

# Industrie- und Bahnkohlebürsten

## Bestückung und Wartung von elektrischen Großmaschinen

Eine sorgfältig ausgewählte Kohlebürsten-Qualität und Bürstenausführung sind alleine noch keine Garantie für gutes Laufverhalten einer Kohlebürstenbestückung.

Nur in Verbindung mit einem einwandfreien Zustand der Kommutatoren und Schleifringe, richtig vertiefter Lamellenisolation usw. wird erst eine einwandfreie Stromübertragung möglich.

Neben einer gewissen Wartung und Pflege während des Betriebes, wobei in erster Linie auf Sauberkeit zu achten ist, sind daher insbesondere bei einer Neubestückung verschiedene Punkte zu beachten, auf die im folgenden näher eingegangen wird.

### Der Oberflächenzustand von Kommutatoren und Schleifringen

#### Kollektorunrundheiten (Rundlaufabweichungen)

Flachstellen, vor- oder zurückstehende Lamellen, Anfleckungen usw., kurz alle Abweichungen von der Kreisform, seien sie nun im Betrieb oder beim Abdrehen oder Abschleifen entstanden, bezeichnet man als Unrundheiten.

Sie führen besonders bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten zu starken Bürstenbewegungen und Bürstenfeuer. Schunk Kohlenstofftechnik verfügt mit dem SCHUNK Motorscope® über ein eigenentwickeltes Messinstrument zur Auf-

nahme von Rundlaufdiagrammen. Dieses Gerät ermöglicht die Ermittlung von Rundlaufabweichungen und Lamellensprüngen sogar an unter Spannung stehenden Motoren.

Die folgenden Abbildungen zeigen typische Rundlauffehler.

Bild 1 zeigt eine langwellige Unrundheit mit einem unzulässig großen Lamellensprung. Es ist

Bild 1

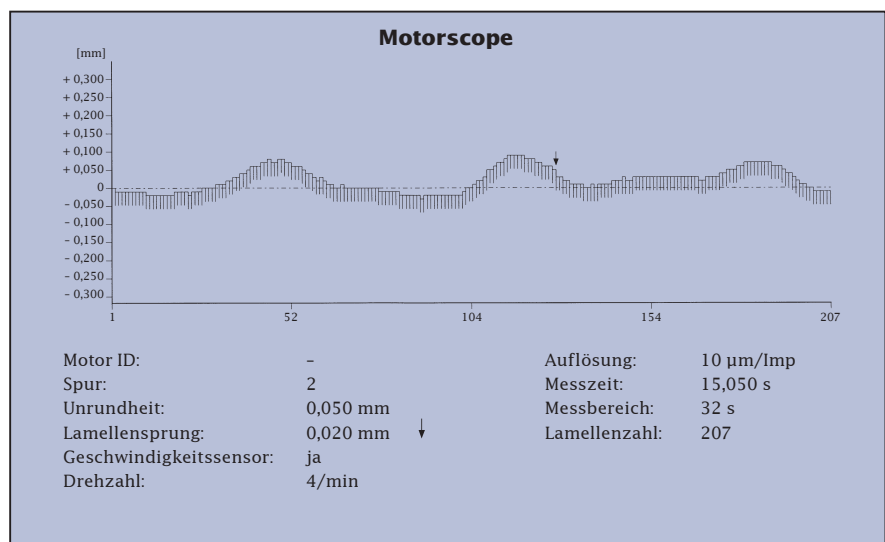
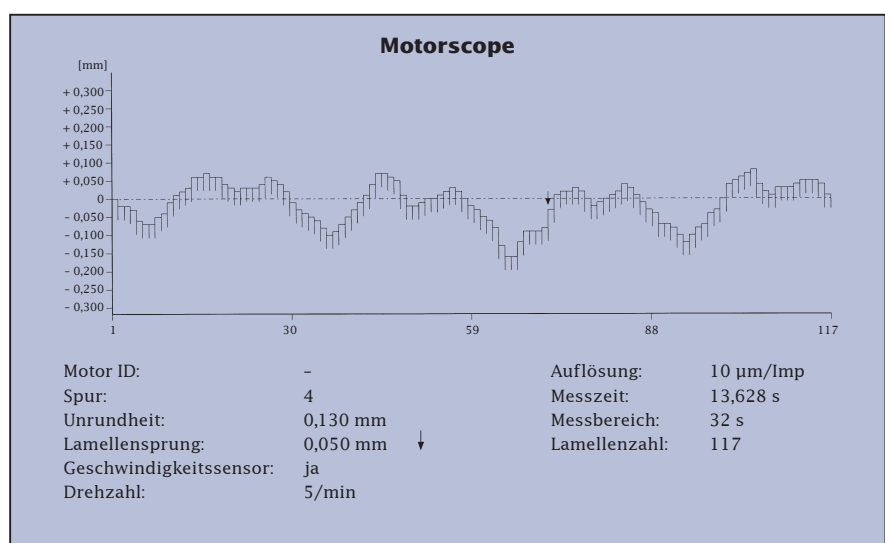
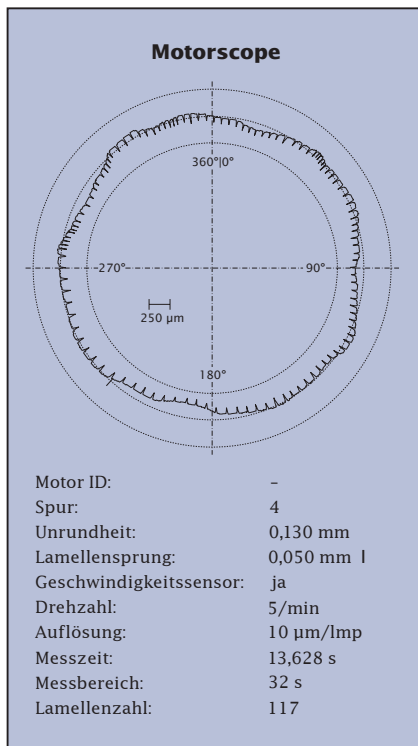


