

# Technische Information

## Unrundheit

Mit der vorliegenden Information möchten wir Sie umfassend über die Thematik Kollektorunrundheit informieren und die Gelegenheit nutzen, das „SCHUNK Motorscope“ als Messgerät zur Ermittlung von Kollektorfehlern vorzustellen.

### 1. Kohlebürstenprobleme durch Kollektorfehler

Jede Deformation eines Kommutators oder Schleifringes von rotierenden elektrischen Maschinen führt im Betrieb zu Problemen. Diese können unvermittelt auftreten und äußern sich in verschiedener Form:

- Bürstenfeuer,
- Zerstörung der Bürsten durch vorstehende Lamellen,
- hoher Bürstenverschleiß,
- Beschädigung der Stromseile und Kopfstücke,
- Geräusch,
- Beschädigung der Gelenke an Druckhebelhaltern,
- Brechen der Federn an Rollbandfederhaltern.

Je höher die Umfangsgeschwindigkeit eines Antriebes desto dramatischer fallen die Effekte aus. Daher ist in diesen Fällen meistens schnelles Handeln gefordert.

Folgende Deformationen und Beschädigungen von Kommutatoren können die angeführten Probleme auslösen:

- Exzentrizität oder Ovalität, allgemein Unrundheit genannt,
- Flachstellen,
- vorstehende und zurückstehende Lamellen,
- Lockerung von Kommutatorsegmenten, z.B. nach Überlastung von Motoren..

## Technische Information

Als mögliche Ursachen für Unrundheiten und Flachstellen können folgende Punkte angeführt werden:

- Unwucht des Ankers,
- Schwingungen und Erschütterungen der Maschine,
- Anfahrbrandstellen,
- Anbrennungen durch Kommutierungsprobleme, Wicklungsfehler,
- Anbrennungen durch örtliches Abheben einzelner Bürsten infolge Luftpolsterbildung,
- Bürstenfeuer durch radiale Halterschwingungen,
- Bürstenfeuer durch hohen Reibwert.

Welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, richtet sich nach der Art und dem Grad der Unrundheit. Eine exakte und reproduzierbare Messung des Kollektorprofils ist die dafür notwendige Grundlage.

Im folgenden Abschnitt möchten wir daher auf die Messung von Kommutator- und Schleifringunrundheit, insbesondere mit dem „SCHUNK Motorscope“, näher eingehen. Außerdem werden wir einige Tipps zum Schließen und Abdrehen von Kollektoren und Schleifringen geben.

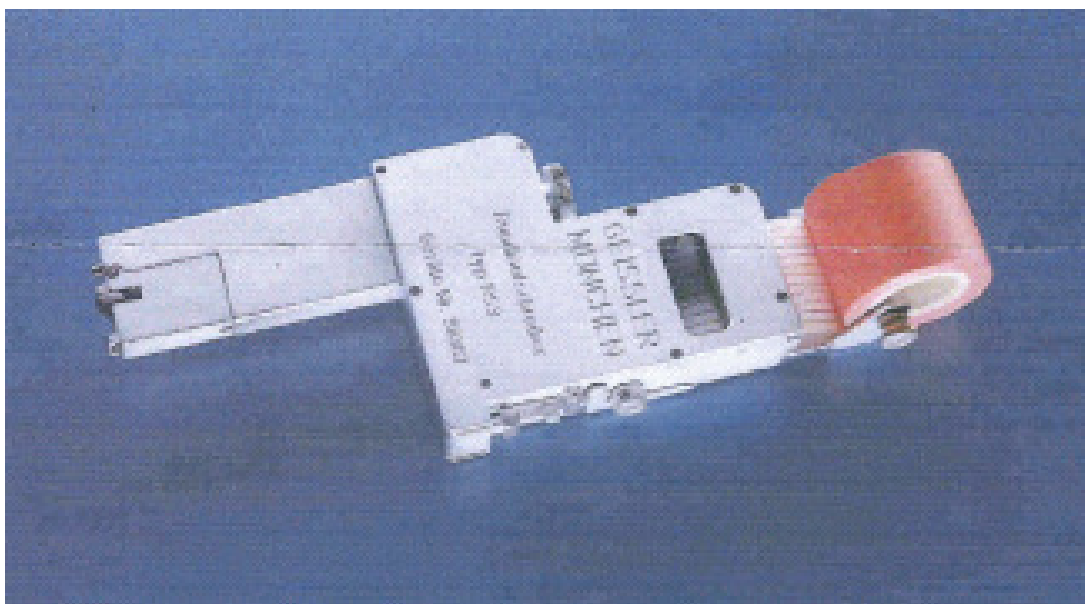
### 2. Messung von Unrundheiten

Die Bestimmung mittels Messuhr ist die einfachste Methode zur Bestimmung von Rundlaufabweichungen. Nachteil ist allerdings, dass nur die maximale Unrundheit ermittelt, das Kollektorprofil allerdings nicht dargestellt werden kann.

