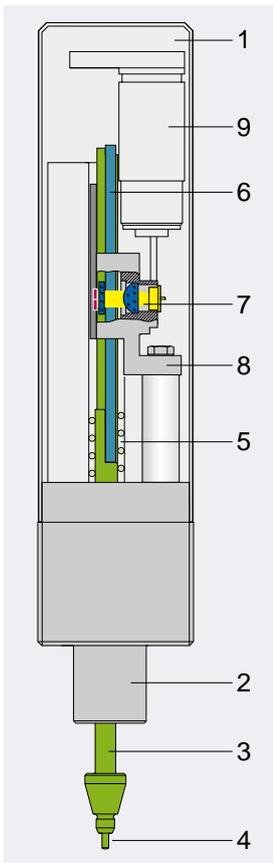
Änderungen des Luftdrucks und der Feuchte haben keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Maßverkörperung. Durch die verwendete Glaskeramiksorte weisen die Messtaster zudem eine sehr Langzeitstabilität auf.

Bild 17 zeigt, die Messtaster arbeiten exakt nach dem Abbeschen Grundsatz, d.h. Maßverkörperung und Messbolzen sind in einer Linie fluchtend angeordnet. Alle im Messkreis beteiligten Komponenten wie Maßverkörperung, Teilungsträger, Messbolzen, Halterung und Abtasteinheit sind in ihrer mechanischen und thermischen Stabilität auf die hohe Genauigkeit der Messtaster ausgelegt.

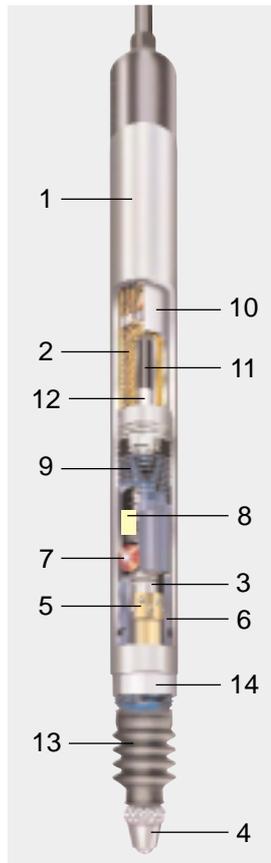
Bild 15 Kennlinien der Messwertaufnehmer

links: inkremental geteilter Maßstab mit digitaler Erfassung der Messgröße
 S = Weg, Z = Zählimpulse

rechts: induktives Messsystem mit analoger Erfassung der Messgröße
 0 = elektrischer Nullpunkt, S = Weg, U = Spannung, L = Linearitätsbereich, L_f = Linearitätsabweichung



- 1 = Messtastergehäuse
 - 2 = Einspannschaft
 - 3 = Messbolzen aus Invarstahl
 - 4 = Messeinsatz
 - 5 = Kugelführung
 - 6 = Maßverkörperung (inkremental geteilter Maßstab auf einem Teilungsträger aus ZERODUR)
 - 7 = Abtasteinheit mit Lichtquelle und Photoelementen
 - 8 = Halterung aus Invarstahl
 - 9 = Elektromotor
- Bild 17 Opto-elektronischer Axialmesstaster des TESA Endmaßmessgerätes *upd*



- 1 = Einspannschaft bzw. Messtastergehäuse
 - 2 = Spulensystem
 - 3 = Messbolzen
 - 4 = Messeinsatz
 - 5 = Kugelführung
 - 6 = Hülse der Kugelführung
 - 7 = Führung gegen radiales Verdrehen des Messbolzens
 - 8 = Element zur Messwegbegrenzung
 - 9 = Messkraftfeder
 - 10 = Zwischenhülse im Spulensystem
 - 11 = Weichmagnet. Kern
 - 12 = Ausgleichsstück zwischen weichmagnetischem Kern und Messbolzen zur Korrektur ungleicher Längenausdehnungskoeffizienten
 - 13 = Schutzbalg
 - 14 = Element zur Messwegeinstellung
- Bild 18 Induktive Axialmesstaster des TESA Endmaßmessgerätes *upc*

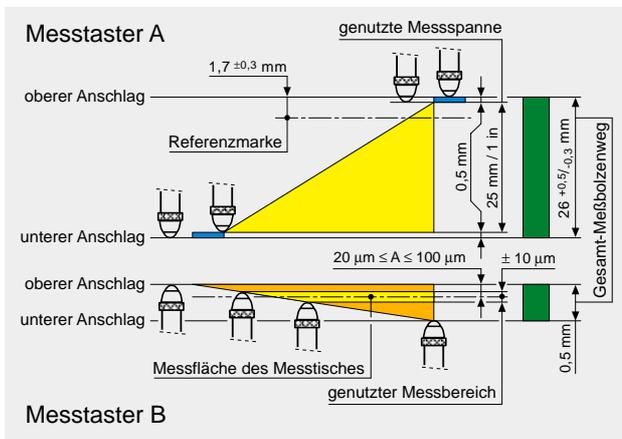


Bild 19 Messspannen und Messbolzenwege der Axialmesstaster des TESA *upd*

2.6.1.2 Messtaster des TESA *upc*

Die beiden Axialmesstaster sind mit der Ausnahme unterschiedlicher Messkraft der gleichen Ausführung.

Die Messtaster arbeiten nach dem induktiven Messverfahren mit mechanischer Berührung. Ein mit Wechselspannung erregtes Spulensystem induziert entsprechend der Lage eines weichmagnetischen Kerns im Spulensystem eine Ausgangswechselspannung. Bei symmetrischer Lage, dem elektrischen

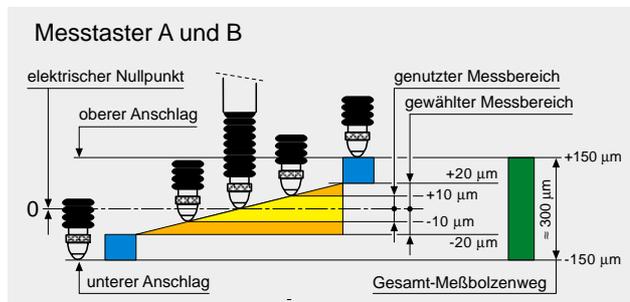


Bild 20 Messbereiche und Messwege der induktiven Axialmesstaster des TESA *upc*

Nullpunkt, ist die Spannung Null. Eine Verschiebung des Kerns, der z.B. am Messbolzen befestigt ist und die Messgröße aufnimmt, bewirkt eine Änderung der Induktivität. Es wird dabei ein Signal erzeugt, das nach Verstärkung und Gleichrichtung der Anzeige zugeführt wird. Das analoge Messsignal wird digital umgeformt und an einer Ziffernanzeige dargestellt sowie an einer opto-elektronisch gekoppelten, seriellen Schnittstelle RS 232 ausgegeben.

Ein besonderes Merkmal der analogen Messwertfassung besteht in der eindeutigen Zuordnung der Messgröße (Position des Messbolzens) zum Messsignal (angezeigten Messwert). Dies hat den Vorteil, dass nach einem Spannungsunterbruch (Geräteabschaltung oder Stromausfall) der vorher angezeigte Messwert wieder ansteht.

2.7 Messanordnung zur Temperaturmessung

Zur Erfassung der Temperatur des Endmaßmessgerätes und der beiden zu vergleichenden Endmaße sind 4 Temperaturlaufnehmer auf der Basis von Platin-Messwiderständen PT 100 vorgesehen.

- ▶ *Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer R*
(gekennzeichnet: R01)
Temperaturerfassung am Bezugsendmaß
- ▶ *Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer P*
(gekennzeichnet: R02)
Temperaturerfassung am zu messenden Endmaß
- ▶ *Temperaturlaufnehmer 3*
(gekennzeichnet: R03)
Montiert im Messtisch zur Erfassung der Temperatur des Messtisches
- ▶ *Temperaturlaufnehmer 4*
(gekennzeichnet: R04)
Montiert im Messarm in der Nähe der Befestigung des oberen Längenmesstasters A

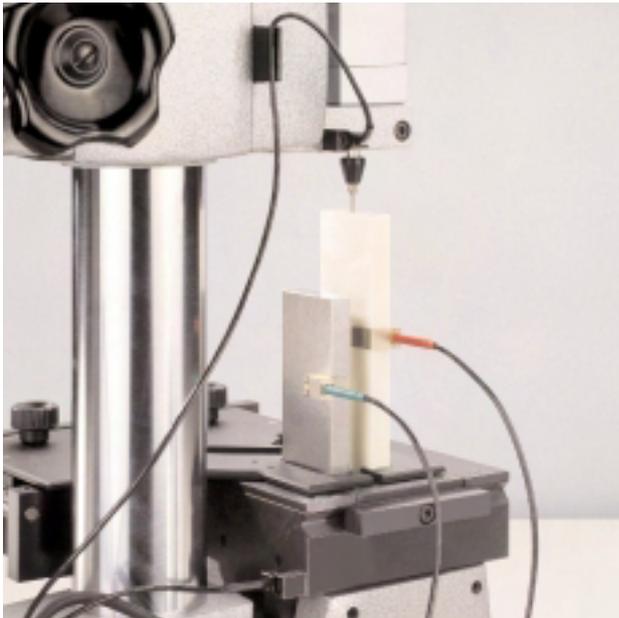


Bild 21 Anordnung der vier Temperaturlaufnehmer beim Messen von Endmaßen mit Nennmaß über 14 mm

Im Einzelnen haben die vier Aufnehmer folgende Funktionen:

- ▶ Der Aufnehmer 3 (R03), der im Messtisch montiert ist, hat eine bedeutende Referenzfunktion für die Temperatur. Dies deshalb, da der Messtisch mit seiner großen Masse während den Messungen der geringsten Temperaturänderung (Drift) ausgesetzt ist. Zudem ist er in unmittelbarer Nähe des Messgeschehens angeordnet.
- ▶ Ähnlich verhält sich der Temperaturlaufnehmer 4 (R04), er hat ebenfalls eine Referenzfunktion.

- ▶ Die Aufnehmer mit den Endmaßklammern R (R01) und P (R02) erfassen die Temperatur der auf dem Messtisch befindlichen und zu vergleichenden Endmaße.

Die vier Temperaturlaufnehmer sind über einen Kabeladapter an das Temperaturmessgerät angeschlossen. Zusammen bilden sie die Temperaturmessereinrichtung.

Um die Grenzwerte bestimmter Anteile der Gesamt-Messunsicherheit bei den Endmaßmessungen nicht zu überschreiten, erfolgt eine kontinuierliche Temperaturüberwachung an den vier genannten Messstellen durch die Scannerfunktion des Temperaturmessgerätes. Diese bewirkt:

- ▶ Verfolgen des Verlaufs während der Temperaturanpassung der aufgesetzten Endmaße an die Temperatur des Messtisches.
- ▶ Verfolgen des Temperaturverlaufs während der Längenmessungen an den Endmaßen.
- ▶ Nutzen der erfassten Messwerte der Temperatur für die notwendigen Korrekturen der Messwerte für die Länge.

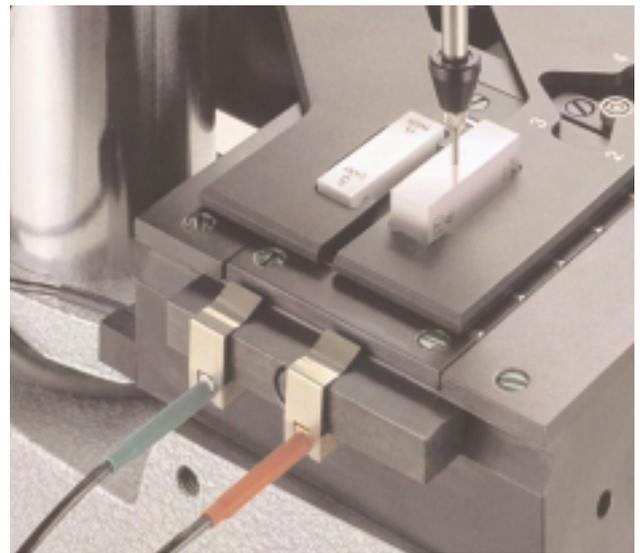


Bild 22 Beim Messen von Endmaßen mit Nennmaß kleiner als 14 mm werden die Temperaturlaufnehmer R (R01) und P (R02) auf die dafür vorgesehene Halteleiste gesteckt. Somit wird die Temperatur des Messtisches in der Nähe der beiden zu vergleichenden Endmaße erfasst.

Sehr wichtig ! Für den Betrieb der TESA Temperaturmessereinrichtung *upt* sind unbedingt die Beschreibungen im «PREMA-Benutzerhandbuch PTM 3040» zu beachten.

Weitere Hinweise, im Besonderen zum «Stand-by-Betrieb» und zur Schnittstelle RS 232, siehe in Abschnitt 11.2.



3 Inbetriebnahme

Siehe auch die Sicherheitshinweise in Abschnitt 0.

3.1 Auspacken

Zum sicheren Transport sind die TESA Endmaßmessgeräte gut geschützt verpackt. Es ist sehr ratsam, die Spezialverpackungen für eventuell später auftretende Servicefälle aufzubewahren.

Sehr wichtig ! Zum Herausheben Gerät nur an unempfindlichen Teilen, wie z.B. an der Gerätesäule bzw. Gerätefuß anfassen.

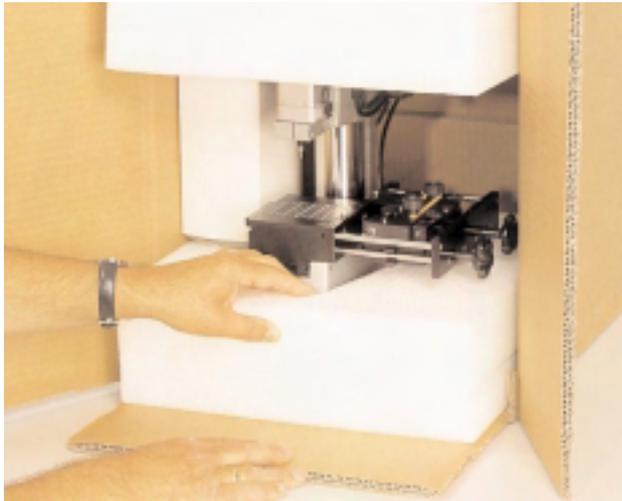
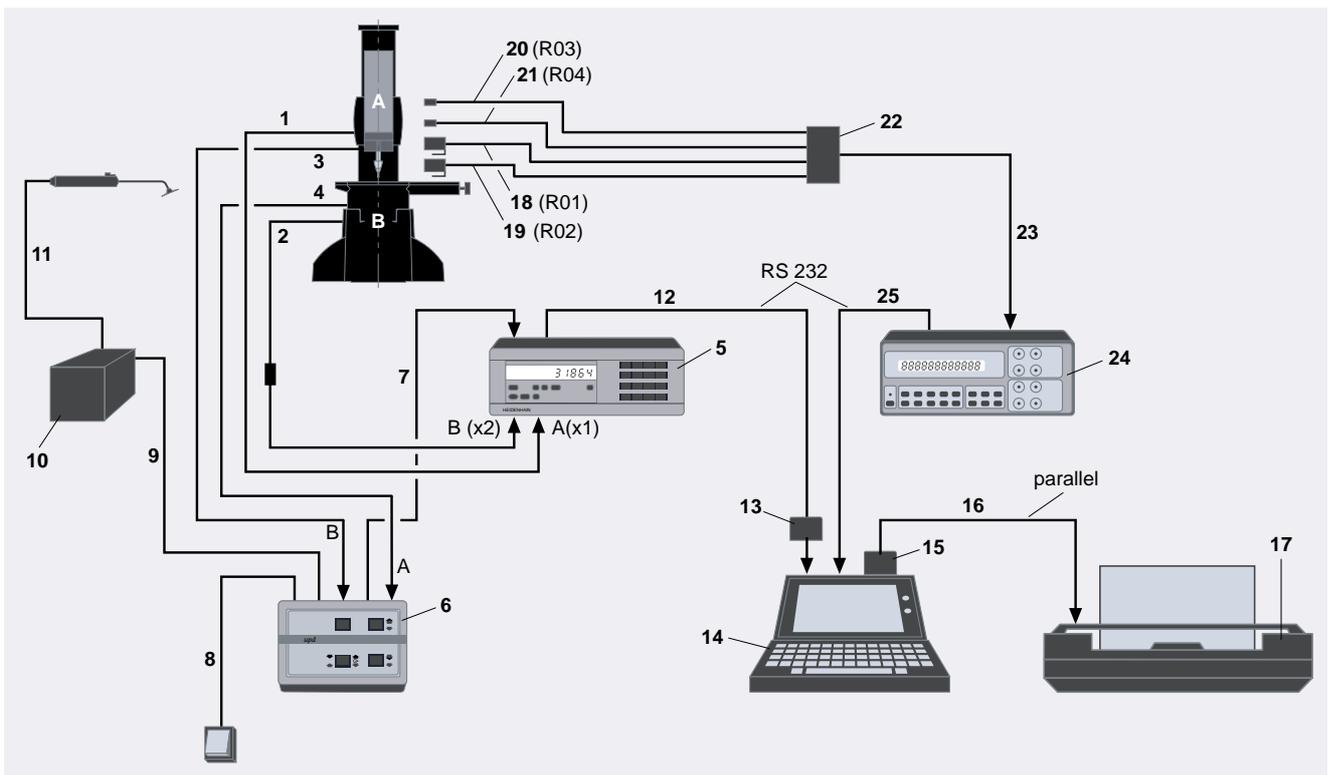


Bild 23 Vorsichtiges Entnehmen des komplett montierten Messgerätes

- 1 = Messsignalkabel des Messtaster A
- 2 = Messsignalkabel des Messtaster B
- 3 = Steuerkabel des Messtaster A
- 4 = Steuerkabel des Messtaster B
- 5 = Elektronisches Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B, Nr. 59.60016
- 6 = Steuerpult, Nr. 59.60013
- 7 = Verbindungskabel, Nr.59.60014
- 8 = Fußschalter, Nr. 47.68001
- 9 = Verbindungskabel, Nr. 59.60028
- 10 = Elektrische Vakuumpumpe, Nr. 32.60433
- 11 = Pneumatischer Saugheber, Nr. 16.60011
- 12 = Verbindungskabel, Nr. 59.60027
- 13 = Adapter, Nr. 47.60017
- 14 = Personal Computer Portable (Notebook)
- 15 = Hard-key (Programmschutz)
- 16 = Verbindungskabel, Nr. S16071229
- 17 = Matrix-Tintenstrahldrucker
- 18 = Temperaturlaufnehmer R für Bezugsnormale, Nr. 59.60009
- 19 = Temperaturlaufnehmer P für zu kalibrierende Endmaße, Nr. 59.60008
- 20 = Temperaturlaufnehmer, zu montieren im Messstisch, Nr. 59.60010
- 21 = Temperaturlaufnehmer, zu montieren im Halter für den oberen Messtaster A, Nr. 59.60010
- 22 = Kabeladapter, Nr. 59.60012
- 23 = Verbindungskabel, Nr. 59.60011
- 24 = Temperaturmessgerät PREMA 3040, Nr. 59.60017
- 25 = Verbindungskabel, Nr. 59.60026

Bild 24 Kabel- und Schlauchverbindungen beim Messgerät TESA upd



- 1 = Messsignalkabel des Messtaster A
- 2 = Messsignalkabel des Messtaster B
- 3 = Luftschlauch des Messtaster A
- 4 = Luftschlauch des Messtaster B
- 5 = Pneumatische Messbolzenabhebung, handbedient, Nr. 32.60401
- 6 = Elektrische Vakuumpumpe mit Fußschalter, Nr. 32.60432
- 7 = Elektrische Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung, Nr. 32.60433
- 8 = Pneumatischer Saugheber, Nr. 16.60011
- 9 = Elektronisches Längenmessgerät TESAMODUL 372/404, Nr. 41.90190
- 10 = Elektronisches Längenmessgerät TESAMODUL 372/404/708, Nr. 41.30105
- 11 = Steckkarte, Schnittstelle RS 232, Nr. 41.60079
- 12 = Verbindungskabel, Nr. 47.61050
- 13 = Verbindungskabel, Nr. 47.61005
- 14 = Personal Computer Portable (Notebook)
- 15 = Hard-key (Programmschutz)
- 16 = Verbindungskabel, Nr. S16071229
- 17 = Matrix-Tintenstrahldrucker
- 18 = Temperaturlaufnehmer R für Bezugsnormale, Nr. 59.60009
- 19 = Temperaturlaufnehmer P für zu kalibrierende Endmaße, Nr. 59.60008
- 20 = Temperaturlaufnehmer, zu montieren im Messtisch, Nr. 59.60010
- 21 = Temperaturlaufnehmer, zu montieren im Halter für den oberen Messtaster A, Nr. 59.60010
- 22 = Kabeladapter, Nr. 59.60012
- 23 = Verbindungskabel, Nr. 59.60011
- 24 = Temperaturmessgerät PREMA 3040, Nr. 59.60017

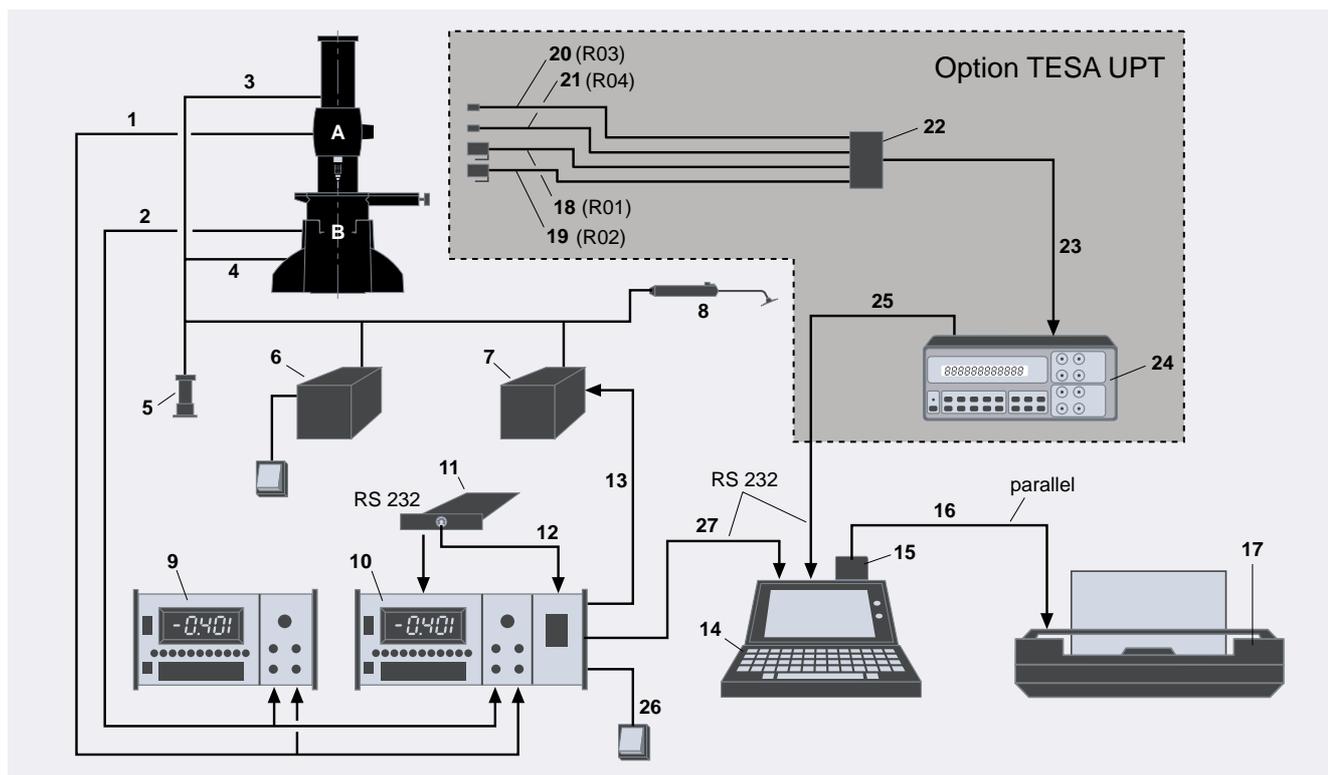
3.2 Installieren des Messplatzes

Es empfiehlt sich zuerst, alle Komponenten am Aufstellplatz aufzulegen. Die Teilegruppen – Messständer, Messtisch und Zubehör – mit nichtfusselnden Tüchern sorgfältig reinigen. Reinigungstücher nur leicht anfeuchten, dabei keine aggressiven Flüssigkeiten verwenden. Säule (2, Bild 23 und 24) für gute Gleiteigenschaften des Messarms (12, Bild 23 und 24) mit einem, in feinem Öl (Paraffinöl) leicht getränktem Tuch abreiben.

Als weiteren Schritt empfiehlt es sich, alle Kabel- und Schlauchverbindungen herzustellen. Dabei sind die Sicherheitshinweise im Abschnitt 0 zu beachten. Für das Messgerät TESA upd siehe den Anschlussplan in Bild 24, und in Bild 25 diesen für das TESA upc. Ist bei den elektrischen Geräten die Stromspannung zu ändern, so hat dies gemäß dem zum entsprechenden Gerät gehörenden Handbuch bzw. der Gebrauchsanleitung zu erfolgen. Für das TESAMODUL beim Messgerät TESA upc siehe die Beschreibungen im Abschnitt 3.2.2.

- 25 = Verbindungskabel, Nr. 59.60026
- 26 = Handtaste, Nr. 47.68000
- 27 = Verbindungskabel, Nr. S16071225

Bild 25 Kabel- und Schlauchverbindungen beim Messgerät TESA upc



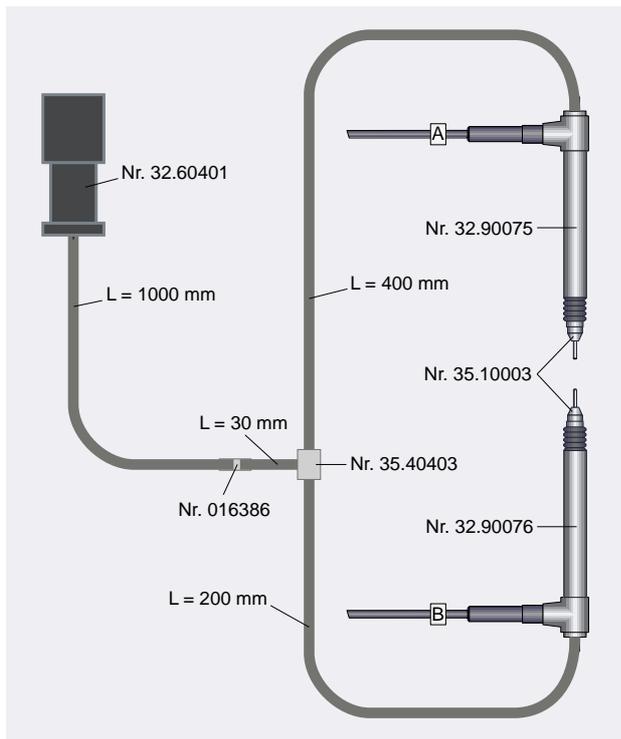


Bild 27 Schlauchverbindungen des pneumatischen Systems beim TESA Gerät *upc* in Verbindung mit elektrischer Vakuumpumpe und Saugheber für Endmaße

* Die Lieferlänge ist 1500 mm, der Schlauch sollte jedoch auf die benötigte Länge gekürzt werden.

Bild 26 Schlauchverbindungen des pneumatischen Systems beim TESA Gerät *upc* in Verbindung mit der handbedienten Einrichtung zur Messbolzenabhebung

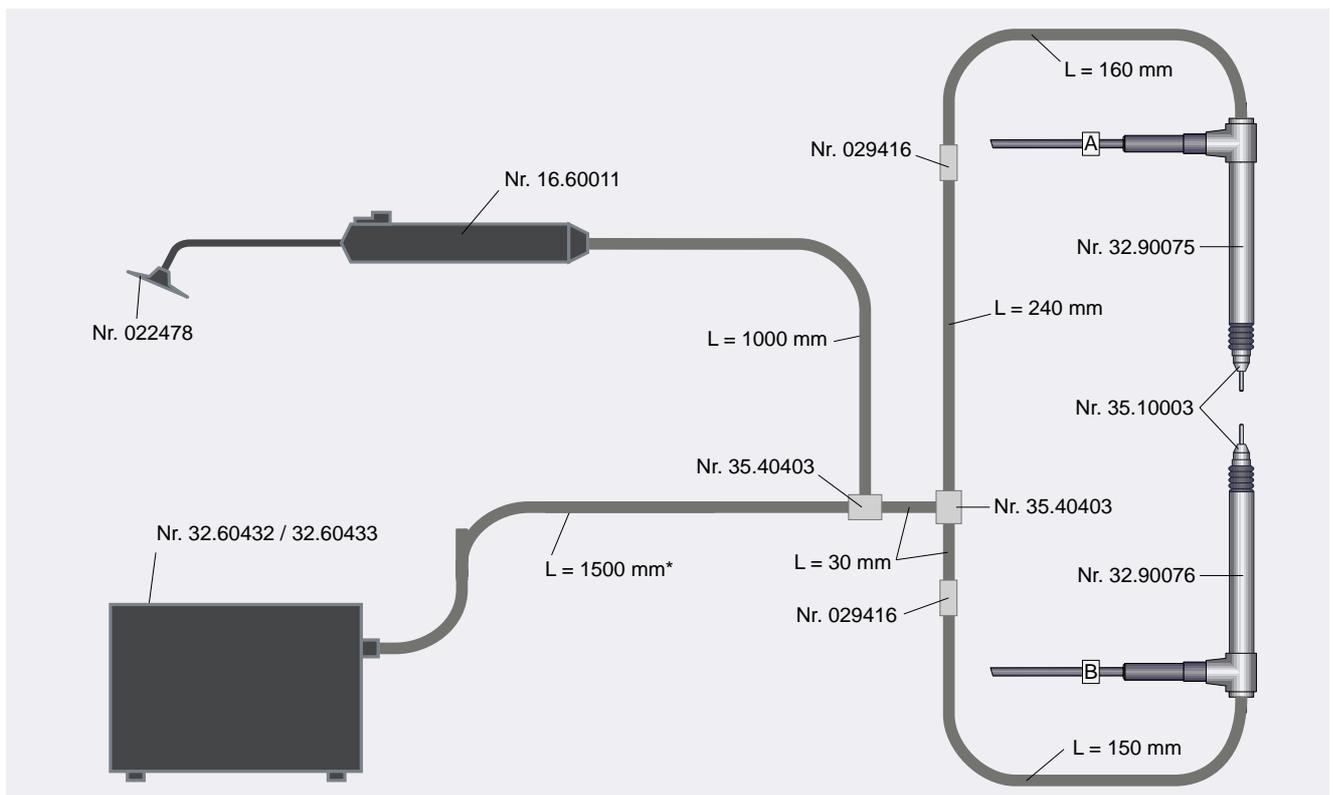
Sehr wichtig !