Bild 2



schwierig, allgemein gültige Grenzwerte für die Unrundheit anzugeben. Sie hängen von der Baugröße und der Umfangsgeschwindigkeit, der elektrischen Belastung und der Zahl parallel geschalteter

**Bild 3**



Bürsten ab. Bei mittleren Umfangsgeschwindigkeiten sollte selbst bei langwelligen Unrundheiten ein Wert von 0,1 mm als oberster Grenzwert angegeben werden. Zwischen benachbarten Lamellen ist im allgemeinen ein Höhenunterschied von 0,01 - 0,03 mm als Grenze anzusehen. Der Wert für den Lamellensprung ist von der Baugröße und der Umfangsgeschwindigkeit abhängig. Möglichkeiten der Fehlinterpretation aufgrund von Erschütterungen, Verschmutzungen in der Kommutatoroberfläche und Toleranzen im Lagerspiel sind bei Messungen mit dem SCHUNK Motorscope® nicht möglich.

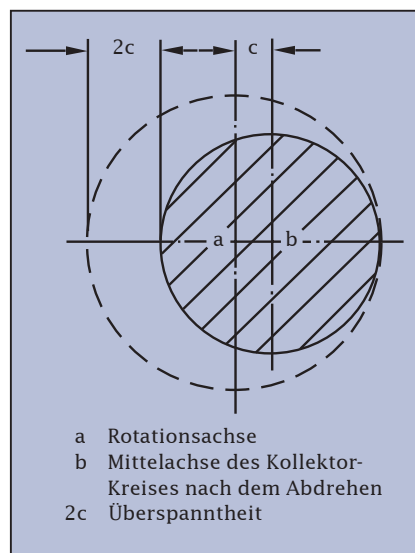
Liegt ein Verlauf des Rundlaufes wie in Bild 2 vor, ist mit Ver-

schleißanstieg der Kohlebürsten und unter Umständen Folgeschäden an Kommutatoren, Ringen und Kohlebürsten zu rechnen.

Bild 3 zeigt eine alternative Darstellungsweise, die es erlaubt, sehr schnell Ovalitäten und andere Oberflächenfehler wie Flachstellen zu lokalisieren.

Zu beachten ist, dass Messungen der Unrundheit nach Möglichkeit bei betriebswarmem und auch bei kaltem Kommutator vorgenommen werden sollten, weil damit dann auch thermische Verformungen, wie sie insbesondere bei hochbeanspruchten kleineren Kommutatoren vorhanden sein können, mit erfasst werden. Stellt man thermische Verformungen fest, so sind diese vor einem Abdrehen oder Abschleifen zunächst zu beseitigen, d.h. der Kommutator ist thermisch zu stabilisieren.

Übertriebene Darstellung eines Kollektorschlags



## Kollektorschlag

Von einem Kollektorschlag spricht man, wenn bei kreisrunder Oberfläche oder auch unrunder Kollektoren die Rotationsachse nicht mit der Mittelachse des Kollektorkreises identisch ist, wie es die untenstehende Skizze zeigt.

Es tritt dann exzentrischer Lauf der Kollektoroberfläche ein, wobei die größte Änderung in radialer Richtung dem doppelten Abstand der Achsenverschiebung entspricht.

Ein Kollektorschlag entsteht praktisch nur durch fehlerhaftes Abdrehen, wenn der Rotor z. B. nicht in der eigenen Lagerstelle eingespannt wird oder wenn das Einspannen an dieser Stelle mit Mittenversatz erfolgt. Ein Kommutatorschlag ist bei großen Maschinen mit den meist nicht sehr hohen Drehzahlen unkritischer wie z. B. bei Kleinmaschinen mit mehreren tausend Umdrehungen pro Minute, wobei dann die Kohlebürsten infolge ihrer Massenträgheit den radialen Bewegungen des Kollektors nur noch unvollkommen folgen können.

Tritt dieser Fall ein, so bildet sich bald eine Anfleckung, die dann dem Schlag eine Unrundheit mit all ihren negativen Folgen überlagert.

Bei Maschinen mit hohen Drehzahlen sollte der maximale Kollektorschlag den Grenzwert für Unrundheiten von ca. 50 µm nicht wesentlich überschreiten, während für niedertourige Großmaschinen je nach Drehzahl größere Werte, extrem sogar bis ca. 0,4 mm, zugelassen werden können.

## Bearbeitungsverfahren

### Schleifen der Rotoroberfläche

Kleinere Unrundheiten können im Allgemeinen durch ein Überschleifen der Kommutator- oder Ringoberfläche mit einem Siliziumcarbid-Schleifstein beseitigt werden, der von Hand auf der Kollektoroberfläche geführt wird.

Es kann dabei allerdings erforderlich werden, zunächst mit einem gröberen Stein vorzuschleifen, um dann die Endbearbeitung mit feinerer Körnung vorzunehmen.

Der Schleifstein ist möglichst bei Nenndrehzahl der Maschine gleichmäßig und leicht angedrückt, oszillierend über die gesamte Lauffläche hin- und herzuführen, damit ein gleichmäßiger Schliff entsteht.

Um zu vermeiden, dass die Unrundheiten beim Schleifen vergrößert werden, sollte die tangential Abmessung des Steines mindestens 2x so groß sein, wie die zu beseitigende fehlerhafte Stelle auf dem Rotor. Zweckmäßigerweise bewegt man den Stein entlang einer Führungshilfe, die z. B. in Form eines stabilen, geraden Blechstreifens an einem Bolzen oder Lineal befestigt sein kann. Dadurch können tangential Bewegungen oder Schwingungen des handgeführten Steines vermieden werden.

