

**Inhaltsangabe**

<b>Seite 03</b>	Einleitung
<b>Seite 04</b>	Theorie zur Prüfmittelüberwachung
<b>Seite 04</b>	Der Begriff „Kalibrieren“
<b>Seite 04</b>	Der Begriff „Normal“
<b>Seite 06</b>	Rachenlehre, Grundlagen
<b>Seite 06</b>	Taylorischer Grundsatz
<b>Seite 07</b>	Arbeitsmaß und Eigenmaß einer Rachenlehre
<b>Seite 08</b>	Abnutzung von Rachenlehren
<b>Seite 10</b>	Prüfung von Rachenlehren
<b>Seite 11</b>	Meßuhr, Grundlagen
<b>Seite 11</b>	Abweichungsspanne
<b>Seite 11</b>	Abweichungsspanne in der Teilmeßspanne
<b>Seite 11</b>	Gesamtabweichungsspanne
<b>Seite 11</b>	Wiederholbarkeit
<b>Seite 12</b>	Meßwertumkehrspanne
<b>Seite 12</b>	Prüfgeräte für Meßuhren
<b>Seite 13</b>	Versuchsdurchführung Meßuhr
<b>Seite 15</b>	Protokoll (Abschrift)
<b>Seite 16</b>	Auswertung des Meßprotokoll
<b>Seite 17</b>	Fehlerbetrachtung
<b>Seite 18</b>	Versuchsdurchführung Meßuhr
<b>Seite 19</b>	Diskussion der Ergebnisse
<b>Seite 20</b>	Aufgabe 1
<b>Seite 23</b>	Quellenverzeichnis
<b>Seite 24</b>	Anhang

## Einleitung

„ ... So muss sich der Hersteller bei Konstruktion, Produktion und Instruktion nachdem erkennbaren und ermittelbaren Stand von Wissenschaft und Technik richten. ... Für sogenannte Ausreisser besteht mangels Verschulden keine Deliktshaftung ... Dies sind Fabrikationsfehler, die trotz aller zumutbaren Vorkehrungen unvermeidbar sind; dasselbe gilt für Produktschäden, die auf Fehlern zugelieferter Teile beruhen, die trotz der durchgeführten, gebotenen Kontrollen nicht erkennbar waren.“

[ Quelle 1 ]

Nicht nur die Gesetzgebung auch die Regelwerke wie DIN, fordern von den Unternehmern nur Produkte auf den Markt zu bringen, deren Sicherheit, Qualität und funktionsgerechter Gebrauch geprüft wurden und nicht durch Fehler beeinträchtigt werden.

Die Regelwerke DIN EN ISO 9000:2000, DIN EN ISO 9001:2000 und DIN EN ISO 9004:2000 gehen sogar einen Schritt weiter als die Gesetzgebung und fordern direkt vom Unternehmer eine Sicherstellung der Genauigkeit der zu benutzenden Prüfmittel.

„ ... die von der Organisation angewandten Messmethoden sollten regelmäßig bewertet und Daten ständig hinsichtlich Genauigkeit und Vollständigkeit verifiziert werden ...“

[ Quelle 2 ]

Nicht nur das Endprodukt soll in einer hochwertigen Qualität hergestellt werden, auch die Zulieferfirmen müssen sich bemühen ihre Produkte in entsprechender Qualität zu liefern, dies bringt Vorteile, da dadurch eine aufwendige Nachbearbeitung eingespart wird, somit die Durchlaufzeit und die Bearbeitungskosten im Unternehmen minimiert werden.

Für eine wirtschaftliche Produktion hochwertiger Produkte muss die Qualität der Fertigungsprozesse und Produkte geeignet überwacht und kontinuierlich optimiert werden. Ausgangspunkt dieser Maßnahmen ist eine geeignete Erfassung von Qualitätsmerkmalen mit Prüfmitteln.

Desweiteren ist es nötig durch die wachsende Globalisierung der Märkte, dass die Prüf- und Messergebnisse weltweit unternehmensin- und extern miteinander vergleichbar sind. (Prinzip der Rückführbarkeit auf nationale bzw. internationale Normale)

Um den Vorderungen nach Qualität nachkommen zu können, ist es notwendig alle Prüfmittel regelmäßig zu kalibrieren und auf nationale Normale zurückzuführen.

oel ga

## Theorie zur Prüfmittelüberwachung

### Kalibrieren:

Definition nach DIN 1319-1: Ermitteln des Zusammenhanges zwischen Messwert oder Erwartungswert der Ausgangsgrösse und dem zugehörigen wahren oder richtigen Wert, der als Eingangsgrösse vorliegenden Meßgrösse, für eine betrachtete Messeinrichtung bei vorgegebenen Bedingungen.

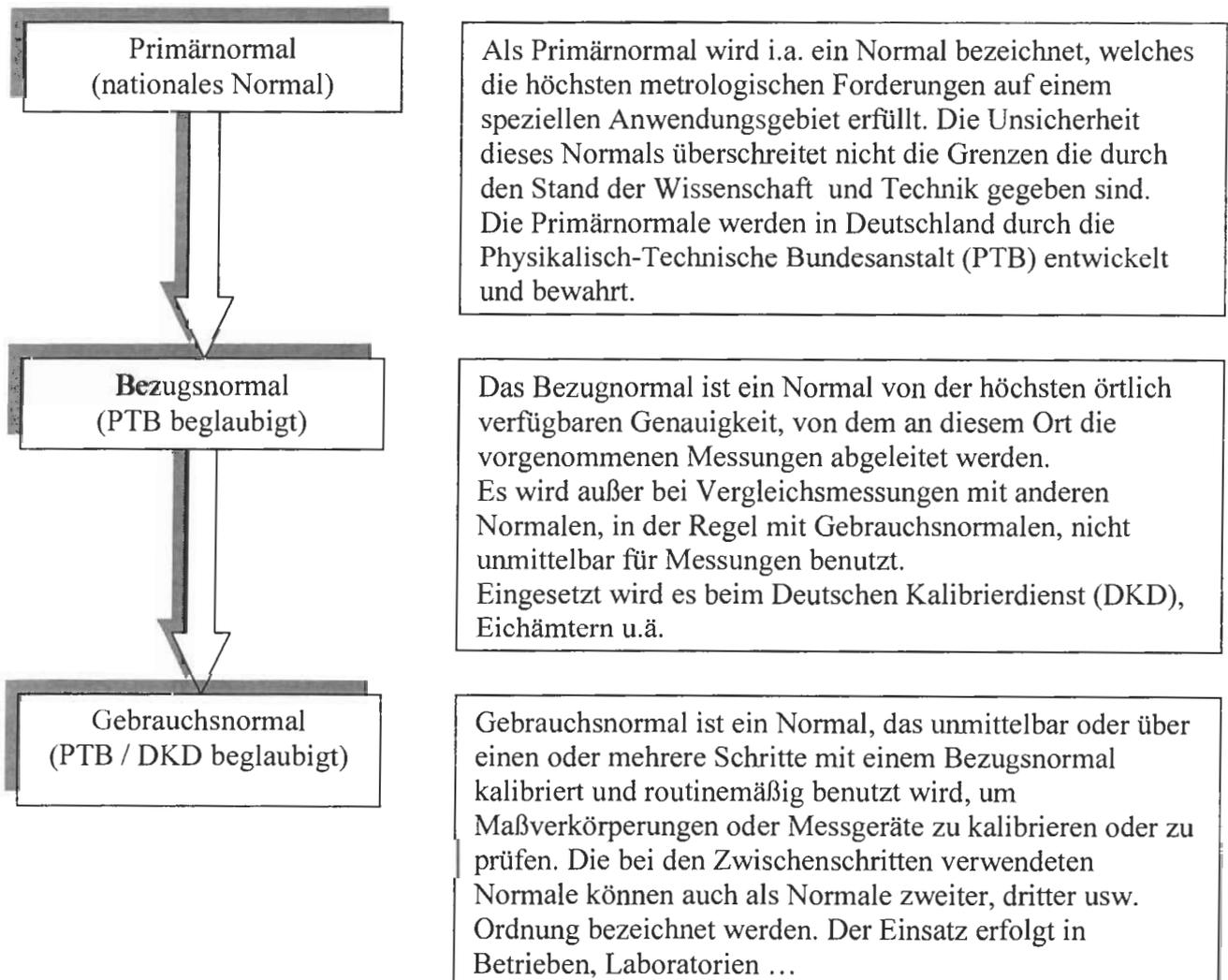
Kurz gesagt: Ermittlung des Zusammenhanges zwischen Messwert und Maßverkörperung.

Unter Maßverkörperung versteht man ein Gerät, welches einen oder mehrere feste Werte einer Grösse darstellt oder liefert. Beispiele für Maßverkörperungen nach DIN 1319-1: Gewichtsstück, Volumenmaß, Normal, Messgeräte.

### Normal:

Definition nach DIN 1319-1: Messgerät, Messeinrichtung oder Referenzmaterial, die den Zweck haben, eine Einheit oder einen oder mehrere bekannte Werte einer Grösse darzustellen, zu bewahren oder zu reproduzieren, um diese an andere Messgeräte weiterzugeben.

Im Allgemeinen unterscheidet man zwischen drei Normale:



Weiterhin kann man noch zwischen einem Sekundärnormal und einem internationalen Normal unterscheiden.

**Sekundärnormal:** Ist ein Normal, welches mit dem Primärnormal verglichen wird

**Internationale Normal:** Ein Normal, welches durch ein internationales Abkommen als Basis zur Festlegung des Wertes aller anderen Normale der betreffenden Größe anerkannt ist.