## Technische Information



Die nächste Stufe ist ein mechanisches Gerät der Fa. Geissler, das auf einem Papierstreifen die Registrierung des Kommutatorprofils erlaubt. Trotz einer geringen Auflösung ist mit diesem Gerät sogar die Erkennung von Kupferschieben möglich. Aufgrund der geringen Größe, des geringen Gewichtes, des einfachen Handlings und der universellen Anwendbarkeit war dieses Gerät über Jahrzehnte der Favorit zur Bestimmung von Rundlaufabweichungen. Leider wird das Geissler Gerät seit ca. 10 Jahren nicht mehr hergestellt, Reparaturen können nur von Feinmechanikern durchgeführt werden.



## Technische Information

Eine Gerät mit etwas höherer Auflösung, das nach dem gleichen Prinzip arbeitet, bietet die Fa. Feinprüf. Die Kollektorprofile können auf Thermodruckpapier ausgewertet werden.



Erste elektronische Geräte befinden sich seit Anfang der 90er Jahre auf dem Markt. Damit ist eine sehr genaue Bestimmung von Kollektor- und Schleifringdeformationen möglich, allerdings nur an spannungsfreien Motoren. Verschiedene Darstellungsformen erleichtern die Auswertung.



## Technische Information

Die erwähnten Geräte haben einen gemeinsamen Nachteil: Zum Messen muss der Kollektor gedreht werden, was bei Spannungsfreiheit Drehen von Hand oder in der Traktion Ziehen oder Schieben des Triebfahrzeuges bedeutet.

Dieser gravierende Nachteil wird mit dem im folgenden Abschnitt beschriebenen SCHUNK Motorscope vermieden.

### 2.1 Das SCHUNK Motorscope ©



Schunk hat im Jahre 1997 mit der Entwicklung eines Rundlaufmessgerätes begonnen. Ausgehend von eigenen Erfahrungen unserer Anwendungstechniker wurde das Gerät vorrangig für Messungen an einer laufenden, unter Spannung stehenden Maschine, konzipiert. Dadurch entfallen besonders bei größeren Maschinen aufwendige Vorbereitungen, wie z.B. das Auskuppeln des Getriebes.

Die Messwerte werden mit einem isoliert eingebauten Hall-Effekt Sensor aufgenommen, der an Stelle einer Kohlebürste mit einem Adapter in einem Halterkasten montiert wird. Die

## Technische Information

;Messwerte werden zunächst in einem internen Speicher des Messwertaufnehmers zwischengespeichert. Für ein Kurzprotokoll ist ein interner Drucker vorhanden. Anschließend können die Daten auf einem Laptop oder PC ausgelesen werden und grafisch aufbereitet werden.

Messungen mit dem Motorscope bieten sich an für

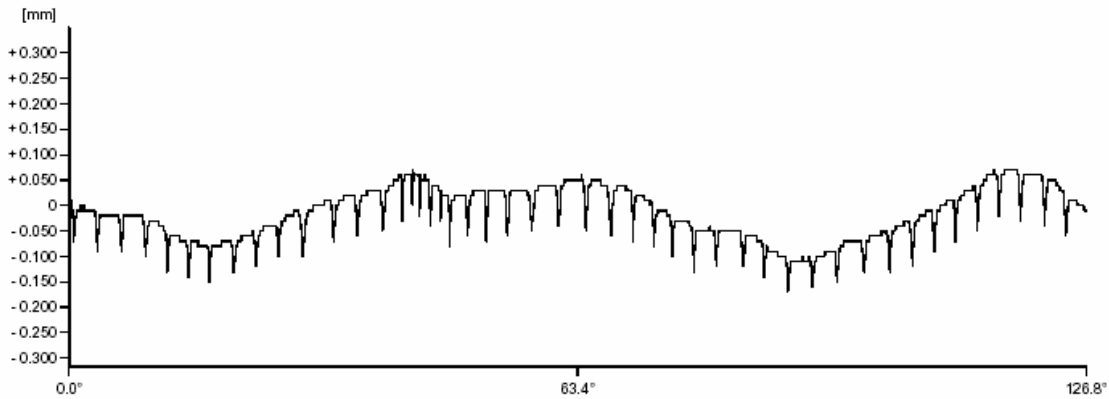
- Fehlersuche
- Vorbeugende Wartung
- Planung der Wartung
- Qualitätssicherung