Sind die schadhafte Stellen sehr breit oder ist der Stromwender stark unrund, muss mit einem festgeführten Stein abgeschliffen werden. Hierzu verwendet man am besten entsprechende Vorrichtungen, die zum Teil auch mit rotierender Schleifscheibe ausgerüstet sind. Eine rotierende Schleifscheibe muss sich entgegen der Rotorbewegung drehen.

Zur Bearbeitung von Stahlringen sind gröbere Steine zu verwenden als bei Kupfer- oder Buntmetallen.

Nach unserer Erfahrung ist bei Kupfer und Buntmetall für das Vorschleifen ein Stein SC 80 K4 BA und zum Feinschleifen ein Stein SC 220 K3 BA (Bezeichnung nach DIN 69100) gut geeignet. Stahlringe sollte man, falls erforderlich, mit Stein SC 46 K5 BA vorschleifen und für die Endbearbeitung einen Stein SC 80 K4 BA nehmen. Die jeweils zuletzt genannten Schleifsteine geben bei richtiger Handhabung der geschliffenen Oberfläche eine für den Einlauf von Kohlebürsten günstige Oberflächenstruktur mit Rautiefenwerten in der Größenordnung von  $R_z = 5 - 8 \mu\text{m}$  (siehe hierzu auch die Hinweise in dem Kapitel Oberflächenrautiefe).

Ein nachträgliches Polieren (Glätten) der geschliffenen Rotoren ist zu unterlassen. Aus dem gleichen Grunde sollte auch von der Verwendung von Schmirgelpapier abgesehen werden, weil damit nach unserer Erfahrung leicht zu glatte Oberflächen geschaffen werden. Außerdem können Schmirgeln, die unter die Kohlebürsten gelangen, Riefen hervorrufen.

Wird Schmirgelpapier verwendet, dann nur in Verbindung mit einem Holzstück, welches dem Kollektordurchmesser angepasst ist. Zwischen Schmirgelleinen und Holz darf sich keine elastische Unterlage befinden.

Während des Schleifens wird zweckmäßigerweise bereits anfallender Staub abgesaugt. Nach Beendigung der Schleifarbeiten hat eine gründliche Reinigung aller verschmutzten Maschinenteile zu erfolgen.

### Abdrehen der Rotoroberfläche

Sind die Unrundheiten oder ein Kollektorvorschlag sehr groß, empfiehlt es sich wegen der größeren Zerspanungsleistung, die Kommutatoren oder Ringe abzudrehen. Außerdem wird beim Abdrehen die Verschmutzung geringer (kein Schleifstaub).

Das Abdrehen kann entweder in den eigenen Lagern der Maschine erfolgen (meist bei mittleren und großen Maschinen) oder bei ausgebautem Läufer auf einer Drehbank. Wird ein Läufer nicht in den eigenen Lagern sitzend, sondern z. B. in Zentrierbohrungen abgedreht, ist nach dem Einspannen in die Drehbank zunächst der Rundlauf der Lagerstätte zu kontrollieren. Werden dabei Abweichungen von mehr als 0,01 mm festgestellt, muss vor dem Abdrehen nachzentriert werden. Wird in den eigenen Lagerstellen abgedreht, ist eventuell vorhandenes axiales Lagerspiel zu beseitigen.

Besteht die Gefahr, dass die Lamellenisolation nach dem Drehen nicht mehr weit genug vertieft oder gar bündig ist, muss nachvertieft werden (siehe „Das Vertiefen der Lamellenisolation“).

Als Drehwerkzeuge können bei den hier infrage kommenden Maschinen mit vertiefter Lamellenisolation sowohl diamant- als auch hartmetallbestückte Meißel verwendet werden. Bei bündiger Lamellenisolation sollte nur Hartmetall verwendet werden. Diamant wird bei der Metallzerspannung überwiegend zur Feinstbearbeitung eingesetzt, d. h. er bietet Vorteile, wenn Oberflächen mit geringster Rautiefe bei hohen Schnittgeschwindigkeiten erreicht werden sollen. Nachdem wir hier

keine spiegelglatten Oberflächen anstreben, kann Hartmetall bevorzugt werden, wenn nicht die höhere Standzeit von Diamant den Ausschlag gibt.

Beim Abdrehen soll nun neben einwandfreiem Rundlauf eine Oberflächenrautiefe erreicht werden, welche möglichst schnell einen guten Kontakt zwischen Kohlebürste und Kollektor herstellt. Diese Rautiefe liegt, wie schon in „Schleifen der Rotoroberfläche“ erwähnt, in der Größenordnung von  $R_z = 5 - 8 \mu\text{m}$ .

Die sich bei der Bearbeitung ergebende Rautiefe wird hauptsächlich von den Schnittwinkeln des Bearbeitungswerkzeuges, der Härte des zu bearbeitenden Werkstoffes, der Schnittgeschwindigkeit und dem Vorschub beeinflusst. Es ist daher schwierig, für alle Fälle allgemein gültige Angaben zu machen. Die Angaben in der Literatur sind gerade im Hinblick auf unsere Rautiefenforderungen auch nur als Richtwerte anzusehen, von denen fallweise eventuell mehr oder weniger abgewichen werden muss.

Nach unseren Erfahrungen sind bei Hartmetall Schnittgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 160 - 200 m/min. und bei Diamant von 300 - 350 m/min. empfehlenswert. Der Vorschub sollte etwa  $30 \mu\text{m}$  bei einer Schnitttiefe für den letzten Arbeitsgang von 0,05 - 0,1 mm sein.