Auch das Nationale Normal muss durch einen offiziellen Beschluss des Landes in seiner betreffenden Größe festgelegt werden.

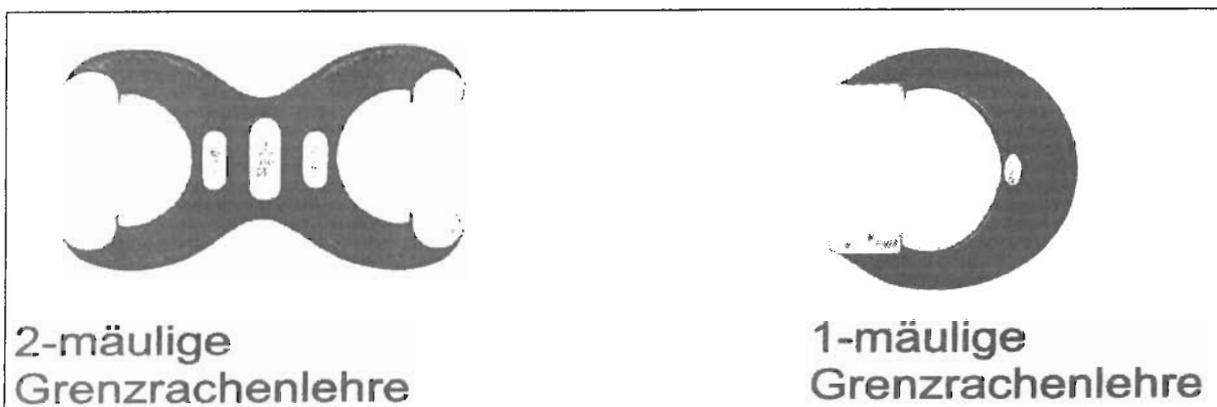
Die Größe liefert die PTB, sie vergleicht Wellenlängen von Spektrallampen und Lasern mit den realisierten Wellenlängen der Primär- und Sekundärnormalen und erreicht dabei eine Messunsicherheit bis zur Realisierungsunsicherheit der Einheitendefinition von  $\pm 4 \cdot 10^{-9}$ .

[ Quelle 3 ]

Die besten Werte beim Kalibrieren erhält man, je weniger Normale als Zwischenstufen verwendet werden, da die Genauigkeit vom Primärnormal weg abnimmt. Die Kalibrierung kann im Maximum nur so genau sein, wie es das Normal hergibt. Die Abweichung des verwendeten Normales wurde zuvor durch einem höherrangigen Normal bestimmt. Diese Kette wird Kalibrierhierarchie genannt, sie unterliegt dem Prinzip der Rückführbarkeit. Bei jeder Bestimmung der Abweichung muss die „Goldene Regel der Messtechnik“ beachtet werden, d.h. die Messunsicherheit sollte höchstens  $1/5$  bis  $1/10$  der zulässigen Meßgröße betragen, für die das Prüfmittel eingesetzt wird.



## Rachenlehre



[ Bild 1 ]

Die Rachenlehre gehört zu den Grenzlehren.

Die DIN 7150 Teil 2 definiert das Prüfverfahren mit Grenzlehrensysteme folgendermaßen: „ Ein Grenzlehrensystem, das sich ohne Einschränkungen an den Taylorschen Grundsatz hält, prüft Maße und Geometrien des tolerierten Elementes. Aus wirtschaftlichen Gründen bzw. in solchen Fällen, wo durch das Fertigungsverfahren vernachlässigbar kleine Formabweichungen sichergestellt sind, kann von diesem Grundsatz abgewichen werden. Damit wird der Prüfung möglicherweise nicht so vollkommen durchgeführt, wie es theoretisch zu erwarten wäre. ...“

Eine Lehre nach dem Taylorschen Grundsatz besteht immer aus zwei Teilen und eine Lehrgang aus zwei Schritten. Auf einer Gutseite mit dem Maximum-Material-Maß (Paarungsmaß) des zu untersuchenden Elements wird die Funktion geprüft, während auf der Ausschussseite (Istmaß) mit dem Minimum-Material-Maß dieses Elementes die Einhaltung des Höchstmaßes überwacht wird.

**Taylorscher Grundsatz**

- Die Gutlehre sollte so ausgebildet sein, daß sie die zu prüfende Form in ihrer Gesamtwirkung beurteilt.
- Die Ausschusslehre soll nur einzelne Bestimmungstücke der geometrischen Form des Werkstückes prüfen (Zweipunktmaß)

Die Rachenlehren verletzen zumindest auf der Gutseite den Taylorschen Grundsatz, da sie kein formideales Gegenstück darstellen. Jedoch laut o.g. Abschnitt aus DIN 7150 kann diese Lehre trotzdem benutzt werden, um eine qualitative Aussagen über den Prüfling zu treffen, dabei muß jedoch sichergestellt sein, das der Fertigungsprozess eine geringe Abweichung von Form- und Lagetoleranzen gewährleistet. Somit lässt eine Zweipunktprüfung mit einer Rachelehre eine Aussage über den gesamten Umfang zu. Sind jedoch Formabweichungen zu erwarten, so muß zusätzlich eine Formprüfung durchgeführt werden.

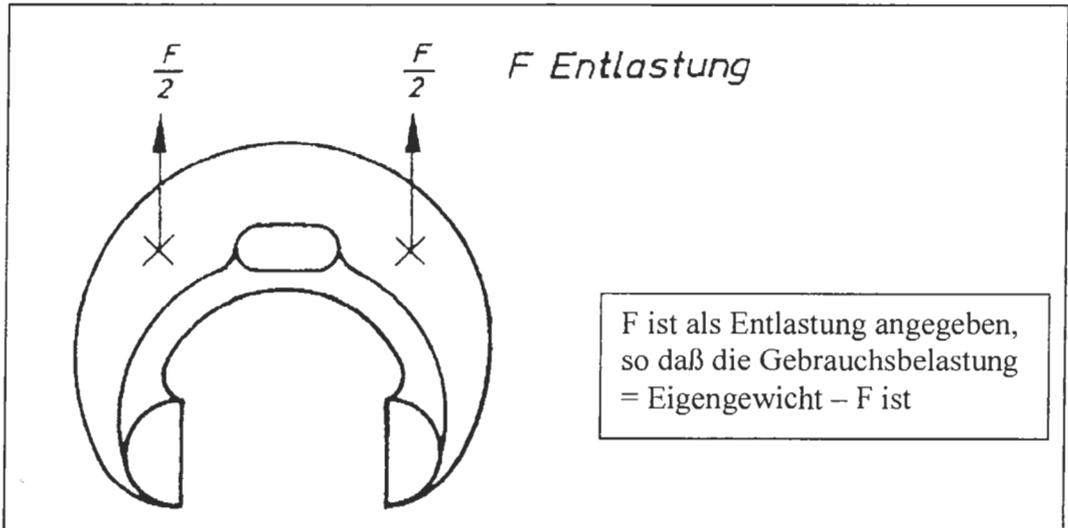
In DIN 7150 Teil 2 Seite 4 sind alle Ausnahmen des Taylorschen Grundsatzes für Lehren aufgeführt. [ siehe Anhang 1 ]

Nach DIN 7150 Teil 2 Seite 6 unterscheidet man an einer Rachenlehre zwei Maße.

**Arbeitsmaß:** Das Arbeitsmaß einer Rachenlehre ist der Durchmesser derjenigen sachgemäß gereinigten (mit Vaseline-Fetthauch versehenen und dann sorgfältig abgewischten) Prüflöhre, über die die Rachenlehre unter Wirkung ihrer Gebrauchsbelastung gerade hinübergeht, wenn die Rachenlehre beim Ansnäbeln vorsichtig in Ruhe gebracht und dann losgelassen wird, die Zylinderachse der Prüflöhre waagrecht liegt und die Rachenlehre senkrecht steht.

Die Gebrauchsbelastung einer Rachenlehre ist entweder gleich dem Eigengewicht oder einer auf der Rachenlehre angegebenen Gewichtskraft.

Die Stellen der Lehre, an denen die Kräfte angreifen müssen, die einen Teil des Lehrengewichts ausgleichen sollen [ siehe Bild 2 ], sind auf Lehren über 100 mm anzugeben.



[ Bild 2 ]

Die Aufbiegung der Rachenlehre unter ihrer Gebrauchsbelastung bei der Bestimmung ihres Maßes mittels Prüflöhre ist nahezu gleich der Aufbiegung bei der Benutzung der Rachenlehre zur Prüfung eines Werkstückelementes.

Bei der Prüfung eines Werkstückelementes sollen die Prüfflächen parallel sein. Da das Maß der Prüflöhre für die Meßkraft „Null“ bestimmt wird, entspricht auch das so ermittelte Maß des geprüften Werkstückelementes dem für die Meßkraft „Null“ geltenden Wert.

**Eigenmaß** - Ist das Maß einer Rachenlehre, welches die Rachenlehre hat, wenn sie keiner Belastung unterworfen ist.

Der Unterschied zwischen Arbeits- und Eigenmaß ist gleich dem Betrag, um den die Lehre durch die bei der Bestimmung des Arbeitsmaßes aufgewendete Kraft verformt wird.