Für den Transport wurde die obere Feststellschraube (8, Bilder 28 bis 30) am Halteflansch (4) festgezogen, um die Einstellung der Position des oberen Messtasters zu sichern.

Wichtig ist, für die Benutzung des Messgerätes muss die obere Feststellschraube (8) gelöst werden. Dagegen bleibt die untere Feststellschraube (9) satt festgezogen.

3.2.1 Prüfen der exakten Messarmverstellung

- ▶ Sterngriff (13, Bild 29 und 30) der Feststelleinrichtung lösen und Messarm (12) über Sterngriff (14) der Grobverstellung in die obere und untere Endlage verschieben.
- ▶ Gleichmäßigkeit der Verschiebung, Selbsthemmung und Radialspielkompensation des Messarms prüfen.
- ▶ Das auf der gleichen Achse mit dem Sterngriff (14) befindliche Zahnstangenritzel muss gegenüber der Zahnstange (3) leichtes Spiel aufweisen.
- ▶ An keiner Stelle des Weges der Messarmverstellung dürfen die Verzahnung von Ritzel und Zahnstange





upd – upc

ge zueinander unter Spannung stehen. Nötigenfalls ist das Zahnspiel gemäß Abschnitt 12.2 einzustellen.

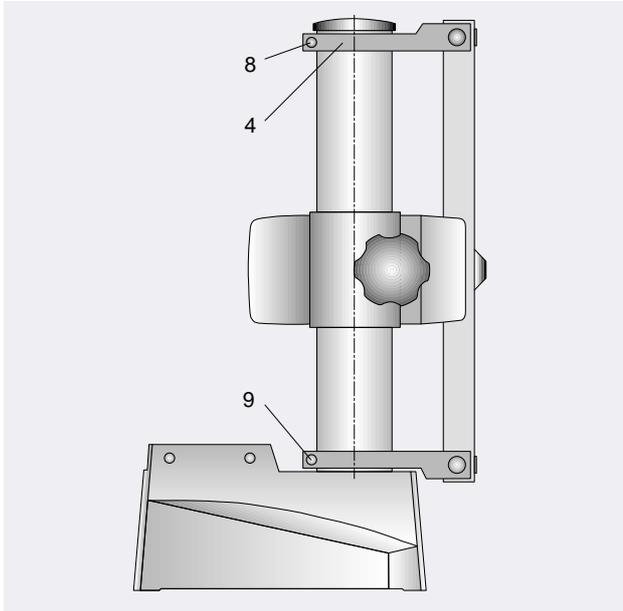
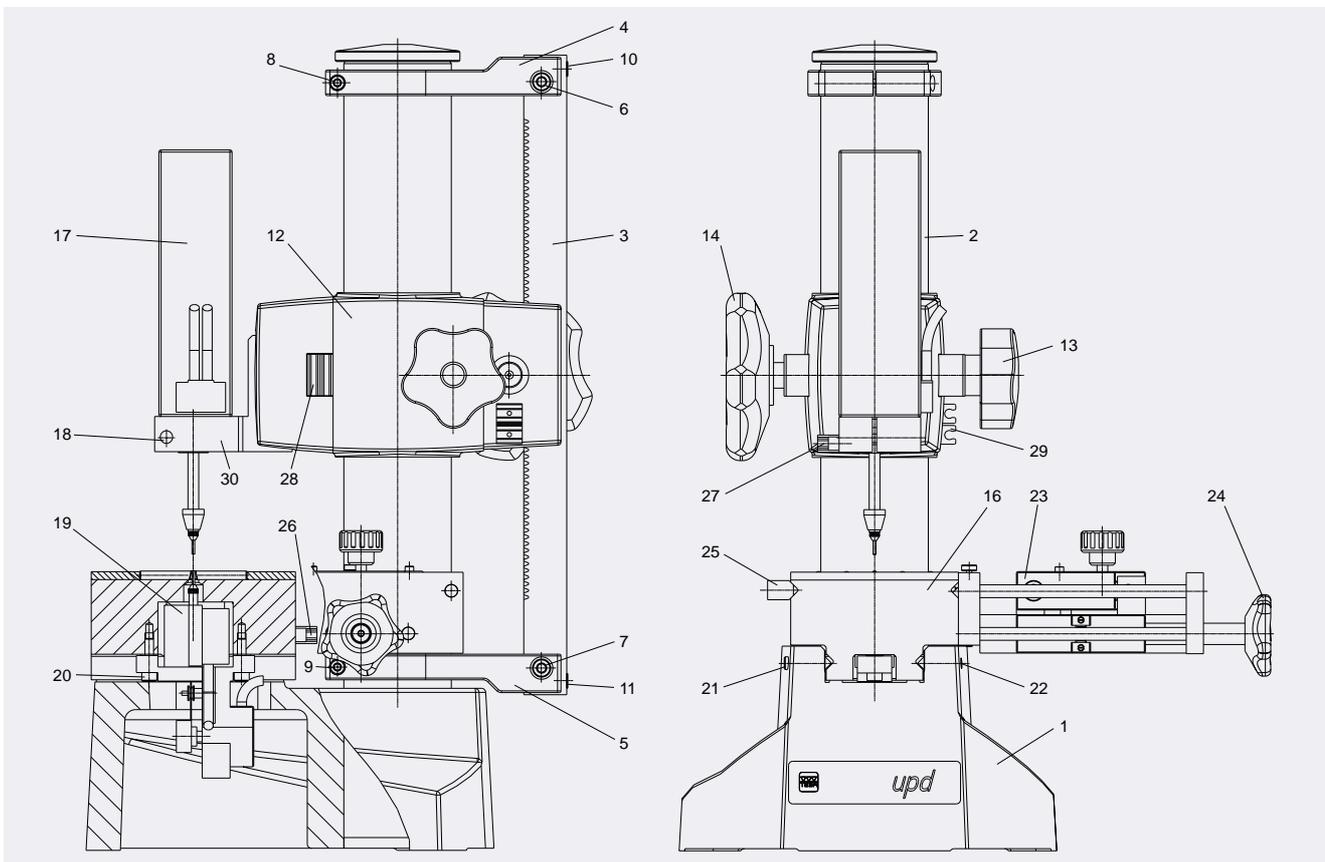


Bild 28 Für das Benutzen der Geräte TESA *upd* und TESA *upc* muss die obere Feststellschraube 8 gelöst sein. Dagegen bleibt die untere Feststellschraube 9 satt angezogen.

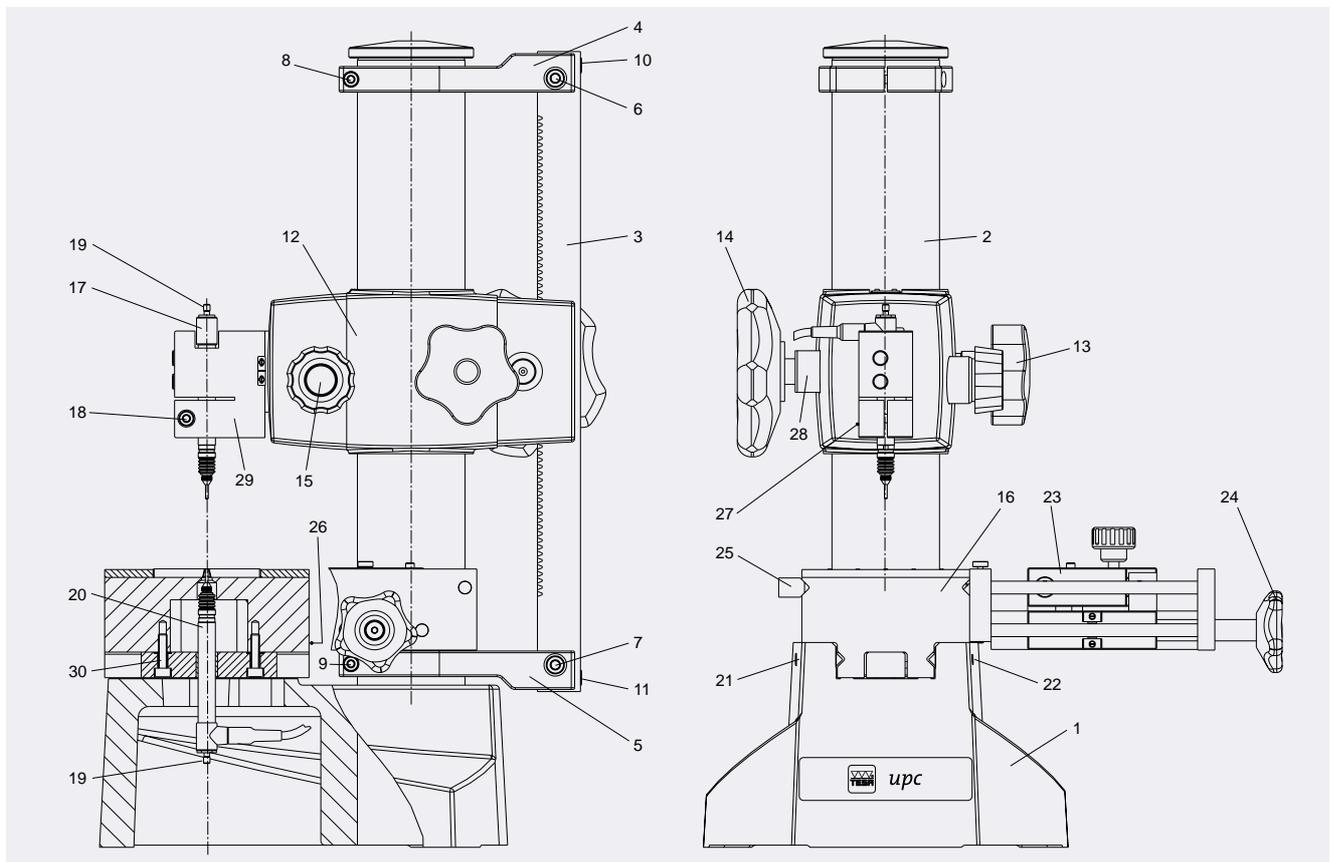
- 1 = Gerätefuß
- 2 = Säule
- 3 = Zahnstange
- 4 = oberer Halteflansch
- 5 = unterer Halteflansch
- 6 = obere Feststellschraube für Zahnstange
- 7 = untere Feststellschraube für Zahnstange
- 8 = obere Feststellschraube für Halteflansch
- 9 = untere Feststellschraube für Halteflansch
- 10 = obere Stellschraube für Zahnstange
- 11 = untere Stellschraube für Zahnstange
- 12 = Messarm
- 13 = Sterngriff der Feststelleinrichtung
- 14 = Sterngriff der Grobverstellung
- 16 = Messtisch
- 17 = oberer Längenmesstaster A
- 18 = Feststellschraube für oberen Messtaster A
- 19 = unterer Längenmesstaster B
- 20 = 2 Befestigungsschrauben
- 21 = Anschlagsschraube für Messtisch
- 22 = Feststellschrauben für Messtisch
- 23 = Endmaß-Positioniereinrichtung
- 24 = Verschiebegriff
- 25 = Halteleiste für Temperaturlaufnehmer R und P
- 26 = Haltebride für Temperaturlaufnehmer R03
- 27 = Haltebride für Temperaturlaufnehmer R04
- 28 = Klemme für Kabel des Messtasters A
- 29 = Klemme für Kabel des Messtasters A
- 30 = Aufnahme für Messtaster A

Bild 29 Einzelheiten des TESA Endmaßmessgerätes *upd*



- 1 = Gerätefuß
- 2 = Säule
- 3 = Zahnstange
- 4 = oberer Halteflansch
- 5 = unterer Halteflansch
- 6 = obere Feststellschraube für Zahnstange
- 7 = untere Feststellschraube für Zahnstange
- 8 = obere Feststellschraube für Halteflansch
- 9 = untere Feststellschraube für Halteflansch
- 10 = obere Stellschraube für Zahnstange
- 11 = untere Stellschraube für Zahnstange
- 12 = Messarm
- 13 = Sterngriff der Feststelleinrichtung
- 14 = Sterngriff der Grobverstellung
- 15 = Feinverstellknopf
- 16 = Messtisch
- 17 = oberer Längenmesstaster A
- 18 = Feststellschraube für oberen Messtaster A
- 19 = Luftschlauchsystem
- 20 = unterer Längenmesstaster B
- 21 = Anschlagsschraube für Messtisch
- 22 = Feststellschrauben für Messtisch
- 23 = Endmaß-Positioniereinrichtung
- 24 = Verschiebegriff
- 25 = Halteleiste für Temperaturlaufnehmer R und P
- 26 = Haltebrücke für Temperaturlaufnehmer R03
- 27 = Haltebrücke für Temperaturlaufnehmer R04
- 28 = Klemme für Kabel des Messtasters A
- 29 = Aufnahme für Messtaster A
- 30 = 2 Befestigungsschrauben

Bild 30 Einzelheiten des TESA Endmaßmessgerätes upc



3.2.2 Inbetriebnahme der Längenmessgeräte

Um weitere Prüfungen des mechanischen Teils vornehmen zu können, ist jeweils zuerst das Längenmessgerät vorschriftsmäßig in Betrieb zu nehmen. Siehe auch die Sicherheitshinweise im Abschnitt 0.

- Besonders wichtig ist, auf die korrekte elektrische Spannungsversorgung zu achten.

– HEIDENHAIN ND 231 B beim TESA upd

- Die Sicherheitshinweise, beschrieben im mit gelieferten «Benutzer-Handbuch ND 231 B» (6/2000) der Firma HEIDENHAIN sind besonders zu beachten.

Bei Lieferung des Längenmessgerätes zusammen mit einem TESA Endmaßmessgerät upd wurden seitens TESA die «Betriebsparameter» auf die richtigen Funktionen eingestellt.

- Zum Zugang der Kontrolle und Einstellung der «Betriebsparameter» sowie der notwendigen Eingabe einer «Schlüsselzahl» siehe den Abschnitt 11.1. Zur Übersicht sind nachstehend die wichtigsten Einstellungen für den Betrieb mit dem TESA upd wiedergegeben.

Parameter	Funktion	Einstellung
P01	«Maßsystem»	MM / INCH
P06	«Anzeige wählen»	X1 ADD. X2
P11	«Maßfaktor»	NRSSFKT.RUS



P30.1	«Zählrichtung X1»	ZAEHLR. POS
P30.2	«Zählrichtung X2»	ZAEHLR. NEG
P31.1	«Signal-Periode X1»	2
P31.2	«Signal-Periode X2»	2
P33.1	«Zählweise X1»	
	– metrisch	ZAEHLW. 0 -- 5
	– Inch-Maße	ZAEHLW. 0 -- 1
P33.2	«Zählweise X2»	
	– metrisch	ZAEHLW. 0 -- 5
	– Inch-Maße	ZAEHLW. 0 -- 1
P38.1	«Nachkommastellen X1»	
	– metrisch	KOMMAST. 6
	– Inch-Maße	KOMMAST. 7
P38.2	«Nachkommastellen X2»	
	– metrisch	KOMMAST. 6
	– Inch-Maße	KOMMAST. 7
P40.1	«Messg.-Korrektur X1»	KORR. AUS
P40.2	«Messg.-Korrektur X2»	KORR. AUS
P41.1	«Lin. Fehlerkomp. X1»	XX.X
P41.2	«Lin. Fehlerkomp. X2»	0.0
P43.1	«Referenzmarken X1»	EINE REF.M.
P43.2	«Referenzmarken X2»	EINE REF.M.
P44.1	«Referenzm.-Ausw.» X1	REF. X1 EIN
P44.2	«Referenzm.-Ausw.» X2	REF. X2 AUS
P45.1	«Messg.-Überwach. X1»	ALARM AUS
P45.2	«Messg.-Überwach. X2»	ALARM AUS
P50	«Baud-Rate»	9600 BAUD
P51	«Zusätzl. Leerzeilen...»	LEERZ. 1
P62	«Schaltgrenze 1»	0.000000
P63	«Schaltgrenze 2»	0.000000
P79	«Wert für Bezugspunkt»	0.000000
P80	«Anzeige setzen»	CL -- ENT AUS
P82	«Meld. nach Einschalten»	ENT. CL EIN
P85	«Externes REF»	EXT.REF AUS
P86	«Print über Taste MOD»	SENDEN AUS
P98	«Dialogsprache»	SPRACHED

– TESAMODUL beim TESA upc

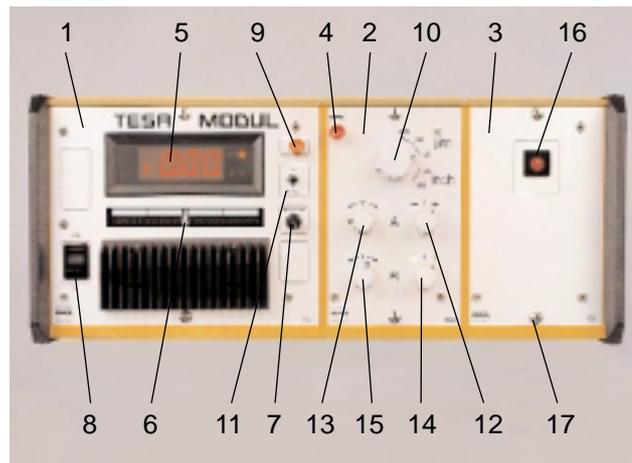
- ▶ Das Messgerät TESAMODUL ist ab Werk auf eine Spannungsversorgung von 230 Vac ± 15 % und 50 bis 60 Hz eingestellt. Soll auf eine Netzspannung von 115 Vac ± 15 % (50 bis 60 Hz) umgestellt werden, wird wie folgt vorgegangen: Netzkabel abziehen. TESAMODUL-Einheit 372 nach vorn aus dem Kunststoffgehäuse ziehen, dazu sind die beiden Zylinderkopfschrauben (17, Bild 31) an der Einschubfrontfläche zu lösen. Stromspannung an der senkrecht stehenden Leiterplatte umstellen, dabei Kabelschuhe mit langschenkeliger Flachzange umstecken. An der Einschubrückseite die Etikette (22, Bild 32) mit der Angabe der neuen Spannungsversorgung überkleben. TESAMODUL-Einheit wieder montieren.
- ▶ Das Messgerät unter Beachtung der Sicherheitshinweise (Abschnitt 0) an das Stromnetz anschließen und einschalten (8). Prüfen, dass der Kontaktstift mit rotem Griffknopf in der Kontaktbuchse 9 gesteckt ist. Die Kontaktbuchse 4 soll leer sein.
- ▶ Die Empfindlichkeit der Hilfsanzeige (Diodenkette) 6 kann über den Stellknopf 7 individuellen Wünschen der Prüfperson entsprechend eingestellt werden.

TESA empfiehlt eine Anlernphase das Einstellen auf einen Bereich ± 20 µm. Dazu wird wie folgt vorgegangen:

Messbereichsschalter 10 auf ± 20 µm, Polaritätsschalter 12 für Messkanal A auf «0» und Polaritätsschalter 14 für Messkanal B auf «+» stellen. Nullsteller 15 für den Messkanal B soweit nach links drehen, bis die Ziffernanzeige 5 etwa dem Wert -19,95 entspricht. Stellknopf 7 drehen, bis alle 10 Dioden der linken Kette (Anzeige 6) aufleuchten. Nullsteller 15 für den Messkanal B wieder bis zur Anzeige Null zurückdrehen.

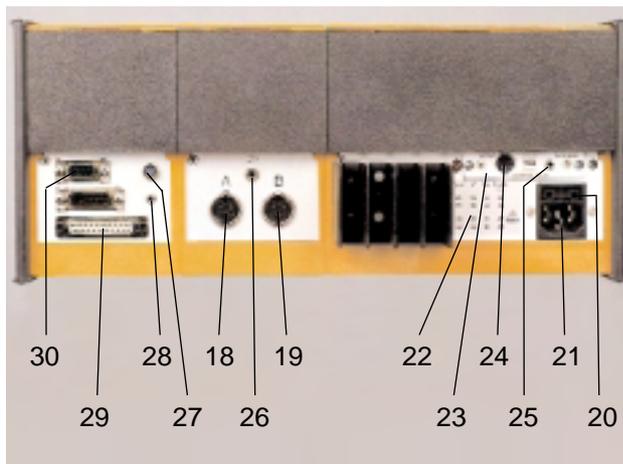
▶ Zuschalten des Messkanals A durch den Polaritätsschalter A auf Stellung «+». Anzeige durch Nullsteller 13 für den Messkanal A wieder auf den Wert Null stellen.

▶ Oberen Längenmesstaster A an den Signaleingang A (Buchse 18) und unteren Längenmesstaster B an den Signaleingang B (Buchse 19) an der Messgeräterückseite anschließen und durch Schraubkappe sichern.



- 1 = Speise- und Anzeigeeinheit 372, Nr. 41.30094
- 2 = Messeinheit 404 (403S), Nr. 41.95420
- 3 = Interface-Einheit 708, 41.30106
- 4 = Unbenutzte Kontaktbuchse
- 5 = Ziffernanzeige
- 6 = Hilfsanzeige (Diodenkette)
- 7 = Verstärkungsänderung der Hilfsanzeige
- 8 = Ein/Aus-Schalter
- 9 = Benutzte Kontaktbuchse
- 10 = Messbereichsschalter
- 11 = Schalter für Messsignalabschwächung
- 12 = Polaritätsschalter für Messkanal A
- 13 = Nullsteller für Messkanal A
- 14 = Polaritätsschalter für Messkanal B
- 15 = Nullsteller für Messkanal B
- 16 = Anzeige für den Betrieb der elektrischen Vakuumpumpe
- 17 = Schrauben zur Einschubbefestigung

Bild 31 Einzelheiten des TESAMODUL (Frontseite)

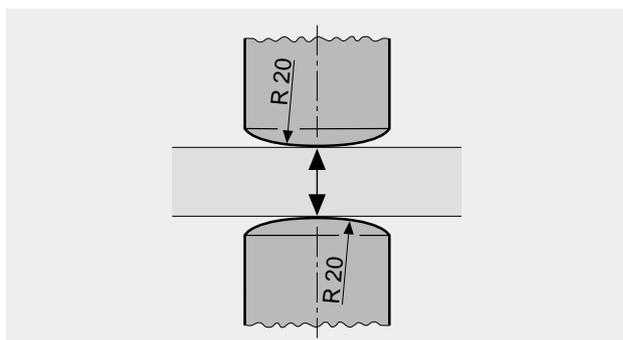


- 18 = Signaleingang für oberen Messtaster A
- 19 = Signaleingang für unteren Messtaster B
- 20 = Feinsicherung
- 21 = Netzsteckdose
- 22 = Angaben zur Netzspannung und Sicherung
- 23 = Steckkarte mit optogekoppelter Schnittstelle RS 232
- 24 = Steckbuchse für Verbindungskabel Nr. 47.61050
- 25 = Steckbuchse für Schalter zum Auslösen des Datentransfers (beim TESA upc nicht benutzt !)
- 26 = Analogausgang ± 1 V
- 27 = Steckbuchse für Verbindungskabel Nr. 47.61050
- 28 = Steckbuchse für Schalter zum Auslösen des Datentransfers beim TESA upc
- 29 = Steckbuchse für Verbindungskabel mit serieller Datenübertragung RS 232 zum Rechner, Nr. S16071225
- 30 = Steckbuchse für Verbindungskabel zur elektrischen Vakuumpumpe, Nr. 47.61005

Bild 32 Einzelheiten des TESAMODUL (Rückseite)

3.2.3 Prüfen der Ausrichtung der beiden Längmesstaster A und B beim TESA upd und TESA upc

Um zuverlässige Messergebnisse, d.h. eine abgesicherte **Wiederholpräzision der Messwerte** zu erzielen, ist es wichtig, dass die **beiden Berührungspunkte der kugelförmigen Messflächen (Radius 20 mm) der Messeinsätze sich senkrecht fluchtend ausgerichtet gegenüberstehen**. Sie dürfen seitlich nicht versetzt sein (Bild 33).



Das Messgerät wurde bei TESA montiert und geprüft. Dies trifft ebenso auf die Ausrichtung der beiden Längmesstaster zu. Es empfiehlt sich jedoch, vor dem Benutzen des Messgerätes sich von der korrekten Ausrichtung zu überzeugen.

Zu ihrer Prüfung wird das mitgelieferte Einstellstück Nr. 16.60031 benutzt. Der Vorgang dazu ist in Abschnitt 12.1 – «Ausrichten der beiden Längmesstaster A und B» beschrieben.

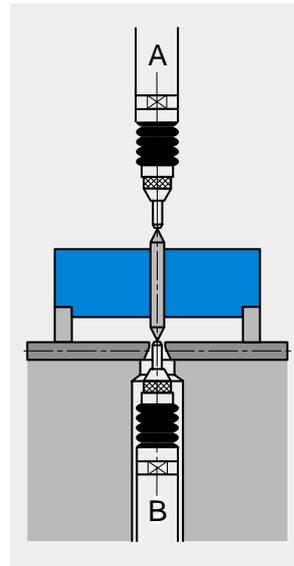


Bild 34 Prüfen der fluchtend gegenüberstehenden Anordnung der kugelförmigen Messflächen der Messeinsätze mit dem Einstellstück Nr. 16.60031

3.2.4 Prüfen der richtigen Schablonenlage

Dieses bezieht sich auf zwei Kriterien.

Die korrekt eingesetzte bzw. eingesetzten und mittels Feststellschrauben fixierten Schablonen dürfen nicht auf den fünf montierten Hartmetall-Zylinderstiften aufliegen. Es soll ein Zwischenraum von etwa 0,1 bis 0,3 mm vorhanden sein, ein Blatt Papier muss sich zwanglos durchziehen lassen.

Die Lage der Messstellen am Bezugsendmaß und am zu kalibrierenden Endmaß ist durch die Norm ISO 3650 vorgegeben. Die Messstellen sollen jeweils in der Mitte der Messfläche sowie beim zu kalibrierenden Endmaß in den vier Ecken der Messfläche, «ungefähr 1,5 mm» von den Seitenflächen entfernt liegen.

Diese Vorgabe wird durch die Endmaß-Positioniereinrichtung realisiert. Die Position aller Messstellen untereinander, d.h. das «Messstellenbild» ist durch die jeweilige Schablone gegeben. Zu prüfen ist lediglich die Lage des «Messstellenbildes» selbst zur Position der Messfläche des Messeinsatzes des oberen Messtasters A oder der unteren Messtasters B. Ebenso ist die parallele Lage des Messstellenbildes

Bild 33 Fluchtend gegenüberstehende Anordnung der kugelförmigen Messflächen der Messeinsätze

zu den Bewegungsrichtungen der Endmaß-Positioniereinrichtung zu prüfen.

► Zur richtigen Lage der Messstellen genügt die Sichtprüfung mittels einer Lupe. Es empfiehlt sich jedoch, dabei eine der beiden, im Abschnitt 12.3 – «Einstellen der Endmaßpositioniereinrichtung», beschriebenen «Positionsschablone für die Messstellen» mit zu benutzen.

► Allfällig notwendige Korrekturen können gemäß den Beschreibungen in Abschnitt 12.3 ausgeführt werden.

– «1-Schablonen-System»

► Bei visueller Prüfung *ohne* Zuhilfenahme einer «Positionsschablone» werden bei eingesetzter Endmaßschablone nacheinander die vier Eckpunkte (Messstellen 2 bis 5) angefahren. Dabei kann mittels einer Lupe der jeweils gleichmäßige Abstand zwischen den Konturflächen für das Endmaß in der Schablone und der Messfläche des Messeinsatzes vom Längenmesstaster leicht beobachtet werden.

► Erfahrungsgemäß ist festzuhalten, zeigt die Prüfung mit einer der Schablonen die korrekte Lage des Messstellenbildes auf, kann davon ausgegangen werden, dass auch bei den weiteren Schablonen das Messstellenbild ausreichend stimmend positioniert ist. Dies trifft ebenso auf die korrekte Lage der Messstelle in der Mitte der Messfläche beim Bezugsendmaß (Messstelle R) und beim zu kalibrierenden Endmaß (Messstelle 1) zu.

– «2-Schablonen-System»

► Hier wird gleich wie vorstehend beschrieben vorgegangen, jedoch ist zusätzlich noch die korrekte Position der Messstelle R der Schablone für das Bezugsendmaß zu prüfen.

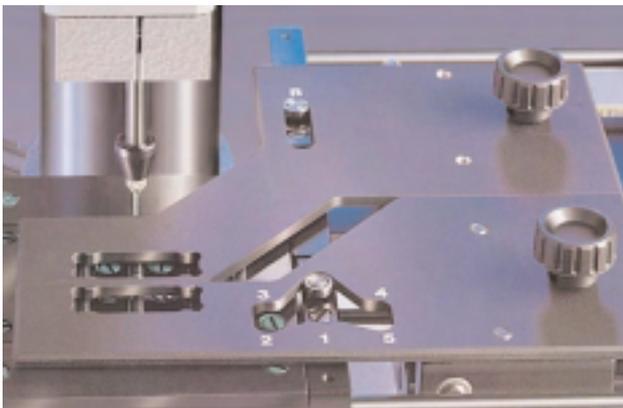


Bild 35 Anordnung der Messstellen beim «2-Schablonen-System»

3.2.5 Anschluss der elektrischen Vakuumpumpe und des Saughebers

Die Sicherheitshinweise im Abschnitt 0 sind zu beachten.

► Es ist besonders wichtig, auf die korrekte elektrische Spannungsversorgung zu achten.

► Um das Übertragen schädlicher Schwingungen auf das Messgerät zu verhindern, sollte die Vakuumpumpe nicht auf die Tischfläche, sondern separat, z.B. auf den Fußboden gestellt werden.

– TESA Gerät *upd*

Bei diesem Messgerät dient die elektrische Vakuumpumpe ausschließlich dazu, um mit dem pneumatischen Saugheber zum Transport von Endmaßen bis etwa 10 mm Nennmaß benutzt zu werden.

► Verbindungskabel Nr. 59.60028 (9, Bild 24) an das Steuerpult Nr. 59.60013 (8) und die Vakuumpumpe Nr. 32.60433 (10) anschließen.

► Schlauchverbindung zwischen Vakuumpumpe (10) und Saugheber Nr. 16.60011 (11) herstellen.

– TESA Gerät *upc*

An die Stelle des handbetätigten Abhebekolbens (siehe Bild 26) kann entweder die elektrische Vakuumpumpe Nr. 32.60432 mit Fußschalter oder die (Nr. 32.60433) für externe Ansteuerung durch die Interface-Einheit 708 des TESAMODUL-Gerätes treten.

Die elektrische Vakuumpumpe dient zum Abheben und Absenken der Messbolzen der Längenmesstaster A und B sowie in Verbindung mit dem Saugheber zum Transport kleiner Endmaße.

► Wird die Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung Nr. 32.60433 (7, Bild 25) benutzt, so wird das Verbindungskabel Nr. 47.61005 (13, Bild 25) an der Interface-Einheit 708 des TESAMODUL angeschlossen.

► Schlauchverbindungen gemäß Bild 27 herstellen. Die einzelnen Schläuche sind bereits auf die entsprechenden Längen konfektioniert.