### 2.1.1. Messgrößen

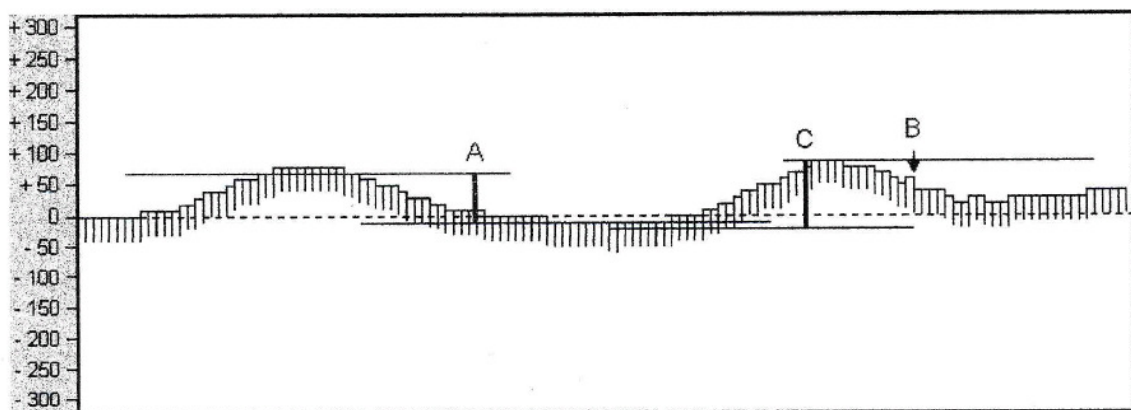
Die Werte werden in 10µm Intervallen angezeigt (0,01mm , 1/100mm). Die interne Auflösung beträgt 5µm- Die Messwerte werden unterhalb von 5µm abgerundet und oberhalb 5µm entsprechend aufgerundet. Dieses Auf- und Abrunden sorgt dafür, dass Erschütterungen, Verschmutzungen der Kommutatoroberfläche , Toleranzen in der Lagerluft etc. nicht in die Messung einfließen.

Die Auflösung reicht aus, um Beschädigungen an den Lamellenkanten, Anbrennungen an den Lamellenoberflächen und Kupferschieben zu erkennen.

## Technische Information



Anhand der folgenden Abbildung werden die vom Motorscope angezeigten Messwerte erläutert:



**A: Max. Unrundheit (im Beispiel 0,080 mm)**

**B: Max. Lamellensprung – Abstand zwischen zwei Lamellen (0,020 mm)**

**C: Max. Lamellendifferenz – TIR (0,100mm)**

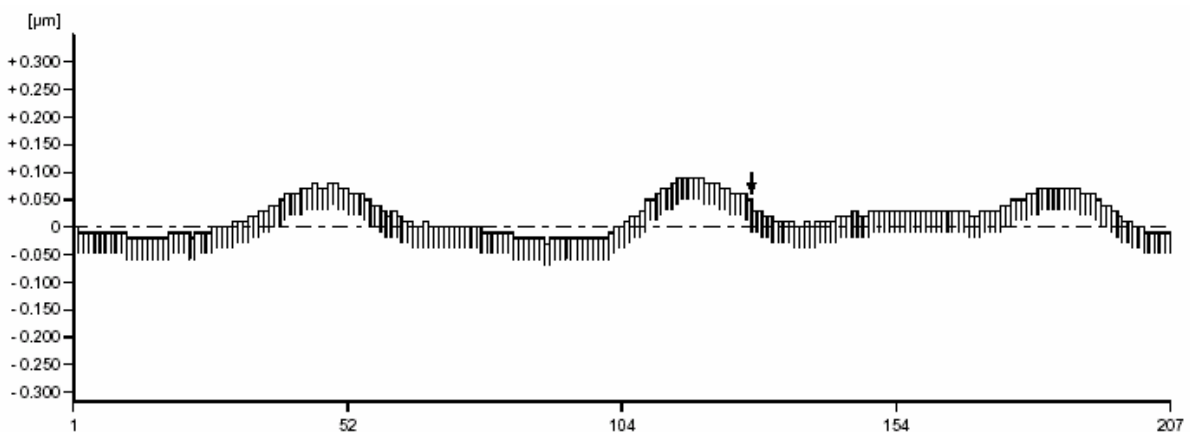
# Technische Information

## Max. Unrundheit

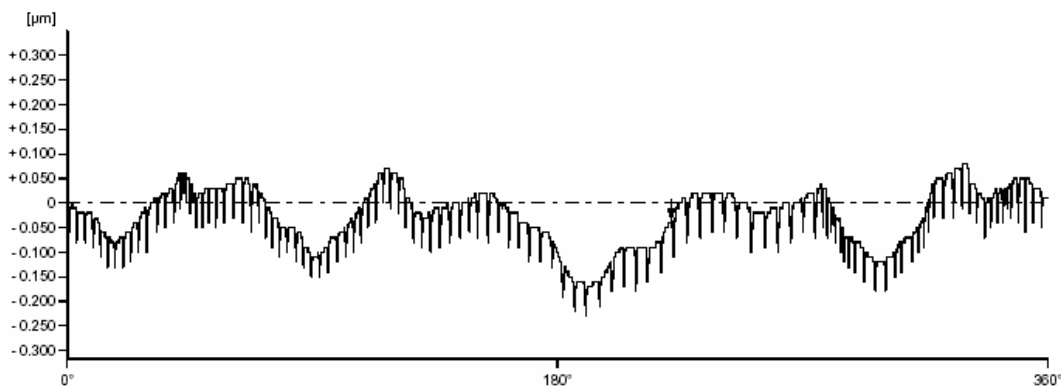
Der Versatz des Kommutators oder Schleifringes aus der idealen Mitte wird als Unrundheit bezeichnet.

Bei den vom Motorscope angezeigten Daten handelt es sich um Mittelwerte. Diese können von der maximalen Lamellendifferenz abweichen. (siehe auch obige Abbildung), was desöfteren zu Missverständnissen führt.

Man unterscheidet langwellige und kurzweilige Unrundheiten.



## Langwellige Unrundheit



## Kurzweilige Unrundheit

## Technische Information

Eine ovale auf den ganzen Umfang gleichmäßig verteilte Unrundheit beeinflusst das Kohlebürstenlaufverhalten nur wenig. Eine Kohlebürste kann einer solchen Unrundheit folgen. Kurze, lokale Abweichungen, z.B. durch vor- oder zurückstehende Lamellen oder Lamellenpakete, können sich wesentlich dramatischer auswirken. Sie sorgen für Kontakttrennungen von Kohlebürste und Kollektor. Dadurch entsteht Bürstenfeuer, es kommt zu Anbrennungen, wodurch die Unrundheit dann noch verstärkt wird.

Diese kurzweiligen Unrundheiten traten besonders häufig, aber nicht ausschließlich, bei Bahnanwendungen auf. Man spricht dann auch von sogenannter „Girlandenbildung“.

Daher gibt der Wert der maximalen Unrundheit alleine keine ausreichende Auskunft über den Kollektorzustand. Entscheidend ist die *Form des Oberflächenprofils*, das mit Instrumenten wie dem SCHUNK Motorscope besonders anschaulich dargestellt werden kann. Werte die lediglich mit einer Messuhr ermittelt wurden, sind daher mit Vorsicht zu betrachten.

### Lamellensprung

Der Lamellensprung ist die Differenz zwischen zwei benachbarten Kommutatorlamellen. Der Sprung kann sowohl eine vorstehende als auch eine zurückstehende Lamelle sein. Anzeigt und mit einem Pfeil markiert wird der maximale Lamellensprung, d.h. die größte Differenz zwischen zwei benachbarten Lamellen. Die Auflösung des Motorscopes erlaubt es sogar, Kupferschieben zu erkennen.

### Max. Lamellen Differenz

Die maximale Lamellendifferenz gibt die Differenz zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt der vermessenen Oberfläche an.