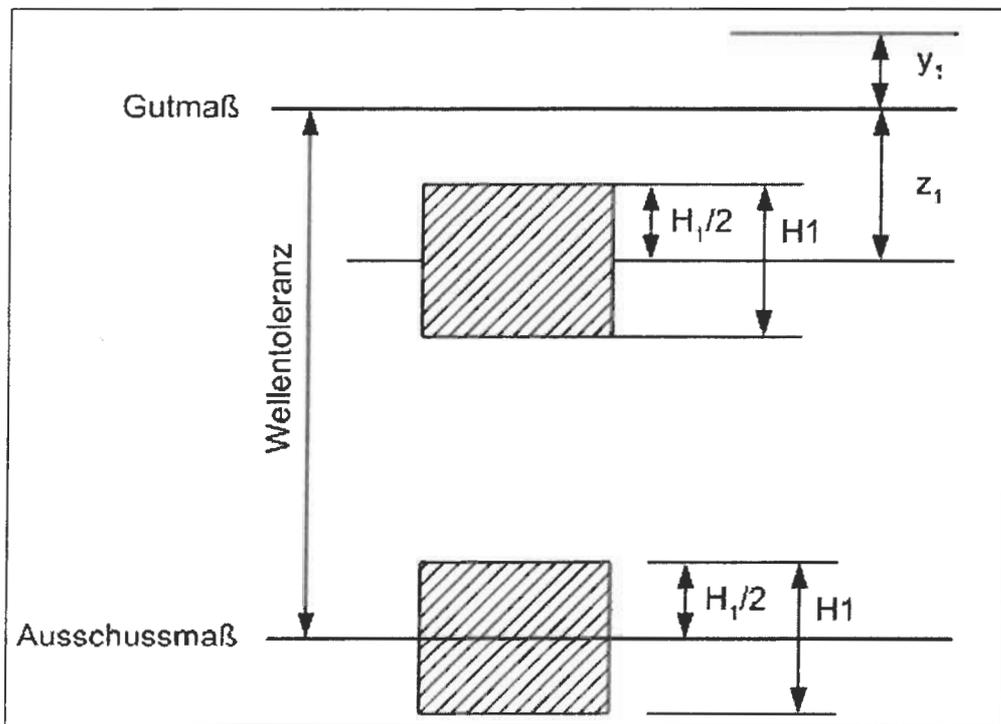
Daraus resultieren folgende Vorderungen an Rachenlehren:

- 1) Rachenlehre soll so starr sein wie möglich
- 2) dabei ist auf das Lehrengewicht zu achten, damit es zu keiner ungewollten Verbiegung kommt.

## Abnutzung der Rachenlehre

Lehren unterliegen einem gewissen Verschleiß, bei Rachenlehren ist vor allem die Gutseite betroffen, da hier die Rachenlehre mit Werkstückelemente gepaart wird. Die Nichtbeachtung des voran schreitenden Verschleißes führt dazu, daß Werkstücke die außerhalb der Toleranzen liegen als gut befunden werden, obwohl sie Ausschuß sind. Prinzipiell zur Verwendung von Lehren ist zu sagen, daß die neuen Lehren dem Werker gegeben werden sollen, und die gebrauchten dem Prüfer. Eine umgedrehte Reihenfolge würde bedeuten, daß der Werker in einem größeren Toleranzbereich arbeitet, und der Prüfer dieses dann als Ausschuß bewerten könnte, besser ist es also, wenn der Werker in einem kleineren Toleranzbereich arbeitet, da somit das Auftreten von Ausschuß minimiert wird. ✓

Um die Lebensdauer einer Lehre zu vergrößern, wird das Verschleissmaß in das Fertigungstoleranzfeld eingerückt, dies hat zwar zur Folge, daß die Lehren am Anfang kleiner sind als das maximale Maß des Werkstückes, erhöht aber die Lebensdauer.



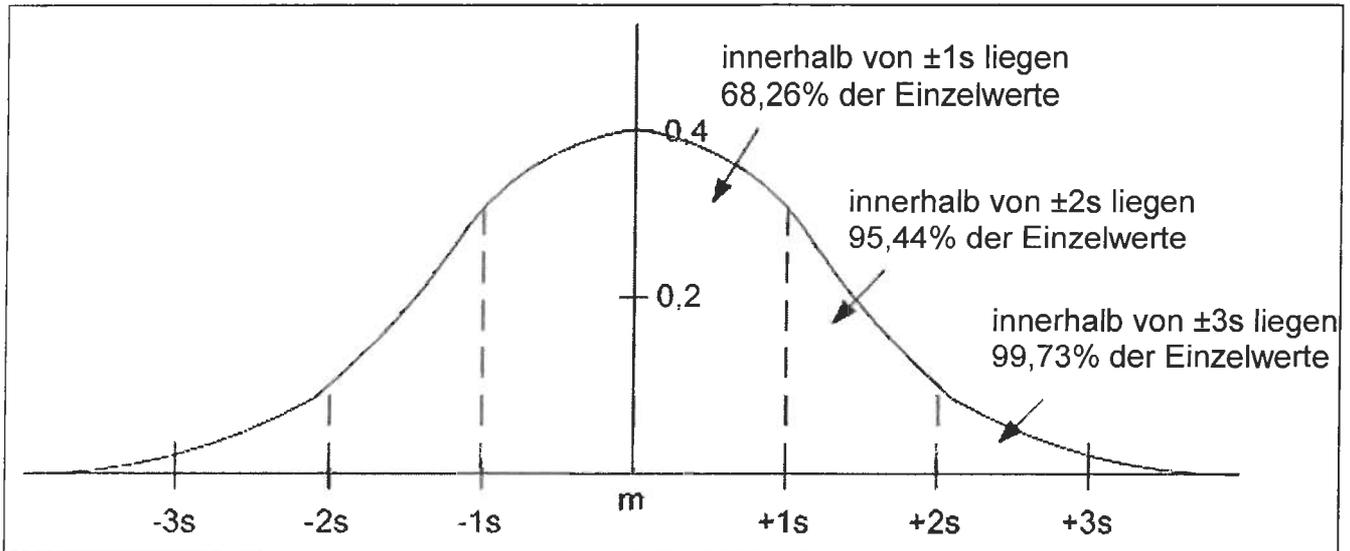
- Begriffe:
- $y_1$  - Abnutzungszugabe: bestimmt das Maß für die Abnutzungsgrenze der Wellenlehre außerhalb der Gutgrenze des Werkstückelementes
  - $z_1$  - Abstand zwischen Mitte der Herstellertoleranz der neuen Gutlehre für Wellen und der Gutseite des Werkstückelementes
  - $H_1$  - Herstellertoleranz für Wellenlehren

Bei zu erreichenden Toleranzen von IT 9 bis IT 17 wird das Herstellertoleranzfeld um den Abnutzungsbetrag  $z_1$  in die Maßtoleranz hineinverschoben.

Gilt es Werkstücke mit Toleranzen von IT 5 bis IT 8 zu prüfen, so darf sich die Gutseite um den Betrag  $y_1$  außerhalb der Gutgrenze des Werkstückelementes befinden. Dies wird hier gemacht, da durch das Einrücken der Herstellertoleranz eine zu kleine Durchmesser der Lehre entstehen würde, und somit mit mehr Präzision gearbeitet werden müsste als nötig, bzw. noch gute Werkstückelemente als Ausschuß deklariert oder zur Nacharbeit geschickt würden.

Auf der Ausschussseite ist das Feld der Herstellertoleranz der Lehren bis 180 mm Durchmesser symmetrisch zum Grenzmaß des Werkstückelementes angeordnet.

Bei den Prüfungen von Werkstückelemente der Toleranzklassen IT 5 bis IT 8 geht man von der Normalverteilung aus, man hofft daß es nur wenige WST gibt, die außerhalb der Toleranzgrenze liegen und so bei verschlissener Lehre durchgehen.



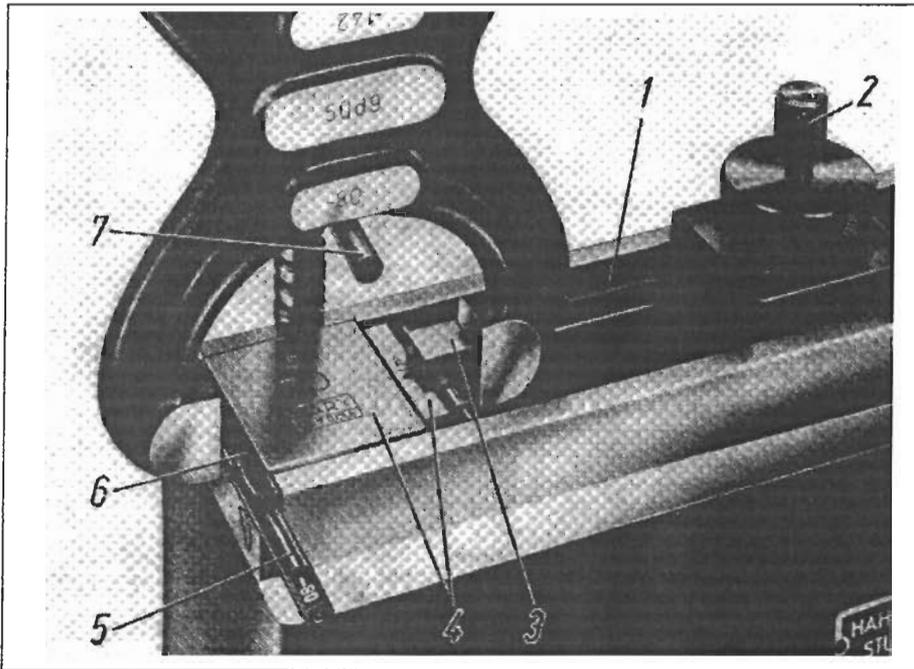
die Streuung wird berechnet nach:  $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}}$

$\mu$  = Erwartungswert  $\mu = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{i=n} x_i$ ;  $x_i$  = Einzelwert;  $n$  = Zahl der Messwerte  $\rightarrow \infty$

- für eine endliche Zahl  $n$  von Messwerten tritt an die Stelle der Streuung  $\sigma$  die Standardabweichung  $s$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{mit} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{i=n} x_i$$

## Prüfung von Rachenlehren



[ Bild 3 ]

Dieses Bild zeigt eine Möglichkeit der Prüfung von Rachenlehren, dabei bedeuten die Zahlen:

- 1 Spannbügel
- 2 Spanschraube
- 3 Führungsendmaß
- 4 Endmaßkombination
- 5 Prüfstift mit Nennmaß
- 6 Halterung für Prüfstift
- 7 Stütze

Bei den Prüfungen ist sicherzustellen, daß unzulässige Formabweichungen erkannt werden. Eventuell sind besondere Formmessungen erforderlich.