► Die Schlauchlänge von 1 m zwischen dem Saugheber Nr. 16.60011 und dem T-Stück Nr. 35.40403 (Bild 27) kann auf die gewünschte Länge gekürzt werden.

► Unter Beachtung des geeigneten Aufstellorts der Vakuumpumpe (siehe obenstehend) sollte der Verbindungsschlauch von 1,5 m auf die benötigte Länge reduziert werden. Eine übergroße Schlauchlänge bewirkt längere Absenkezeiten der Messbolzen.

► Wird eine der beiden zur Auswahl stehenden elektrischen Vakuumpumpen nachgerüstet, ist darauf zu achten, dass die beiden Leckstücke Nr. 029416 mit im Schlauchsystem montiert werden (Bild 27). Sind die Leckstücke nicht vorhanden, verlängern sich die Absenkezeiten der Messbolzen erheblich.

4 Voraussetzungen beim Messgeschehen

4.1 Umgebungsbedingungen

Die TESA Endmaßmessgeräte sollten in einem schwingungsarmen, weitgehend staubfreien und klimatisierten Raum eingesetzt werden. Zugluft und direkte Wärmeeinstrahlung sind unbedingt zu vermeiden.

Über einen größeren Zeitraum, z.B. den vollen Arbeitstag, sollte die **Temperatur von $20 \pm 0,5$ °C** eingehalten werden. Die Temperaturschwankungen am Messgerät und an den zu vergleichenden Endmaßen während der Dauer eines Messablaufs dürfen die in Abhängigkeit zur angestrebten Messunsicherheit festzulegenden Grenzwerte nicht überschreiten. Siehe Abschnitt 7.2 .

Die relative Luftfeuchte sollte 55 % nicht überschreiten, da ansonsten das Risiko zum Oxydieren (Rostansatz an Stahl) besteht.

4.2 Messplatz

Der Messplatz soll so groß sein, dass eine sichere Ablage mit genügend Abstand der Endmaße zueinander möglich ist. Der Platzbedarf für eine Messeinrichtung (ohne Rechner) ist eine Tischfläche von etwa 160 x 70 cm.

Als Arbeitstisch hat sich eine massive Steinplatte, z.B. aus Marmor (Platte von etwa 80 mm Dicke mit qualifizierter Oberfläche, erhältlich vom Steinmetz) bewährt. Die Steinplatte stellt durch ihre große Masse einen idealen Temperaturspeicher dar, des Weiteren sorgt sie für eine gute Temperaturanpassung zwischen der Messeinrichtung und den vorbereiteten Endmaßen.

Die Ablage für die Endmaße muss staubfrei und an ihrer Oberfläche so beschaffen sein, dass das Beschädigen der Endmaßmessflächen ausgeschlossen ist. Endmaße sollten nicht direkt auf die Steinplatte gelegt werden. Zur möglichst schnellen Temperaturanpassung haben sich kleinere Platten aus Stahl oder Aluminium bewährt, auf die die Endmaße abgelegt werden (Bild 36).

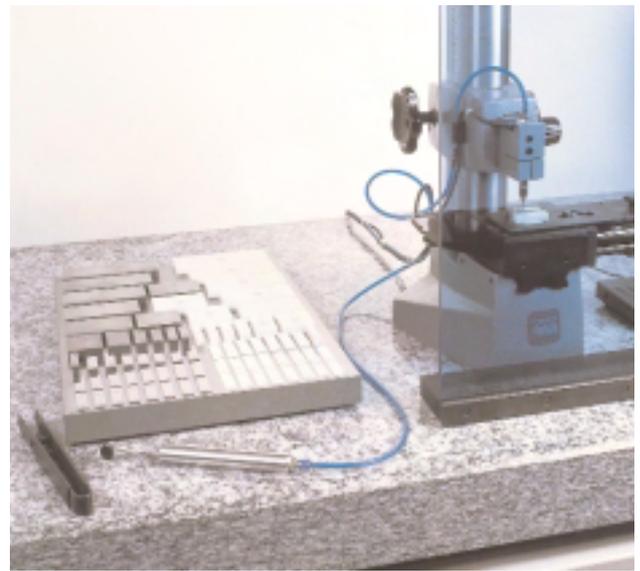


Bild 36 Arbeitstisch basierend auf einer Steinplatte aus Marmor und Stahlplatte zum Temperaturanpassung der Endmaße



5 Bezugsnormale

Da jedes Messen ein Vergleichen ist, werden zum Kalibrieren von Endmaßen Normale in Form von Bezugsendmaßen benötigt. Siehe dazu die Abschnitte 2.4 – «Übertragung der Längeneinheit» und 2.5 – «Messverfahren zur Längenmessung».

5.1 Anzahl

- «Unmittelbare Messungen» mit dem TESA Gerät *upd*

Für den Längenvergleich mit einem Nennmaßunterschied bis 25 mm empfehlen wir einen Bezugsnormalsatz bestehend aus 9 Einzelendmaßen mit folgenden Nennmaßen:

1, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 und 100 mm

Es ist dem Benutzer freigestellt, Bezugsnormale nach seiner Wahl und auch mit anderen Nennmaßen zu verwenden.

Für das Messen von Endmaßen mit Inch-Maßen sollten Bezugsnormale mit etwa entsprechenden Nennmaßen in Inch benutzt werden.

- «Unterschiedsmessungen» mit den TESA Geräten *upd* und *upc*

Da bei diesen Messungen stets zwei Endmaße gleichen Nennmaßes maßlich miteinander verglichen werden, ist in den meisten Fällen ein Bezugsnormalsatz, bestehend aus 122 Einzelendmaßen notwendig. Dieser Satz deckt ebenso zu kalibrierende Endmaßsätze mit standardisierten Nennmaßen, jedoch kleineren Umfängen an Einzelendmaßen ab.

Für Endmaße mit sog. «Zwischenmaßen», wie z.B. Nennmaß 19,7 mm, werden zusätzlich Bezugsendmaße gleichen Nennmaßes benötigt. Obwohl auch Bezugsendmaße kombiniert werden können, empfiehlt sich dieses Vorgehen nicht. Die Gründe sind: die Messunsicherheit erhöht sich, da nicht mehr nur ein Endmaß als Normal dient. Beim Aneinanderschieben der Endmaße können ihre Messflächen leicht beschädigt werden.

5.2 Klasse

Als Bezugsnormale sollten jedenfalls Endmaße der Kalibrierklasse K benutzt werden (siehe Bild 8). Endmaße des früher genormten Genauigkeitsgrades 00 sind für diese Anwendung nicht bevorteilt. Langjährige Erfahrungen bei der praktischen Anwendung haben gezeigt, dass Endmaße der Kalibrierklasse K diejenigen des früheren Genauigkeitsgrades 00 vollwertig ersetzen können.

5.3 Kalibrierschein und Rückverfolgbarkeit der Länge

Bezugsendmaße, wie die der Kalibrierklasse K werden grundsätzlich in Verbindung mit dem zugehörigen Kalibrierschein benutzt. Dieser hat wenigstens folgendes auszuweisen (siehe auch ISO 3650):

- das Mittenmaß l_c oder die Abweichung des Mittenmaßes l_c vom Nennmaß l_n bezogen auf die Referenztemperatur 20 °C,
- die Messunsicherheit,
- den Längenausdehnungskoeffizienten und seine Unsicherheit sowie
- die Angabe zur Rückverfolgbarkeit der Länge mit Bezugnahme auf die verwendeten Wellenlängennormale.

Wegen der Rückverfolgbarkeit der gemessenen Länge auf ein nationales oder internationales Längennormal und zum Erhalt von Messergebnissen mit kleinstmöglicher Messunsicherheit werden Bezugsendmaße der Kalibrierklasse K fast ausschließlich von einem Kalibrierlaboratorium eines nationalen metrologischen Staatsinstituts kalibriert.

Werden Bezugsendmaße der Kalibrierklasse K sowie der Klasse 0 nach einem anderen Messverfahren als einer interferentiellen Fundamentalmessung kalibriert, so hat die größere Messunsicherheit entsprechenden Einfluss auf die nachfolgenden, hierarchisch geordneten Kalibrierungen.

5.4 Werkstoff

- ▶ Als Referenzwerkstoff für Bezugsendmaße ist Stahl zu benennen.
- ▶ Bei den Messungen sollten jeweils Endmaße gleichen Werkstoffs miteinander verglichen werden, d.h. Stahl gegen Stahl, Hartmetall gegen Hartmetall usw. Dennoch ist auf mögliche Unterschiede bei den Längenausdehnungskoeffizienten zu achten.
- ▶ Bei Berücksichtigung von Abplattungskorrekturen können auch Endmaße aus unterschiedlichem Werkstoff maßlich miteinander verglichen werden. Siehe Abschnitt 7.3.

5.5 Längenausdehnungskoeffizient

Gemäß der Norm ISO 3650 muss für die verwendeten Bezugsendmaße der Kalibrierklasse K der **Längenausdehnungskoeffizient mit seiner Unsicherheit bekannt** sein. Ihre Kenntnis ist Voraussetzung für das Ausführen der Korrekturen zur Berechnung der Messergebnisse und der Messunsicherheit kalibrierter Endmaße.

6 Endmaßkalibrierungen

6.1 Vorbereiten der zu kalibrierenden Endmaße

Die Endmaße werden einzeln dem Etui entnommen und mit einer geeigneten Flüssigkeit entfettet und gereinigt. Dazu wird ein Wattebausch oder Wattestäbchen (natürliche Baumwollwatte) z.B. in hochreines Normalbenzin, wie FAM-Normalbenzin (DIN 51635), Wundbenzin oder auch Petroleumbenzin getaucht. Ebenso können die, von einzelnen Endmaßherstellern angebotenen Reinigungsmittel benutzt werden. Nicht geeignet sind schnellflüchtige Flüssigkeiten wie Alkohol, Äther usw.

Achtung !

Nicht jede, zwar geeignete Flüssigkeit darf aus gesundheitlichen Gründen und Sicherheitsgründen benutzt werden. Die entsprechenden Sicherheitsvorschriften sind jedenfalls zu beachten.

Der Reinigungsvorgang wird so oft wiederholt, bis die Endmaßmessflächen frei von sichtbaren Rückständen sind.

Die gereinigten Endmaße werden mit dem Saugheber bzw. der Greifzange aufgenommen und auf einer geeigneten Unterlage abgelegt. Siehe Abschnitt 4.2 – «Messplatz».

Die Messflächen der Endmaße werden anschließend mit einem sauberen und nichtfusselnden Leinentuch oder einem Microfaser-Tuch unter leichtem Andruck trocken abgerieben, bis beide Messflächen optimal spiegeln.



Bild 37 Abschließendes Reinigen und Polieren der Endmaßmessflächen mit einem Leinen- oder Microfaser-Tuch



► Sind Endmaße magnetisch, – dies trifft häufig bei Arbeitsendmaßen auf, die in fertigungsnahen Bereichen eingesetzt sind –, stellen sie eine große Gefahr zum Beschädigen von Messflächen an anderen Endmaßen oder Messgeräten dar.

Diese Endmaße sind deshalb zu entmagnetisieren. Endmaße dabei nicht direkt auf die Oberfläche des Entmagnetisiergerätes legen, sondern ein Blatt Papier oder ein Tuch gegen Beschädigen der Messflächen dazwischen legen.

6.2 Prüfen der Messflächen – Anschubprüfung

Mit Hilfe eines Planglases (TESA Nr. 25.30050 oder 25.30075) werden die Endmaßmessflächen bezüglich ihres Zustandes geprüft (Bild 39). Dieser bezieht sich auf die Anschließbarkeit, die eine notwendige Voraussetzung für die Kalibrierfähigkeit von Endmaßen ist, und auf die Ebenheitsprüfung der Messflächen.

Bei diesem Prüfvorgang werden die Messflächen gleichzeitig auf Oberflächenbeschädigungen untersucht. Bei der Durchführung der Anschubprüfung sollte folgende Abfolge beachtet werden:

- Wattebausch mit oben angeführtem Reinigungsmittel vorsichtig tränken und damit die Messfläche des Planglases reinigen.
- Messfläche des Planglases und des Endmaßes mit rückstandsfreiem und nicht fuselndem Leinen- oder Microfaser-Tuch abreiben. Noch vorhandene Staubpartikel auf den Messflächen mit Haarpinsel entfernen.
- Bevor das Endmaß vorsichtig auf das Planglas gestellt bzw. gelegt wird, sollte – um die Anschlagflächen staubfrei zu halten – mit einem Gummibalg abwechselnd auf beide Messflächen geblasen werden (Bild 38).



Bild 38 Abblasen der letzten Staubpartikel an den Messflächen durch einen Pinsel mit integriertem Gummibalg

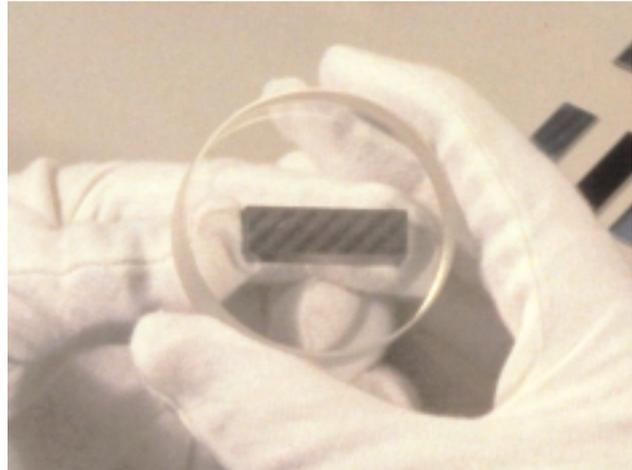


Bild 39 Vorsichtiges Auflegen des Planglases auf die Endmaßmessfläche für eine erste Beurteilung des Oberflächenzustandes

- Vorsichtig, ohne das Endmaß zu verschieben, wird es an das Planglas gedrückt und beide zusammen umgedreht, so dass die anzuschubende Messfläche betrachtet werden kann (Bild 39). Bei langen Endmaßen (ab etwa 50 mm Nennmaß) empfiehlt es sich, das Planglas direkt auf das in der Hand gehaltene Endmaß zu setzen.
- Sind nacharbeitsfähige Aufwerfungen und Beschädigungen sichtbar, ist die Endmaßmessfläche gemäß Abschnitt 6.3 nachzubessern.
- Sind keine Aufwerfungen vorhanden, wird das Endmaß unter leichtem Druck und vorsichtigem Drehen angeschoben.
- Das Endmaß entspricht den Anforderungen der Normen, wenn es durch die Adhäsion der Moleküle selbstständig haftet und auf der Messfläche keine Interferenzstreifen, auch keine Farbschattierungen

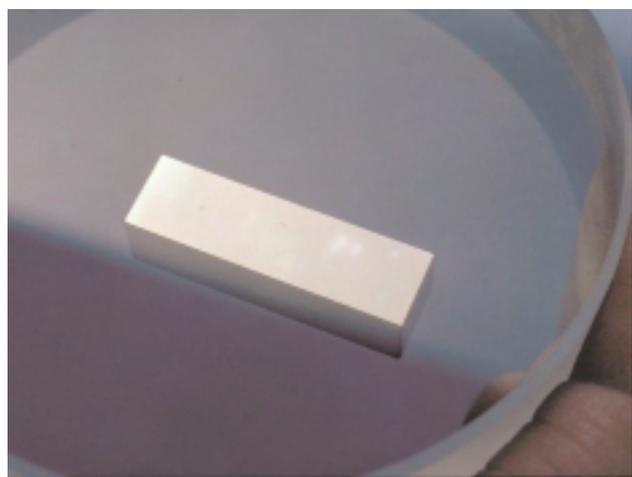


Bild 40 Ebenheit und Anschließbarkeit entsprechen den Anforderungen, lediglich links ist an der Messfläche ein geringes Weiß sichtbar

und weiße Flecken sichtbar sind. Nur bei Endmaßen der Klasse 1 und 2 sind nur wenige helle Flecken zulässig (Bild 40).

► Lösen des Endmaßes vom Planglas durch einen leichten Schlag mit einem kleinen Messingklöppel gegen eine Seitenfläche. Dünne Endmaße können durch die Keilwirkung des Holzstäbchens aus dem TESA Pflegeset Nr. 65.2500450 oder eines Fingernagels abgehoben werden.

6.2.1 Ebenheitsprüfung mit dem Planglas

Bei vorsichtig leicht gekipptem Auflegen des Planglases auf eine ebene Endmaßmessfläche werden aufgrund des entstehenden Luftkeils parallel liegende Interferenzstreifen sichtbar (Bild 41). Ihre Bildung beruht darauf, dass das einfallende Licht von der Messfläche des Planglases sowie der des Endmaßes reflektiert wird.

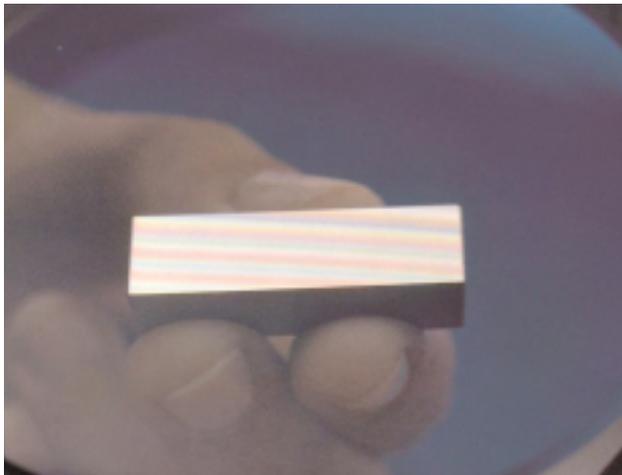


Bild 41 Bei geringfügig gekipptem Auflegen des Planglases auf die ebene Endmaßmessfläche werden parallel liegende Interferenzstreifen sichtbar

Die beiden, dabei entstehenden Teilstrahlen überlagern sich durch ihre unterschiedliche Laufzeit (ungleiche Wegstrecken) und die Interferenzstreifen werden sichtbar. Von Streifen zu Streifen stellen sie eine Höhenschicht der Größe von $\lambda/2$ dar. Vom wiedergegebenen Streifenbild kann direkt die Art und Größe der Ebenheitsabweichung der Endmaßmessfläche abgeleitet werden.

Bei normalem Umgebungslicht entsteht durch den, als Prisma wirkenden Luftkeil ein Aufspalten des weißen Lichts in die Spektralfarben. Es empfiehlt sich, die gut sichtbaren grünen Interferenzlinien auszuwerten. Der Abstand zwischen zwei grünen Interferenzstreifen entspricht einem Luftspalt der Dicke von etwa $\lambda/2 = 0,27 \mu\text{m}$.

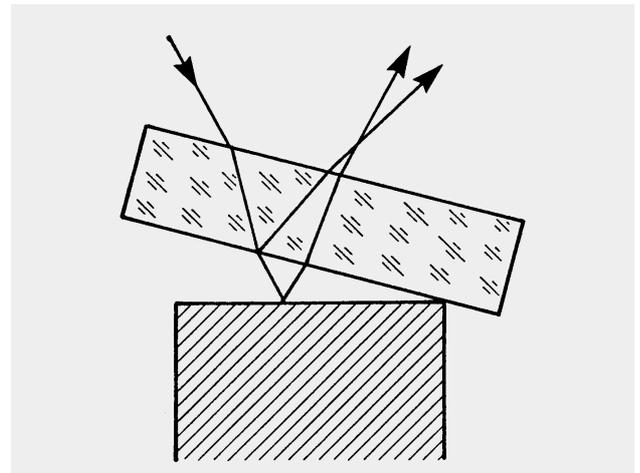


Bild 42 Strahlengang des Lichts bei einem geringfügig gekipptem Planglas

6.3 Nacharbeit beschädigter Endmaßmessflächen aus Stahl

Leichte, den Anschub hindernde Beschädigungen auf den Messflächen können – sofern die Arbeiten in einem vertretbaren Aufwand bleiben – durch Nachbesserung beseitigt werden. Es ist empfehlenswert, sich die dazu notwendigen Kenntnisse und Handgriffe von Erfahrenen, z.B. Endmaßherstellern, vermitteln zu lassen.

Beim Nacharbeiten sollte folgendes beachtet werden:

- Während der Arbeiten Einweg-Handschuhe benutzen.
- Stärkere Aufwürfe auf den Messflächen und an deren Kanten können mit einem Abziehstein aus gesintertem Aluminiumoxyd oder einem «Arkansas»-Abziehstein (TESA Nr. 65.2500452) behandelt werden.
- Bei Aufwürfen, z.B. von Kratzern oder Schlagstellen in der Messfläche wird der Abziehstein flach aufgelegt und ohne Zusatzmittel vorsichtig über die Messfläche gezogen.
- Wichtig ! Abziehsteine vor jedem Arbeitsvorgang mit Benzin auswaschen oder mit einem mit Benzin getränkten Wattebausch gründlich reinigen. Benutzte Wattebäusche wegwerfen, keinesfalls zur Reinigung von Messflächen an Endmaßen oder Plangläsern weiterverwenden.
- Polierarbeiten, die aufgrund leichter Beschädigungen und auch als Nachbehandlung nach vorgängig beschriebenem Abziehen erforderlich sind, sollten mit einem weichen Poliertuch (Leinentuch) durchgeführt werden. Dazu wird auf dieses in Paraffinöl gelöstes Eisen-III-Oxyd (Fe_2O_3) aufgetragen und die Messfläche unter Zuhilfenahme des Zeigefingers poliert.

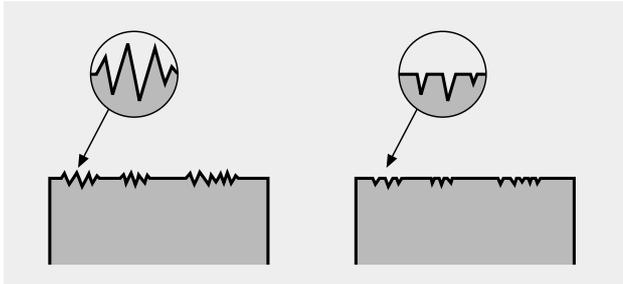


Bild 43 Links: unbehandelte Endmaßmessfläche mit Aufwurf bei den Kratzern, der die An-schiebbarkeit verhindert

Rechts: behandelte Messfläche, die wieder anschiebbar ist, die Gräben der Kratzer sind unbedeutend

Das Poliermittel kann meist vom Endmaßhersteller bezogen werden.

► Ist der einwandfreie Zustand der Messfläche wieder hergestellt, Endmaß erneut mit Benzin und Watte reinigen, bis sämtliche Rückstände des Eisen-III-Oxyds restlos beseitigt sind. Messflächen mit einem sauberen Reinigungstuch abreiben.

► Messfläche anschließend auf An-schiebbarkeit prüfen. Falls notwendig, Poliervorgang wiederholen, bis alle Aufwürfe beseitigt sind.

6.4 Temperaturnausgleich

Nachdem die in den Abschnitten 6.1 bis 6.3 beschriebenen Tätigkeiten ausgeführt sind, sollten die Bezugsendmaße und die zu kalibrierenden Endmaße gemeinsam in der Nähe des Messgerätes auf der Tischfläche übersichtlich aufgelegt werden (siehe Abschnitt 4.2 – «Messplatz» und Bild 36).

Damit zwischen Messständer mit Messtisch, Bezugsendmaßen und zu kalibrierenden Endmaßen höchstmögliche Temperaturgleichheit herrscht, sollte eine mehrstündige Wartezeit zwischengeschaltet werden, bevor mit den Messungen begonnen wird. Sehr gut bewährt hat sich, alle Vorbereitungsarbeiten am Nachmittag des Vortages auszuführen, die Nacht als Wartezeit zu nutzen und am Morgen des darauffolgenden Tages die Kalibrierungen auszuführen.

Ist ein ganzer Endmaßsatz zu messen, empfiehlt sich dabei, unter Beobachtung der Temperatur die Messreihe mit den längsten Endmaßen zu beginnen. Erfahrungsgemäß nehmen im Laufe eines Arbeitstages Temperaturschwankungen zu, es tritt eine Temperaturdrift auf. Diese wirken sich bei den später gemessenen kurzen Endmaßen entschieden geringer aus.

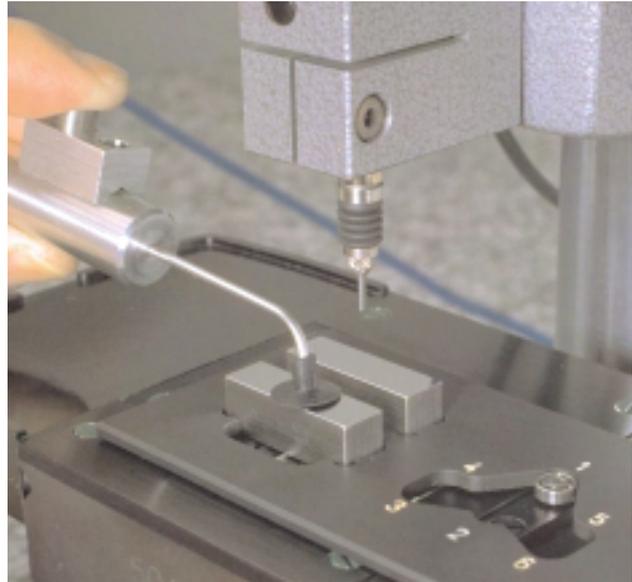


Bild 44 Einlegen und Entnehmen der Endmaße bis etwa 10 mm Länge mit Hilfe des pneumatischen TESA Saughebers Nr. 16.60011

6.5 Einlegen der Endmaße

Je nach benutztem System (1- oder 2-Schablonen-System) ist bzw. sind die entsprechenden Schablonen einzusetzen und mit der Rändelschraube zu sichern. Es stehen jeweils Schablonen für die Endmaßquerschnitte 9 x 30 mm und 9 x 35 mm zur Verfügung. Für lange Endmaße mit Querschnitt 9 x 35 mm kann die mitgelieferte Kippsicherung montiert werden.

Durch die Messspanne von 25 mm beim TESA Messgerät *upd* ergibt sich eine Mischung der Endmaßquerschnitte. Endmaße mit Nennmaß bis 10 mm weisen einen Querschnitt von 9 x 30 mm auf und diejenigen länger als 10 mm haben die Maße 9 x 35 mm. Da die Endmaß-Positioniereinrichtung justiert ist (siehe Abschnitt 3.2.4), können die Schablonen untereinander beliebig gemischt verwendet werden. Die Endmaße werden an den Messstellen richtig positioniert.

► **Endmaße werden grundsätzlich bei abgehobenen Messbolzen eingelegt.** Das Bezugsendmaß hat seinen Platz im hinteren Schablonenausschnitt und das zu kalibrierende Endmaß wird in den vorderen Ausschnitt eingelegt.

► Endmaße mit Nennmaßen bis etwa 10 mm können mit dem pneumatischen TESA Saugheber transportiert werden. Dazu wird die elektrische Vakuumpumpe eingeschaltet und die Taste des Saughebers gedrückt, das Endmaß wird durch den entstehenden Unterdruck angesaugt. Beim Loslassen der Taste wird das Endmaß wieder freigegeben, ebenfalls beim Ausschalten der Vakuumpumpe.

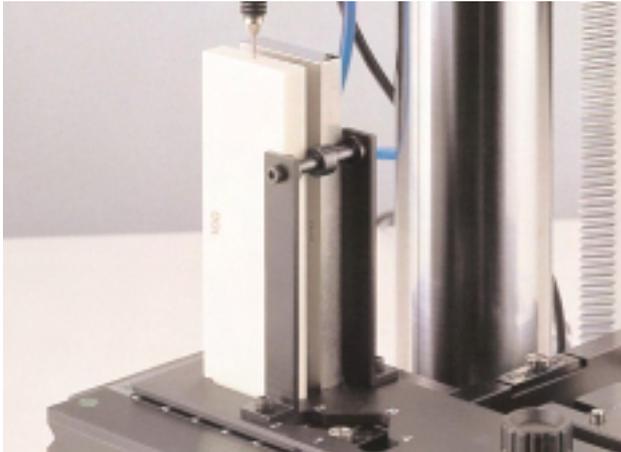


Bild 45 Montierte Kippsicherung beim «1-Schablonen-System»

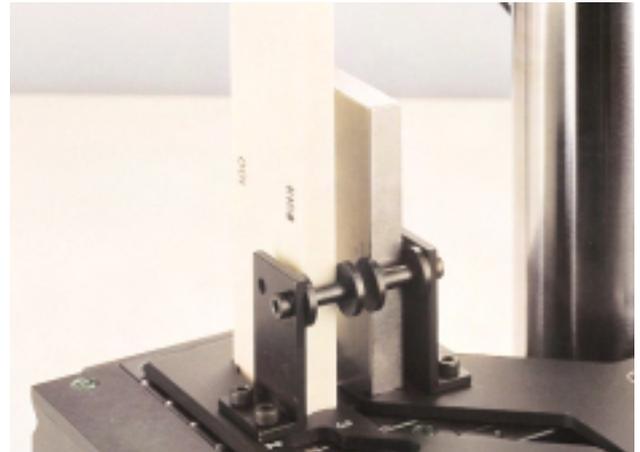


Bild 46 Montierte Kippsicherung beim «2-Schablonen-System»

- ▶ Endmaße mit Nennmaß über 10 mm werden mit der Greifzange transportiert.
- ▶ Besonders bei den längeren, d.h. schwereren Endmaßen sollte darauf geachtet werden, dass diese möglichst senkrecht auf dem Messtisch aufgesetzt werden. Verkantetes Aufsetzen kann zu Beschädigungen am Messtisch und an der Messfläche des Endmaßes führen.
- ▶ Bis 5,5 mm Nennmaß liegen die Endmaße auf ihrer unbeschrifteten Messfläche am Messtisch auf. Endmaße über 5,5 mm Länge werden in das Messgerät so eingelegt, dass die beschriftete Seitenfläche der Prüfperson zugewandt ist, und die linke Messfläche auf dem Messtisch aufliegt. Zur Benennung der Flächen am Endmaß siehe Bild 4.

6.6 Anzeige einstellen

6.6.1 Anzeigeeinstellung für «unmittelbare Messungen» beim TESA Messgerät upd

Zur Anzeigeeinstellung in Verbindung mit dem Messwertverarbeitungs-Programm TESA *up* werden für «unmittelbare Messungen» stets zwei Bezugsendmaße benutzt. Ihre Nennmaße können vom Bediener entsprechend den Gegebenheiten selbst bestimmt werden. Wird das Programm TESA *up* nicht verwendet, liegt auch die Entscheidung, wieviel Bezugsendmaße zur Anzeigeeinstellung benutzt werden beim Benutzer.