Beim Abdrehen von Kupfer ist zu beachten, dass sich je nach Härte leicht sogenannte Aufbauschneiden am Drehmeißel bilden können, welche einen sogenannten Rissspan zur Folge haben. Dabei wird das Metall nicht mehr sauber abgeschnitten, sondern infolge Keilwirkung aus der Oberfläche

herausgerissen. Die aufgerissene Oberfläche ist beim Kohlebürsteneinlauf von Nachteil, weil sich aus dem aufgerissenen Gefüge leicht Kupferpartikelchen lösen können und sich im Kohlebürstenmaterial festsetzen.

Dem Entstehen von Aufbauschneiden kann durch größere Schnittgeschwindigkeiten und größeren Vorschub entgegengewirkt werden.

Beim Abdrehen von Kupfer haben sich Spanwinkel von  $13^\circ - 25^\circ$  als zweckmäßig erwiesen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass mit größerem Spanwinkel die Gefahr des Verhakens des Drehmeißels an den anlaufenden Lamellen wächst. Ist nun der Drehmeißel mit großer Ausladung eingespannt, kommt es leicht zu Schwingungen mit allen negativen Folgen auf das Drehbild. Der Drehmeißel ist daher mit möglichst kleiner Ausladung einzuspannen, was sich gleichzeitig auch positiv auf die Standzeit des Werkzeuges auswirkt.

Ist man nicht sicher, dass der Kollektor nach dem Drehen die richtige Rautiefe hat - er darf zu mindest kein stark spiegelndes Aussehen haben - kann, wie in „Schleifen der Rotoroberfläche“ beschrieben, die Oberfläche nochmals leicht geschliffen werden. Dies hat gleichzeitig den Vorteil, dass eventuell auf der Kollektoroberfläche anhaftende Kupferfitter oder feinste Späne beseitigt werden, die sich sonst in den Bürsten festsetzen würden.

Nach Beendigung des Drehens muss der Kollektor gründlich gereinigt werden. Gegebenenfalls sind die Lamellenkanten neu zu brechen (siehe unter „Das Vertiefen der Lamellenisolation“).

### Oberflächenrautiefe

Neu aufgesetzte und bei Großmaschinen mit größerer Überdeckung zusätzlich eingeschliffene Kohlebürsten sollen von Beginn an möglichst guten elektrischen Kontakt haben und störungsfrei einlaufen. Ein Faktor, der dies in großem Maße mitbestimmt, ist die Oberflächenrautiefe der Kollektoren. Ist die Oberfläche sehr glatt, muss bei nicht allzu hohen Gleitgeschwindigkeiten mit periodischen Reibwertüberhöhungen gerechnet werden, weil die Kohlebürsten in die Nähe von Haftreibung kommen, während bei höheren Gleitgeschwindigkeiten die Gefahr des Auftretens von aerodynamischen Effekten vorhanden ist. Beides führt zu unsicherem, über den Kollektorumfang, unregelmäßig intensivem Kontakt. Außerdem haften auf glatten Oberflächen die von den Kohlebürstenaufläufen abgeriebene Kohle- bzw. Grafitpartikelchen sehr schlecht, so dass eine Partinabildung nur langsam und unvollkommen erfolgt.

Insbesondere bei hochbeanspruchten Kommutatormaschinen kann es dann schnell zu Schädigungen der Lamellenoberfläche in Form von Anfleckungen kommen, welche dann Bürstenfeuer zur Folge haben.

Ist die Kollektoroberfläche zu rau, kommt es zu kurzzeitig höherem Anfangsverschleiß, der auch vermieden werden sollte, wobei aber insgesamt eine etwas rauere Oberfläche für den Einlauf wesentlich unkritischer ist als eine zu glatte.

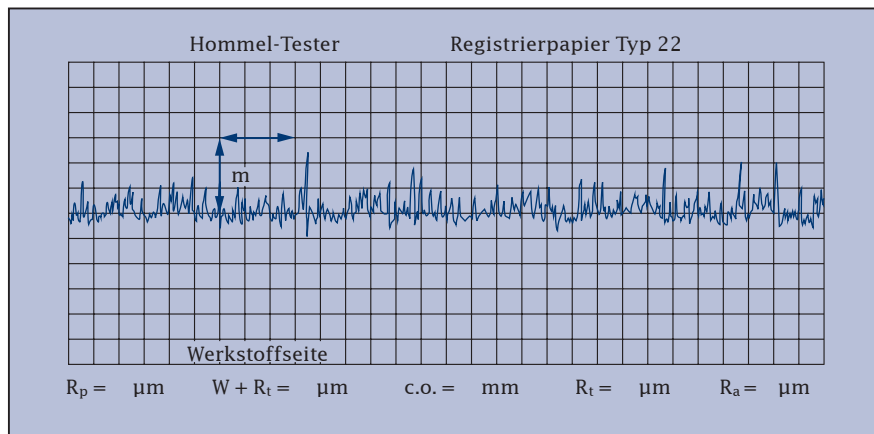
Für einen optimalen Bürsteneinlauf muss die Oberflächenrautiefe der Kollektoren also zwischen den Grenzen nicht zu glatt und nicht zu rau liegen.

# Bestückung und Wartung von elektrischen Großmaschinen

Untersuchungen und Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Rautiefe  $R_z$  in der Größenordnung von 5–8  $\mu\text{m}$  anzustreben ist. Dabei ist zu beachten, dass diese Rautiefe durch gleichmäßig tiefe und in axialer Richtung gleichmäßig verteilte Dreh- oder Schleifriefen erzeugt werden muss. Ist eine Messung der Rautiefe nicht möglich, wird es natürlich schwierig, zu be-

urteilen, welcher Oberflächenzustand vorliegt. Als grobe Annäherung kann gelten, dass die gewünschte Rautiefe beim Abschleifen erreicht wird, die im Übergangsgebiet zwischen Schleifen und Feinschleifen liegt. Beim Drehen erreicht man die gewünschte Rautiefe durch eine Bearbeitung mit Hartmetall, entsprechend dem Begriff Feindrehen.