Mit dem im Bild 3 dargestellten Verfahren liesen sich keine geringen Formabweichungen feststellen, die würde bedeuten, daß ein Formmeßverfahren zusätzlich eingesetzt werden müsste.

In unserem Praktikum verwendeten wir den Universallängenmesser ULM 01-600, dabei stellten wir an unterschiedlichen Meßpunkten unterschiedliche Durchmessergrößen fest, was auf eine Formabweichung schließen lässt. ( Werte siehe angehängenes Protokoll )

Die nötigen Schritte zum Prüfen von GrenZRachenlehren stehen in der VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 3 (siehe Anhang 2 )

An den Flächen der Rachelehre dürfen keine Verunreinigungen, Grate, Beschädigungen oder Korrosion sein, um eine optimale Prüfung durchzuführen.

## Meßuhr

In der DIN 878 sind die wichtigsten Maße für Meßuhren aufgeführt.

- Gültigkeit für Skaleneinteilungen von 0,01 mm
- Meßspanne: 0,4; 0,8; 3,5; und 10 mm
- Definition: Eine Meßuhr ist ein anzeigendes Meßgerät, bei dem der Weg des Meßbolzens über ein mechanisches System auf einen Zeiger übertragen wird, wobei sich der Zeiger in der Regel um mindestens  $360^\circ$  vor einer gleichmäßig geteilten Rundskala bewegt. ✓

Zu den anzeigenden Meßwertaufnehmern mit mechanischer Übersetzung zählen die Meßuhren. Aufgrund ihrer 1-Punkt-Antastung sind sie nicht einzeln einzusetzen, sondern müssen durch Vorrichtungen, die der Messaufgabe angepasst sind, ergänzt werden. Eine Meßuhr setzt sich im wesentlichen aus 4 Baugruppen zusammen: dem Gehäuse mit Einspannschaften, dem Meßbolzen mit Meßeinsatz, dem Zahnradgetriebe sowie dem Skalenblatt, mit dazugehöriger Aufnahme, Zeiger, Deckglas und den Toleranzmarken. Der durch den Meßbolzen aufgenommene Meßweg wird mit Hilfe einer Zahnstange auf das Zahnradgetriebe übertragen. Die Übersetzung des aufgenommenen Meßweges durch das Zahnradgetriebe geht vom Zahnstangenritzel über einen Rädersatz auf das Zeigerritzel und bis hin zur Zeigerspitze. Zur Aufhebung des Zahnspieles bei der Bewegungsumkehr befindet sich in der Meßuhr eine Spiralfeder. Die Meßkraft, d.h. die Kraft mit der der Meßbolzen auf dem Prüfungsgegenstand aufliegt, wird hauptsächlich durch eine Rückstellfeder erzeugt. Diese Kraft nimmt vom Anfang des Meßbolzenweges bis zu seinem Ende ständig zu. Durch die Norm DIN 878 ist für einen Bereich von 10 mm bei gleicher Bewegungsrichtung des Meßbolzens ein maximaler Kraftunterschied von 0,6 N erlaubt, wobei die größte Meßkraft 1,5 N nicht übersteigen darf, die kleinste Meßkraft 0,3 N nicht unterschreiten darf. Damit eine relativ konstante Kraft auf dem gesamten Meßweg erzielt werden kann, wirkt die Zugfeder über einen Ausgleichshebel auf den Meßbolzen. ✓

Bei wiederholenden Messung kann eine Abweichung der Anzeige festgestellt werden, dies kann erzeugt werden durch Rundlaufabweichungen, Teilungsabweichungen und Lagerspiel der Zahnritzel und Zahnräder.

Die einzelnen Abweichungsmerkmale sind:

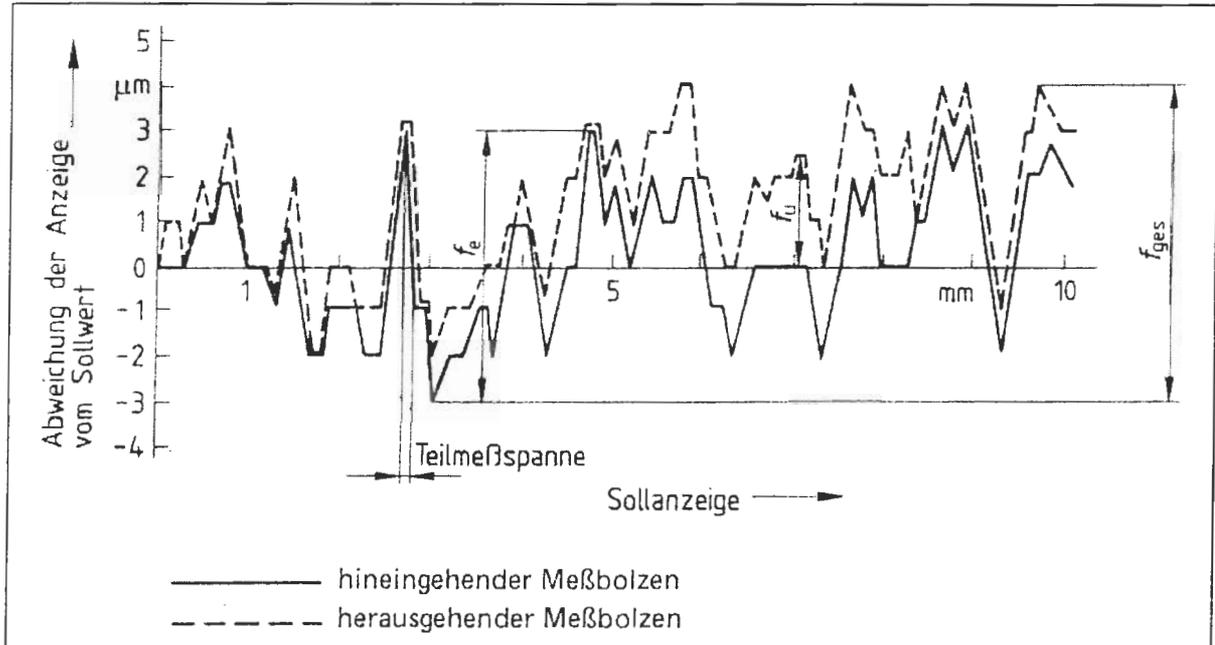
**Abweichungsspanne  $f_c$**  - ist die Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt aus dem Verlauf der Istabweichung über den Anzeigebereich bei hineingehenden Meßbolzen. Bei der Erstellung des Abweichungsdiagrammes wird im allgemeinen mit 0,1 mm Prüfschritten gemessen. [ Bild 4 ]

**Abweichungsspanne im Teilanzeigebereich  $f_t$**  - ist die Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt aus dem Verlauf der Istabweichung, allerdings für den Teilanzeigebereich von 0,1 mm. Dieser Bereich kann an beliebiger Stelle des ganzen Anzeigebereiches liegen, es ist jedoch angebracht den Bereich mit dem größten Sprung zu wählen. Die Messungen werden in 0,01 mm Abständen durchgeführt. [ Bild 5 ] ✓

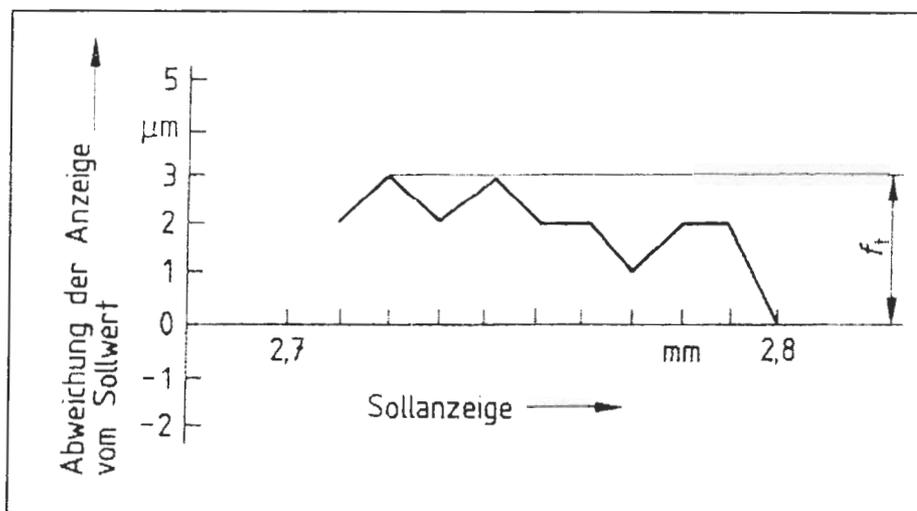
**Gesamtabweichungsspanne  $f_{ges}$**  - ist definiert, wie die Abweichungsspanne, nur hier bei hinein- und herausfahenden Bolzen. [ Bild 4 ]

**Wiederholbarkeit  $f_w$**  - der Meßwerte ist die Differenz zwischen dem grössten und dem kleinsten angezeigten Meßwert bei wiederholten Messungen gleicher Bewegungsrichtungen an einer bestimmten Stelle des Anzeigebereiches.