## Technische Information

### 2.1.2. Grenzwerte

Die Angabe exakter Zahlen für die zulässige Unrundheit ist nicht möglich, weil der Wert sehr stark von der Umfangsgeschwindigkeit des Kollektors abhängt. Während für kleinere Maschinen mit höheren Umfangsgeschwindigkeiten nur Unrundheiten von 0,02 bis 0,04mm toleriert werden können, sind bei Langsamläufern mit Umfangsgeschwindigkeiten von 5 - 10m/sec Werte bis zu einigen Zehntel noch tragbar.

In der folgenden Darstellung sind unsere Empfehlungen für maximale Unrundheit und maximalen Lamellensprung zusammengefasst.

Wert	Lamellen- sprung	Lamellen- sprung	Lamellen- sprung	Rundlauf	Rundlauf	Rundlauf
180μ						Unzulässig
160μ						
140μ					unzulässig	
100μ			unzulässig	unzulässig		
80μ		unzulässig				
70μ					noch zulässig	
60μ	unzulässig		noch zulässig	noch zulässig		gut
50μ		noch zulässig			gut	
40μ	noch zulässig			gut		
30μ			gut			
20μ		gut				
10μ	gut					
0μ						
Größe	AH < 200	AH 450 - 900	AH > 900	AH < 200	AH 200 - 450	AH > 900

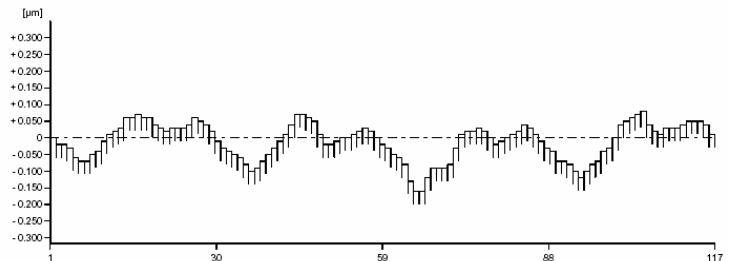
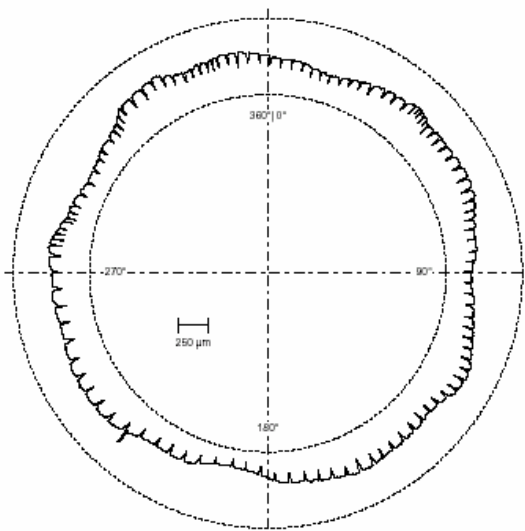
### 2.1.3. Graphische Darstellungsformen

Mit der in den obigen Darstellungen gezeigten gestreckten Darstellungsform kann sowohl der gesamte Kollektor als auch ein kleiner Teilbereich bewertet werden. Der maximale Lamellensprung wird mit einem Pfeil markiert. Die hohe Auflösung ermöglicht das Erkennen kleinster Fehler an den Lamellen.