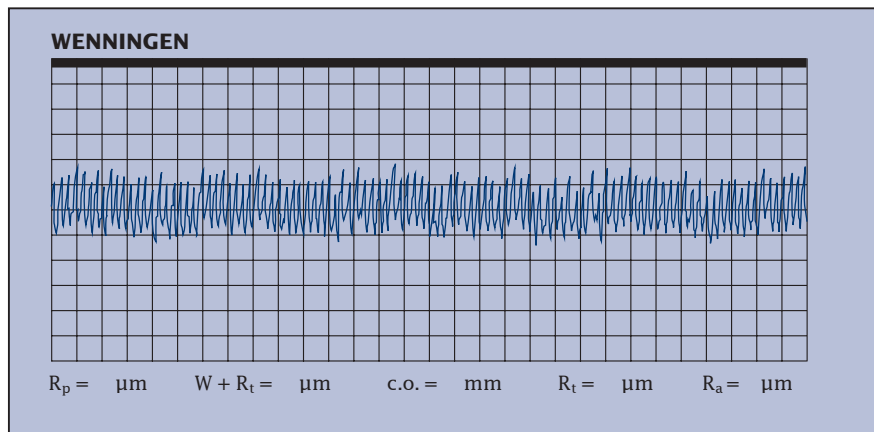
Nach dem Bearbeiten darf der Kollektor keine stark spiegelnde Oberfläche aufweisen. Eine solche Oberfläche ist ein sicheres Zeichen für eine zu geringe Rautiefe. Er sollte eher zu einem matten Aussehen hin tendieren.



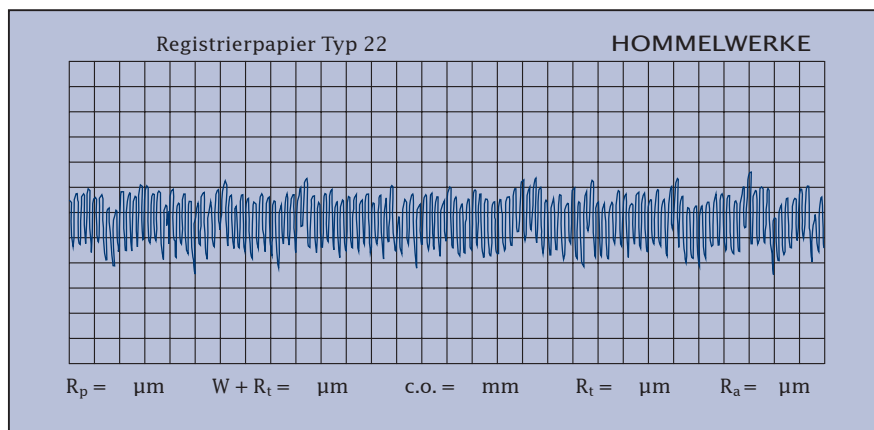
**Bild 4**

Diagrammausschnitte der Rautiefe von bearbeiteten Kollektoroberflächen

Cu-Oberfläche  
geschliffen  $R_z = 6,4 \mu\text{m}$



Cu-Oberfläche  
gedreht  $R_z = 5,8 \mu\text{m}$



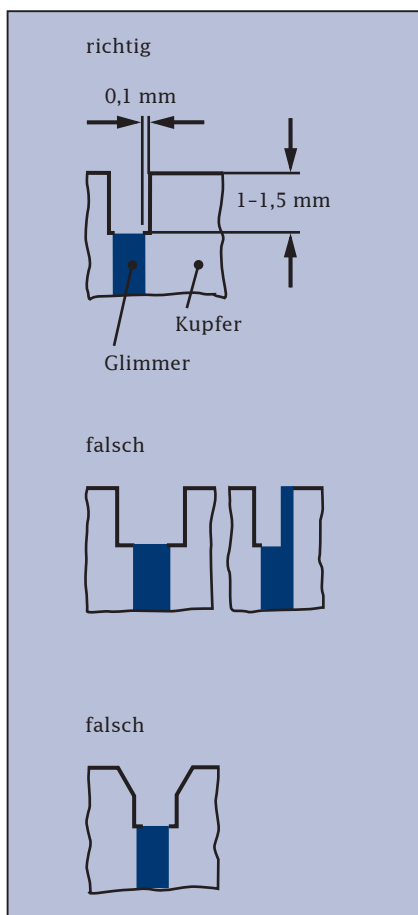
Gz Sn Bz5-Oberfläche  
 $R_z = 6,7 \mu\text{m}$

Befinden sich Schleifringe oder Kommutatoren vor einer Neubestückung in einwandfreiem Zustand und hat sich auf der Oberfläche eine gute Patina ausgebildet, dann wird man diese nach Möglichkeit belassen wollen. Ist sie jedoch sehr glatt und spiegelnd, ist es entsprechend dem vorher Gesagten ratsam, diese Patina mittels eines Schleifsteines leicht aufzurauen, um Einlaufschwierigkeiten zu vermeiden.

Dies, obwohl die Verhältnisse auf einer glatten Patina, wegen des eingelagerten Grafites, nicht ganz so kritisch sind wie z. B. auf einer glatten Kupferoberfläche.

**Bild 5**

Das richtige Aussägen der Lamellenisolation beim Kommutator



Soll die Rautiefe gemessen werden, ist zu beachten, dass die Angabe  $R_z$  nur in Verbindung mit elektrischen Tastschnittgeräten entsprechend DIN 4768 gilt. Das Ist-Profil wird dabei nach Filterung mit einem sogenannten Wellenfilter (cut-off) in ein Rauheitsprofil umgewandelt.