**Messwertumkehrspanne  $f_u$**  - ist der Unterschied der Anzeigen desselben Längenmaßes bei hinein- und herausgehenden Meßbolzen. Hervorgerufen wird dies durch die einhergehende Meßwertumkehrspanne aufgrund des Meßrichtungswechsels, dadurch geänderte Reibung innerhalb der bewegten Bauteile, Achsverlagerungen der Zahnritzel und Zahnräder ergeben sich für dieselbe Meßgröße zwei verschiedene Meßwerte. [ Bild 4 ]



[ Bild 4 ]



[ Bild 5 ]

**Prüfgeräte** - Die Abweichungsspannen  $f_e$ ,  $f_t$ ,  $f_{ges}$  und die Messwertumkehrspannen  $f_u$  können mit speziellen Meßuhr-Prüfgeräten, Meßschrauben, Komperaturen oder Parallelendmaßen ermittelt werden.

Die Meßkraft kann mit einer Kraftmeßdose oder einer Federwaage bestimmt werden.

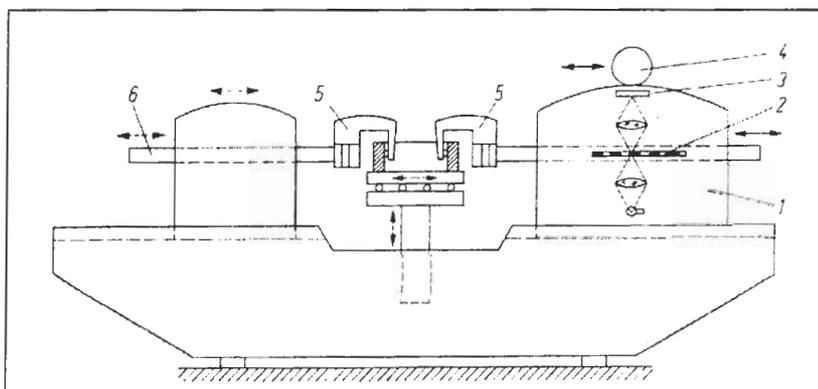
## Praktikumauswertung

### Versuchsdurchführung Rachenlehre

Die Messungen wurden mit dem Universallängenmeßer ULM 01-600 der Firma Zeiss durchgeführt. Dieses Meßgerät ist ein Komparator, d.h. ein Einkoordinatenmaßgerät, welches dem Abbeschen Grundsatz (Komperaturenprinzip) folgt.

**Abbescher Grundsatz:** „Der Apparat ist stets so anzuordnen, daß die zu messende Strecke die geradlinige Fortsetzung der als Maßstab dienende Teilung bildet.“ [ Quelle 4 ]

Prinzipieller Aufbau eines waagerechten Komparator:



[ Bild 6 ]

1 - Meßeinheit; 2 - Glasmaßstab; 3 - Mattscheibe; 4 - Spiegel; 5 - Innenmeßbügel;  
6 - Gegenpinole

Angaben Firma Zeiss:

Universallängenmesser ULM 600

Fa. Carl Zeiss Jena GmbH

Längenmeßgerät für Innen- und Außenmessungen

Bauart: Komparator mit horizontalem Grundbett

Meßsystem

Zeiss-Durchlichtlängenmeßsystem; Auflösung  $0.05\mu\text{m}$

Positionsabweichung  $(0.12+L/1700)\mu\text{m}$

Meßunsicherheit

Längenmeßunsicherheit bei unmittelbaren Messungen  $(0.2+L/1000)\mu\text{m}$

Längenmeßunsicherheit bei Unterschiedsmessungen  $0.15\mu\text{m}$

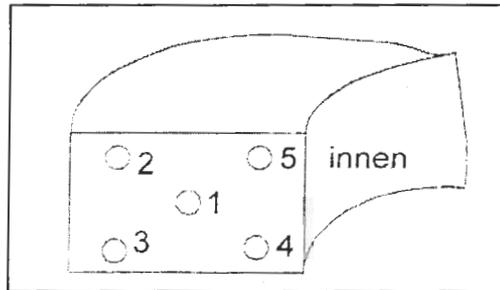
Wiederholbarkeit  $1\mu\text{m}$

Vor dem Beginn der Messung (Prüfmitteluntersuchung) an der Rachenlehre muß das Referenzmaß am ULM ermittelt werden. Dabei wird ein Einstellring mit bekanntem Durchmesser  $d = 13,9998\text{ mm}$  auf den schwimmend gelagerten Maschinentisch aufgespannt. Die Innenmeßbügel werden vorsichtig auf der X-Achse verschoben, bis sie am Einstellring anliegen. Danach wird der Maschinentisch in Y-Richtung verschoben um so den Umkehrpunkt zu finden, ist dieser gefunden, kann man davon ausgehen, dass die Innemeßbügel am Durchmesser anliegen. Das selbe Verfahren wird mit dem Kipphebel durchgeführt, das heißt auch hier wird der maximale Wert gesucht. Diese Umkehrpunkte sollen laut Protokoll dreimal ermittelt werden und dann daraus ein Mittelwert ermittelt. Bei unserem Versuch wurde jedoch nur einmal das Referenzmaß ermittelt. Nach der Ermittlung des Referenzmaßes wird mit der Prüfmittelüberwachung begonnen.

In der VDI/VDE/DGQ 2618, Blatt 3 stehen die Schritte, welche zur Vorbereitung, Prüfung, Auswertung, Dokumentation und Konservierung nötig sind. Erst wird die Rachenlehre gereinigt, danach bei Bedarf entmagnetisiert, danach wird eine Visuelle Prüfung auf Beschädigung, scharfe Kanten und Graten durchgeführt.

Danach wird die Gutseite der Rachenlehre auf den Maschinentisch der ULM 01-600 aufgespannt.

Vorgegebene Messpunkte laut Aufgabenstellung:



[ Bild 7 ]

Die Innenmeßbügel werden vorsichtig an den Meßpunkt 1 gefahren (Flächenmitte) und Umkehrpunkte mit Stellschraube rechts am Schwimmstisch einstellen (kleinster Abstand zwischen den Meßflächen der Rachenlehre). Insgesamt werden 5 Meßwerte an verschiedenen Punkten 1-5 aufgenommen, die Punkte sind auf den Parallelfächen der Rachenlehre verteilt. Dabei spannen die Punkte 2,3,4 und 5 ein Rechteck auf, mit den Maßen 6x20 mm. Die gemessenen Werte sind im Protokoll, bzw. auf dem Ausdruck der QMSOFT zu sehen.

Die zu prüfende Lehre war eine zwei-mäulige Grensrachenlehre mit  $d = 32 \text{ h6}$  nach DIN 2231, System: Einheitswelle.

Aus DIN 7162 Seite 2 abgelesen Werte:

$T$	$= 16$	Toleranz des Werkstückes
$H/2$	$= 2$	Herstellertoleranz der Arbeitslehren
$H_p/2$	$= 0,75$	Herstellertoleranz für Kugelendmaße
$y_1$	$= 3$	Bestimmungsgröße der Abnutzgrenze
$z_1$	$= 3,5$	Bestimmungsgröße zum Sollmaß der Gutseite

Aus DIN ISO 286-2:  $32 \text{ h6} - 32 +0/-16$

Technische Universität Dresden	Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung Praktikum Fertigungsmesstechnik	Datum Signum
Protokollblatt		
<b>Prüfmittelüberwachung (PMÜ)</b>		
Namen:		Übungsgruppe:
1. Otto, Siegfried	5. Miao, Lin	
2. Goller, Nils	6. Hertling, Wolfgang	
3. Gong, Jingwang	7. Pietsch, Thomas	
4. Lu, Yigiang		

**MP1: Sollmaßberechnung Rachenlehre (Lehren für Außenmaße)**

Prüfung: GrenZRachenlehre Nr. 0030 nach DIN 2231			
Werkstückabmaße DIN 7160	A <sub>0</sub> [ μm ]		A <sub>U</sub> [ μm ]
	0		-16
Werkstückgrenzmaße DIN 7162	G [ mm ]		K [ mm ]
	32		31,984
Lehrgrenzmaße Gutseite „neu“	G - z <sub>1</sub> ± H/2		A <sub>0</sub> [ μm ]    A <sub>U</sub> [ μm ]
	31,9985	31,9945	-1,5    -5,5
Lehrgrenzmaße Gutseite abgenutzt	G + y <sub>1</sub> [ mm ]		A <sub>abg</sub> [ μm ]
	32,003		3
Lehrgrenzmaß Ausschußseite	K ± H/2		A <sub>0</sub> [ μm ]    A <sub>U</sub> [ μm ]
	31,986	31,982	-14    -18

**MP2: Referenzmaß R**

Werte in mm

Kalibriernormal	Lehring Ø = 13.9998 mm			Lehring - Nr.: 0030
Anzeige	1	2	3	MW/mm
	13,9998			