## Technische Information

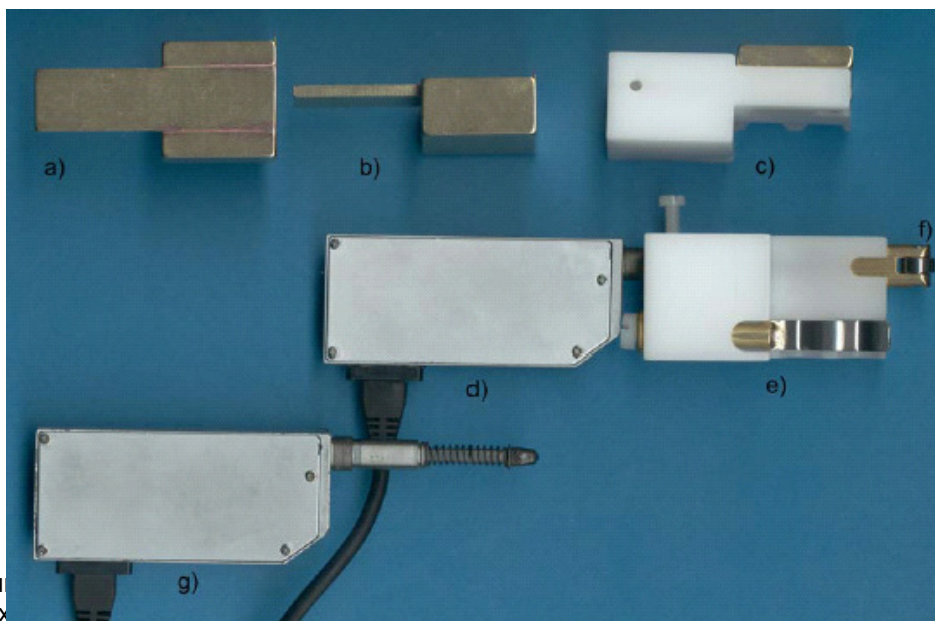
Mit dem SCHUNK Motorscope ist auch eine kreisförmige Grafik möglich, die sich besonders eignet, um gleichförmige Einbrennungen und Abweichungen von der Kreisform zu erkennen. Auch hier ist der größte Lamellensprung durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Mit der Lineardarstellung wird ein Teilbereich des Kommutators mit idealisierten Lamellen gezeigt. Der komplette Kollektor kann von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  abgefahren werden.



### 2.1.4. Durchführung von Messungen

Das Gerät wird mit folgenden Zubehöerteilen ausgeliefert:



Unru  
Index

## Technische Information

A & B	Distanzplatten
C	Adapter mit Distanzplatte
D	Adapter mit Spannzange
F	Messrad bzw. Messspitze
G	Sensor

Das Gerät hat Kapazität für 16 Messungen, besonders hilfreich für Messungen an größeren Kollektoren mit mehreren von Kohlebürsten bestrichenen Bahnen. Eine Unterscheidung zwischen Messung an Kommutatoren und an Schleifringen oder anderen zylindrischen Körpern ist möglich. Nach Montage des Adapters, der mittels Distanzplatten an alle gängigen Halterabmessungen angepasst werden kann, wird der Sensor in dem Adapter arretiert. Der Start der Messung erfolgt vorzugsweise mit einem Magnet – Drehzahlsensor, der auch nach exakt einer Umdrehung die Messung beendet. Alternativ kann die Messung über einen Handtaster gestartet und beendet werden, oder auch die Lamellenzahl voreingestellt werden. Vorzugsweise sollte die Messrolle verwendet werden. Die Anzahl der Lamellen wird nur bei Kommutatoren mit eindeutiger Glimmerschicht exakt erkannt. Bei Problemen kann wahlweise eine Messspitze eingesetzt werden.

Während des Messvorganges muss die Maschine langsam gedreht werden. Die Geschwindigkeit sollte 5 – 6 m/s nicht übersteigen, da es sonst zu Fehlmessungen kommen kann. Bei größeren Antrieben kann die Messung unter Spannung im Tipp-Betrieb oder beim Auslauf des Motors erfolgen.

Bedingt durch Instabilitäten des Kollektors, können die Kommutatorprofile auf den einzelnen von den Kohlebürsten bestrichenen Bahnen unterschiedlich ausfallen. Daher empfiehlt sich besonders bei großen Motoren und Bahnmotoren die Vermessung sämtlicher Bahnen.

Die Daten können anschließend auf einen PC übertragen werden. Für eine erste Kontrolle bietet sich das Kurzprotokoll an, das mit dem eingebauten Drucker ausgegeben werden kann und alle wichtigen Daten enthält.

## Technische Information

```
*****
Schunk MotorScope V2.00
      Kollektorlauf-
      Messprotokoll

Datum       : 23.05.2000
Zeit        : 10:27
Motor ID    : -----
Spur/Speicher: 003
Drehz.-Sensor: ja
Typ         : Kommutator
Auflösung   : 010um/Imp

      Messwerte

m. Unrundheit: 0.010 mm
Lamellensprg.: 0.120 mm
max Lam Diff: 0.150 mm
erk. Lamellen: 0100
Drehzahl     : 0002 rpm

*****
```

Die Messung kann mit der PC-Grafik kontrolliert werden, wobei fehlerhafte Messungen in der Grafik erkannt werden können.