$R_z$  ist nun das arithmetische Mittel aus den Einzelrautiefen von 5 aneinandergrenzenden Einzelmessstrecken. Dabei wird  $R_z$  nach dem Abfahren der Messstrecke automatisch ausgewertet und zur Anzeige gebracht. Bei kleinen Kommutatoren ist die Messstrecke 5 mm und bei großen 15 mm. Die Abtastung erfolgt senkrecht zu den Bearbeitungsritzen.

Entsprechend den Bearbeitungsverfahren und dem entstehenden Rauheits-Ist-Profil messen wir mit einem cut-off von 0,8 mm.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Rauheitsprofile von geschliffenen bzw. gedrehten Oberflächen.

## Das Vertiefen der Lamellenisolation

Auf den heute im Einsatz befindlichen Industrie- und Bahnmaschinen verwendet man praktisch nur noch Kohlequalitäten, die nicht die Fähigkeit haben, die Isolation zwischen den Kommutatorlamellen abzuschleifen. Die Lamellenisolation ist daher sauber zu vertiefen. Mangelhaft vertiefte Isolation oder gar vorstehende Glimmerreste führen zu Kontaktstörungen und verursachen Kollektoranfleckungen sowie hohen Bürstenverschleiß.

Für die Lamellennutform, das Aussägen, Auskratzen oder Ausfräsen des Glimmers und für die günstigste Tiefe der Isolationsnut sowie den Kantenbruch bestehen

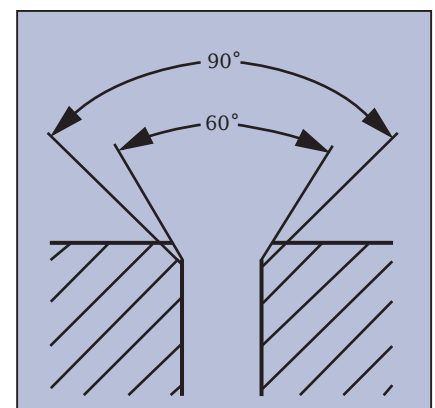
keine zwingend zu beachtenden Vorschriften. Im Allgemeinen hat sich gezeigt, dass eine der Isolationsbreite entsprechende Tiefe der Ausfräsung genügend ist.

Wichtig ist, dass seitlich keine Glimmer- bzw. Isolationsreste stehen bleiben. Die Ausfräsung sollte daher, auch mit Rücksicht auf eventuelle Teilungsfehler, seitlich ca.  $\frac{1}{10}$  mm breiter sein als der Isolationssteg; siehe die folgenden Abbildungen.

Nach dem Vertiefen der Lamellenisolation sowie nach stärkerem Abschleifen oder Abdrehen wird es meist erforderlich, die entstandenen scharfen Lamellenkanten leicht zu brechen. Man kann dazu einen Schaber oder ein ähnliches Werkzeug verwenden.

**Bild 6**

Grenzwerte für den Kantenbruchwinkel



Die gebräuchlichsten Winkel für den Kantenbruch liegen zwischen 60° und 90°. Siehe die folgende Skizze.

Das Vertiefen der Lamellenisolation kann z. B. bei kleinen Maschinen handwerksmäßig erfolgen. Bei größerem Aufwand empfiehlt sich jedoch die Verwendung der von der Industrie angebotenen Spezialmaschinen.

Müssen die Lamellenkanten gebrochen werden, so sollte dies vor dem letzten Dreh- oder Schleifvorgang erfolgen, damit eventuell vorstehende Grate beseitigt werden. Die Nuten müssen nach der Bearbeitung gründlich gereinigt werden.

## Anordnung und Montage von Bürstenhaltern

Das tangentielle Bürstenmaß richtet sich bei Kommutatormaschinen nach der Überdeckung bzw. nach der Wendezonenbreite. Es ist darauf zu achten, dass dieses tangentielle Bürstenmaß bzw. das Teilmaß bei Zwillings- oder Drillingkohlen nicht gleich einer Lamellenbreite wird, weil dies erfahrungsgemäß zu mechanisch unruhigem Bürstenlauf führt.

Bei der Haltermontage muss die Polteilung der Maschine möglichst genau auf den Kommutator übertragen werden. Abweichungen von  $\pm \frac{1}{2}$  Isolationsstegbreite sollten nach Möglichkeit nicht überschritten werden. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Maschine elektrisch bzw. magne-

tisch symmetrisch ist, d.h. dass die geometrische Polteilung am Stator gleich ist der elektrischen am Kommutator. Ein Hilfsmittel für die Montage der Bürstenhalter ist ein um den Kommutator gelegter Papierstreifen, auf dem vorher die Teilung genau gezeichnet wurde.

Weiterhin müssen die ab- und anlaufenden Bürstenkanten genau parallel zu den Lamellenkanten verlaufen.

Sofern es die Kommutierungsbedingungen erfordern und es die Breite der neutralen Zone zulässt, kann auch eine Staffelung der Bürsten in tangentialer Richtung vorgenommen werden. Neben der Verbesserung der elektrischen Verhältnisse hat eine solche Staffelung außerdem den Vorteil, dass bei vorhandenen Unrundheiten nicht alle Bürsten eines Bolzens gleichzeitig gestört werden.

Neben der Polteilung ist auch die axiale Versetzung der Bürsten auf dem Kommutator wichtig, damit auf dem Stromwender keine unbefahrenen Streifen entstehen (Bild 7).