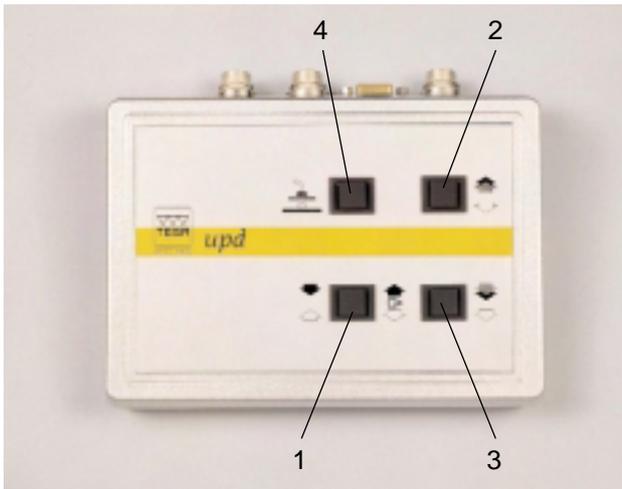
Da das Messgerät über einem Messtaster A mit 25 mm bzw. 1 in Messspanne verfügt, kann die größte Nennmaßdifferenz 25 mm bzw. 1 in betragen. Um den Einfluss des längenabhängigen Anteils bei der Messunsicherheit möglichst klein zu halten, können auch kleinere Unterschiede bei den Nennmaßen der Bezugsendmaße gewählt werden.

Zur Anzeigeeinstellung empfehlen wir folgendes:

Benutzter Messbereich	Nennmaß der Bezugsendmaße
0,5 bis 25 mm	5 und 25 mm
25 bis 50 mm	25 und 50 mm
50 bis 75 mm	50 und 75 mm
75 bis 100 mm	75 und 100 mm

Der Ablauf des Einstellvorgangs ist folgendermaßen:

- ▶ Messbolzen durch Betätigen der Taste 2 am Bedienpult (Bild 47) elektromotorisch angetrieben abheben, d.h. der Messbolzen des oberen Messtasters A liegt an seinem oberen mechanischen Anschlag an (Bild 19).
- ▶ Das größere (25 mm) der beiden Bezugsendmaße in die Schablone für das Bezugsendmaß «R» und das kleinere (5 mm) in die andere Schablone einlegen.
- ▶ Messstelle «R» anfahren.
- ▶ Messarm (12, Bild 29) in seiner Höhenposition durch das Handrad (14, Bild 29) so verstellen, dass die Messfläche des Messeinsatzes des oberen Messtasters A im Abstand von etwa 0,5 mm zur Endmaßmessfläche zu stehen kommt.
- ▶ Messbolzen durch Betätigen der Taste 1 (Bild 47) auf das Endmaß absenken.
- ▶ Am betriebsbereiten Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B (siehe Abschnitt 3.2.2 – «Inbetriebnahme der Längenmessgeräte») die, aus dem Kalibrierschein entnehmbare Istlänge beim Mittenmaß an der Anzeige einführen. Diese PRESET-Funktion erfolgt durch Eingeben des Zahlenwertes in mm bzw. in. Die Zahleneingabe wird durch Drücken der Taste «ENT» aktiviert.
- ▶ Damit ist das TESA *upd* für Längenmessungen messbereit. Weitere Schritte siehe beim Ablauf «Prüfsatz» – «Kalibrierung» im Messwertverarbeitungs-Programm TESA *up*.



- 1 = Taste für Messbolzenbewegungen mit geringer Geschwindigkeit und zum Auslösen eines Datentransfers;
- wird die Taste zum Abheben beider Messbolzen betätigt, so ist der Abhebeweg des oberen Messbolzens etwa 0,3 mm;
 - wird die Taste zum Absenken betätigt, so bewegen sich beide Messbolzen bis an ihre mechanischen Endanschläge bzw. gegen die Messflächen eines eingelegten Endmaßes. Die gleichen Funktionen können durch den Fußschalter Nr. 47.68001 (8, Bild 24) ausgelöst werden.
- 2 = Taste für schnellere Abhebegeschwindigkeiten des Messbolzens des oberen Messtasters A
- 3 = Taste für schnellere Absenkgeschwindigkeiten des Messbolzens des oberen Messtasters A;
- Achtung! Messbolzen nicht mit dieser Geschwindigkeit auf die Messfläche eines Endmaßes auffahren.*
- Hinweis: Beim Betätigen der Taste 2 wird der Messbolzen des unteren Messtasters B ebenfalls abgehoben. Bei anschließendem Drücken der Taste 3 bleibt dieser abgehoben, er wird erst durch Drücken der Taste 1 wieder gegen die untere Messfläche des gefahren.
- 4 = Taste zum Ein- und Ausschalten der elektrischen Vakuumpumpe (10, Bild 24)

Bild 47 Tastenfunktionen am Bedienpult des Messgerätes TESA upd

6.6.2 Anzeigeeinstellung für «Unterschiedsmessungen» beim TESA Messgerät upd

Es werden zwei Endmaßes gleichen Nennmaßes miteinander verglichen. Der Ablauf des Einstellvorgangs ist folgendermaßen:

- ▶ Messbolzen durch Betätigen der Taste 2 am Bedienpult (Bild 47) elektromotorisch angetrieben abheben, d.h. der Messbolzen des oberen Messtasters A

liegt an seinem oberen mechanischen Anschlag an (Bild 19).

- ▶ Das Bezugsendmaß in den Schablonaausschnitt für die Messstelle «R» und das zu kalibrierende Endmaß in den der Messstellen 1 bis 5 einlegen.

- ▶ Messstelle «R» anfahren.

- ▶ Messarm (12, Bild 29) in seiner Höhenposition durch das Handrad (14, Bild 29) so verstellen, dass die Messfläche des Messeinsatzes des oberen Messtasters A im Abstand von etwa 0,5 mm zur Endmaßmessfläche zu stehen kommt.

- ▶ Messbolzen durch Betätigen der Taste 1 (Bild 47) auf das Endmaß absenken.

- ▶ Am betriebsbereiten Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B (siehe Abschnitt 3.2.2 – «Inbetriebnahme der Längenmessgeräte») die, aus dem Kalibrierschein entnehmbare Istlänge beim Mittenmaß des Bezugsendmaßes an der Anzeige einführen. Diese PRESET-Funktion erfolgt durch Eingeben des Zahlenwertes in mm bzw. in. Die Zahleneingabe wird durch Drücken der Taste «ENT» aktiviert.

- ▶ Damit ist das TESA upd für Unterschiedsmessungen der Länge messbereit. Weitere Schritte siehe beim Ablauf «Prüfsatz» – «Kalibrierung» im Messwertverarbeitungs-Programm TESA up.

6.6.3 Anzeigeeinstellung beim TESA Messgerät upc

- ▶ Versichern, dass die beiden Schalter (12 und 14, Bild 31) an der Messeinheit auf die Funktion «+A+B» eingestellt sind.

- ▶ Messbolzen durch Betätigen des mechanischen Abhebekolbens Nr. 32 60401 (5, Bild 25) bzw. Einschalten der elektrischen Vakuumpumpe abheben. Durch die Positioniereinrichtung Messstelle «1» (bei früheren Schablonen «2») für das Mittenmaß am zu kalibrierenden Endmaß anfahren.

- ▶ Messarm soweit absenken, bis die Messfläche des oberen Messtasters A knapp über der Endmaßmessfläche zu stehen kommt. Sterngriff (13, Bild 30) der Feststelleinrichtung sicher festschrauben.

- ▶ Messbolzen wieder absenken und Feinverstellknopf (15, Bild 30) unter Beobachtung der Anzeige soweit nach links drehen, bis annähernd der Wert Null ($< \pm 0,10 \mu\text{m}$) eingestellt ist.

- ▶ Messbolzen wieder abheben, Messstelle «R» (bei früheren Schablonen «1»), d.h. die Messstelle für das Mittenmaß am Bezugsendmaß anfahren und Messbolzen absenken.

- ▶ Anzeige durch Drehen am elektrischen Nullsteller des Messkanals A der Messeinheit (2, Bild 31) am TESAMODUL soweit ändern, bis wieder annähernd Null ($< \pm 0,10 \mu\text{m}$) angezeigt wird.

- ▶ Die Endmaßmesseinrichtung ist messbereit.

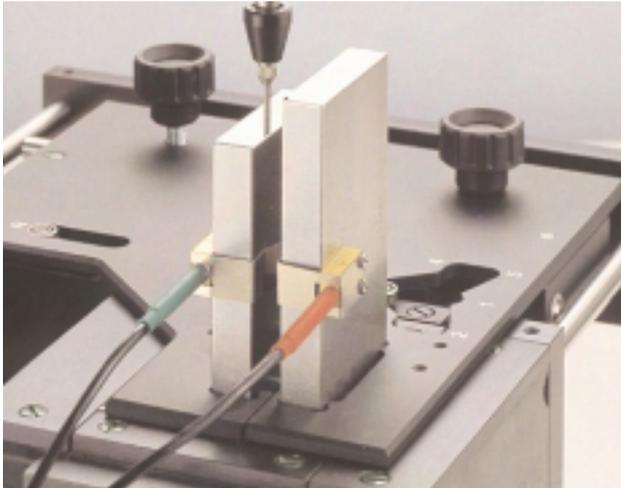


Bild 48 Ankleben der Temperaturempfänger an langen Endmaßen

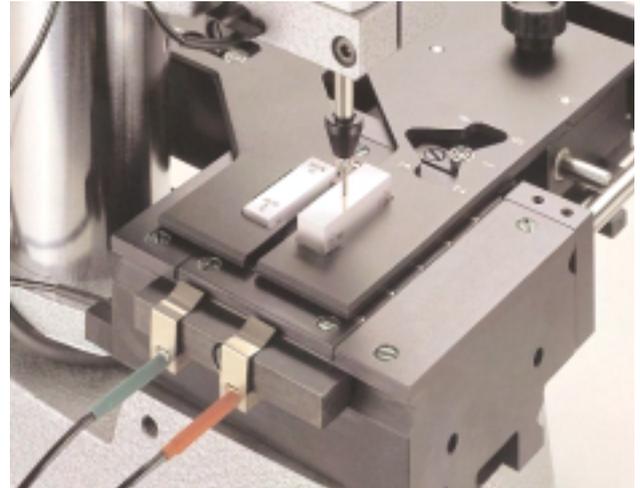


Bild 49 Ankleben der Temperaturempfänger bei kurzen Endmaßen an der Halteleiste

6.6.4 Anzeigeeinstellung bei der Temperaturmesseinrichtung TESA *upt*

► Ist das Endmaßmessgerät TESA *upd* oder *upc* mit der Temperaturmesseinrichtung TESA *upt* ausgerüstet, so werden die beiden Temperaturempfänger mit Halteklammer an den Endmaßen befestigt. Der Empfänger «R» (grüne Manschette) wird am Bezugsendmaß «R», der mit «P» bezeichnete (rote Manschette) am zu kalibrierenden Endmaß angesetzt.

Hinweis: Hat ein Endmaß nicht die ausreichende Länge, um einen Temperaturempfänger ansetzen zu können, wird dieser an der linken Halteleiste (25, Bild 29) des Messtisches befestigt. Der Einfluss der Temperatur auf die Länge wirkt sich bei kürzeren Endmaßen geringer aus. Dieses Vorgehen ist bewährt, auf einen ausreichenden Temperaturengleich ist dabei jedoch zu achten.

► Die weiteren Schritte sind ebenfalls beim Ablauf «Prüfsatz» – «Kalibrierung» im Messwertverarbeitungs-Programm TESA *up* zu ersehen.

6.5 Messen

► Die notwendige Zeit abwarten, bis zwischen beiden Endmaßen und dem Messständer der restliche Temperaturengleich stattgefunden hat, der die geforderte Zuverlässigkeit der Messungen absichert. Je besser in der Vorbereitungsphase auf eine optimale Temperaturengleichung der genannten Gegenstände geachtet und je weniger die Temperatur beim Einbringen der Endmaß in das Messgerät gestört wurde, umso kürzer kann die Temperaturengleichzeit unmittelbar vor den Messungen gehalten werden.

► Bei, im Endmaßmessgerät integrierter Temperaturengleichung TESA *upt*, übernimmt bei den Messabläufen das Programm TESA *up* automatisch die vollständige Temperaturengleichung.

► Bei Benutzung des Endmaßmessgerätes TESA *upd* oder *upc* in Verbindung mit einem Rechner und dem Programm TESA *up*, erfolgt der gesamte Messablauf bedienergeführt, d.h. die Messwertfassung und -verarbeitung sowie die Ergebnisausgabe laufen automatisiert und vollständig ohne Auslassungen ab.

Folgen Sie bitte deshalb bei den weiteren Abläufen dem Programm TESA *up*.

Nachstehend ist dennoch der eigentliche Messablauf beschrieben, denn die Erläuterungen sind auch für die Abfolge der Messungen ohne Rechneinsatz gültig.

► Unter Beobachten des Geschehens wird mit den Messungen begonnen, sobald die korrekten Voraussetzungen für die erste Messwertablesung bei der Messstelle «R» am Bezugsendmaß gegeben ist. Der Messwert wird protokolliert.

► Anschließend werden die Messbolzen abgehoben, die Messstelle «1» am zu kalibrierenden Endmaß angefahren und die Messbolzen wieder abgesenkt.

► Unter Beobachten der Anzeige wird der neue Messwert dann abgelesen und protokolliert, sobald dieser als richtiger Wert beurteilt ist.

► Die weiteren Messstellen «2 bis 5» werden in gleichem Rythmus erfasst. **Während jedem Endmaßverschieben müssen die Messbolzen abgehoben sein.**

► Zum Bestätigen der Korrektheit der Messungen werden die Messstelle «1» und danach nochmals «R» angetastet. Die Messwerte dieser Rückmessungen verglichen mit denen der ersten Antastungen sollten sich um keinen größeren Betrag unterscheiden, als er als Grenzwert für die Wiederholpräzision für diese Kalibrierung im Messunsicherheitsbudget festgelegt ist.



upd – upc

► Es empfiehlt sich außerdem, an jedem zu kalibrierendem Endmaß drei wie zuvor beschriebene Messreihen nacheinander auszuführen. Anschließend wird für jede einzelne Messstelle aus den protokollierten Messwerten der Mittelwert errechnet.

Anmerkung:

In besonderen Fällen können auch Endmaßkalibrierungen vorgenommen werden, bei denen nur das Mittenmaß gemessen wird. Auf das Ermitteln der Abweichungsspanne v wird verzichtet, d.h. die Messstellen «2 bis 5» werden nicht erfasst.

7 Korrekturen der Messwerte um systematische Messabweichungen

Bei Benutzung des Messwertverarbeitungs-Programms TESA *up* übernimmt dieses automatisch und vollständig die notwendigen Korrekturen, um zu den Messergebnissen zu gelangen.

7.1 Korrekturen aufgrund von Abweichungen bei den Bezugsendmaßen und bei der Messeinrichtung

Das Berücksichtigen der Abweichung des Mittenmaßes l_c vom Nennmaß jedes benutzten Bezugsendmaßes ist unerlässlich. Diese Abweichungen sind aus dem zum Bezugsendmaßsatz gehörenden Kalibrierschein zu entnehmen (siehe Abschnitt 5 – «*Bezugsnormale*»).

Sollten an der Messeinrichtung nicht vernachlässigbare systematische Messabweichungen festgestellt werden, die sich anderweitig nicht beseitigen lassen, sind diese in die rechnerischen Messwertkorrekturen mit einzubeziehen.

7.2 Temperaturbedingte Korrekturen

Auf die Temperatur des Messtüdes sowie die beiden auf dem Messtisch befindlichen und zu vergleichenden Endmaße ist besonders zu achten. Temperaturmessungen sind in der Regel unerlässlich. Für diese sollte möglichst eine Temperaturmesseinrichtung wie die TESA *upt* mit einem Ziffernschrittwert von 0,001 °C und im Messbereich 19,0 °C bis 24,0 °C mit einer Messunsicherheit von 0,03 °C benutzt werden.

Längenänderungen infolge von Temperaturunterschieden zwischen Bezugsendmaß und zu kalibrierendem Endmaß und Abweichungen von der Bezugstemperatur 20 °C sind als Korrekturen entsprechend zu berücksichtigen.

Es sind Korrekturen notwendig, wenn Endmaße zwar bei gleicher Abweichung von der Bezugstemperatur 20 °C, jedoch aus nicht gleichen oder annähernd gleichen Werkstoffen mit unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten bestehen, miteinander verglichen werden.

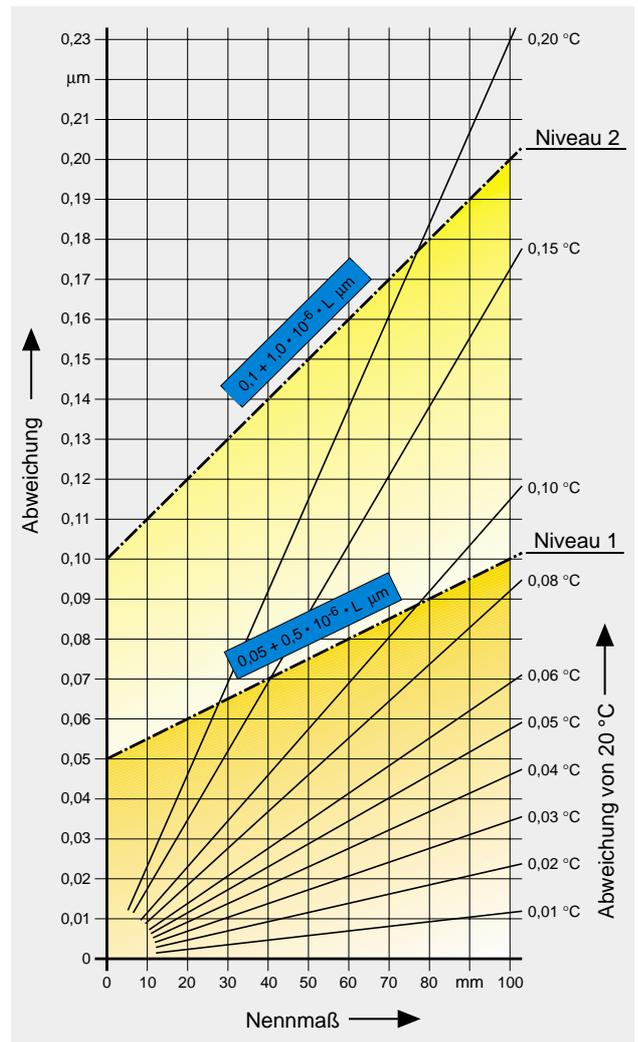


Bild 50 Längenabweichungen des zu kalibrierenden Endmaßes (Stahl) vom Bezugsendmaß (Stahl) aufgrund unterschiedlicher Temperatur zwischen beiden Endmaßen

Längenausdehnungskoeffizient
 $\alpha_{\text{Stahl}} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Der Einfluss von Temperaturunterschieden zwischen beiden Endmaßen aus Stahl kann aus Bild 50 abgeleitet werden. Die Bilder 51 bis 54 zeigen, welche Einflüsse unterschiedliche Längenausdehnungskoeffizienten auf die Messergebnisse haben.

Der Längenausdehnungskoeffizient von Endmaßen aus Stahl ist, wenn vom Hersteller kein zuverlässigerer Wert angegeben wird, entsprechend der Norm ISO 3650 mit $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ anzunehmen. Siehe auch Abschnitt 5.5.

Ein genutzter Toleranzbereich von $\pm 1,0$ verunsichert die Messergebnisse um unbekannte systematische Messabweichungen, die wie zufällige Messabweichungen zu behandeln sind, umso mehr, je weiter die Temperatur vom Bezug 20 °C entfernt liegt (Bild 51).

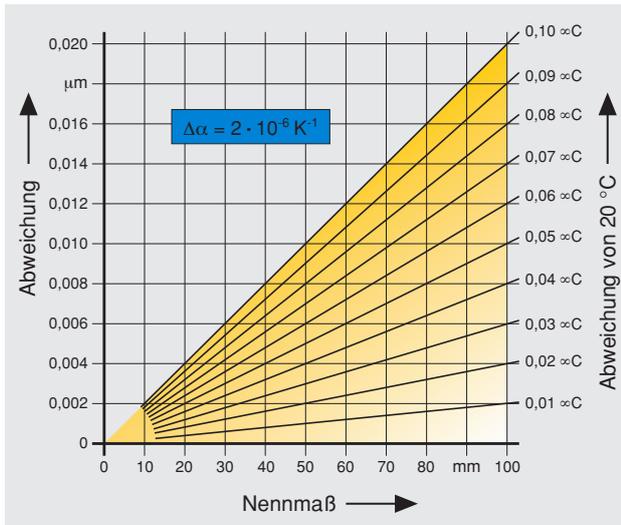


Bild 51 Einfluss unterschiedlicher Längenausdehnungskoeffizienten auf das Messergebnis, größtmögliche Differenz für Stahlendmaße nach ISO 3650 zwischen zu kalibrierendem Endmaß und Bezugsendmaß

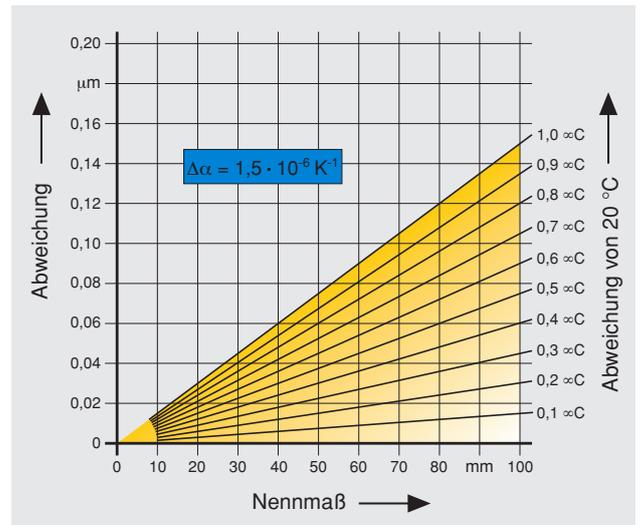


Bild 53 Einfluss unterschiedlicher Längenausdehnungskoeffizienten auf das Messergebnis, Differenz zwischen Endmaßen aus Stahl $[(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ und Keramik $[(10,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}]$

► Hartmetallendmaße werden meist aus Wolframkarbid oder Chromkarbid hergestellt. Die Längenausdehnungskoeffizienten dieser Werkstoffe weichen von denen für Stahl sehr stark ab und können ebenfalls recht unterschiedlich sein. (Bild 52 und 54)

Gemäß der Norm ISO 3650 ist für alle Endmaße dieser Werkstoffe der Längenausdehnungskoeffizient

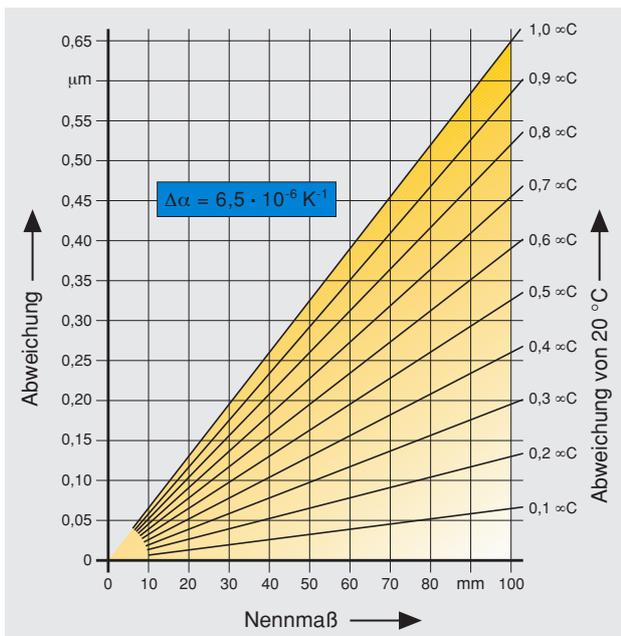


Bild 52 Einfluss unterschiedlicher Längenausdehnungskoeffizienten auf das Messergebnis, Differenz zwischen Endmaßen aus Stahl $[(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ und Hartmetall $[(5,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}]$

mit seiner Unsicherheit vom Hersteller anzugeben.

Als Richtwerte gelten für Wolframkarbid $(5,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und für Chromkarbid $(8,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

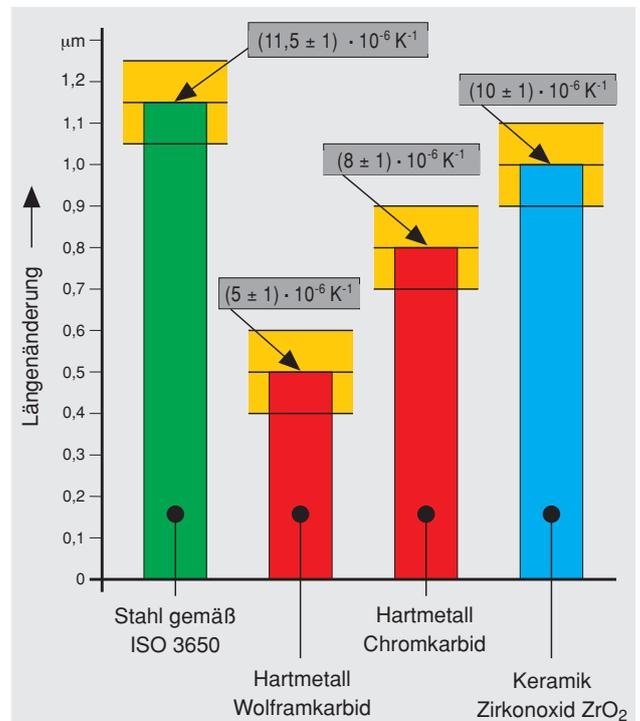


Bild 54 Vergleich der Längenänderungen für je ein Endmaß von 100 mm mit einer Temperatur von + 1 °C gegenüber der Bezugstemperatur von 20 °C



► Für Endmaße aus Keramik (Zirkonoxid ZrO_2) kann $(10,0 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} K^{-1}$ angenommen werden. Auch hier hat jedoch der Hersteller den Längenausdehnungskoeffizienten mit seiner Unsicherheit anzugeben. (Bild 53 und 54)

7.3 Werkstoffbedingte Korrekturen

Die für Endmaße verwendeten Werkstoffe haben neben unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten (siehe Abschnitt 7.2) unter anderem einen unterschiedlichen Elastizitätsmodul. Daher ist auch die elastische Verformung (Abplattung) an den Berührungsstellen der Messeinsätze an den Endmaßmessflächen verschieden.

► Messungen mit den Endmaßmessgeräten TESA *upd* und *upc* bedingen Messwertkorrekturen gemäß Tabelle 1. Die dort angegebenen Werte sind Richtwerte. Erfahrungsgemäß sind die Werte in Abhängigkeit der von den Endmaßherstellern unterschiedlich benutzten Werkstoffe um $\pm 0,01$ bis $\pm 0,02$ μm unsicher. Bei beiden Messgeräten sind die Einflussgrößen gleich, sie sind:

- Messeinsätze aus Hartmetall mit kugelförmigen Messflächen mit Radius 20 mm und
- Messkraft des oberen Messtasters $A = 1,0$ N sowie des unteren Messtasters $B = 0,63$ N.

Bei anderen Messbedingungen gelten andere Richtwerte.

► Zuverlässigere, d.h. genauere Korrektionswerte, als die in Tabelle 1 angegebenen, können durch Versuche und Messreihen von Fall zu Fall ermittelt werden. Es ist daher einfacher, diesen Fall auszuschließen und stets nur Endmaße aus gleichen Werkstoffen miteinander zu vergleichen.

Zu kalibrierende Endmaße	Bezugsendmaße		
	Stahl	Hartmetall	Keramik
Stahl	–	+ 0,07 μm	- 0,03 μm
Hartmetall	- 0,07 μm	–	☆
Keramik	+ 0,03 μm	☆	–

☆ Keine Angaben, da ein Längenvergleich zwischen Endmaßen aus Hartmetall und Keramik nicht empfehlenswert ist.

Tabelle 1 Empfohlene Werte für die Abplattungskorrektur bei Kalibrierungen von Endmaßen unterschiedlicher Werkstoffe mit den Messgeräten TESA *upd* und *upc*



8 Messergebnisse

Bei Benutzung des Messwertverarbeitungs-Programms TESA *up* übernimmt dieses die Ergebnisaufbereitung automatisch und vollständig. Die Dokumentation der Messergebnisse, wie die Ausgabe von Kalibrierscheinen kann damit ebenso erfolgen.

Soll jedoch die Messwertverarbeitung manuell erfolgen, so sind dabei unter anderem folgende Punkte zu beachten. Des weiteren enthält der Anhang A1 ein Modell für das Berechnen der Messergebnisse.

► Um für jede Messstelle ein Messergebnis zu erhalten, sind die Messwerte bzw. die bestimmten Mittelwerte durch die notwendigen Korrekturen richtigzustellen. Siehe Abschnitt 7 – «*Korrekturen der Messwerte*».

► Um die Zugehörigkeit jedes einzelnen Endmaßes und auch des ganzen Endmaßsatzes zu einer Toleranzklasse feststellen zu können, sind die Messergebnisse zu den Grenzabmaßen und Toleranzen, bezogen auf das jeweilige Nennmaß zu vergleichen.

Soll diese Zuordnung normgerecht nach ISO 3650 unter Berücksichtigung der Norm ISO 14253-1 erfolgen, sind die sog. «*Konformitätsgrenzen*» zu beachten (siehe Abschnitt 10).

Sollen die Messergebnisse ohne Berücksichtigung der «*Entscheidungsregeln für die Feststellungen von Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit Spezifikationen*» (ISO 14253-1) «nur» zu den «*Spezifikationsgrenzen*» nach ISO 3650 verglichen werden, siehe Abschnitt 10.

► Im einzelnen beziehen sich die Vergleiche für jedes Endmaß auf folgende Merkmale:

► Abweichung des Mittenmaßes l_c (Messstelle 1) vom Nennmaß zum Grenzabmaß t_e der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle (☆)

► Längenabweichungen vom Nennmaß an den Messstellen 2 bis 5 zum Grenzabmaß t_e der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle (☆)

► Größte Plusabweichung f_o und größte Minusabweichung f_u (Messstellen 2 bis 5) vom Mittenmaß (Messstelle 1) in ihren Beträgen addiert ergeben die Größe der gemessenen Abweichungsspanne v . Diese ist mit der Toleranz t_v zu vergleichen.

☆ Das Berücksichtigen der Abweichung des Mittenmaßes l_c vom Nennmaß jedes benutzten Bezugsendmaßes ist unerlässlich. Diese Abweichungen sind aus dem zum Bezugsendmaßsatz gehörenden Kalibrierschein zu entnehmen (siehe Abschnitt 5 – «*Bezugsnormale*»).

► Entsprechend den Auswertergebnissen wird jedem Endmaß seine zugehörige Toleranzklasse bestätigt, oder es erfolgt eine Neueinstufung.

► Die Messergebnisse und ihre Messunsicherheit sind in einem Kalibrierschein zu dokumentieren. Der weitere Inhalt ist den Gegebenheiten entsprechend zu gestalten. Jedenfalls sind die Anforderungen der Normen oder anderer Regelwerke an den Kalibrierschein zu berücksichtigen.

► Bezüglich der Messergebnisse wird üblicherweise folgendes ausgegeben. Siehe auch die Muster im Anhang A2.1 und A2.2.