**MP3: Messung der GrenZRachenlehre**

Werte in mm

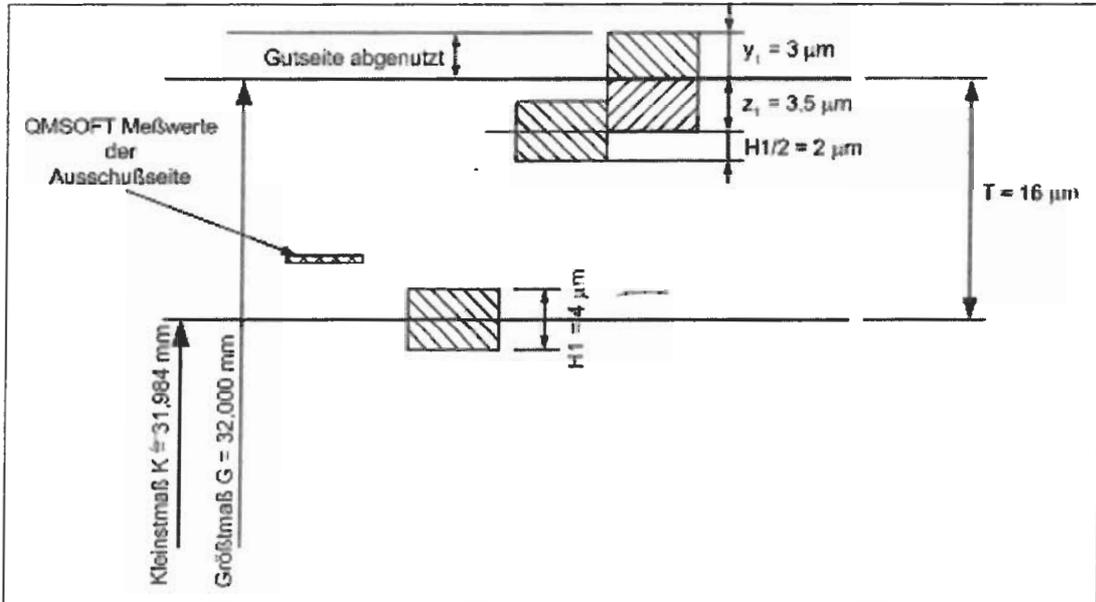
Referenzmaß R					
Gutseite	Anzeigewert A				
	1	2	3	4	5
	31,9967	31,9970	31,9983	31,9974	31,9960
	Anzeigenwert A + Referenzmaß R				
	1	2	3	4	5
	31,9967	31,9970	31,9983	31,9974	31,9960
Toleranzüberschreitung					
1	2	3	4	5	
-	-	-	-	-	
Ausschußseite	Anzeigewert A				
	1	2	3	4	5
	31,9882	31,9877	31,9881	31,9888	31,9885
	Anzeigenwert A + Referenzmaß R				
	1	2	3	4	5
	31,9882	31,9877	31,9881	31,9888	31,9885
Toleranzüberschreitung					
1	2	3	4	5	
-	-	-	-	-	

### Auswertung des Meßprotokoll

Bei der Betrachtung der gemessenen Werte kommt man zu dem Schluß, daß es zu keiner Toleranzüberschreitung kam, alle Meßwerte liegen im Toleranzfeld. ✓

Betrachtet man das Meßprotokoll der QMSOFT, so stellt man fest, daß es auf der Ausschußseite zu Toleranzüberschreitungen kam, das heißt die Ausschußseite abgenutzt wäre. Die Rachenlehre wurde mit einer Meßunsicherheit von  $\pm 0,9 \mu\text{m}$  gemessen, laut Meßprotokoll QMSOFT.

Jedoch die Beachtung dieser Meßunsicherheit gibt auch keinen Anhalt, auf das Ergebnis der Ausschußseite.



Diese Graphik zeigt eine maßstäbliche Abbildung des Toleranzfeldes zu  $y_1$ ,  $z_1$ ,  $H1/2$  und dem Feld der von QMSOFT-Software ermittelten Meßwerten. [ Quelle 5 ]

Hier lässt sich erkennen, daß selbst diese gemessenen Werte im Toleranzfeld liegen. Bei einem Vergleich der ermittelten Werte durch QMSOFT und der angegebenen Toleranzüberschreitungen lässt sich erkennen, daß die Software das „obere Abmaß der Ausschußseite = 31,98600 mm“ benutzt um die Toleranzüberschreitungen zu ermitteln. Ein Vergleich zwischen den Lehrabmaßen der QMSOFT-Software und den manuell errechneten Werten zeigt keinen Fehler der Software, die Werte stimmen überein.

Für mich lässt sich hier ein Softwarefehler feststellen, die Werte wurden alle richtig ermittelt, jedoch wahrscheinlich falsch umgesetzt, vielleicht kam es zu einem vertauschen der Werte bei der Berechnung der Toleranzüberschreitung auf der Ausschußseite, indem die Software nicht von der Kleinmaßseite ausging, sondern von der Großmaßseite, denn dann würden die Werte außerhalb der Toleranz liegen. Dies ist nur eine Vermutung, mehr Aufschluß würde eine zweite Messung ergeben unter ähnlichen bis gleichen Bedingungen, wenn derselbe Fehler wieder auftritt, liegt die Vermutung nah, daß die Software fehlerhaft ist. 2

Mittelwert des Istmaßes der Gutseite manuelle Messung:

Werte in mm

$$x1 := 31.9967 \quad x2 := 31.9970 \quad x3 := 31.9983 \quad x4 := 31.9974 \quad x5 := 31.9960$$

$$x_m := \frac{(x1 + x2 + x3 + x4 + x5)}{5}$$

$$x_m = 31.99708$$

Mittelwert des Istmaßes der Gutseite QMSOFT:

Werte in mm

$$x1:= 31.9968 \quad x2:= 31.9971 \quad x3:= 31.9981 \quad x4:= 31.997 \quad x5:= 31.9958$$

$$x_m := \frac{(x1 + x2 + x3 + x4 + x5)}{5}$$

$$x_m = 31.99696$$

Mittelwert des Istmaßes der Ausschußseite QMSOFT:

Werte in mm

$$x1:= 31.9882 \quad x2:= 31.9877 \quad x3:= 31.9881 \quad x4:= 31.9888 \quad x5:= 31.9885$$

$$x_m := \frac{(x1 + x2 + x3 + x4 + x5)}{5}$$

$$x_m = 31.98826$$

### Fehlerbetrachtung

Meßunsicherheit QMSOFT Messung Gutseite:

Meßunsicherheit durch Gerät:  $U = \pm(0,2 + L/1000)\mu\text{m}$   $U = 0,232 \mu\text{m}$  mit  $L=31,99696 \text{ mm}$ 

Temperatureinfluß: die Messung wurde bei einer Temperatur von  $23^\circ\text{C}$  Raumtemperatur durchgeführt, dies liegt außerhalb der festgelegten Grenzwerte nach VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 3  $20^\circ \pm 2^\circ$

$$\Delta l = \alpha * l * \Delta T \text{ mit } \alpha = 0,000012/\text{K}, l = 31,99696 \text{ und } \Delta T = 3\text{K}$$

$$\Delta l = 1,151889 \text{ viel zu groß, es ist kein Messwert sondern nur } \Delta l \text{ d.h.}$$

$$F = U + \Delta l = 1,38388596 \mu\text{m} \approx 1,389 \mu\text{m} \quad \text{Maßstab - Werkstücke}$$

Die Luftfeuchte wird in die Fehlerbetrachtungen nicht einbezogen, da wir hier keine zu hohe Luftfeuchte haben, welche einen starken Einfluß auf die Reinheit der Prüfflächen hat.

*keine Einfluss*

Meßunsicherheit manuelle Messung Gutseite:

Meßunsicherheit durch Gerät:  $U = \pm(0,2 + L/1000)\mu\text{m}$   $U = 0,232\mu\text{m}$  mit  $L=31,99708 \text{ mm}$ 

Temperatureinfluß: die Messung wurde bei einer Temperatur von  $23^\circ\text{C}$  Raumtemperatur durchgeführt, dies liegt außerhalb der festgelegten Grenzwerte nach VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 3  $20^\circ \pm 2^\circ$

$$\Delta l = \alpha * l * \Delta T \text{ mit } \alpha = 0,000012/\text{K}, l = 31,99696 \text{ und } \Delta T = 3\text{K}$$

$$\Delta l = 1.151895$$

$$F = U + \Delta l = 1,38389208 \mu\text{m} \approx 1,384 \mu\text{m}$$

*0.0.*

Meßunsicherheit manuelle Messung Gutseite:

Meßunsicherheit durch Gerät:  $U = \pm(0,2 + L/1000)\mu\text{m}$   $U = 0,232\mu\text{m}$  mit  $L=31,98826 \text{ mm}$ 