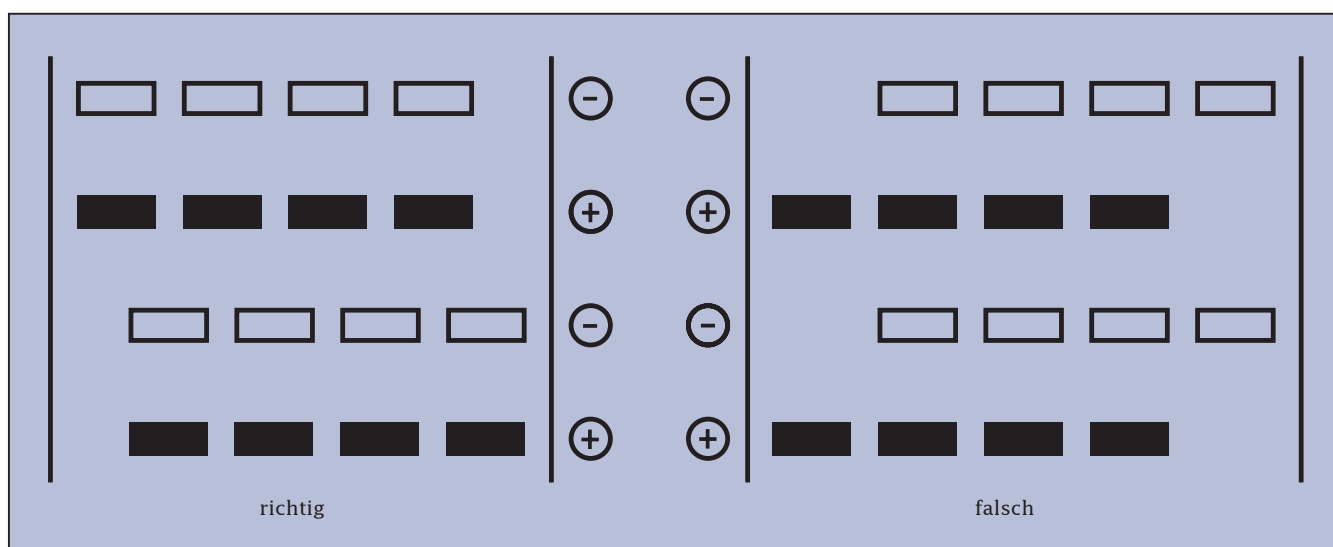
Nachdem die Partinierung von der Polarität der Bürsten abhängt, ist eine möglichst gleich große Anzahl von Plus- und Minusbürsten in allen Laufbahnen anzustreben. Dies ist allerdings in manchen Fällen (z.B. 6-polige Maschinen) mit Kompromissen verbunden.

Um Polaritätseffekte abzuschwächen ist bei Kompromisslösungen darauf zu achten, dass insbesondere keine Laufspuren mit nur kathodischer Beanspruchung entstehen. Die kathodischen Bürsten (Generator [+]) und Motor [-]) führen alleine in einer Laufspur relativ leicht zu Kommutatorangriff.

Bei der Bestückung von synchronumlaufenden, wechselstrombelasteten Ringen muss verhindert werden, dass bestimmte Ringpartien immer mit der negativen oder positiven Halbwelle beansprucht werden. In einem solchen Fall wird die Patina über den Ringumfang ungleichmäßig, was Anfleckungen und Bürstenfeuer zur Folge haben kann. Die Bürsten müssen also so am Umfang verteilt werden, dass uni-

### Bild 7

Axiale Versetzung der Kohlebürste bei einer 4-poligen Maschine



polare Belastung eines gewissen Umfangsbereiches vermieden wird.

Nachstehend einige Beispiele für richtige und falsche Anordnung der Kohlebürsten.

Beim Einbau von Radialhaltern ist zu beachten, dass sich, wenn diese nicht genau radial montiert werden, für die Kohlebürsten in Verbindung mit einer entsprechenden Drehrichtung des Kollektors eine leichte Reaktionsstellung ergibt. Erfahrungsgemäß kann sich dadurch bei einem hohen Reibungskoeffizienten leicht unruhiger Bürstenlauf einstellen. Auf reversierenden Motoren ist daher bei Anwendung von Radialhaltern besonders auf einwandfreie Montage zu achten. Auf Maschinen, die nur in einer Drehrichtung laufen, empfehlen wir, um eine unbewusste, schwache Reaktionsstellung zu vermeiden, die Bürsten-

halter ganz schwach geschleppt zu montieren (Größenordnung 1°).

Die vorstehenden Ausführungen gelten jedoch nicht für Reaktionshalter, weil diese den Anforderungen des Reaktionsbetriebes entsprechend konstruiert worden sind.

Weiterhin ist bei der Haltermontage darauf zu achten, dass der untere Rand des Halterkastens einen Abstand von ca. 2 mm von der Kollektoroberfläche besitzt. Der Abstand der unteren 4 Eckpunkte der Haltertasche zur Kollektoroberfläche muss unter Berücksichtigung des Gesagten gleich sein.

Wurde während der Montage die Bürstenbrücke verstellt, ist sie wieder in die richtige Position zu bringen.