- Abweichung des Mittenmaßes l_c vom Nennmaß
- Mittenmaß l_c
- Abweichungsspanne v
- größte Plusabweichung f_o und größte Minusabweichung f_u vom Mittenmaß
oder
größte Länge l_{max} und kleinste Länge l_{min}
- Toleranzklasse



9 Messunsicherheit

Für das Ermitteln der Messunsicherheit ist auf folgende Regelwerke zu achten:

- «Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen» (Deutsche Übersetzung des «Guide to the expression of uncertainty in measurement», GUM

Herausgeber DIN, 1. Auflage 1995, Beuth-Verlag, Berlin, Wien, Zürich

- DKD-3 «Ermittlung von Messunsicherheiten», Deutscher Kalibrierdienst DKD

- EA-4/02 «Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration»
European co-operation for Accreditation

Es ist jeweils die erweiterte Messunsicherheit zu berechnen, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

Beim Erstellen des Messunsicherheitsbudgets sind folgende Einflüsse von Bedeutung:

- ▮ Einflüsse durch die Längenmeseinrichtung
 - Abweichungen bei den gemessenen Längen
 - Wiederholpräzision
 - Auflösung der Anzeige

- ▮ Einflüsse durch die Bezugsnormale
 - Messunsicherheit der Bezugsendmaße
 - Längenänderung durch Alterung
 - Unzureichend genaue Kenntnis der Längenausdehnungskoeffizienten
- ▮ Einflüsse durch die zu kalibrierenden Endmaße
 - Beschaffenheit der Messflächen
 - Abweichungen von der Ebenheit und Parallelität der Messflächen
 - Unzureichend genaue Kenntnis der Längenausdehnungskoeffizienten
 - Korrektur der Abplattung beim Längenvergleich von Endmaßen unterschiedlichen Werkstoffs
- ▮ Einflüsse der Umgebung
 - Messunsicherheit der Temperaturmessung
 - Abweichung der Temperatur des Bezugsendmaßes und des zu kalibrierenden Endmaßes von der Bezugstemperatur 20 °C während der Messungen
 - Temperaturunterschied zwischen Bezugsendmaß und zu kalibrierendem Endmaß während der Messungen
 - Temperaturdrift an der Messeinrichtung und den zu vergleichenden Endmaßen während der Messungen

Ein Berechnungsbeispiel für die Messunsicherheit siehe im Anhang A3.



10 Zuordnung der Endmaße zu den Toleranzklassen und Bestätigung der Konformität

Die Norm ISO 3650:1998 ordnet Endmaße der Kalibrierklasse K sowie den Toleranzklassen 0, 1 und 2 zu. Neben anderen Kriterien, wie z.B. Anforderungen an die Beschaffenheit und Ebenheit der Messflächen sowie die Maßbeständigkeit, sind für jede Klasse Grenzwerte und Toleranzen für die Längenmaße festgelegt (siehe Tabelle 2).

Das **normgerechte Zuordnen der Endmaße zu Klassen** setzt unter anderem voraus:

- ▶ dass an den kalibrierten Endmaßen jeweils die vorgegebenen 5 Messstellen erfasst wurden und
- ▶ «Für die Übereinstimmung mit den Spezifikationen gilt ISO 14253-1». Siehe Abschnitt 7.1 – «Allgemeines» in ISO 3650.

Beim Zuordnen, d.h. Bestätigen der Konformität zu einer der Klassen sind dabei bestimmte Festlegungen im Umgang mit der Messunsicherheit zu beachten. Die Norm ISO 14253-1 regelt dazu die Kriterien bezogen auf die Übereinstimmung bzw. Nicht-Übereinstimmung mit den Spezifikationen.

▶ Die **frühere Praxis**, nicht nur in der Längenmesstechnik war vielfach, die Messergebnisse zu den festgelegten Toleranzen, d.h. Grenzmaßen, Grenzabmaßen und zulässigen Abweichungen zu vergleichen, um **ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit die Konformität zu bestätigen**.

Schwierigkeiten ergeben sich dabei dann, wenn ein Messergebnis in der Nähe oder direkt auf einer Toleranzgrenze liegt (Bild 55). In diesem Falle ist durch

Nennmaß mm	Kalibrierklasse K		Toleranzklasse 0		Toleranzklasse 1		Toleranzklasse 2	
	Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle	Toleranz für die Abweichungsspanne	Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle	Toleranz für die Abweichungsspanne	Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle	Toleranz für die Abweichungsspanne	Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle	Toleranz für die Abweichungsspanne
	$\pm t_e$ μm	t_v μm						
$0,5 \leq l_n \leq 10$	0,2	0,05	0,12	0,1	0,2	0,16	0,45	0,3
$10 < l_n \leq 25$	0,3	0,05	0,14	0,1	0,3	0,16	0,6	0,3
$25 < l_n \leq 50$	0,4	0,06	0,2	0,1	0,4	0,18	0,8	0,3
$50 < l_n \leq 75$	0,5	0,06	0,25	0,12	0,5	0,18	1,0	0,35
$75 < l_n \leq 100$	0,6	0,07	0,3	0,12	0,6	0,2	1,2	0,35
$100 < l_n \leq 150$	0,8	0,08	0,4	0,14	0,8	0,2	1,6	0,4
$150 < l_n \leq 200$	1,0	0,09	0,5	0,16	1,0	0,25	2,0	0,4
$200 < l_n \leq 250$	1,2	0,1	0,6	0,16	1,2	0,25	2,4	0,45
$250 < l_n \leq 300$	1,4	0,1	0,7	0,18	1,4	0,25	2,8	0,5
$300 < l_n \leq 400$	1,8	0,12	0,9	0,2	1,8	0,3	3,6	0,5
$400 < l_n \leq 500$	2,2	0,14	1,1	0,25	2,2	0,35	4,4	0,6
$500 < l_n \leq 600$	2,6	0,16	1,3	0,25	2,6	0,4	5,0	0,7
$600 < l_n \leq 700$	3,0	0,18	1,5	0,3	3,0	0,45	6,0	0,7
$700 < l_n \leq 800$	3,4	0,2	1,7	0,3	3,4	0,5	6,5	0,8
$800 < l_n \leq 900$	3,8	0,2	1,9	0,35	3,8	0,5	7,5	0,9
$900 < l_n \leq 1000$	4,2	0,25	2,0	0,4	4,2	0,6	8,0	1,0

Tabelle 2 Grenzabmaße t_e der Länge vom Nennmaß an beliebiger Stelle der Messfläche und Toleranzen t_v für die Abweichungsspanne v für Endmaße mit Nennmaßen von 0,5 bis 1000 mm nach ISO 3650:1998

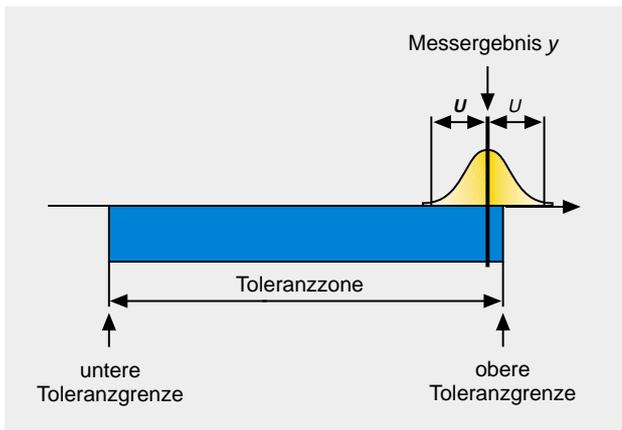


Bild 55 Das Messergebnis y liegt in der Nähe der oberen Toleranzgrenze, auf Grund der berücksichtigten Messunsicherheit U ist weder eine Übereinstimmung noch eine Nicht-Übereinstimmung nachzuweisen

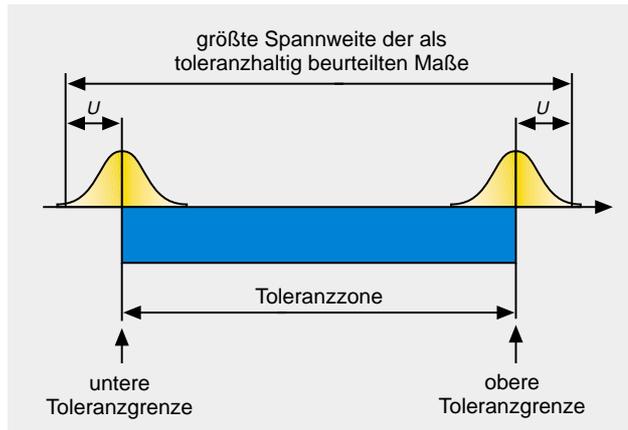


Bild 56 Die Grenzmaße (untere und obere Toleranzgrenze) sind um die Größe der Messunsicherheit U überschritten

die zu berücksichtigende Messunsicherheit weder eine Übereinstimmung noch eine Nicht-Übereinstimmung nachgewiesen.

Grenzsituationen wie diese führen immer wieder zu Streitfällen. Die größte Spannweite der als toleranzhaltig beurteilten Maße kann im Extremfalle den Bereich der Toleranzzone plus zweifacher Größe der Messunsicherheit umfassen (Bild 56).

► Zum Nachweis der **Übereinstimmung mit den Spezifikationen** legt die Norm ISO 14253-1 fest, dass das einzelne **Messergebnis innerhalb des Spezifikationsbereiches, verringert auf beiden Seiten um die Messunsicherheit U** liegen muss (Bild 57).

► Die in Tabelle 2 enthaltenen Grenzabmaße und Toleranzen zählen zu den «Spezifikationen» für die Endmaße. Der Begriff der «Toleranzzone» wird zum «Spezifikationsbereich» und «Toleranzgrenzen» sind gleichzusetzen mit «Spezifikationsgrenzen».

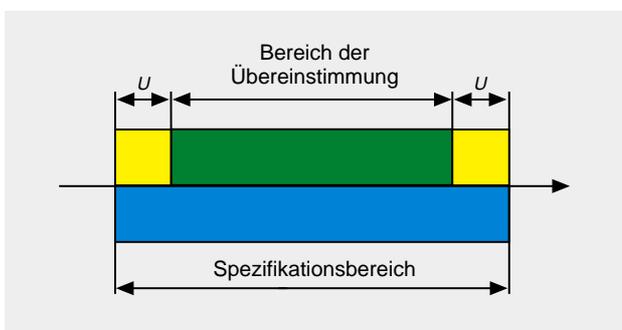


Bild 57 Bereich der Übereinstimmung innerhalb des Spezifikationsbereiches, der bei zweiseitiger Spezifikation beidseitig um die Messunsicherheit U verringert ist

► Um das Zuordnen kalibrierter Endmaße zu einer der Klassen gemäß ISO 3650 vorzunehmen, empfiehlt sich aus praktischen Gründen, in Abhängigkeit der Spezifikationsgrenzen und der Messunsicherheit sog. «Konformitätsgrenzen» festzulegen.

► Bild 58 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen «Spezifikationsgrenzen» und «Konformitätsgrenzen». Bild 59 zeigt die Situation bezogen auf die «Grenzabmaße der Länge vom Nennmaß» bei den Endmaßen auf. Für die «Abweichungsspanne v » gilt Gleiches, da sie aus den Einzelbeträgen der größten Plusabweichung f_o und der größten Minusabweichung f_u vom Mittenmaß l_c gebildet wird.

► Das Messwertverarbeitungs-Programm TESA *up* bietet das normgerechte Zuordnen kalibrierter Endmaße nach ISO 3650 zu «Konformitätsgrenzen», wobei diese entsprechend der aktuellen Messunsicherheiten festzulegen sind.

Ebenso kann das Programm TESA *up* nach «Spezifikationsgrenzen», gegeben durch die Normen, oder zu vom Benutzer frei festgelegten «Konformitätsgrenzen» kalibrierte Endmaße zu Klassen zuordnen.

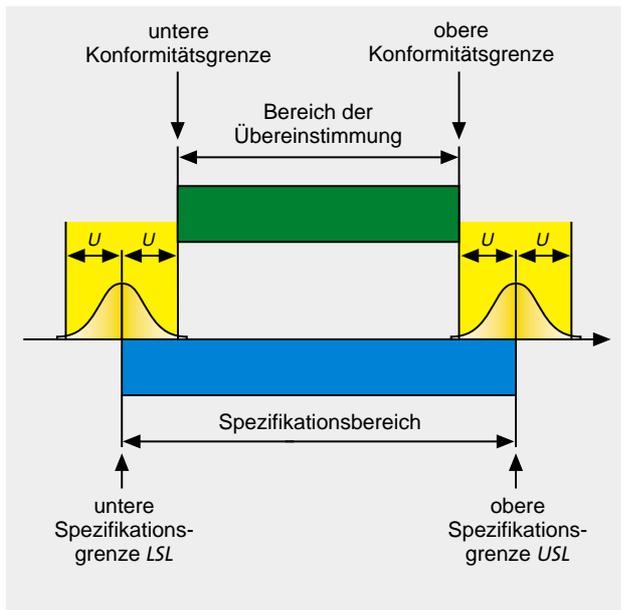


Bild 58 Zusammenhang zwischen «Spezifikationsgrenzen» und sog. «Konformitätsgrenzen»

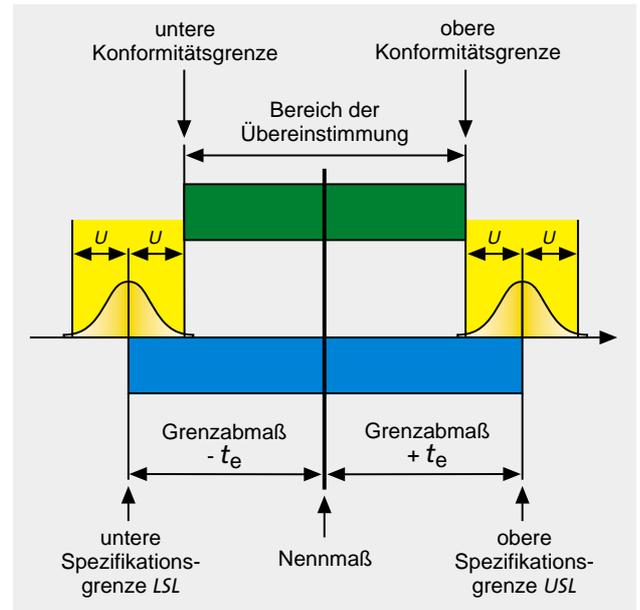


Bild 59 Die Grenzmaße (untere und obere Toleranzgrenze) sind um die Größe der Messunsicherheit U überschritten



11 Konfigurieren der elektronischen Messgeräte

Bei Lieferung eines Längenmessgerätes HEIDENHAIN ND 231 B und eines Temperaturmessgerätes PREMA 3040 zusammen mit einem TESA Endmaßmessgerät wurden seitens TESA geräteintern die richtigen Funktionen eingestellt. Zur Kontrolle bzw. Einstellung der Gerätekonfiguration siehe nachstehende Beschreibungen.

11.1 Einstellen der «Betriebsparameter» des Längenmessgerätes HEIDENHAIN ND 231 B

Die nachstehenden Beschreibungen basieren auf dem, mit dem Messgerät mitgelieferten «Benutzer-Handbuch ND 231 B» (6/2000) der Firma HEIDENHAIN. Der beschriebene Ablauf bezieht sich, ausgehend von den werksseitig (Fa. HEIDENHAIN) vorgenommenen Einstellungen, auf die für das TESA Endmaßmessgerät upd angepassten Funktionen. Es sind sog. «Betriebsparameter» und «Anwenderparameter» einzustellen. Da auch «geschützte Betriebsparameter» anzuwählen sind, wird der Konfigurationsablauf in zwei Etappen vorgenommen.

Funktion	Taste	Anzeige	Handbuch HEIDENHAIN Seite
Messgerät einschalten			16
Funktion «Anwenderparameter» aufrufen			18
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">nein</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 150px;"> Wechsel des Maßsystems ? </div> <div style="margin-left: 10px;">ja</div> </div>	oder		18
«Anzeige» wählen			
«Summenmessung» +A +B			18
«Zählrichtung X1»	8x		
Zählrichtung Messtaster A: positiv			18
«Zählrichtung X2»			
Zählrichtung Messtaster B: negativ	oder		18
«Baud - Rate»			



Funktion	Taste	Anzeige	Seite
Übertragungsgeschwindigkeit der Daten		9600 BAUD	20
↓	MOD	P51 V.24	
«Zusätzliche Leerzeilen bei der Dateneingabe»		LEERZ. 1 -SET-	20
↓	MOD	P79 SETZEN	
«Wert für Bezugspunkt»		0.000000 -SET-	21
↓	MOD	P86 MOD	
«Print über Taste MOD»		SENDEN AUS	21
↓	MOD	P98 LAND	21
«Dialogsprache»		SPRACHE 0	
↓	• oder -	SPRACHE GB	
Dialogsprache ändern ? nein ja			
Ändern «geschützter Betriebsparameter»	MOD	P00 CODE -SET-	18
↓	9 5 1 4 8	P00 95148 -SET-	18
«Schlüsselzahl 95148» eingeben	ENT	P30.1 RICHT.	
↓		ZAEHLR. POS	18
«Zählrichtung X1» Messtaster A: positiv			
↓	MOD	P30.2 RICHT.	
«Zählrichtung X2»			



Funktion	Taste	Anzeige	Seite
		ZAEHLR. POS	
«Zählrichtung X2» Messtaster B: negativ		ZAEHLR. NEG	18
	MOD		
«Signal-Periode Messgerät X1»		P31.1 S.--PER.	19
		10	
Signalperiode für Messtaster A einstellen auf: 2 µm	2	2	19
	MOD		
Signalperiode für Messtaster B einstellen auf: 2 µm	2	2	19
	MOD		
«Zählweise X1»		P33.1 ZAEHL.	
Ziffernfolge für Messtaster A wählen bei – metrischen Maßen: 5 – Inch-Maßen: 1	oder	ZAEHLW. 0--5	19
	MOD		
Ziffernfolge für Messtaster B wählen bei – metrischen Maßen: 5 – Inch-Maßen: 1	oder	ZAEHLW. 0--5	19
	MOD		
		P38.1 KOMMA	
		KOMMAST. 4	
«Nachkommastellen X1» für Messtaster A wählen bei – metrischen Maßen: 6 – Inch-Maßen: 7	nx	KOMMAST. 6	19
	MOD		
		P38.2 KOMMA	
		KOMMAST. 4	



Funktion	Taste	Anzeige	Seite
«Nachkommastellen X2» für Messtaster B wählen bei – metrischen Maßen: 6 – Inch-Maßen: 7	nx		19
«Messgeräte-Korrektur X1» , d.h. Korrekturen von systematischen Messabweichungen beim Messtaster A: Lineare Korrektur			19
«Messgeräte-Korrektur X2» , d.h. Korrekturen von system. Messabweichungen, basierend auf bis zu 64 Referenzpositionen beim Messtaster B: nein = Aus			19
«Lineare Fehlerkompensation X1» , d.h. lineare Korrekturen von system. Messabweichungen beim Messtaster A: siehe Korrekturwert im «Hersteller- Prüfzertifikat» HEIDENHAIN		Beispiel: 	19
«Lineare Fehlerkompensation X2» , d.h. lineare Korrekturen von systematischen Messabweichungen beim Messtaster B: nein = 0.0			19
«Referenzmarken X1» Eine Referenzmarke beim Messtaster A			20
«Referenzmarken X2» Eine Referenzmarke beim Messtaster B			20



Funktion	Taste	Anzeige	Seite
<p>«Referenzmarken-Auswertung» beim Messtaster X1 (A): ja = EIN</p>			20
	MOD		
<p>«Referenzmarken-Auswertung» beim Messtaster X2 (B): nein = AUS</p>			
	.		20
	MOD		
<p>«Messgerät-Überwachung X1» Keine Überwachung = AUS</p>	.		20
	MOD		
<p>«Messgerät-Überwachung X2» Keine Überwachung = AUS</p>	.		20
	MOD		
<p>«Baud-Rate» Übertragungsgeschwindigkeit</p>			20
	MOD		
<p>«Zusätzliche Leerzeilen bei der Datenausgabe»</p>			20
	MOD		
<p>«Schaltgrenze 1»</p>			21



Funktion	Taste	Anzeige	Seite
		P63 R2	
«Schaltgrenze 2»	MOD	0.000000 -SET-	21
«Wert für Bezugspunkt»	MOD	P79 SETZEN 0.000000 -SET-	21
«Anzeige setzen» Keine Nullanzeige setzen, jedoch Vorgabewert (PRESET) durch Taste «CL» und «ENT» einführen	MOD	P80 ENT--CL CL--ENT AUS	21
«Meldung nach Einschalten» Nach dem Einschalten Anzeige der Bereitschaft zum Einführen eines Vorgabewertes durch «CL» und «ENT»	MOD	P82 ANZEIGEN ENT. .CL EIN	21
«Externes REF»	MOD	P85 EXT.REF EXT.REF AUS	21
Konfiguration der «Betriebsparameter» und «Anwenderparameter» beenden	ENT	1.203.370 L1	
Gerät ist messbereit			

11.2 Konfigurieren des Temperaturmessgerätes PREMA 3040

Da die gesamte TESA Temperaturmeseinrichtung *upt* komplett und messbereit kalibriert geliefert wird (siehe Abschnitt 18.1 und 19.1 – «Systemkomponenten»), erübrigt sich für den Benutzer, das Temperaturmessgerät PREMA 3040 in seinen Funktionen zu konfigurieren.

Sollten dennoch Konfigurationen notwendig werden, z.B. nach Veränderungen von Funktionen durch un-

gewollte Eingriffe in die Geräteprogrammierung oder nach Servicefällen, so sind diese entsprechend dem, mit dem Messgerät mitgelieferten PREMA «Benutzerhandbuch PTM 3040» vorzunehmen.

Es ist zu beachten, dass nach Veränderungen, die die Gerätejustierung betreffen, die gesamte Temperaturmeseinrichtung neu zu kalibrieren ist.



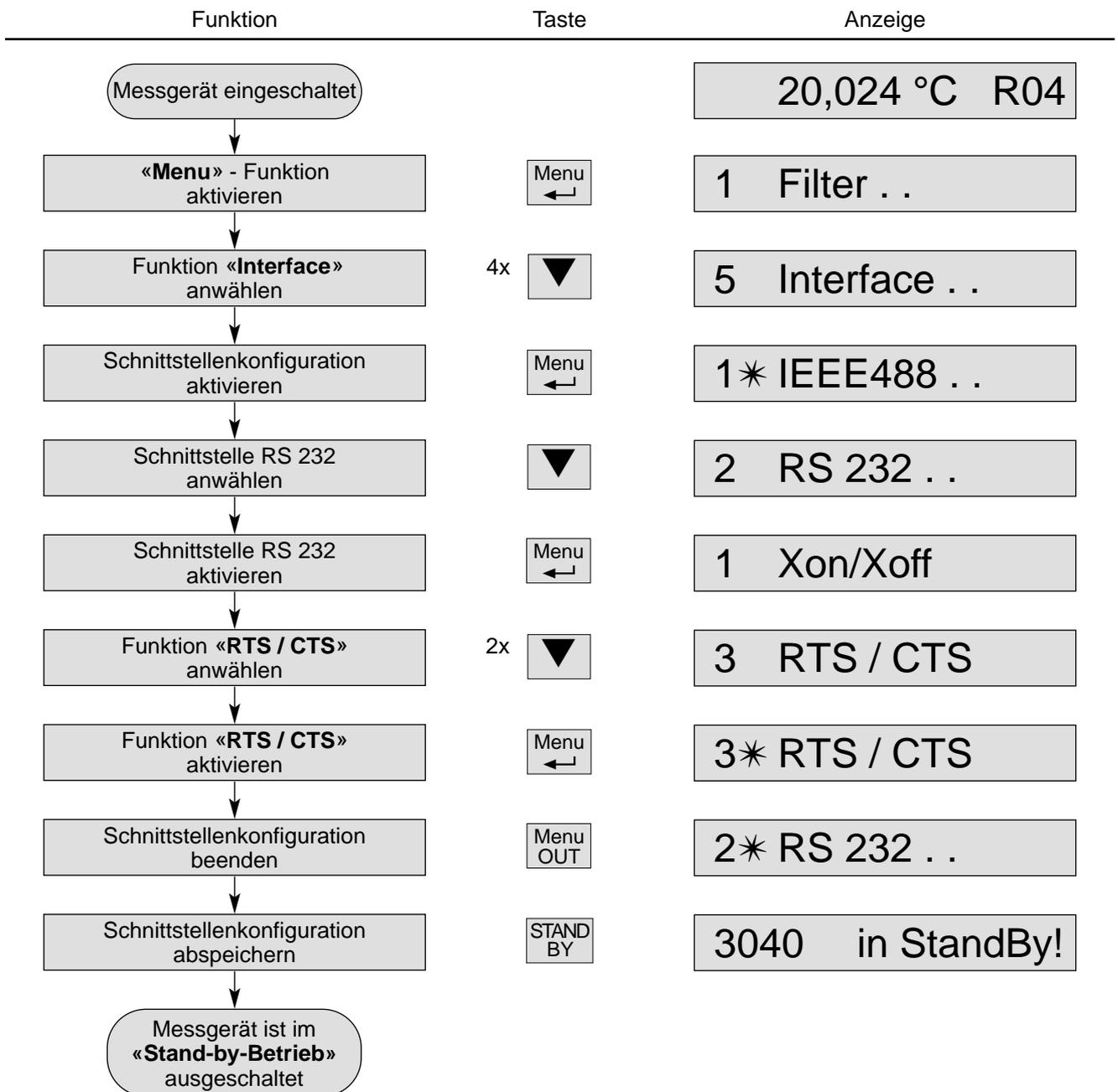
11.2.1 «Stand-by-Betrieb»

Es empfiehlt sich, das Temperaturmessgerät im «Stand-by-Betrieb» zu benutzen. Dies bedeutet, nach dem Einschalten ist das Gerät messbereit, die Fehlergrenzen werden nicht überschritten. Beim Ausschalten wird in den «Stand-by-Betrieb» zurückgeschaltet.

Wir jedoch das Messgerät derart ausgeschaltet, dass es danach vom Stromnetz getrennt ist, sind beim Wiedereinschalten Aufwärmzeiten mit einer Dauer von 20 min bis 1 h zu beachten, um die hohe Genauigkeit der TESA Temperaturmeseinrichtung *upt* nutzen zu können. Siehe hierzu bei den «Technischen Daten» im «PREMA-Benutzerhandbuch PTM 3040».

11.2.2 Konfigurieren der Schnittstelle RS 232

Um die Schnittstelle RS 232 für die «On-line»-Datenübertragung zu aktivieren, wird wie folgt vorgegangen.



12 Einstellungen am mechanischen Teil

12.1 Ausrichten der beiden Längenmesstaster A und B

Die beiden kugelförmigen Messflächen (Radius 20 mm) der Messeinsätze müssen sich senkrecht fluchtend ausgerichtet gegenüberstehen. Sie dürfen seitlich nicht versetzt sein (Bild 33). Um das Ausrichten vorzunehmen, soll wie folgt vorgegangen werden.

12.1.1 Vorbereitungen

Es wird vorausgesetzt, dass die gesamte Messeinrichtung entsprechend vorbereitet ist, dazu gehört unter anderem:

- ▶ Der obere Längenmesstaster (Messtaster A) ist im Messarm des Messständers befestigt.
- ▶ Der komplette Messtisch mit unterem Längenmesstaster (Messtaster B) ist im Messständer montiert. Es ist vorher sicherzustellen,
 - ▶ dass der Messeinsatz des Messtasters B in der Lücke zwischen den beiden Hartmetall-Auflagestiften zentriert ist und seitlich nicht streift (Bild 60). Sind Korrekturen vorzunehmen, so können diese an der Befestigung des Messtasters an der Unterseite des Messtisches vorgenommen werden. Dies erfolgt durch Lösen der beiden Schrauben (1 in Bild 61 bzw. 62).
 - ▶ dass beim TESA *upc* (entfällt beim TESA *upd*) die Position des elektrischen Nullpunktes vom Messtaster B auf die Auflageebene des Messtisches orientiert ist.

Um dies zu prüfen, wird ein Planglas oder ein End-

Bild 61 Zwei Schrauben (1) zur Befestigung des unteren Messtasters B (2) an der Unterseite des Messtisches

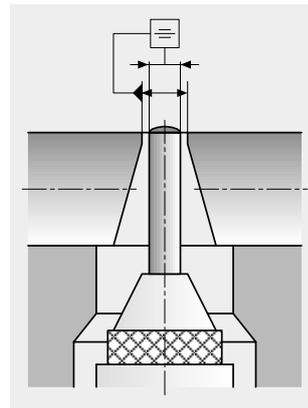
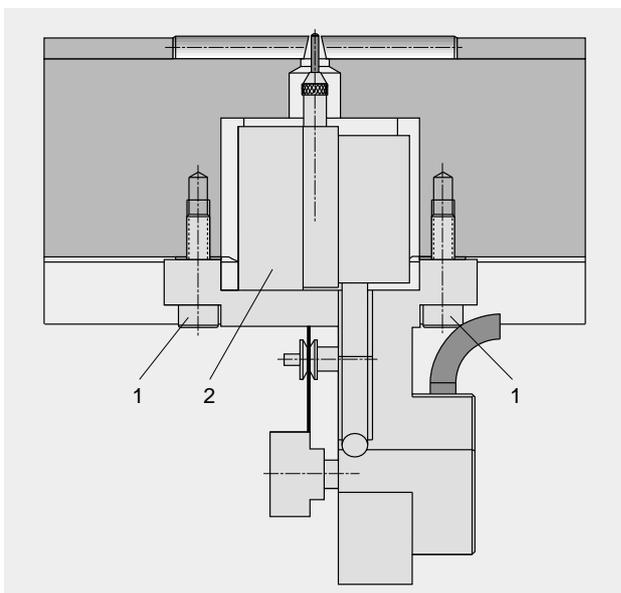


Bild 60 Symmetrische Lage des Messeinsatzes in der Lücke zwischen beiden Hartmetall-Auflagestiften

maß größerer Länge auf die Messfläche des Messtisches aufgesetzt (Bild 63).

Am TESAMODUL werden die Polaritätsschalter (12 und 14 in Bild 31) auf die Funktion «0A +B» eingestellt. Der elektrische Nullsteller des Messkanals B (15 in Bild 31) wird nach links- oder rechtsdrehend an den Anschlag und anschließend etwa 5 Umdrehungen zurück in seine Mittelstellung gefahren. Das Messgerät sollte jetzt etwa Null anzeigen.