Das Motorscope bietet mit dem isoliert einzubauenden Adapter die Möglichkeit, Schleifringe und Kommutatoren unter Spannung zu messen. Dazu muss das Motorscope geerdet werden. Die einschlägigen Sicherheitshinweise zur Arbeit an laufenden, elektrischen Maschinen sind unbedingt zu beachten.

### 2.2 Bezugsquelle

Das Motorscope kann bei folgender Adresse bezogen werden

SCHUNK Kohlenstofftechnik GB4

Rodheimerstraße 59

35452 Heuchelheim

Deutschland

Tel: +49 641 608 0

Fax: +49 641 608 1748

Email: [gb4@schunk-group.com](mailto:gb4@schunk-group.com)

Eine Demo Version mit Beispielmessungen, sowie Preisangaben, senden wir auf Anfrage zu

## Technische Information

### 3. Beseitigung von Unrundheiten

Kleinere Unrundheiten können durch ein Überschleifen mit einem Silizium-Carbid Schleifstein beseitigt werden. Bei größer Unrundheit müssen die Kollektoren abgedreht werden.

#### 3.1 Abschleifen von Kollektoren

Es kann erforderlich werden zunächst mit einem Stein mit grober Körnung vorzuschleifen, und die Endbearbeitung mit einem Stein feinerer Körnung vorzunehmen.

Für das Vorschleifen empfehlen wir generell einen groben Stein. Für das Nachschleifen von Stahlringen sollte ein Stein mittlerer Körnung verwendet werden. Bei Buntmetallwerkstoffe. Kann das Nachschleifen mit einem Stein „fein“ erfolgen.

Kornklasse (DIN 69100)	Körnung	Körnung (Bürsten Hersteller)	Partikelgröße µm
Mittel – SC46K5BA	46	Grob	420 – 350
Fein – SC80K4BA	80	Mittel	210 – 177
Sehr fein – SC220 K3BA	220	Fein	74 – 53

Um zu vermeiden, dass die Unrundheiten beim Schleifen vergrößert werden, ist es zweckmäßig, den Stein entlang einer Führungshilfe zu bewegen. Bei breiten, schadhaften Stellen oder größeren Rundlaufabweichungen sollte der Stein in einem Support eingespannt und fest geführt werden.

Ein nachträgliches Polieren der Oberflächen sollte unterbleiben. Aus dem gleichen Grunde sollte auch kein Schmirgelpapier eingesetzt werden, da dies erfahrungsgemäß für zu glatte Oberflächen sorgt.

Auch für das Schleifen sind die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen zu beachten. Bei laufender Maschine sollte man auf einer Gummimatte stehen und Gummihandschuhe tragen.

## Technische Information

### 3.2 Abdrehen von Kollektoren

Ist die Unrundheit sehr groß, empfiehlt es sich, die Kommutatoren oder Ringe abzdrehen. Je nach Größe der Maschine kann dies in den eigenen Lagern der Maschine oder auf einer Drehbank erfolgen. Als Drehwerkzeuge können sowohl mit Diamant-, mit Hartmetall beschichtete Drehmeißel verwendet werden.

Beim Abdrehen ist neben einem einwandfreien Rundlauf auch auf die richtige Oberflächenrauhtiefe (siehe SKT Info Nr. 36) zu achten. Die Rauhtiefe hängt hauptsächlich von den Drehparametern wie Schnittwinkel, Schnittgeschwindigkeit und Vorschub ab. Es können daher keine allgemein gültigen Angaben gemacht werden. Die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Werte sind daher nur Richtwerte, von denen im Einzelfall abgewichen werden kann.

#### Empfohlene Bedingungen für das Abdrehen von Kommutatoren und Schleifringen

	Werkzeug	Schnittgeschwindigkeit (m/min)	Vorschub (m / Umdrehung)	Schnitttiefe (mm)
<b>Kommutatoren</b>	Hartmetall	100 – 300	0,05 – 0,1	0,05 – 0,15
	Diamant	300 - 500	0,05 – 0,1	0,03 – 0,10
<b>Stahl- und Bronzeschleifringe</b>	Hartmetall	100 – 150	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15

Generell haben sich Spanwinkel von 13° bis 25° als zweckmäßig erweisen. Im Anschluss an den Drehvorgang kann die Oberfläche nochmals leicht geschliffen werden, um anhaftende Kupferflitter und feinste Späne zu entfernen. Danach muss der Kollektor gründlich gereinigt werden. Gegebenenfalls sind die Lamellenkanten neu zu brechen.