Temperatureinfluß: die Messung wurde bei einer Temperatur von  $23^\circ\text{C}$  Raumtemperatur durchgeführt, dies liegt außerhalb der festgelegten Grenzwerte nach VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 3  $20^\circ \pm 2^\circ$

$$\Delta l = \alpha * l * \Delta T \text{ mit } \alpha = 0,000012/\text{K}, l = 31,98826 \text{ und } \Delta T = 3\text{K}$$

$$\Delta l = 1.151577$$

$$F = U + \Delta l = 1,38356526 \mu\text{m} \approx 1,384 \mu\text{m}$$

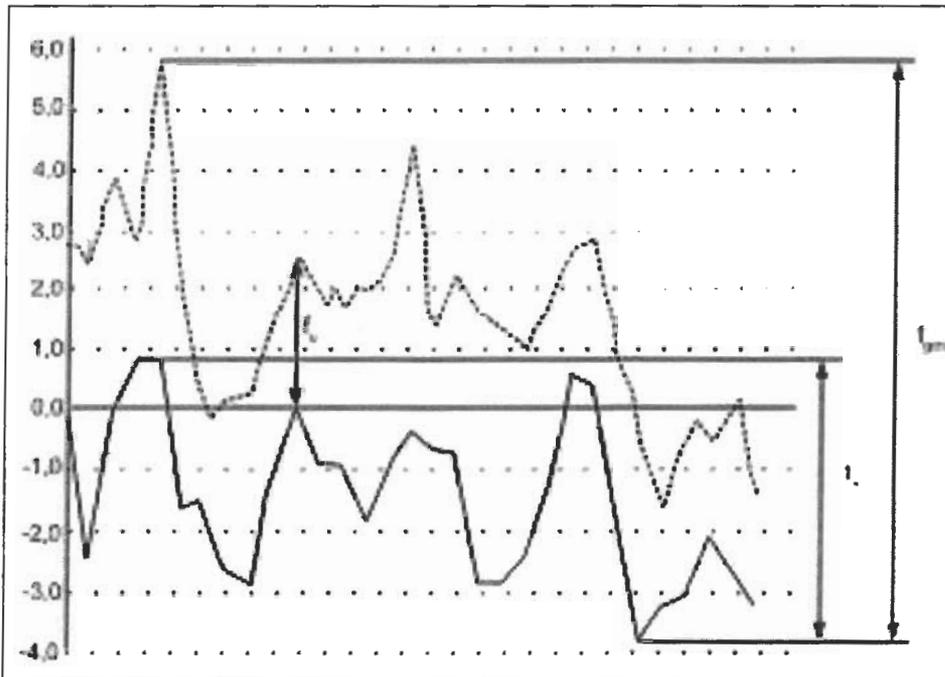
### Versuchdurchführung Meßuhr

Die Schritte für das Prüfverfahren sind in der VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 11 beschrieben. Wie bei der Rachenlehre muß auch hier zu Beginn eine Reinigung durchgeführt werden (Meßbolzen). Es folgt eine visuelle Prüfung auf Beschädigungen. Die Meßuhr wird in die ULM 01-600 waagrecht eingespannt und die Gegenpinole, mit einem flachen Endstück, angefahren. Danach wird die entsprechende Software gestartet, zuerst folgt eine Messung vor einfahrenden Meßbolzen, danach für ausfahrenden Meßbolzen, zum Schluß erfolgt noch eine Messung für die Wiederholbarkeit. Die ermittelten Werte sind in dem angehängenen Ausdruck zu entnehmen.

Die Prüfung wurde mit einer Meßspanne von 3 mm, und einer Skalenteilung von 0,01 mm durchgeführt, die Prüfschritte lagen aller 0,1 mm.

Laut DIN 878 sind folgender Grenzwerte einzuhalten (Werte in  $\mu\text{m}$ ):

$$f_c = 10; f_t = 5; f_{\text{ges}} = 12; f_w = 3; f_u = 3$$



Das Bild ist eine Nachzeichnung der gemessenen Werte, Original in Anlage.

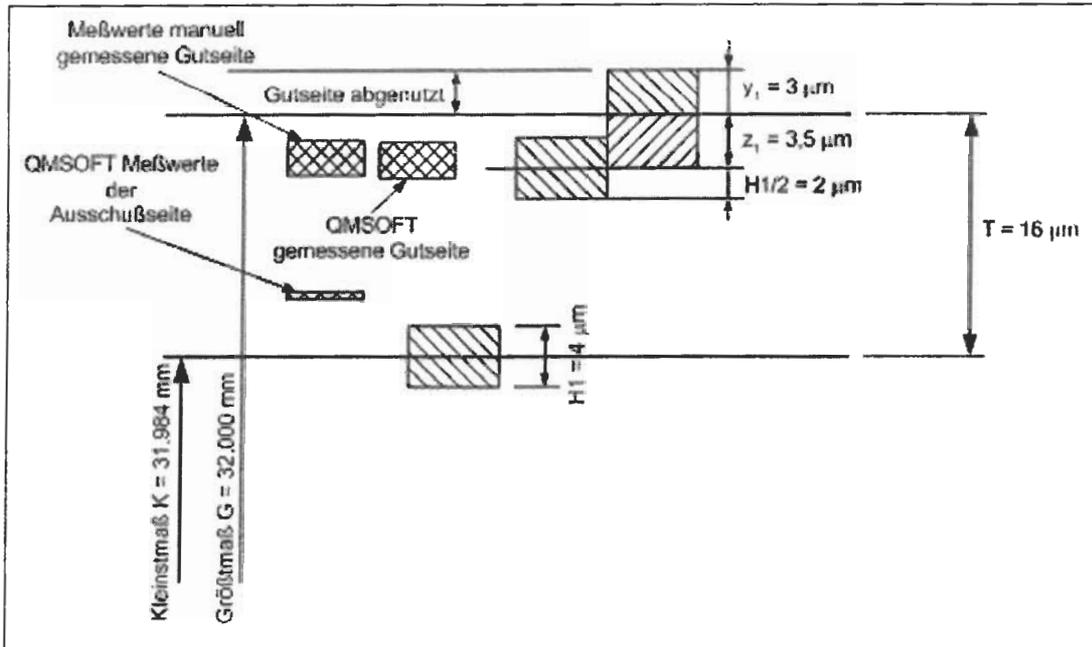
Gemessen wurden folgende Werte (Werte in  $\mu\text{m}$ ):

$$\begin{aligned} f_c &= 4,7 \\ f_{\text{ges}} &= 9,8 \\ f_w &= 1,1 \\ f_u &= 5,2 \end{aligned}$$

Die Auswertung der Werte ergibt, daß die Meßwertumkehrspanne mit 2,2  $\mu\text{m}$  außerhalb des Toleranzbereiches liegt.

## Diskussion der Ergebnisse:

### Rachenlehre



Wie in der Graphik zu erkennen ist, so liegen die Ausschußseite und die Gutseite im Toleranzfeld der Welle, die Rachenlehre kann also verwendet werden, wobei die Gutseite schon sehr nah an der Toleranzgrenze liegt. Dies würde bedeuten, daß eher zu empfehlen wäre diese Lehre den Prüfern zu geben und nicht mehr den Werkern. Da es sich hier jedoch um eine Welle der Toleranzklasse IT 6 handelt muss das Zugabemaß  $y_1$  beachtet werden, d.h. die Rachenlehre liegt noch voll im akzeptablen Bereich.

Außerdem muss beachtet werden, daß die Meßbedingungen nicht ideal waren, eine um  $3^\circ\text{C}$  höhere Raumtemperatur sorgt für erhebliche Abweichungen bei der Messung, dies würde bedeuten, daß der tatsächliche Durchmesser der Rachenlehre größer ist.

### Meßuhr

Die Meßuhr kann nicht mehr eingesetzt werden, da die Meßwertumkehrspanne  $f_u$  um  $2,2 \mu\text{m}$  außerhalb des erlaubten Bereiches liegt. Dies kann an einer zu großen Reibung der mechanischen Teile liegen, an einem zu großen Spiel, oder einer erschlafften Feder.

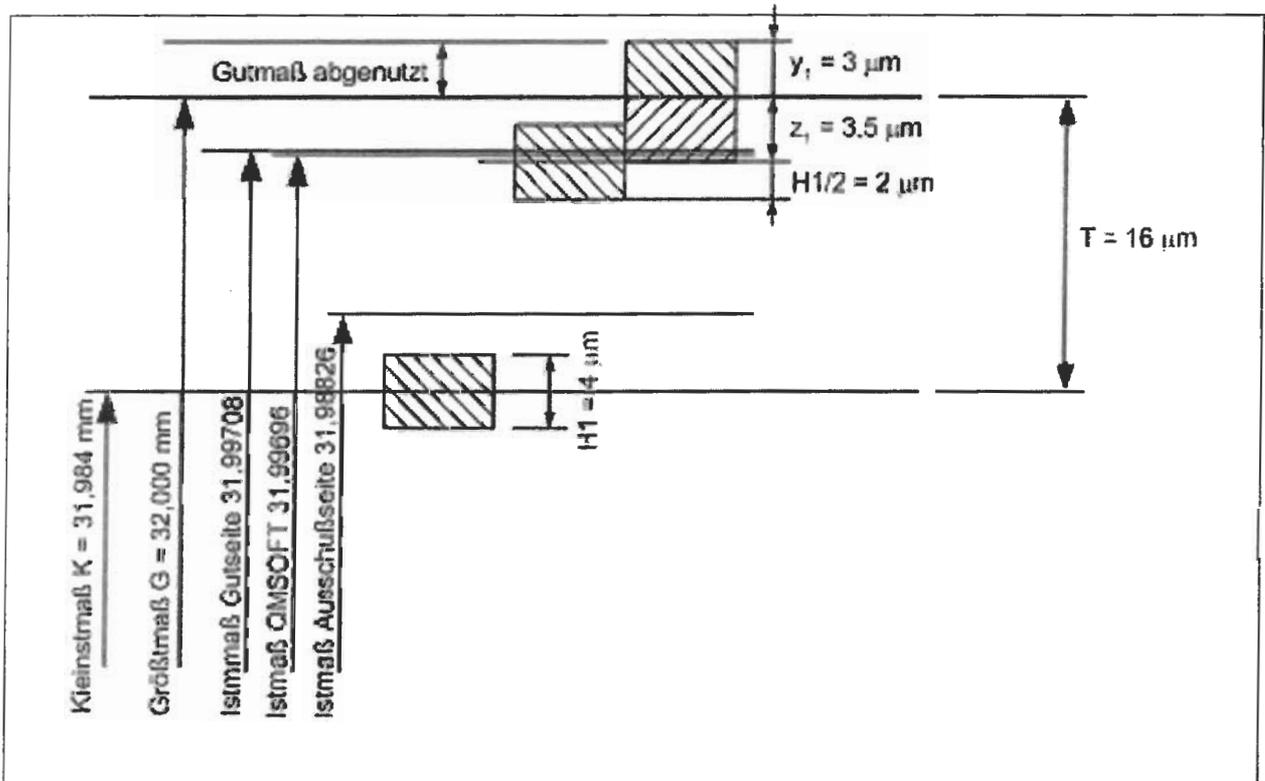
## Aufgabe 1

Durch welche Maßnahme wird eine angemessene Lebensdauer einer Gutlehre erreicht?