Bei größeren Abweichungen ist die mechanische Position des Messtasters B entsprechend zu korri-

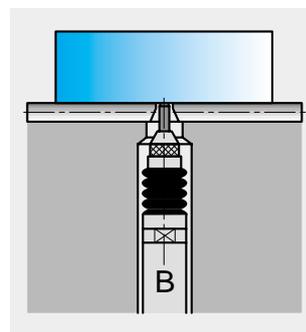


Bild 63 Auf dem Messtisch aufgelegtes Planglas zur Prüfung der Position des elektrischen Nullpunktes beim Messtaster B des TESA *upc*

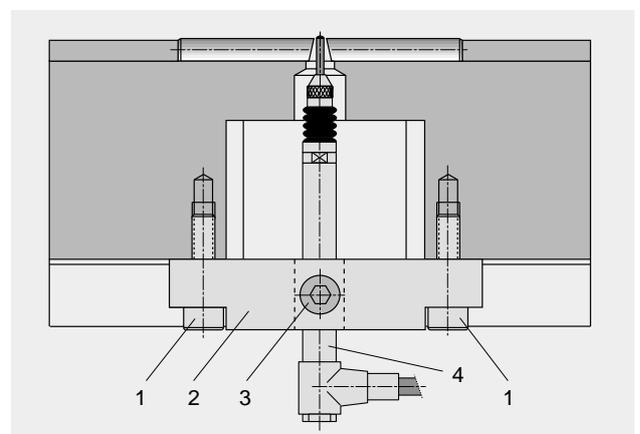


Bild 62 Zwei Schrauben (1) befestigen den Tasterhalter (2) am Messtisch; Klemmschraube (3) für den Messtaster B (4)

gieren. Dazu wird vorübergehend der Messbereich $\pm 200 \mu\text{m}$ angewählt. Im ausgebauten Zustand des Messtisches die Klemmschraube (3 in Bild 62) des Tasterhalters (2 in Bild 62) lösen und den Messtaster unter Beobachtung der Anzeige in axialer Richtung entsprechend verschieben. Klemmschraube anziehen und Messtisch wieder im Messständer montieren.

12.1.2 Ausrichtvorgang

► Versichern, dass beim Messgerät HEIDENHAIN ND 231 B die Messfunktion «*Summenmessung +A +B*» «*X1ADD.X2*» (Programmierschritt P06 in Abschnitt 11.1) angewählt ist.

Beim TESAMODUL sind zur gleichen Funktion die Polaritätsschalter 12 und 14 (Bild 31) auf «*+A +B*» zu stellen, des weiteren ist der Messbereich $\pm 200 \mu\text{m}$ anzuwählen (Schalter 10 in Bild 31).

► Einstellstück gemäß Bild 64a an der Messfläche des unteren Messtasters B ansetzen und den oberen Messtaster A zustellen.

Beim TESA *upd* wird der Messtaster durch Verstellen des Messarms mechanisch soweit zugestellt, bis die Messfläche des Messeinsatzes etwa 1 mm über dem Kontaktpunkt des Einstellstückes zu stehen kommt. Sodann wird der Messbolzen durch Betätigen der Taste 1 (Bild 47) auf den Kontaktpunkt abgesenkt.

Beim TESA *upc* erfolgt das Zustellen soweit, bis bei abgeschalteter Pumpe am TESAMODUL etwa Null angezeigt wird.

Das Einstellstück befindet sich jetzt unter Messkraft zwischen den Messflächen beider Messtaster (Bild 64b).

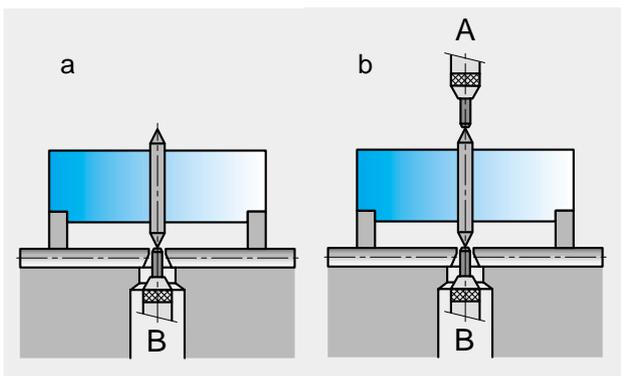


Bild 64 Linkes Teilbild (a) zeigt das auf der Messfläche des Messtasters B aufgesetzte Einstellstück, rechts (b) befindet es sich zwischen den Messflächen beider Messtaster

► Messfunktion «*0A +B*» anwählen. Beim TESA *upd* wird beim Programmierschritt P06 von «*X1ADD.X2*» zu «*ANZEIGE X2*» gewechselt und beim TESA *upc* der Polaritätsschalter des Messkanals A (12 in Bild 31) auf Null gestellt.

► Durch Verschieben des Einstellstücks nacheinander in den Richtungen X und Y gemäß Bild 65 den höchsten Punkt der Messfläche des Messtasters B wie folgt suchen.

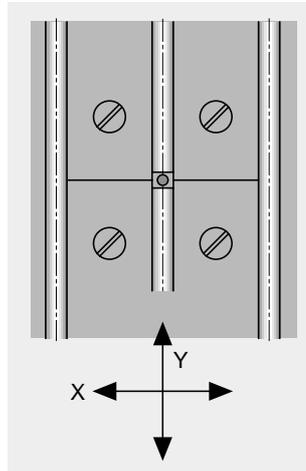


Bild 65 Benennung der Richtungen X und Y für das Verschieben des Einstellstücks

► Das Einstellstück von seiner Ausgangsposition (Anzeigebeispiel $-0,6 \mu\text{m}$ in Bild 66) durch vorsichtiges Anklopfen mit Hilfe eines Bleistiftschafes oder ähnlichen Werkzeugs zuerst in Richtung X von links nach rechts in kleinen Schritten verschieben. Dabei die Anzeigewerte verfolgen und die Klopfrichtung von links nach rechts bzw. umgekehrt wählen, bis der höchste Punkt (im Beispiel: $+0,2 \mu\text{m}$) gefunden ist. Es empfiehlt sich, den Berührungspunkt an der Messfläche zusätzlich mit einer Lupe zu beobachten, damit die Spitze des Einstellstücks nicht abgleitet.

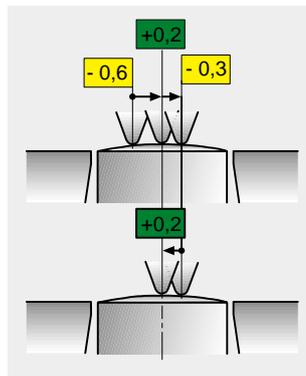


Bild 66 Anzeige (Beispiel) während des Suchens des höchsten Punktes der Messfläche in Richtung X

Es gilt folgende Regel:

- *steigende Zahlenfolge*
= Hinbewegen zum höchsten Punkt,
- *abfallende Zahlenfolge*
= Wegbewegen vom höchsten Punkt.

► Gleichen Vorgang in Richtung Y durch Verschiebungen von vorn nach hinten bzw. umgekehrt vornehmen, bis auch hier der höchste Punkt gefunden ist. Da sich dabei das Einstellstück in Richtung X vom höchsten Punkt wegbewegt haben könnte, führen Sie bitte den Suchvorgang in beiden Richtungen solange fort, bis der höchste Wert angezeigt wird.

- Einstellstück an der Stelle des höchsten Punktes der Messfläche stehen lassen, die Position der Berührungsstelle sowie den Messwert in einer Skizze festhalten (Beispiel in Bild 67).

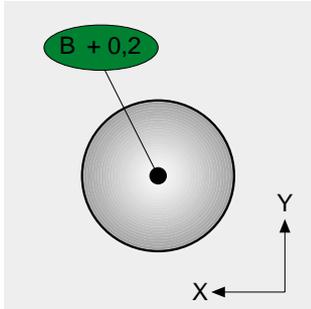


Bild 67
Skizze mit der Position des höchsten Punktes auf der Messfläche des Messtasters B

- Messfunktion «+A 0B» anwählen. Beim TESA *upd* wird beim Programmierschritt P06 von «ANZEIGE X2» zu «ANZEIGE X1» gewechselt und beim TESA *upc* der Polaritätsschalter des Messkanals A (12 in Bild 31) auf «+A» und der von B (14) auf Null gestellt.
- Gleichen Vorgang in den Richtungen X und Y zum Aufsuchen des höchsten Punktes an der Messfläche des oberen Messtasters A durchführen.
- Ist der höchste Punkt an der Messfläche gefunden, Einstellstück dort belassen (Bild 68). Mit der Lupe die Position der Berührungsstelle bestimmen, diese sowie den Messwert in der Skizze eintragen (Bild 69).

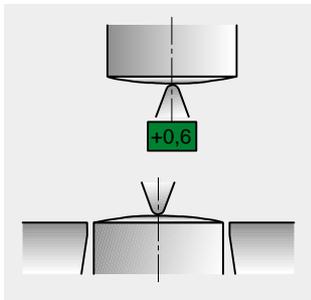


Bild 68
Anzeige (Beispiel) des «höchsten» Punktes der Messfläche des Messtasters A

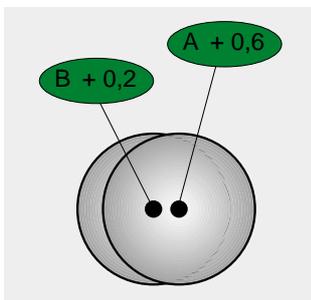


Bild 69
Skizze mit den Positionen der höchsten Punkte der Messfläche der Messtaster A und B, es zeigt sich deutlich ein Versatz in Richtung X

- Bei einem Versatz der Berührungstellen A und B ist die Position der Messtaster zueinander mechanisch nachjustieren. Dies kann sowohl in einer der beiden Richtungen von X und Y als auch in beiden Richtungen gleichzeitig notwendig sein.
- **Seitliches Justieren (Richtung X)** wird durch geringfügiges **Drehen des Messarms** um die Achse

der Säule des Messständers vorgenommen.

Dazu wird der Sterngriff 1 (Bild 70) der Feststelleinrichtung für die Grobverstellung soweit geöffnet, dass der Messarm nur noch leicht fest sitzt. Des Weiteren ist die Feststellschraube 3 (Bild 70) für den unteren Halteflansch zu lösen.

Durch leichtes Klopfen (Kunststoffhammer) gegen den Messarm kann dieser nach links bzw. rechts verdreht werden. Gemäß dem, in Bild 68 und 69 dargestellten Beispiel, ist der Messarm mit dem Messtaster A nach links zum höchsten Punkt von B hin zu versetzen.

Beim Anziehen der Schrauben ist darauf zu achten, dass die **obere Feststellschraube 2 unbedingt gelöst bleibt**, nur die untere Schraube 3 (Bild 70) festziehen.

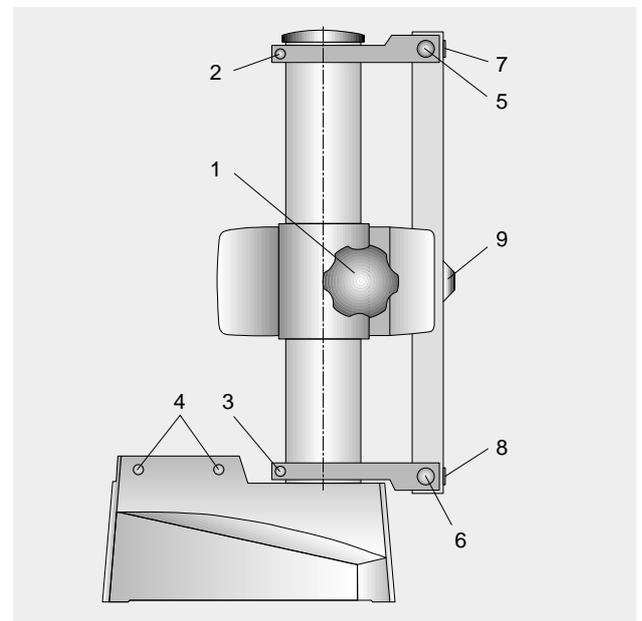


Bild 70 Stell- und Feststellschrauben am Messständer

- Das **Justieren in Richtung Y** (Bild 65) erfolgt durch **Verschieben des Messtisches** im Messständer.

Dazu werden die beiden Feststellschrauben 4 (Bild 70) auf der rechten Seite des Messständers so gelöst, dass der Messtisch noch festgeklemmt bleibt, sich jedoch durch leichtes Anklopfen nach hinten bzw. nach vorn verschieben lässt.

Die beiden, auf der linken, gegenüberliegenden Seite des Messständers befindlichen Anschlagsschrauben 21 (Bild 29 und 30) bleiben unberührt, ihre Position ist justiert und durch Konterschrauben gesichert.

Beim Ausrichten der beiden höchsten Punkte in Richtung Y wird die Position des Messtasters B zu der des Messtasters A verändert. Achtung auf die richtige Verschieberichtung des Messtisches beim Justiervorgang. Das in Bild 71 gezeigte Beispiel ver-

langt ein Verschieben des Messtisches nach hinten.

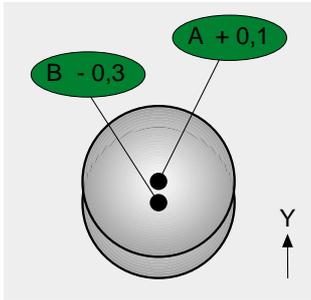


Bild 71
Skizze mit den Positionen der höchsten Punkte der Messfläche der Messtaster A und B, es zeigt sich deutlich ein Versatz in Richtung Y

► Nach dem Justiervorgang ist die Veränderung der Position der höchsten Punkte zueinander erneut zu bestimmen. Dieser Ablauf ist so lange fortzusetzen, bis sich durch Beobachtung mit der Lupe beide höchste Punkte überdecken (Bild 72).

► Sind beide höchsten Punkte korrekt auf Deckung ausgerichtet (Bild 72), kann bei auf den höchsten Punkt der Messfläche positioniertem Einstellstück zwischen den Messfunktionen «0A +B» und «+A 0B» wechselweise hin und her geschaltet werden. Ohne Verschieben des Einstellstückes wird der jeweils notierte Höchstwert angezeigt (Beispiel in Bild 72). Ist dies nicht der Fall, so darf die Abweichung davon etwa 0,3 µm betragen.

► Nach Abschluss der Ausrichtungen beim Messgerät HEIDENHAIN wieder die Messfunktion «X1ADD.X2» bzw. beim TESAMODUL «+A +B» anwählen.

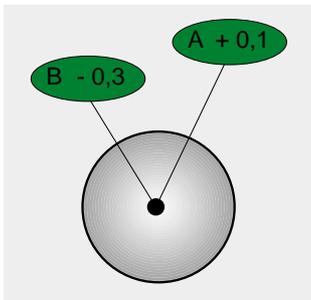


Bild 72
Nach dem Justieren überdecken sich die Positionen der höchsten Punkte der Messflächen in beiden Richtungen (X und Y)

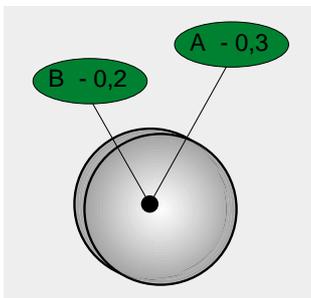


Bild 73
Überdeckung der Position der höchsten Punkte, jedoch besteht eine geringe Koaxialitätsabweichung der Aussendurchmesser der Messeinsätze

► **Hinweis:** Aufgrund der Unsicherheiten bei der Herstellung der einzelnen Zubehörteile kann es möglich sein, dass der höchste Punkt nicht koaxial zum Aussendurchmesser 1,3 mm liegt. Beispiel siehe in Bild 73. Dies ist zulässig, entscheidend ist lediglich die oben beschriebene Ausrichtung der beiden höchsten Punkte zueinander.

12.2 Einstellen des Zahnspiels der Messarmverstellung

► Stellschrauben (7 und 8 in Bild 70) um etwa zwei Umdrehungen zurückdrehen und Feststellschrauben (5 und 6 in Bild 70) lösen.

► Messarm in die untere Endlage verschieben.

► Zahnstange vorsichtig gegen das Zahnritzel durch Drehen der Stellschraube 8 anstellen. Feststellschraube 6 leicht anziehen.

► Messarm in die obere Endlage bringen. Zahnstange durch Drehen der Stellschraube 7 gegen das Zahnritzel anstellen. Feststellschraube 5 leicht anziehen.

► Der Messarm soll nun über den gesamten Verstellbereich durch Drehen des Sterngriffs (9 in Bild 70) leicht und gleichmäßig verschiebbar sein. Falls notwendig, Einstellung korrigieren.

► Wichtig ist, die obere Feststellschraube 2 (Bild 70) muss gelöst bleiben, wogegen die untere Feststellschraube 3 festgezogen sein muss.

12.3 Einstellen der Endmaßpositionier-einrichtung

Ergibt sich gemäß der Beschreibungen in Abschnitt 3.2.4 – «Prüfen der richtigen Schablonenlage» – die Notwendigkeit zu Korrekturen, wird wie folgt vorgegangen.

► Der **Abstand zwischen Schablone und Endmaßauflageebene** kann mittels der Stellschrauben (2 und 5 bzw. 7 und 8 in Bild 74) justiert werden. Dazu sind die beiden Befestigungsschrauben (3 und 6 in Bild 74) leicht zu lösen und nach dem Einstellvorgang wieder festziehen.

► Das ganze **Messstellenbild der eingesetzten Schablone steht parallel zu den Kanten, es liegt jedoch nicht zentriert über der Endmaßmessfläche**, das Korrigieren erfolgt dann durch Lösen der Zylinderkopfschrauben 1 und 4 in Bild 74. Nach dem Verschieben der Halterung mit der Indexrolle in die entsprechende Richtung werden die beiden Schrauben wieder festgezogen.

Zur Prüfung der richtigen Lage des Messstellenbildes empfiehlt sich beim «2-Schablonen-System» die «Positionsschablone für die Messstellen», Sonderzubehör-Nr. 59.60037, (Bild 75).

► Liegt die **eingesetzte Schablone nicht parallel bzw. nicht rechtwinklig zur Bewegung des Kulissenstückes**, so wirkt sich dies auf die symmetrische Lage des Messstellenbildes aus, d.h. **die Abstände der Messstellen an den Ecken sind zu den Kanten der Endmaßmessflächen ungleich groß**. Zum Korrigieren werden die vier Befestigungsschrauben 10 an der Unterseite des Kulissenstückes 9 geringfügig gelöst. Die Schablonenhalterung kann entsprechend gedreht werden. Anschließend sind die Schrauben wieder festzuziehen.

Bild 75 Prüfen der richtigen Lage des Messstellenbildes durch eine «Positionsschablone», Sonderzubehör Nr. 59.60037

► Ist eine **nicht parallele Lage der eingesetzten Schablone zur Endmaßauflageebene** zu korrigieren oder ist ein allfälliges **Spieleinstellen bei den Koordinatenbewegungen** notwendig, so kann dies für jede Richtung über die entsprechenden Schraubenpaare, Stellschrauben 2 und 5 sowie Klemmschrauben (3 und 6 in Bild 74), erfolgen.

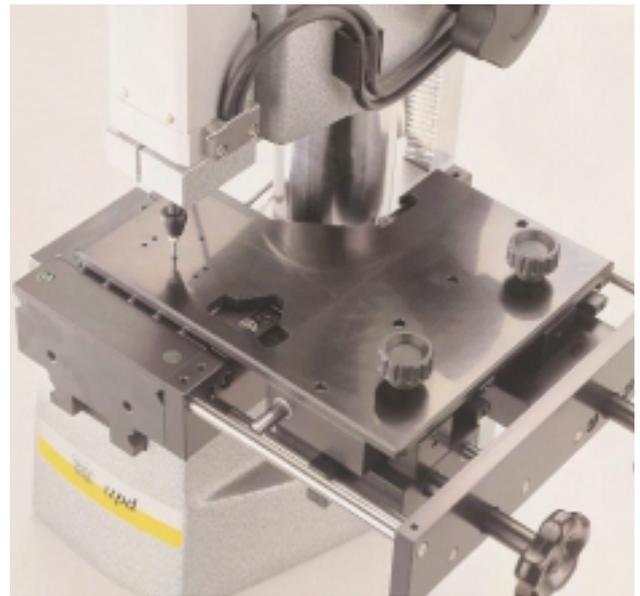
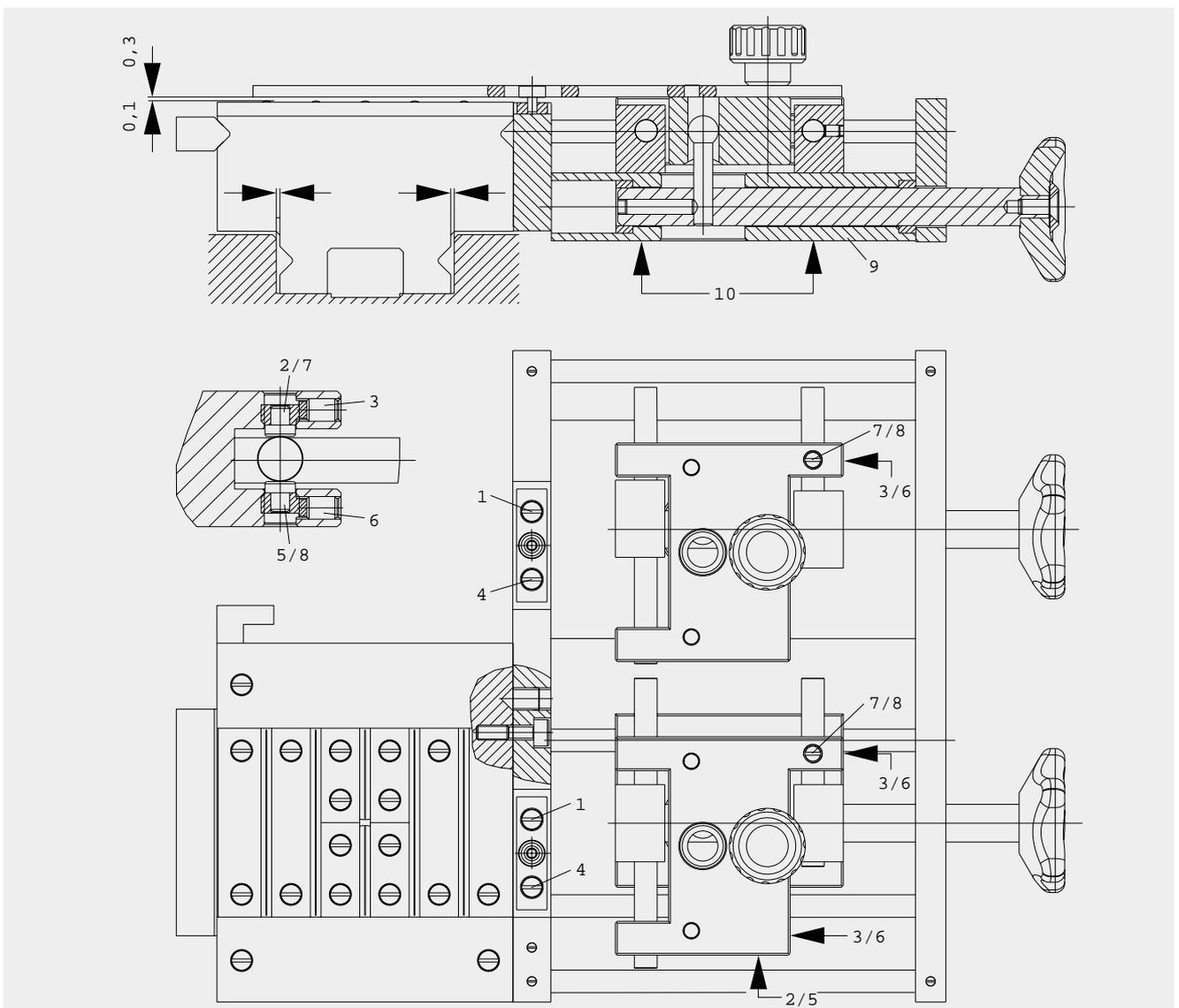


Bild 74 Einzelheiten der Endmaßpositioniereinrichtungen für das «1- und 2-Schablonen-System»





13 Montage der Temperaturlaufnehmer R03 und R04

Soll die TESA Temperaturmesseinrichtung *upt* bei einem vorhandenen TESA Endmaßmessgerät nachgerüstet werden, sollte zur Montage der beiden Temperaturlaufnehmer R03 und R04 wie folgt vorgegangen werden. Voraussetzung ist jedoch, dass der Messtisch und der Messarm des mechanischen Teils der Endmaßmesseinrichtung dafür vorbereitet ist. Siehe dazu die entsprechenden Komponenten in den Abschnitten 18 und 19 – «Lieferprogramm»

- ▶ Zur Montage den Aufnehmer vorsichtig seiner Verpackung entnehmen. Zu beachten ist dabei, dass die Platin-Temperatur-Messwiderstände selbst empfindlich gegen Schocks, Schläge und Verformung sind.
- ▶ Vor dem Einsetzen sind die Bohrung und der zylindrische Metallmantel des Messwiderstandes sorgfältig zu reinigen bzw. zu entfetten.
- ▶ Messwiderstand vorsichtig mit einem dünnen Film der mitgelieferten Kontaktpaste versehen. Wobei in die Bohrung mehr Paste eingeführt werden kann.
- ▶ Messwiderstand vorsichtig und vollständig in die Bohrung einführen. Dabei ist sicherzustellen, dass der Messwiderstand über die Paste in Kontakt mit der Bohrungswand steht.
- ▶ Überflüssige, aus der Bohrung austretende Kontaktpaste sorgfältig abwischen.
- ▶ Kabel des Messwiderstandes zur Zugentlastung an der Klemmbrücke befestigen (Bild 76).

Weitere Beschreibungen zur Temperaturmesseinrichtung siehe im Abschnitt 2.7 – «Messanordnung zur Temperaturmessung» und im Abschnitt 3 – «Inbetriebnahme».



Bild 76 Montierter Temperaturlaufnehmer, das Kabel ist zur Zugentlastung und zur sicheren Positionierung des Messwiderstandes an der Klemmbrücke befestigt

14 Unterhalt

Es empfiehlt sich, im Rahmen der Prüfmittelüberwachung die TESA Endmaßmeseinrichtung periodischen Prüfungen und Rekalibrierungen zu unterziehen. Ihre Häufigkeit ist vom Benutzungsgrad abhängig.

Die Prüfungen beziehen sich vorrangig auf den messtechnisch einwandfreien Zustand. Kriterien sind unter anderem:

- Abnutzung der Messflächen der Messeinsätze
- Abnutzung bzw. Beschädigung der Endmaßauflage am Messtisch
- Richtige Position der Messstellen auf den Endmaßmessflächen
- Korrekte Ausrichtung der beiden Längenmesstaster A und B

Die Kalibrierungen beziehen sich im Wesentlichen auf:

- das Feststellen der Wiederholpräzision der Messwerte und
- das Feststellen eventuell aufgetretener, unzulässiger Messabweichungen.

Durch Abnutzung und andere Einflüsse können erfahrungsgemäß verschiedene Störungen in der Gerätefunktion auftreten. Der Benutzer selbst hat dafür Sorge zu tragen, dass Unregelmäßigkeiten erkannt und ordnungsgemäß behoben werden. Im Besonderen sind die im Abschnitt 0 angeführten «*Sicherheitshinweise*» zu beachten. Nachstehend und im Abschnitt 15 «*Checkliste zur Mängelbehebung*» sind wichtige Servicearbeiten beschrieben.

14.1 Wechseln der Messeinsätze

Die Messflächen der Messeinsätze dürfen sichtbar nicht verletzt sein. Anflachungen der sphärischen Messflächen führen zu Messabweichungen durch geänderte Verhältnisse bei der Abplattung. Eventuell vorhandene Abnutzungsspuren können mit einer vergrößerungsstarken Uhrmacherlupe oder besser mit einem Mikroskop festgestellt werden.

Der Messeinsatz des oberen Längenmesstasters A kann ausgewechselt werden, ohne den Messtaster auszuspannen. Dagegen ist der untere Messtaster B auszubauen. Dazu ist:

- ▶ der Messtisch durch Lösen der Befestigungsschrauben 4 (Bild 70) dem Mesständer vorsichtig zu entnehmen;
- ▶ der Messtaster durch Lösen der Befestigungsschrauben 1 (Bild 61 bzw. 62) vorsichtig vom Messtisch zu trennen;
- ▶ der Messeinsatz vorsichtig vom Messbolzen abzuschrauben und auszuwechseln; bei den induktiven Messtastern des TESA *upc* ist dabei auf die Unversehrtheit und den korrekten Sitz des Gummibalgs zu achten;

- ▶ darauf zu achten, dass der Messeinsatz fest angeschraubt wird, denn lose Messeinsätze sind eine der Ursachen für Streuungen von Messwerten;
- ▶ der Messeinsatz jedoch nicht zu stark anzuziehen, ansonsten könnte die radiale Messbolzenführung (Verdrehsicherung) beschädigt werden;
- ▶ der Messtaster B in umgekehrter Reihenfolge wieder zu montieren und
- ▶ das Ausrichten der beiden Messtaster A und B gemäß der Beschreibungen in Abschnitt 12.1 vorzunehmen.

14.2 Wechseln des Gummibalgs bei den Messtastern des TESA *upc*

Prinzipiell erfolgt dieser Wechsel mit gleichem Ablauf wie der Austausch der Messeinsätze, siehe deshalb vorstehenden Abschnitt 14.1.

Um das Beschädigen eines Gummibalgs zu vermeiden, ist dessen Montage von Hand und ohne mechanische Hilfsmittel zu empfehlen. Die korrekte Montagefolge der Einzelteile ist aus Bild 77 ersichtlich.

- ▶ Das konische Balgende wird durch eine Schraubbewegung in die Rille des Messtasterschaftendes geschoben.
- ▶ Der große Haltering (1 in Bild 77) wird über den Gummibalg hinweg bis zum Anschlag gedrückt (Wulst in der Bohrung des Halterings gegen den Messeinsatz gerichtet).
- ▶ Kleinen Haltering (2 in Bild 77) zusammen mit dem kleinen Balgende über den Messbolzen schieben.
- ▶ Danach Messeinsatz wieder aufschrauben. Siehe Abschnitt 14.1.

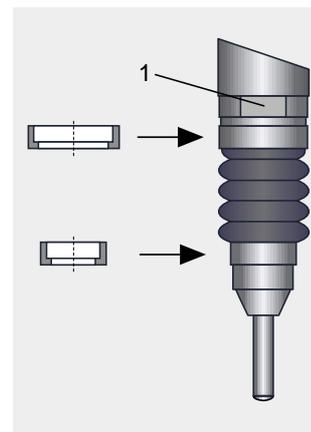


Bild 77
Anordnung der Halterringe beim Gummibalg der Messtaster des Messgerätes TESA *upc*



Bild 78 Messtisch mit montierten Hartmetall-Zylinderstiften

14.3 Auflageebene für die Endmaße am Messtisch

Die Hartmetall-Zylinderstifte am Messtisch (Bild 78) sind im montierten Zustand gemeinsam leicht angehäpft. Die Zylinderfläche jedes Stiftes trägt somit eine kleine Anflächung (Bild 79).

Durch verkantetes Aufsetzen von Endmaßen und Verschieben beschädigter Endmaße können die Anflächungen im Laufe der Zeit beschädigt werden.

► Mit einem Mikroskop oder einer vergrößerungsstarken Uhrmacherlupe können Beschädigungen beobachtet werden.

► Abnutzung an der Auflageebene lässt sich messend feststellen. Dazu werden die Anflächungen mechanisch berührend, z.B. mit einem induktiven Messstaster abgetastet. Es kann auch ein Planglas aufgelegt und durch einen Messtaster angetastet werden. Beim Drücken auf das Planglas wird geringes Kippen am angeschlossenen Messgerät angezeigt, das auf Unebenheit der Auflageebene hinweist. Der Versuch sollte an mehreren Stellen der Auflageebene wiederholt werden.

Allfällige Nachbesserungen sollten durch den TESA-Kundendienst ausgeführt werden.

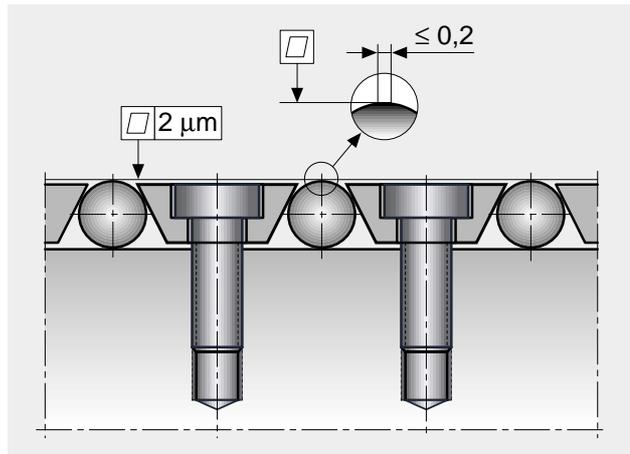


Bild 79 Auflageebene am Messtisch mit der Anflächung an den montierten Hartmetall-Zylinderstiften

14.4 Gleiteigenschaften des Messarms

► Es empfiehlt sich, die Säule 2 des Messständers und die Seitenflächen der Zahnstange 3 (Bild 29 bzw. 30) von Zeit zu Zeit mit einem sauberen, mit Feinöl (Paraffinöl) leicht getränktem Leinentuch abzureiben.

Die Gleiteigenschaften des Messarms bleiben dadurch stets sehr gut erhalten.



15 Checkliste zur Mängelbehebung

▶ *Keine Anzeige bzw. stehender Messwert, obwohl die Messbolzen bewegt werden*

▶ Prüfen, ob die Messfunktion «*Summenmessung*» geschaltet ist. Beim Messgerät HEIDENHAIN entspricht dies beim Programmierschritt P06 (Abschnitt 11.1) der Anzeige «*X1RDD.X2*», beim TESA-MODUL der Stellung der Polaritätsschalter «*+A +B*».

▶ Prüfen der Funktion jedes einzelnen Messtasters auf eventuell vorhandenen Kabelbruch.

▶ *Die Anzeigewerte driften sehr stark*

▶ Nicht ausreichend stabile Umgebungstemperaturen, Zugluft und besondere Wärmequellen sind meist die Ursache.

▶ *Große Messwertstreuungen, die Wiederholpräzision ist nicht gewährleistet*

▶ Festsitz der Längenmesstaster, der eingeschraubten Messeinsätze, des Messtisches und des Messarms prüfen. In extremen Fällen können mechanische Schwingungen, elektrische Störeinflüsse vom Stromnetz oder die Einstrahlung elektromagnetischer Wellen verantwortlich sein.

▶ Prüfen ob die Messfunktion «*Summenmessung*» geschaltet ist. Beim Messgerät HEIDENHAIN entspricht dies beim Programmierschritt P06 (Abschnitt 11.1) der Anzeige «*X1RDD.X2*», beim TESA-MODUL der Stellung der Polaritätsschalter «*+A +B*».

▶ Test zur Folge der Messbolzenbewegungen. Diese ist so ausgelegt, dass auf dem Messtisch aufliegende Endmaße nicht angehoben werden. Bei unrichtiger Folge der Bewegungen können vor allem leichte Endmaße angehoben werden.

Die richtige Folge der Messbolzenbewegungen:

– Wird die Messbolzenabhebung ausgelöst, bewegt sich zuerst der des unteren Messtasters B vom Endmaß weg. Das Endmaß wird stets noch vom Messbolzen des oberen Messtasters A gegen den Messtisch gedrückt, bis auch er nach kurzer zeitlicher Verzögerung abhebt.

– Nach dem Schaltkontakt zum Absenken geschehen die Messbolzenbewegungen in umgekehrter Reihenfolge. Zuerst setzt der Messbolzen des oberen Messtasters auf und drückt das Endmaß gegen den Messtisch, erst danach folgt der Messbolzen des unteren Messtasters nach.

▶ Um die Wiederholpräzision beider in Funktion einer «*Summenmessung*» geschalteter Messtaster sicher zu stellen, muss jeder Messtaster für sich allein den Anforderungen genügen. Dazu wird nacheinander jeder Messtaster einzeln in der Funktion einer «*Einzelmessung*» geprüft. Die Funktion «*Summenmessung*» wird für die Tests vorübergehend aufgelöst.

Zeigt bei den Tests einer der beiden Messtaster abnormal große Messwertstreuungen auf, können folgende Ursachen verantwortlich sein:

▶ Der Messeinsatz ist lose.

▶ Die freie Bewegung des Messbolzens ist gestört. Beim Bewegen von Hand sind Hemmungen oder ein «*Kratzen*» des Messbolzens spürbar.

▶ Die Messflächen der Messeinsätze sind beschädigt oder abgenutzt (siehe Abschnitt 14.1).

▶ Der Messeinsatz des Messtasters B streift seitlich an einem der beiden Hartmetall-Zylinderstifte (Bild 60). Dadurch wird der freie Lauf des Messbolzens gehemmt.

▶ Die kugelförmigen Messflächen der Messeinsätze beider Längenmesstaster sind nicht ausreichend fluchtend ausgerichtet (siehe Abschnitt 12.1).

▶ Die Oberflächenbeschaffenheit der Endmaßmessflächen ist durch Kratzer, Materialaufwurf, Rost usw. unzureichend (siehe Abschnitte 6.1 bis 6.3).

▶ Schmutzansammlungen an den Messflächen.

Bei den induktiven Messtastern des TESA *upc* können zusätzlich noch folgende Mängel auftreten.

▶ Am Messtaster ist die Kontermutter (1 in Bild 77) zur Einstellung des Messweges nicht festgeschraubt.

▶ Der weichmagnetische Kern (11 in Bild 18) sitzt am Messbolzen nicht mehr fest oder das Spulensystem hat sich im Messtastergehäuse gelöst. Um dies zu prüfen, sollte der TESA-Kundendienst hinzugezogen werden, da der Messtaster zu öffnen ist.

▶ *Große Messwertstreuungen im Besonderen beim Messen an den 4 Ecken der Endmaßmessflächen*

▶ Die kugelförmigen Messflächen der Messeinsätze beider Längenmesstaster sind nicht ausreichend fluchtend ausgerichtet (siehe Abschnitt 12.1).

▶ Die Lage der Schablonen ist dejustiert (siehe Abschnitt 12.3).



16 Kalibrieren des Endmaßmessgerätes

Ein **Kalibriervorgang** (= Feststellen von Messabweichungen) ist in folgenden Fällen empfehlenswert bzw. notwendig:

- ▶ Bei der Inbetriebnahme des Endmaßmessgerätes nach erfolgter Installation am Einsatzort (Messplatz) unter den dort vorherrschenden Umgebungsbedingungen.
- ▶ Bei periodisch vorzunehmenden Nachprüfungen (Rekalibrierungen) des Endmaßmessgerätes im Rahmen der Prüfmittelüberwachung.
- ▶ Bei jedem Standortwechsel der Messeinrichtung, da sich die Umgebungsbedingungen ändern.
- ▶ Nach dem Auswechseln einzelner Teile oder ganzer Baugruppen, da diese Eigenschaften des Endmaßmessgerätes ändern können.

Der nachstehend beschriebene Kalibriervorgang ist angelehnt an folgende Richtlinien:

▶ EAL-G21 Calibration of Gauge Block Comparators

Edition 2: August 1996
European cooperation for Accreditation of Laboratories

▶ DKD-R 4-1 Auswahl und Kalibrierung von Endmaßmessgeräten zur Verwendung als Normalgeräte in Kalibrierlaboratorien

Ausgabe 1994
Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

16.1 Voraussetzungen

Es wird vorausgesetzt, dass für eine Kalibrierung der Messeinrichtung nachstehende Bedingungen eingehalten sind:

- ▶ Die gesamte Messeinrichtung ist an seinem Einsatzort (Messplatz) zu kalibrieren.
- Siehe Abschnitt 2.3 der Richtlinie EAL-G21 und den Abschnitt 4.5 in DKD-R 4-1.
- ▶ Alle Komponenten müssen sich in einem messtechnisch einwandfreien Zustand befinden, korrekt montiert sein und die gesamte Messeinrichtung muss zuverlässig funktionieren. Beispielsweise ist darauf zu achten, dass
 - ▶ bei Verwendung der Schablonen die Messstellen an den vorgegebenen Positionen innerhalb der jeweiligen Endmaßmessfläche liegen (siehe Abschnitt 3.2.4);
 - ▶ sich von den beiden Messtastern die Messflächen der Messeinsätze korrekt ausgerichtet gegenüberstehen, d.h. sie dürfen seitlich nicht versetzt sein (siehe Abschnitt 3.3.3);
 - ▶ die Messflächen der beiden Messeinsätze nicht verletzt sind;

- ▶ die Messbolzen der beiden Messtaster sich ohne Hemmung, jedoch auch spielfrei bewegen;
- ▶ die richtige Reihenfolge beim Abheben und Absenken der Messbolzen eingehalten ist, d.h. beim Abheben bewegt sich zuerst der Messbolzen des unteren Messtasters von der Endmaßmessfläche weg und erst dann folgt der Messbolzen des oberen Messtasters nach; beim Absenken der Messbolzen erfolgt dies in umgekehrter Reihenfolge, zuerst setzt der Messbolzen des oberen Messtasters auf;
- ▶ beim TESA *upc* der Messtaster B in seiner Position im Messtisch so montiert ist, dass bei Auflage eines Planglases auf der Tischfläche der Messkanal B (Messfunktion 0A +B) annähernd den Wert Null anzeigt (siehe Abschnitt 12.1.1);
- ▶ bei beiden Messgeräten (TESA *upd* und TESA *upc*) im nicht abgehobenen Zustand der Messbolzen, die Messfläche des unteren Messtasters wenigstens 20 µm über der Auflageebene des Messtisches hervorsteht.

16.2 Normale

Als Normale werden 6 Endmaßpaare (TESA Katalognummer S59110152 bzw. S59110489) eingesetzt. Diese Paare, nummeriert von 1 bis 6, sind, mit der möglichen Ausnahme des Sonderendmaßes (6,0 mm) in Brückenausführung, aus gleichem Werkstoff. Die beiden einzelnen Endmaße eines Paares sind mit A bzw. B gekennzeichnet. Des weiteren sind sie mit einer Identifikationsnummer versehen. Alle Normale, mit Ausnahme des Endmaßes in Brückenausführung, entsprechen der Kalibrierklasse K.

Paar-Nr.	Nennmaße	A mm	B mm
1		0,5	0,5
2		1,0	1,005
3			1,01
4		4,0	4,0
5		100,0	100,0
6		6,0	6,0*

* Sonderendmaß in Brückenausführung zum Erfassen von Messabweichungen des unteren Messtasters B

Beim Endmaß in Brückenausführung ist eine der Messflächen in drei annähernd gleichgroße Flächenstücke von 9 x 10 mm unterteilt. Die beiden äußeren Flächenstücke sind um (13 ± 3) µm gegenüber der mittleren Fläche erhöht (Bild 80). Die Abweichungsspanne sollte im Zentralbereich (ø 7 mm) 0,05 µm und im Bereich der erhöhten Flächen 0,2 µm nicht übersteigen.

Zur Kalibrierung des TESA *upd* werden zusätzliche Normale benötigt. Wir empfehlen dazu den 9-teiligen



upd – upc

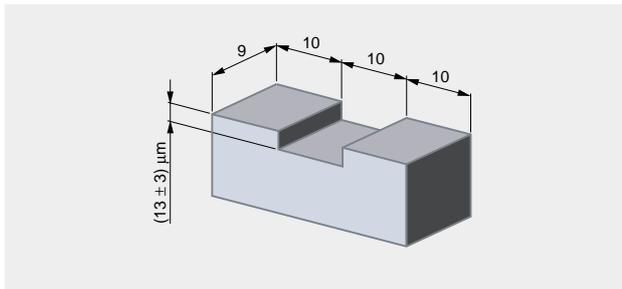


Bild 80 Sonderendmaß in Brückenausführung

Endmaßsatz mit TESA Katalognummer S59300103 bzw. S59300104 zu benutzen. Der Satz der Kalibrierklasse K beinhaltet Einzelendmaße folgender Nennmaße: 1, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 und 100 mm.

Für die Bezugsendmaße (Normale) muss ein gültiger Kalibrierschein vorliegen, der wenigstens folgende Messergebnisse enthält.

► **6-paariger Satz:**

- Differenz der Mittenmaße l_c (Messstellen in der Mitte der Endmaßmessfläche) der Endmaße A und B eines jeden Paares (Ausnahme: Paar Nr.6).
- Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c der Endmaße B der Paare 2 und 3.

Die **Messunsicherheit** bei den Maßbestimmungen soll **$U = 0,015 \mu\text{m}$ (15 nm)** betragen. Zur Kalibrierung des TESA *upd* mit reduzierten Genauigkeitsanforderungen und für das TESA *upc* in «Normalausführung» genügt eine Messunsicherheit von $U = 0,03 \mu\text{m}$ (30 nm).

► **9-teiliger Satz:**

- Abweichung des Mittenmaßes l_c vom Nennmaß l_n

Für die **Messunsicherheit** gilt folgende Anforderung:

$$U = (0,02 + 0,2 \cdot L) \mu\text{m} \quad L \text{ in m}$$

Zur Kalibrierung des TESA *upd* mit reduzierten Genauigkeitsanforderungen genügt eine Messunsicherheit von:

$$U = (0,05 + 0,5 \cdot L) \mu\text{m} \quad L \text{ in m}$$

16.3 Kalibriervorgang

16.3.1 Unterschiedsmessungen der Mittenmaße

- Endmaßpaar Nr. 1 gemäß Bild 81a in die Schablone einlegen und Messwertanzeige einstellen.
- Nach Abwarten der notwendigen Temperaturlausgleichszeit, fünf Unterschiedsmessungen der Mittenmaße (Messstellen R und 1) vornehmen. Messwerte protokollieren (Anhang A4.1).
- Position der Endmaße A und B vertauschen (Bild 81b) und nach gleichem Ablauf erneut fünf Unterschiedsmessungen durchführen, Messwerte ebenfalls protokollieren.
- Gleiche Messreihen mit den Endmaßpaaren Nr. 2 bis 5 durchführen.

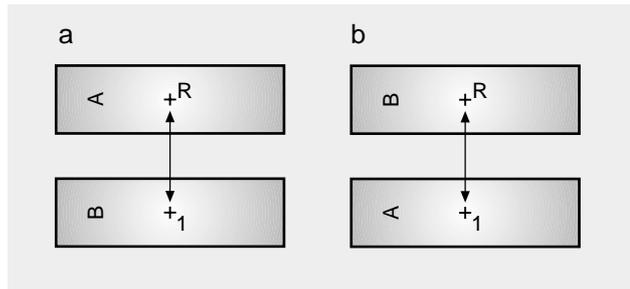


Bild 81 Position der Endmaße für die Unterschiedsmessung der Mittenmaße l_c

Beim TESA *upd* sind zusätzliche Unterschiedsmessungen der Mittenmaße l_c notwendig, um die weiteren Messabweichungen zu erfassen. Dazu dient der 9-teilige Bezugsendmaßsatz.

- Wie vorstehend beschrieben und in Bild 81 gezeigt, werden zwei Messreihen zu je fünf Messungen ausgeführt, wobei die beiden jeweils zu vergleichenden Endmaße einen Nennmaßunterschied von 25 mm bzw. 1 in aufweisen.

Die drei relevanten Paarungen sind Endmaße mit den Nennmaßen 25 und 50 mm, 50 und 75 mm sowie 75 und 100 mm. Weitere oder andere Paarungen liegen im Ermessen des Benutzers.

16.3.2 Unterschiedsmessungen mit dem Sonderendmaß

Mit dem Endmaßpaar Nr. 6 werden zwei Messreihen zu je 10 Unterschiedsmessungen des Mittenmaßes l_c durchgeführt. Dadurch können auch allfällige Messabweichungen des unteren Messtasters B nicht erfasst werden.

- Für die erste Messreihe wird das Sonderendmaß mit der durchgehend ebenen Messfläche auf die Auflagefläche des Messtisches gelegt (Bild 82a).
- Für die zweite Messreihe wird das Sonderendmaß gewendet, d.h. es liegt mit der brückenförmigen Messfläche auf dem Messtisch auf (Bild 82b).

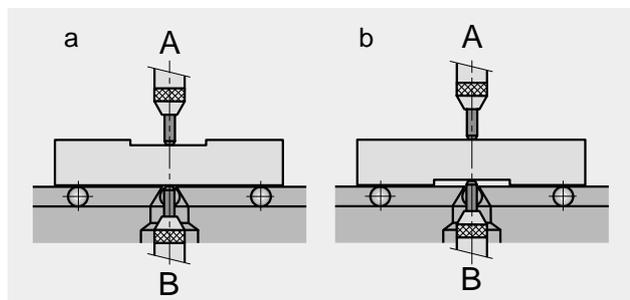


Bild 82 Lage des Sonderendmaßes am Messtisch, durch die Differenz der Messergebnisse beider Messreihen kann auf allfällige Messabweichungen des Messtasters B geschlossen werden



16.3.3 Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c

► Einzelendmaß 1,005 mm und 1,010 mm in die vordere Aussparung der Schablone(n) einlegen und Messwertanzeige einstellen.

► Jeweils ausgehend von der Messflächenmitte (Messstelle 1) die vier Eckpunkte 2 bis 5 je 5x wechselweise antasten (Bild 83a). Alle Messwerte protokollieren (Anhang A4.2).

Daraus ergibt sich nachstehende Folge beim Antastvorgang der Messstellen:

1 → 2 → 1 → 2 → 1 → 2 → 1 → 2 → 1 → 2 → 1 → 3 → 1 → 3 → 1 → 3 → usw.

► Die 4 Messreihen wiederholen, nachdem das Endmaß unter Beibehaltung seiner Auflagefläche um 180 ° gedreht wurde (Bild 83b).

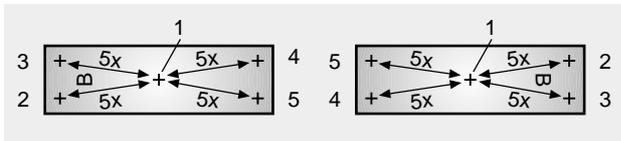


Bild 83 Position der Endmaße beim Erfassen der Abweichungen f_o und f_u

16.4 Auswertung

Bei der Auswertung sind jeweils die Istabweichungen der Normale gemäß zugehörigem Kalibrierschein zu berücksichtigen. Die anschließende Beurteilung der Messergebnisse setzt das Beachten der Messunsicherheit bei der Bestimmung der Istabweichungen der Normale ebenso voraus (siehe Kalibrierschein).

16.4.1 Differenz der Mittenmaße

Aus den nach Abschnitt 16.3.1 ermittelten Differenzwerten B-A sind für jede Messreihe eines Endmaßpaares (10 Messungen) der Mittelwert (arithmetisches Mittel) und die Standardabweichung zu bestimmen. Siehe das Messprotokoll Anhang A4.1.

16.4.2 Differenz der Mittenmaße für das Endmaßpaar Nr. 6

Aus den nach Abschnitt 16.3.2 ermittelten Einzelwerten sind für beide Messreihen (je 10 Messungen), die zu den beiden Lagen des Sonderendmaßes gehören, die Mittelwerte (arithmetisches Mittel), die Differenz der Mittelwerte und die Standardabweichungen zu bestimmen. Siehe das Messprotokoll Anhang A4.1.

16.4.3 Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c

Aus den nach Abschnitt 16.3.3 ermittelten Differenzwerten sind für jede der 8 Messreihen der Mittelwert (arithmetisches Mittel) und die Standardabweichung zu bestimmen.

Die Abweichungen f_o und f_u vom Mittenmaß l_c (Bild 6) ergeben sich aus den 8 Mittelwerten als die größte Plusabweichung f_o und die größte Minusabweichung

f_u vom Mittenmaß l_c . Siehe das Messprotokoll Anhang A4.2.

16.5 Beurteilung der Messabweichungen

► Alle entsprechend der Abschnitte 16.4.1 bis 16.4.3 ermittelten Standardabweichungen dürfen einen vorgegebenen Wert, z.B. 0,015 μm , nicht überschreiten.

► Die zulässige Abweichung der Mittelwerte nach Abschnitt 16.4.1 und die zulässige Abweichung der Werte f_o und f_u nach Abschnitt 16.4.3 von den Werten der Normale betragen $\pm 0,03 \mu\text{m}$ bzw. einen anderen vorgegebenen Wert.

► Die Differenz der Mittelwerte nach Abschnitt 16.4.2 darf höchstens $\pm 0,03 \mu\text{m}$ oder einen anderen vorgegebenen Wert betragen.

16.6 Dokumentation der Kalibrierung

Die erfolgte Kalibrierung ist abschließend zu dokumentieren, wobei zumindest folgende Angaben zu berücksichtigen sind:

- die notwendigen Beschreibungen zur Identifikation des kalibrierten Endmaßmessgerätes;
- der Nachweis der Rückverfolgbarkeit der Maße auf nationale bzw. internationale Längennormale, die Identifikationsnummer und die Messunsicherheit der verwendeten Normale;
- die Messergebnisse und ihre Messunsicherheit;
- der Einsatzort und
- der Temperaturbereich, bei dem die Kalibrierung durchgeführt wurde.



17 Nachjustieren der Verstärkung des Messsignals beim TESA upc

17.1 Voraussetzungen und Hinweise

- ▶ Das Einhalten der unter Abschnitt 16.1 beschriebenen Bedingungen wird vorausgesetzt.
- ▶ Nachjustierungen sollten jedenfalls nur dann vorgenommen werden, wenn das in Frage kommende Messgerät ursprünglich eine lieferwerksseitige Justierung erfuhr. Dies ist sichergestellt, wenn die Messeinrichtung als geschlossene Einheit von Brown & Sharpe TESA bezogen wurde.
- ▶ Da bei den Kalibrierungen grundsätzlich Endmaße gleichen Nennmaßes verglichen werden, wird nur ein Teilmessbereich von höchstens $\pm 10 \mu\text{m}$ genutzt. Bei der Kalibrierung des TESA upc nach Abschnitt 16 und gemäß nachfolgend beschriebenem Justiervorgang wird deshalb ebenfalls nur ein Teilmessbereich von $\pm 10 \mu\text{m}$ betrachtet.

17.2 Durchführung

- ▶ Das Endmaßpaar Nr. 3 (Nennmaße 1,0 mm und 1,010 mm) in das Messgerät einlegen.
- ▶ Am TESAMODUL den Messbereich $\pm 20 \mu\text{m}$ auswählen.
- ▶ Messfunktion «+A+B» (Summenmessung) muss eingestellt sein.
- ▶ Nullsteller für den Messkanal A im Uhrzeigersinn bis zum Anschlag verdrehen; dann mit 5 vollen Umdrehungen auf etwa die Mitte seines Verstellbereiches zurückdrehen.
- ▶ Der Nullsteller für den Messkanal B bleibt in seiner Position unverändert. Voraussetzung dafür ist, dass die im Abschnitt 12.1.1 beschriebene Basiseinstellung des Messtasters B korrekt ist.
- ▶ Messstelle R anfahren, Messtaster A von oben zu stellen, bis die Anzeige auf den entsprechenden Messwert eingestellt ist.
- ▶ Nachdem die notwendige Temperatenausgleichszeit abgewartet wurde, 5 Unterschiedsmessungen der Mittenmaße (Messstellen R und 1) vornehmen.

▶ Messwerte protokollieren und arithmetische Mittelwerte berechnen. Die Istabweichungen der beiden Normale (siehe zugehörigen Kalibrierschein) sind dabei mit zu berücksichtigen. Die Differenz aus beiden Mittelwerten soll exakt $10,00 \mu\text{m}$ entsprechen.

▶ Ist die Messabweichung vom Sollwert $10,00 \mu\text{m}$ größer als $0,02 \mu\text{m}$, empfehlen wir das Nachjustieren der Messsignalverstärkung.

▶ Dazu wird am Endmaß B (Nennmaß 1,010 mm) die Messstelle 1 wieder angefahren. Der angezeigte Messwert soll durch geringe Korrektur am Nullsteller des Messkanals A auf den Ausgangswert (Sollwert $10,00 \mu\text{m} +$ ermittelte Messabweichung) eingestellt werden.

▶ Klebeetikette von der Kunststoffkassette am Kabel des Messtasters A vorsichtig ablösen. Dadurch werden zwei Bohrungen sichtbar, hinter jeder sich ein Regelwiderstand verbirgt.

▶ Mit einem isolierten Schraubendreher an dem **Widerstand** (100Ω), der **steckerseitig** angebracht ist, solange drehen, bis sich der angezeigte Messwert um den Betrag der Messabweichung verändert hat und mit dem Sollwert $10,00 \mu\text{m}$ übereinstimmt. Etikett wieder aufkleben.

▶ **Sehr wichtig ! Keinesfalls die Einstellung an dem Regelwiderstand verändern, der sich messtasterseitig in der Kunststoffkassette befindet.**

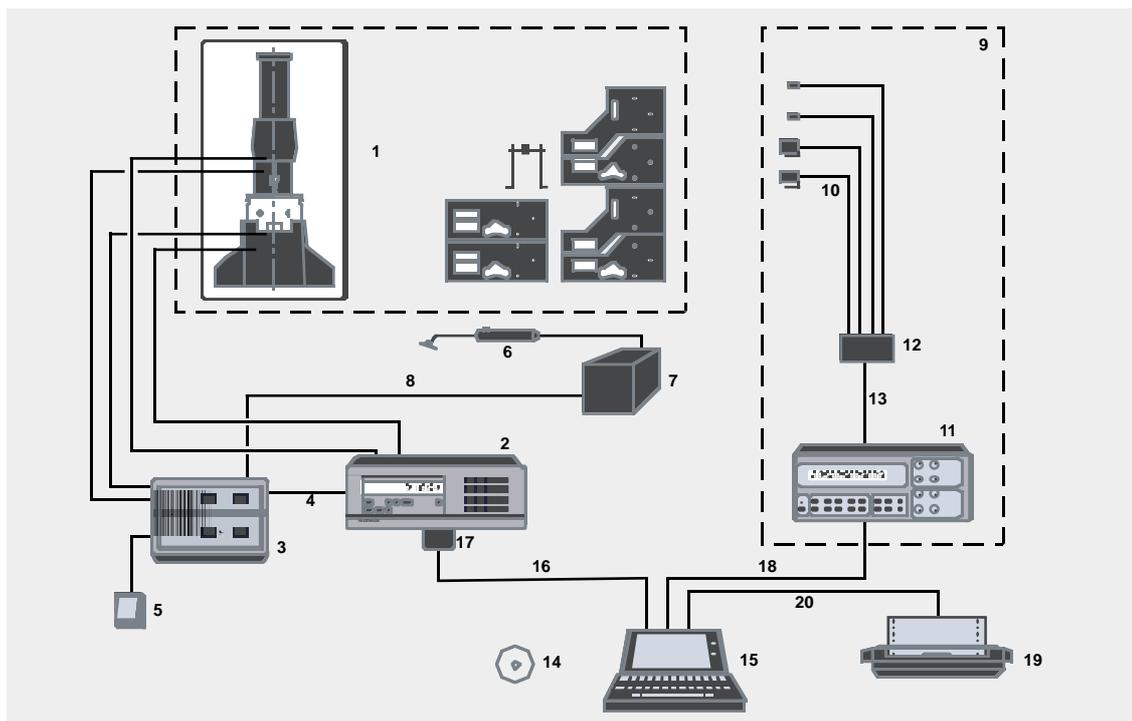
▶ Reicht der zur Verfügung stehende Verstellweg des Regelwiderstandes 100Ω nicht aus, um den notwendigen Betrag zu korrigieren, sollte der TESA-Kundendienst eingeschaltet werden.

▶ Zur Sicherstellung der Einhaltung der angestrebten Messgenauigkeit empfehlen wir, den Justiervorgang mit einer nachgeschalteten Kalibrierung der Messeinrichtung abzuschließen.