Durch die Paarung von Welle und Rachenlehre, kommt es zu Reibungen, welche einen Verschleiß der Lehre mit sich führen. Um die Lebensdauer einer Lehre zu vergrößern, wird das Verschleißmaß in das Fertigungstoleranzfeld eingerückt bei IT 9 bis IT 17, bzw. bei IT 5 bis IT 8 das Verschleißmaß außerhalb des Toleranzfeldes gesetzt.

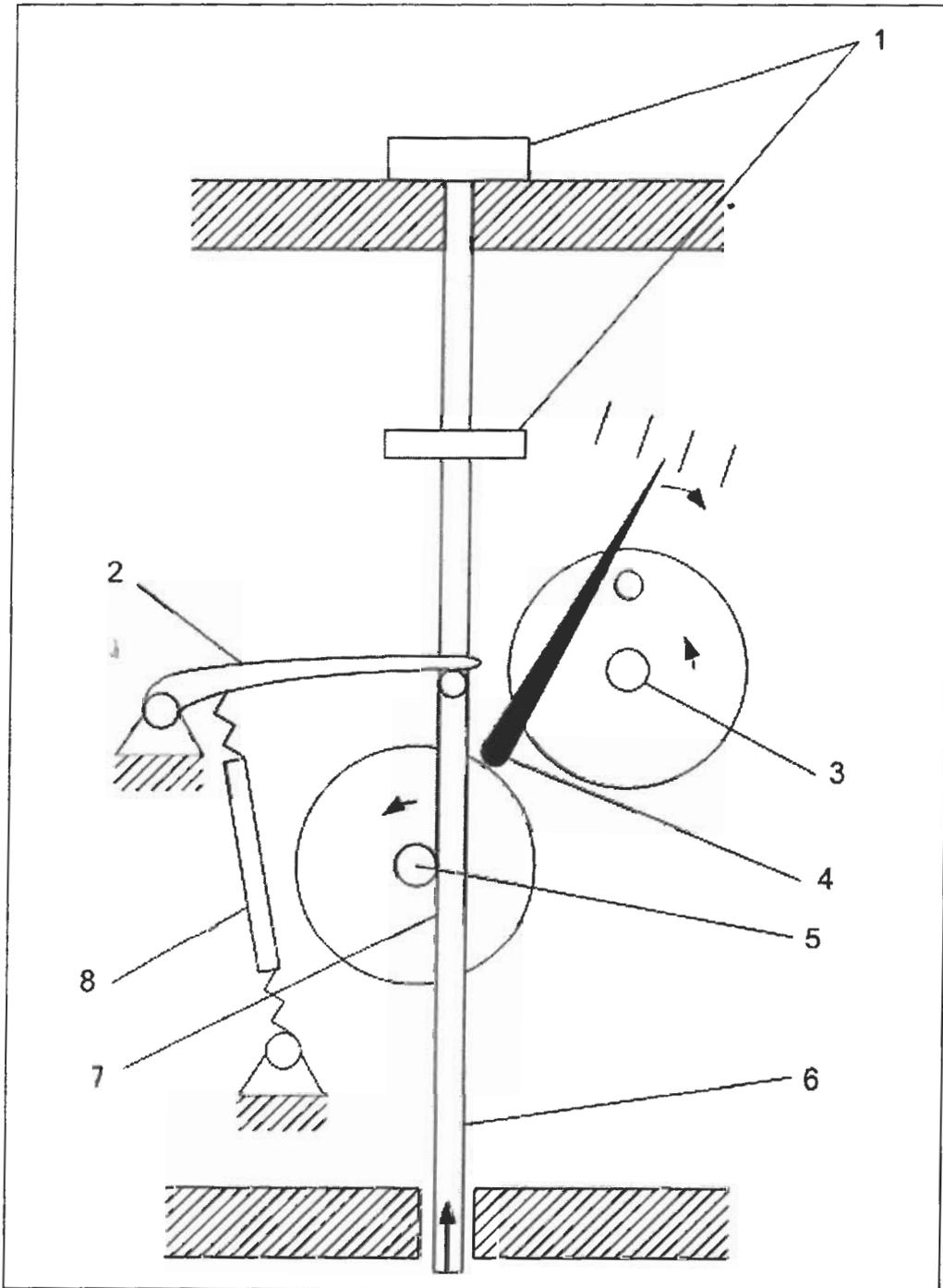
## Aufgabe 2

Zeichnen Sie maßstabsgerecht die Lage der Toleranzfelder für die gemessene Rachenlehre 32h6 und geben Sie den Istzustand der Rachenlehre an!



**Aufgabe 3**

Skizzieren Sie den konstruktiven Aufbau des mechanischen Systems einer Meßuhr!



- 1 Anschläge
- 2 Ausgleichshebel
- 3 Spielausgleichsfeder
- 4 Zeigerritzel
- 5 Zahnstangenritzel
- 6 Meßbolzen
- 7 Zahnstange
- 8 Rückstellfeder

**Aufgabe 4**

Welcher Fehler entsteht (Fehler 1. oder 2. Ordnung) durch eine falsche Umkehrpunktbestimmung bei der Messung des Lehring.

$$d := 13.9998 \text{ mm} \quad x := 0.01 \text{ mm}$$

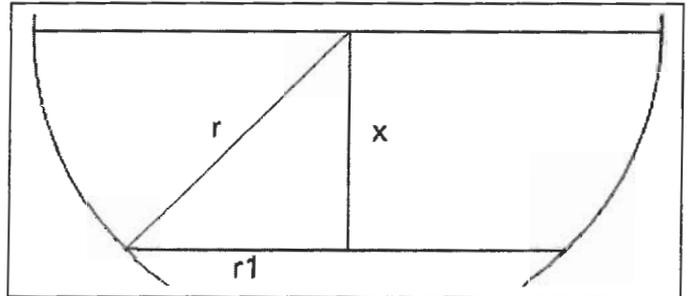
$$r := \frac{d}{2} \quad r = 6.9999 \text{ mm}$$

$$\alpha := \arccos\left(\frac{x}{r}\right) \quad \alpha = 89.91814769 \text{ Grad}$$

$$r1 := \sin(\alpha) \cdot r \quad r1 = 6.99989285703717 \text{ mm}$$

$$d1 := 2 \cdot r1 \quad d1 = 13.9997857140743 \text{ mm}$$

$$f := (d - d1) \cdot 1000 \quad f = 0.0143 \text{ } \mu\text{m}$$



Es entsteht ein Fehler 2. Ordnung, welcher sehr klein ist.

## Quellenverzeichnis

- Quelle 1** - Auszug aus Art. 205 §823 BGB „Bürgerliches Gesetzbuch“ bearbeitet von Bassenge, Diederichsen, Edenhofer, Heinrichs, Heldrich, Putzo, Sprau, Thomas – 58. Auflage Verlag C.H.Beck
- Quelle 2** - Auszug aus DIN EN ISO 9004:2000 Seite 63
- Quelle 3** - Fertigungsmeßtechnik, Handbuch für Industrie und Wissenschaft von H.J. Warnecke und W. Dutschke Springer Verlag 1984
- Quelle 4** - Fertigungsmeßtechnik, Handbuch für Industrie und Wissenschaft von H.J. Warnecke und W. Dutschke Springer Verlag 1984 Seite 40
- Quelle 5** - Meßprotokoll QMSOFT (siehe Anhang)
- Bild 1** - Fertigungsmeßtechnik von T. Pfeifer, Oldenbourg Verlag 1998
- Bild 2** - DIN 7150 Teil 2 Seite 6
- Bild 3** - Fertigungsmeßtechnik, Handbuch für Industrie und Wissenschaft von H.J. Warnecke und W. Dutschke Springer Verlag 1984 Seite 204
- Bild 4** - DIN 878 Seite 4
- Bild 5** - DIN 878 Seite 4
- Bild 6** - Fertigungsmeßtechnik, Handbuch für Industrie und Wissenschaft von H.J. Warnecke und W. Dutschke Springer Verlag 1984 Seite 259
- Bild 7** - 8. Studienbrief Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung von Dr.-Ing. Rolf Schröter Seite 33

---

### Zusammenfassung der verwendeten Quellen:

BGB „Bürgerliches Gesetzbuch“ bearbeitet von Bassenge, Diederichsen, Edenhofer, Heinrichs, Heldrich, Putzo, Sprau, Thomas – 58. Auflage Verlag C.H.Beck

Fertigungsmeßtechnik, Handbuch für Industrie und Wissenschaft von H.J. Warnecke und W. Dutschke Springer Verlag 1984

Fertigungsmeßtechnik von T. Pfeifer, Oldenbourg Verlag 1998

8. Studienbrief Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung von Dr.-Ing. Rolf Schröter

2. Studienbrief Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung von Prof.Dr.-Ing.habil. Hartmut Weise Dr.-Ing. Rolf Schröter

1. Studienbrief Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung von Dr.-Ing. Dietrich von Stockhausen

DIN: 1319; 878; 2231; 7150 Teil 2; 7160; 7162

VDI: 2618 Blatt 3 und 11

DIN: EN ISO 9000 ff; EN ISO 9001:2000; EN ISO 9004:2000