18 Lieferprogramm TESA *upd* – 3 Ausstattungsvarianten

59.30005	TESA Endmaßmessgerät <i>upd</i> mit Temperaturmesseinrichtung			●
59.30004	TESA Endmaßmessgerät <i>upd</i> ohne Temperaturmesseinrichtung			●
S59300102	TESA Endmaßmessgerät <i>upd</i> , komplett, mit Temperaturmesseinrichtung, TESA Messwertverarbeitungs-Programm <i>up</i> , Rechner (PC Notebook) und Drucker		●	
	<i>bestehend aus:</i>			
1	59.30008	1 Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes <i>upd</i>	●	● ●
2	59.60016	1 Elektronisches Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B	●	● ●
3	59.60013	1 Steuerpult	●	● ●
4	59.60014	1 Verbindungskabel, Steuerpult zu Längenmessgerät ND 231 B	●	● ●
5	47.68001	1 Fußschalter	●	● ●
6	16.60011	1 Pneumatischer Saugheber	●	●
7	32.60433	1 Elektrische Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung, 230 Vac, 50 Hz	●	●
8	59.60028	1 Verbindungskabel, elektr. Vakuumpumpe zu Steuerpult	●	●
9	59.30011	1 TESA Temperaturmesseinrichtung <i>upt</i> , komplett	●	●
14	59.60025	1 TESA Messwertverarbeitungs-Programm <i>up</i>	●	
15		1 Personal Computer Portable (Notebook)	●	
16	59.60027	1 Verbindungskabel, Längenmessgerät ND 231 B zu Adapter Nr. 47.60017	●	
17	47.60017	1 Adapter, zwischen Verbindungskabel Nr. 59.60027 und Rechner	●	
18	59.60026	1 Verbindungskabel, Temperaturmessgerät PREMA 3040 zu Rechner	●	
19		1 Matrix-Tintenstrahldrucker	●	
20	S16071229	1 Verbindungskabel, Rechner zu Drucker	●	





18.1 Systemkomponenten TESA upd

1	59.30008	Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes upd <i>bestehend aus:</i>
	59.30009	1 Mesständer mit Zahnstangenführung Handantrieb zur Verstellung des Messarmes, Aufnahme mit Bohrung \varnothing 16 mm für den oberen Längenmesstaster
	59.60015	1 Massiver Spezialmesstisch Gehärteter Stahl mit 6 fest montierten Hartmetall-Zylinderstiften zur Endmaußauflage, äußerst schonende und über lange Zeit verschleißfeste Auflage der Endmaße, Gewindebohrungen zur Aufnahme des unteren Längenmesstaster, vorbereitet zur Integration der Temperaturlaufnehmer (siehe nachstehend)
	59.60029	1 Endmaß-Positioniereinrichtung mit 1- und 2-Schablonen-System Zur Verschiebung der Endmaße zu den vorbestimmten Messstellen, wechselbare Schablonen: 1 Paar Schablonen für Endmaße 9 x 30 mm, bestehend aus 1 Schablone Nr. 59.60019 für Bezugsnormale und 1 Schablone Nr. 59.60020 für zu kalibrierende Endmaße 1 Paar Schablonen für Endmaße 9 x 35 mm, bestehend aus 1 Schablone Nr. 59.60021 für Bezugsnormale, 1 Schablone Nr. 59.60022 für zu kalibrierende Endmaße und 1 Stütze als Kippsicherung 1 Schablone Nr. 59.60023 für Bezugsnormale und zu kalibrierende Endmaße 9 x 30 mm 1 Schablone Nr. 59.60024 für Bezugsnormale und zu kalibrierende Endmaße 9 x 35 mm, 1 Stütze als Kippsicherung
	59.30010	1 Messwertaufnahmesystem mit elektromotorischer Messbolzenbewegung, bestehend aus: 1 Oberer Längenmesstaster A, HEIDENHAIN CT 25., Nr. 59.30006, Messweg 25 mm / 1 in, Messkraft 1,0 N, mit Messeinsatz Nr. 35.10003 1 Unterer Längenmesstaster B, HEIDENHAIN spezial, Nr. 59.30007, Messweg 1 mm, Messkraft 0,63 N, mit Messeinsatz Nr. 35.10003
	16.60031	1 Einstellstück zum Ausrichten der Längenmesstaster
	16.40420	1 Wärmeschutzschild, Größe 250 x 380 mm
	16.60001	1 Greifzange zur Endmaß-Handhabung
	16.60030	1 Staubschutzhaube
2	59.60016	Elektronisches Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B Ausgabegerät mit Vor-Rückwärtszähler und alphanumerischer Anzeige (LED), Ziffernschrittwert 0,01 und 0,005 μ m, 2 Messtasteranschlüsse, Schnittstelle RS 232, 100 bis 240 Vac, 48 bis 62 Hz
3	59.60013	Steuerpult Tasten zur elektromotorischen Messbolzenbewegung und zum Auslösen des Datentransfers der Längenmaße
4	59.60014	Verbindungskabel Zwischen Steuerpult Nr. 59.60013 und Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B Nr. 59.60016
5	47.68001	Fußschalter Zur Feinbewegung der Messbolzen und zum Auslösen des Datentransfers
6	16.60011	Pneumatischer Saugheber Zum sicheren und bequemen Handhaben der Endmaße bis 10 mm Nennmaß, Anschluss an nachstehende Vakuumpumpe
7		Elektrische Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung Zum Anschluss des pneumatischen Saughebers Nr. 16.60011 32.60433 Ausführung 230 Vac, 50 Hz S32070030 Ausführung 110 Vac, 60 Hz
8	59.60028	Verbindungskabel Zwischen elektrischer Vakuumpumpe und Steuerpult, Nr. 59.60013 Fortsetzung nächste Seite



9	59.30011	TESA Temperaturmesseinrichtung <i>upt</i> für TESA Endmaßmessgeräte Komplett kalibriert für den Messbereich 19 °C bis 24 °C mit einem Ziffernschrittwert von 0,001 °C; geliefert mit SCS Kalibrierschein des Schweizerischen Kalibrierdienstes, Messunsicherheit bei der Kalibrierung: $U = \pm 0,03$ °C <i>bestehend aus:</i>
10	59.60018	1 Satz = 4 Temperaturlaufnehmer Platin-Temperatur-Messwiderstände PT 100 mit ausgezeichneter Langzeitstabilität und minimaler Drift über mehrjährige Benutzung bestehend aus folgenden, einzelnen Aufnehmern 1 Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer R für Bezugsnormale mit Nennmaß ab etwa 14 mm, Nr. 59.60009 1 Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer P für zu kalibrierende Endmaße mit Nennmaß ab etwa 14 mm, Nr. 59.60008 2 Temperaturlaufnehmer zur Befestigung im Messständer bzw. im Messtisch, Maße der PT 100-Sensoren: \varnothing 3 g8 mm, Länge 10 mm, Bestellnummer für 1 Temperaturlaufnehmer: 59.60010
11	59.60017	1 Temperaturmessgerät PREMA 3040 Präzisions-Messgerät mit Messstellenumschalter, bei Betrieb mit Platin-Temperatur-Messwiderständen PT 100: 18 Messkanäle und 0,001 °C Ziffernschrittwert; Schnittstelle RS 232 und IEEE 488, 115 und 230 Vac für 50 und 60 Hz
12	59.60012	1 Kabeladapter Zum Anschluss von 4 Temperaturlaufnehmern
13	59.60011	1 Verbindungskabel Zwischen Kabeladapter Nr. 59.60012 und Temperaturmessgerät Nr. 59.60017
14	59.60025	TESA Messwertverarbeitungs-Programm <i>up</i> Lauffähig unter WINDOWS 95 oder höher und WINDOWS NT, Programmpaket bestehend aus 1 CD-ROM und 1 Hardware-Programmschutz; Bedieneroberfläche in 11 Sprachen (Deutsch, Französisch, Englisch, Dänisch, Italienisch, Niederländisch, Polnisch, Portugiesisch, Schwedisch, Spanisch und Tschechisch)
15		Personal Computer Portable (Notebook) auf Anfrage, Mindestanforderungen siehe Abschnitt 20
16	59.60027	Verbindungskabel Für serielle Datenübertragungen vom Längenmessgerät HEIDENHAIN ND 231 B zum Rechner, 25-polig / m und 25-polig / f, zusätzlich notwendiger Adapter: Nr. 47.60017
17	47.60017	Adapter Zwischen Verbindungskabel Nr. 59.60027 und Rechner, 25-polig / m und 9-polig / f
18	59.60026	Verbindungskabel Für serielle Datenübertragungen vom Temperaturmessgerät PREMA 3040 zum Rechner, 9-polig / m und 9-polig / f
19		Matrix-Tintenstrahldrucker Papierformat A4 (hoch), grafikfähig, Schnittstelle Centronics, auf Anfrage
20	S16071229	Verbindungskabel Für parallele Datenübertragungen vom Rechner zum Drucker, 25-polig / m zu 36-polig / m

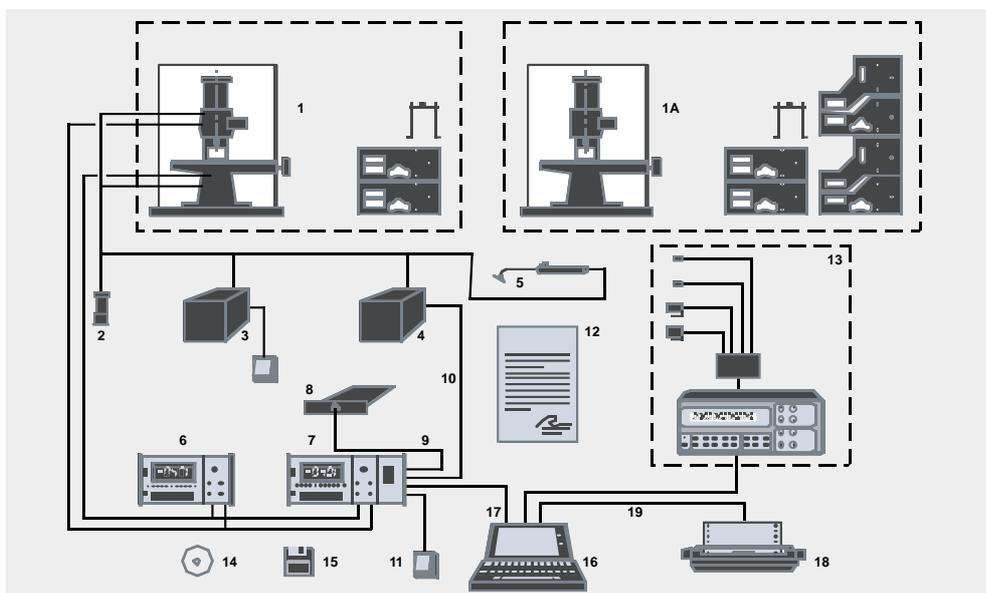
Weiteres Zubehör

- 59.60037** **Positionsschablone für die Messstellen**
Zum Prüfen der richtigen Lage der Messstellen an den Messflächen der Endmaße, geeignet für das «2-Schablonen-System»



19 Lieferprogramm TESA upc – 8 Ausstattungsvarianten

TESA Endmaßmessgeräte upc mit 1-Schablonen-System			
	59.30000	Normalausführung, ohne Rechneranwendung	●
	59.30001	Ausführung mit erhöhter Genauigkeit, ohne Rechneranwendung	●
	59.30002	Normalausführung, für Rechneranwendung	●
	59.30003	Ausführung mit erhöhter Genauigkeit, für Rechneranwendung	●
TESA Endmaßmessgeräte upc mit 1- und 2-Schablonen-System			
	59.30012	Normalausführung, ohne Rechneranwendung	●
	59.30013	Ausf. mit erhöhter Genauigkeit, ohne Rechneranwendung	●
	59.30014	Normalausführung, für Rechneranwendung	●
	59.30015	Ausf. mit erhöhter Genauigkeit, für Rechneranwendung	●
<i>jeweils bestehend aus:</i>			
1	16.10401	1 Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes upc mit 1-Schablonen-System	● ● ● ●
1a	59.60030	1 Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes upc mit 1- und 2-Schablonen-System	● ● ● ●
2	32.60401	1 Pneumatische Messbolzenabhebung, handbedient	● ●
3	32.60432	1 Elektrische Vakuumpumpe mit Fußschalter	● ●
4	32.60433	1 Elektrische Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung	● ● ● ●
5	16.60011	1 Pneumatischer Saugheber	● ● ● ●
6	41.90190	1 Elektr. Längenmessgerät TESAMODUL 372 - 404	● ● ● ●
7	41.30105	1 Elektr. Längenmessgerät TESAMODUL 372 - 404 - 708	● ● ● ●
8	41.60079	1 Steckkarte mit Schnittstelle RS 232	● ● ● ●
9	47.61050	1 Verbindungskabel, Steckkarte zu Interface-Einheit 708	● ● ● ●
10	47.61005	1 Verbindungskabel, Interface-Einheit 708 zu Vakuumpumpe	● ● ● ●
11	47.68000	1 Handtaste	● ● ● ●
12	16.90021	1 Option für erhöhte Genauigkeit und Kalibrierschein	● ● ● ●





19.1 Systemkomponenten TESA upc

1 16.10401 Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes upc mit 1-Schablonen-System
Vorbereitet zur Aufnahme der TESA Temperaturmesseinrichtung *upt*

bestehend aus:

- 16.30004 1 Mesständer mit Zahnstangenführung
Handantrieb zur Grobverstellung des Messarmes, gekapselte Aufnahme und besonders feinfühliges Feinstelleinrichtung für den oberen Längenmesstaster
- 59.60031 1 Massiver Spezialmesstisch
Gehärteter Stahl mit 6 fest montierten Hartmetall-Zylinderstiften zur Endmaußauflage, äußerst schonende und über lange Zeit verschleißfeste Auflage der Endmaße, einstellbare Aufnahme für den unteren Längenmesstaster, vorbereitet für Temperaturaufnehmer
- 59.60032 1 Endmaß-Positioniereinrichtung mit 1-Schablonen-System
Zur Verschiebung der Endmaße zu den vorbestimmten Messstellen, 2 wechselbare Schablonen, Nr. 16.60045 (für Endmaße 9 x 30 mm) und Nr. 16.60046 (für Endmaße 9 x 35 mm), 1 Stütze als Kippsicherung
- 32.30045 1 Messwertaufnahmesystem, bestehend aus:
 - oberen Längenmesstaster A, GT 22-spez., Nr. 32.90075, Messkraft 1 N, mit Messeinsatz Nr. 35.10003
 - unteren Längenmesstaster B, GT 22-spez., Nr. 32.90076, Messkraft 0,63 N, mit Messeinsatz Nr. 35.10003
 - Schlauchsystem
- 16.60031 1 Einstellstück zum Ausrichten der Längenmesstaster
- 16.40420 1 Wärmeschutzschild, Größe 250 x 380 mm
- 16.60001 1 Greifzange zur Endmaß-Handhabung
- 16.60030 1 Staubschutzhaube

1a 59.60030 Mechanischer Teil des TESA Endmaßmessgerätes upc mit 1- und 2-Schablonen-System

Vorbereitet zur Aufnahme der TESA Temperaturmesseinrichtung *upt*

bestehend aus den gleichen Komponenten wie unter Punkt 1 beschrieben, jedoch mit:

- 59.60029 1 Endmaß-Positioniereinrichtung mit 1- und 2-Schablonen-System, beinhaltend:
 - 1 Paar Schablonen für Endmaße 9 x 30 mm, bestehend aus 1 Schablone Nr. 59.60019 für Bezugsnormale und 1 Schablone Nr. 59.60020 für zu kalibrierende Endmaße
 - 1 Paar Schablonen für Endmaße 9 x 35 mm, bestehend aus 1 Schablone Nr. 59.60021 für Bezugsnormale, 1 Schablone Nr. 59.60022 für zu kalibrierende Endmaße und 1 Kippsicherung
 - 1 Schablone Nr. 59.60023 für Bezugsnormale und zu kalibrierende Endmaße 9 x 30 mm
 - 1 Schablone Nr. 59.60024 für Bezugsnormale und zu kalibrierende Endmaße 9 x 35 mm, 1 Stütze als Kippsicherung

2 32.60401 Pneumatische Messbolzenabhebung, Handbedient

3 32.60432 Elektrische Vakuumpumpe mit Fußschalter

Zur Abhebung der Messbolzen beider Längenmesstaster sowie zum Anschluss des pneumatischen Saughebers Nr. 16.60011, durch manuelle Betätigung zu schalten, 230 V

4 32.60433 Elektrische Vakuumpumpe mit externer Ansteuerung

Anzuschließen an die Interface-Einheit 708 Nr. 41.30106, zur Abhebung des Messbolzens beider Längenmesstaster sowie zum Anschluss des pneumatischen Saughebers Nr. 16.60011, 230 V

5 16.60011 Pneumatischer Saugheber

Zum sicheren und bequemen Handhaben der Endmaße bis 10 mm Nennmaß, Anschluss an die elektrische Vakuumpumpe Nr. 32.60432 oder Nr. 32.60433

6 41.90190 Elektronisches Längenmessgerät TESAMODUL

bestehend aus:

- 1 Speise- und Anzeigeeinheit 372, Nr. 41.30094
- 1 Messeinheit 404, Nr. 41.95420



7	41.30105	Elektronisches Längenmessgerät TESAMODUL <i>bestehend aus:</i> 1 Speise- und Anzeigeeinheit 372, Nr. 41.30094 1 Messeinheit 404, Nr. 41.95420 1 Interface-Einheit 708, Nr. 41.30106, zur Ansteuerung der elektrischen Vakuumpumpe Nr. 32.60433, zur Verbindung mit dem Rechner
8	41.60079	Steckkarte mit Schnittstelle RS 232 Opto-elektronisch gekoppelt, serielle Messdatenübertragung
9	47.61050	Verbindungskabel Zwischen Steckkarte RS 232, Nr. 41.60079, und Interface-Einheit 708, Nr. 41.30106
10	47.61005	Verbindungskabel Zwischen Interface-Einheit 708, Nr. 41.30106, und elektr. Vakuumpumpe, Nr. 32.60433
11	47.68000	Handtaste Zur Auslösung der Messbolzenbewegungen und des Datentransfers zwischen dem Messgerät TESAMODUL Nr. 41.30105 und dem Rechner, Anschluss an die Interface-Einheit 708, Nr. 41.30106
12	16.90021	Option für erhöhte Genauigkeit und Kalibrierschein TESA Endmaßmessgerät <i>upc</i> (mech. Teil Nr. 16.10401 zusammen mit dem elektr. Längenmessgerät TESAMODUL Nr. 41.90190 bzw. 41.30105) besonders justiert und kalibriert, alle wesentlichen Baugruppen mit Identifikationsnummer versehen
13	59.30011	TESA Temperaturmesseinrichtung <i>upt</i> für TESA Endmaßmessgeräte Komplett kalibriert für den Messbereich 19 °C bis 24 °C mit einem Ziffernschrittwert von 0,001 °C; geliefert mit SCS Kalibrierschein des Schweizerischen Kalibrierdienstes, Messunsicherheit bei der Kalibrierung: $U = \pm 0,03$ °C Geeignet für die Verwendung in Verbindung mit dem TESA Messwertverarbeitungsprogramm <i>up</i> <i>bestehend aus:</i> 59.60018 1 Satz = 4 Temperaturlaufnehmer 59.60017 1 Temperturmessgerät PREMA 3040 59.60012 1 Kabeladapter 59.60011 1 Verbindungskabel
14	59.60025	TESA Messwertverarbeitungs-Programm <i>up</i> Lauffähig unter WINDOWS 95 oder höher und WINDOWS NT • Zu detaillierten Beschreibungen siehe Abschnitt 20
15	59.60006	TESA Messwertverarbeitungs-Programm <i>upc</i> Lauffähig unter MS-DOS auf Personal Computer Bedienoberfläche in 3 Sprachen (Deutsch, Französisch, Englisch), Programmpaket bestehend aus 1 Programm-Diskette 3 1/2 in, 1 Hardware-Programmschutz und 1 Anwendungshandbuch «TESA <i>upc</i> - Teil 2», jeweils in Deutsch, Französisch und Englisch
16		Personal Computer Portable (Notebook) auf Anfrage, Mindestanforderungen für die Benutzung des Messwertverarbeitungs-Programm TESA <i>up</i> siehe Abschnitt 20
17	S16071225	Verbindungskabel Für serielle Datenübertragungen vom Interface-Einheit 708 Nr. 41.30106 zu Rechner AT, 25-polig / f und 9-polig / m, gekreuzt
18		Matrix-Tintenstrahldrucker Papierformat A4 (hoch), grafikfähig, Schnittstelle Centronics, auf Anfrage
19	S16071229	Verbindungskabel Für parallele Datenübertragungen vom Rechner zum Drucker, 25-polig / m zu 36-polig / m



20 Technische Daten

20.1 TESA Endmaßmessgerät *upd*

► Allgemeines

Kalibrierung von Endmaßen nach ISO 3650:1998 im Nennmaßbereich von 0,5 mm bis 100 mm bzw. 0.02 in bis 4 in

► Messverfahren

Unmittelbare Messungen und Unterschiedsmessungen durch Übertragen der Länge von einem Bezugsnorm auf ein zu messendes Endmaß

Bei unmittelbaren Messungen können sich die Nennmaße beider zu vergleichender Endmaße um die Größe der Messspanne von 25 mm unterscheiden.

Bei Unterschiedsmessungen werden stets zwei Endmaße gleichen Nennmaßes verglichen.

► Messanordnung

Zwei in Summe (Messfunktion «+A+B») geschaltete Messwertaufnehmer mit mechanischer Berührung an der zu erfassenden Messfläche

► Messstellen

Bezugsnorm: Messflächenmitte (Messstelle R), zu messendes Endmaß: Messflächenmitte (Messstelle 1) und an den 4 Ecken der Messfläche mit jeweils 2 mm Abstand von den angrenzenden Seitenflächen entfernt (Messstellen 2 bis 5)

Die Bestimmung des Mittenmaßes l_c erfolgt durch Antasten der Messstellen R und 1 und die der Länge an «beliebiger» Stelle durch Messungen an den Messstellen R und 1 bis 5

Das Maß für die Abweichungsspanne v ergibt sich aus den Messungen der Messstellen 1 bis 5

► Transportverpackung

Der mechanische Teil ist komplett montiert und befindet sich mit den anderen Komponenten des Endmaßmessgerätes in einer Spezialverpackung

► Identifikationsnummer

Alle wesentlichen Komponenten sind mit einer Identifikationsnummer beschriftet

► Kalibrierschein

Längenmesseinrichtung: Werkskalibrierschein
Temperaturmesseinrichtung: SCS-Kalibrierschein

► Messständer

Massive Bauweise, Zahnstangenführung und Handradtrieb zum Verstellen des Messarmes, Bohrungen \varnothing 16 mm für den oberen Messtaster A und \varnothing 3 mm für einen Temperaturlaufnehmer Nr. 59.60010

Grundkörper aus Grauguss, Vertikalsäule aus Stahl, gehärtet, hartverchromt und geschliffen

► Spezialmesstisch

Massive Ausführung, gehärteter Stahl, mit 6 fest montierten Zylinderstiften aus Hartmetall zur sicheren und schonenden Endmaßauflage

Bohrung \varnothing 3 mm für einen Temperaturlaufnehmer Nr. 59.60010 und seitlich am Tisch angebrachte Halteleiste für die Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer Nr. 59.60008 und 59.60009

► Endmaß-Positioniereinrichtung

1- und 2-Schablonen-System zum Verschieben der Endmaße zu den vorbestimmten Messstellen

► Messwertaufnehmer Längenmessung

2 opto-elektronische HEIDENHAIN Axialmesstaster mit elektromotorischer Messbolzenbewegung

► Maßverkörperung

Inkrementale Maßstabteilung auf ZERODUR®-Glaskeramik

► Teilungsperiode: 4 μ m

► Messspanne: oberer Messtaster A: 25 mm / 1 in, unterer Messtaster B: 1 mm

► Messbolzen

kugelgeführt, Werkstoff: Invarstahl

► Messeinsätze

Hartmetall, kugelförmige Messfläche R = 20 mm

► Messkraft

Messtaster A: 1,0 N, Messtaster B: 0,63 N

► Längenmessgerät

Vor-Rückwärtszähler HEIDENHAIN ND 231 B mit zwei Messtasteranschlüssen, Gehäuse: Aluminium-Druckguss

► Anzeige

Alphanumerisch, 7-Segment-LED, Ziffernbild 9 Dekaden mit Vorzeichen; Zusatzanzeigen (LED) für aktivierte Funktionen

► Signal-Unterteilung: \leq 400-fach

► Ziffernschrittwerte: 0,01 μ m und 0,005 μ m bzw. 0.000 000 1 in

► Ziffernhöhe: 10 mm

► 16 Tasten zur Eingabe von Zahlen und Funktionen

► Messfunktion zur Endmaßmessung:

«Summenmessung» mit Funktion der Messtaster «+A+B»

► Lineare Korrektur von systematischen Messabweichungen beim Messtaster A

► PRESET-Funktion für Zahleneingaben

► 2 programmierbare Referenzpunkte

► Schnittstelle: RS 232 und V.24

► Stromversorgung: 100 bis 240 Vac (-15 % bis 10 %), 48 bis 62 Hz

► Betriebstemperaturbereich: 0 °C bis 45 °C

► Lagerungstemperaturbereich: - 30 °C bis 70 °C

► Relative Luftfeuchte: 75 %, keine Betauung

► Schutzart: IP 40 (IEC 60529)



- ▶ Elektromagnetische Verträglichkeit: EN 55022, Klasse B
- ▶ Maße: 239 x 85 x 224 mm (B x H x T)

▶ Messwertaufnehmer Temperaturmessung

4 Platin-Temperatur-Messwiderstände PT 100 in Vierdraht-Ausführung

▶ Temperaturmessgerät

Mehrkanal-Präzisionsthermometer mit Messstellenumschalter für max. 18 Platin-Messwiderstände, PREMA 3040, Gehäuse: Aluminium-Druckguss

- ▶ Messverfahren
Vierdraht-Widerstandsmessung mit kontinuierlicher Messwerterfassung aller angeschlossener Aufnehmer, Linearisierung nach EN 60751 für PT 100
- ▶ Anzeige
Alphanumerisch, 16 Dekaden, Punktematrix, LCD mit grüner Hintergrundbeleuchtung
- ▶ Ziffernschrittwert: 0,001 °C
- ▶ Einheiten (Kurzzeichen): °C, °F oder K
- ▶ Ziffernhöhe: 8 mm
- ▶ 17 Tasten zur Eingabe von Zahlen und Funktionen
- ▶ Schnittstelle: RS 232 und IEEE 488
- ▶ Stromversorgung: 115 ±10 % Vac bzw. 230 ±10 % Vac, für 50 und 60 Hz
- ▶ Betriebstemperaturbereich: 10 °C bis 45 °C
- ▶ Lagerungstemperaturbereich: - 25 °C bis 60 °C
- ▶ Relative Luftfeuchte: 75 %, keine Betauung
- ▶ EN 61010, EN 50081, EN 50082 und EN 55011
- ▶ Maße: 225 x 94 x 375 mm (B x H x T)

20.2 TESA Endmaßmessgerät upc

▶ Allgemeines

Kalibrierung von Endmaßen nach ISO 3650:1998 im Nennmaßbereich von 0,5 mm bis 100 mm bzw. 0.02 in bis 4 in

- ▶ Messverfahren
Unterschiedsmessungen durch Übertragen der Länge von einem Bezugsnormal auf ein zu messendes Endmaß
- ▶ Messanordnung
Zwei in Summe (Messfunktion «+A+B») geschaltete Messwertaufnehmer mit mechanischer Berührung an der zu erfassenden Messfläche
- ▶ Messstellen:
Bezugsnormal: Messflächenmitte (Messstelle R), zu messendes Endmaß: Messflächenmitte (Messstelle 1) und an den 4 Ecken der Messfläche mit jeweils 2 mm Abstand von den angrenzenden Seitenflächen entfernt (Messstellen 2 bis 5)

Die Bestimmung des Mittenmaßes l_c erfolgt durch Antasten der Messstellen R und 1 und die der Länge an «beliebiger» Stelle durch Messungen an den Messstellen R und 1 bis 5

Das Maß für die Abweichungsspanne v ergibt sich aus den Messungen der Messstellen 1 bis 5

▶ Messständer

Massive Bauweise, Zahnstangenführung und Handradtrieb zur Grobverstellung des Messarmes, gekapselte Aufnahme und besonders feinfühlig Feinstell-einrichtung für den oberen Messtaster A

Bohrung \varnothing 3 mm für einen Temperaturlaufnehmer Nr. 59.60010

Grundkörper aus Grauguss, Vertikalsäule aus Stahl, gehärtet, hartverchromt und geschliffen

▶ Spezialmesstisch

Massive Ausführung, gehärteter Stahl, mit 6 fest montierten Zylinderstiften aus Hartmetall zur sicheren und schonenden Endmaßauflage

Bohrung \varnothing 3 mm für einen Temperaturlaufnehmer Nr. 59.60010 und Halteleiste für die Temperaturlaufnehmer mit Endmaßklammer Nr. 59.60008 und 59.60009

▶ Endmaß-Positioniereinrichtung

Je nach gewählter Option, 1- bzw. 1- und 2-Schablonen-System zum Verschieben der Endmaße zu den vorbestimmten Messstellen

▶ Messwertaufnehmer Längenmessung

2 induktive TESA Axialmesstaster GT 22-spez. mit analoger Erfassung der Messgröße und pneumatischer Messbolzenabhebung

- ▶ Messbolzenweg: ± 150 μ m
- ▶ Messbolzen
kugelgeführt, durch Gummibalg luftdicht geschützt
- ▶ Messeinsätze
Hartmetall, kugelförmige Messfläche, R = 20 mm
- ▶ Messkraft
oberer Messtaster A: \approx 1 N, unterer Messtaster B: \approx 0,63 N
- ▶ Elektrische Justierung
regelbare Widerstände bei jedem Messtaster

▶ Längenmessgerät

- ▶ Anzeige
7-Segment-LED, Ziffernbild: 3 1/2 Dekaden
- ▶ Benutzter Messbereich: ± 20 μ m
- ▶ Ziffernschrittwerte: 0,01 μ m 0.000 001 in
- ▶ Ziffernhöhe: 12,5 mm
- ▶ Zusatzanzeige: Diodenkette mit 20 roten Dioden als Hilfsanzeige für rasches Nullstellen
- ▶ Schnittstelle: Steckkarte mit Schnittstelle RS 232, opto-elektronisch gekoppelt



- Betriebstemperaturbereich: 0 °C bis 40 °C
- Lagerungstemperaturbereich: - 10 °C bis 70 °C
- Relative Luftfeuchte: 80 %, keine Betauung
- Stromversorgung: 230 und 110 Vac, 50 bis 60 Hz

▶ Elektrische Vakuumpumpen

- Stromversorgung
 - Nr. 32.60432 und 32.60433: 230 Vac, 50 Hz
 - Nr. S32070030 (Ausführung wie Nr. 32.60433, jedoch): 110 Vac, 60 Hz

▶ Messwertaufnehmer Temperaturmessung und Temperaturmessgerät

- Siehe vorstehend im Abschnitt 20.1

▶ Sonstiges

- Masse:
 - Längenmesseinrichtung, komplett, ohne Rechner: ≈ 23 kg
 - Temperaturmesseinrichtung: ≈ 4 kg
- Transportverpackung
Der mechanische Teil ist komplett montiert und befindet sich mit den anderen Komponenten des Endmaßmessgerätes in einer Spezialverpackung
- Identifikationsnummern
Alle wesentlichen Komponenten der Endmaßmessgeräte TESA *upc* der Ausführungen «mit Option für erhöhte Genauigkeit» sind mit einer Identifikationsnummer beschriftet.
- Kalibrierschein
Längenmesseinrichtung: Werkskalibrierschein bei Ausführungen «mit Option für erhöhte Genauigkeit», Konformitätserklärung bei Normalausführungen
Temperaturmesseinrichtung: SCS-Kalibrierschein

20.3 Mindestanforderungen an den Rechner und Drucker für das Messwertverarbeitungs-Programm TESA *up*

▶ Personal Computer

- Um schädliche Wärmeentwicklung am Messplatz zu verhindern, sollte eine Rechnerkonfiguration ohne nennenswerter Wärmequelle, z.B. Notebook mit LCD-Anzeigefeld benutzt werden
- Betriebssystem WINDOWS 95 oder höher und WINDOWS NT
- Prozessor 650 MHz
- Festplatte (Harddisc) 6 GB
- Speicherkapazität: 64 MB RAM
- CD-Laufwerk 24x
- Zur Datenübertragung «Längenmessung»:
 - 1 serielle Schnittstelle RS 232
- Zur Datenübertragung «Temperaturmessung»:
 - 1 serielle Schnittstelle RS 232
 - Notebooks z.B. besitzen in der Regel keine 2.

Schnittstelle RS 232. Diese kann jedoch durch den Einbau einer entsprechenden PCMCIA-Steckkarte realisiert werden.

- 1 Schnittstelle mit paralleler Datenübertragung (Centronics-Standard); die Steckverbindung am Recherausgang wird gleichzeitig vom Hard-key des Programmschutzes TESA *up* benutzt

- (Möglichst externe) Maus

▶ Drucker

- Matrix-Tintenstrahldrucker für das Hochformat A4, grafikfähig, Schnittstelle zur parallelen Datenübertragung (Centronics-Standard)