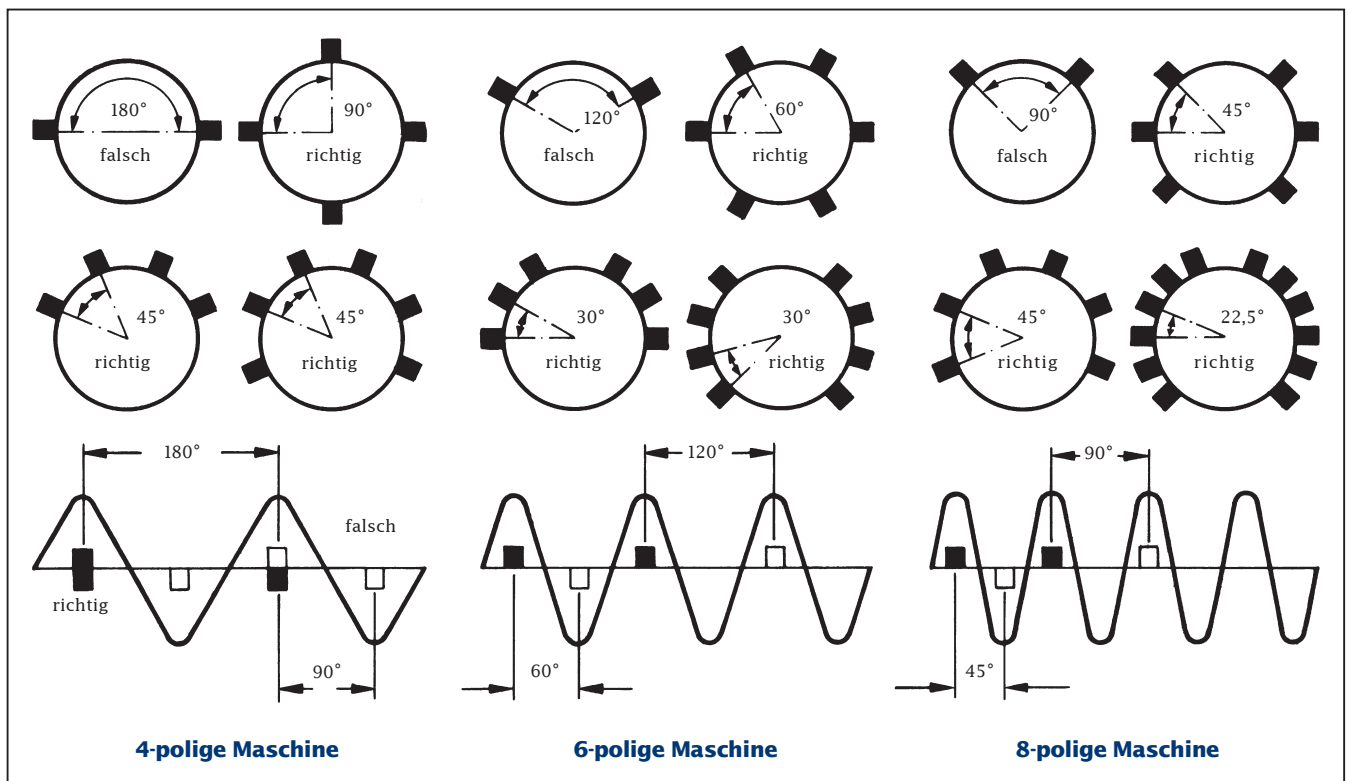
## Einschleifen von Kohlebürsten

Die Kohlebürsten sollen nach Möglichkeit schon von Anfang an sowohl mit ihrer ganzen tangentialen Breite als auch der ganzen axialen Länge in Kontakt mit der Kommutator- oder Ringoberfläche stehen. Es wird daher in den meisten Fällen notwendig sein, neue Kohlebürsten einzuschleifen, zumindest wenn eine ganze Bestückung ausgewechselt wird. Ist jedoch der Kommutator- bzw. Ringdurchmesser im Vergleich mit dem tangentialen Bürstenmaß sehr groß, kann unter Umständen auf das Einschleifen verzichtet werden. Dies gilt auch, wenn innerhalb einer größeren Bestückung zur einzelne Exemplare ausgewechselt werden.

Man wendet in der Praxis verschiedene Einschleifverfahren an. Eine sehr elegante Methode ist die,

**Bild 8**

Beispiele für richtige und falsche Anordnung von Kohlebürsten auf synchron laufenden Ringen



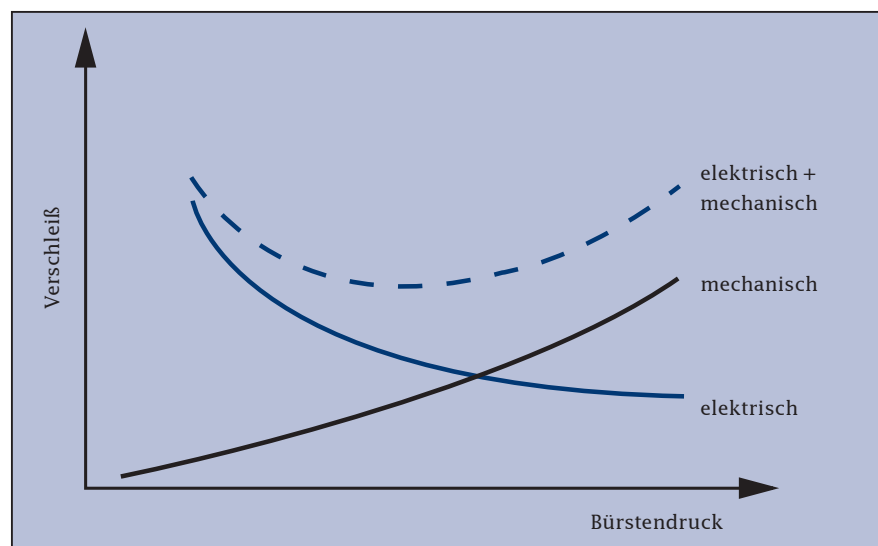
bei Großmaschinen das zum Einschleifen vorgesehene Schmirgelleinen mittels einer Klebefolie auf dem Kommutator oder Ring zu befestigen. Durch langsames Drehen des Rotors in der normalen Drehrichtung werden die Kohlebürsten dann eingeschleift. Nach Entfernen des Schmirgelleinens ist die Kommutator- bzw. Ringoberfläche sorgfältig von eventuell vorhandenem Klebstoff zu reinigen.

Sollen die Kohlebürsten beim Einschalten der Maschine aber tatsächlich mit ihrer vollen Lauffläche Kontakt geben, kann dies durch einen weichen Bimsstein, der bei sich drehendem Rotor vor die Kohlebürsten auf den Ring oder Kommutator gehalten wird, erreicht werden. Der entstehende Bimsstaub gelangt unter die Bürsten und schleift diese ein.

Bei zu geringem Anpressdruck kann es in Verbindung mit unruhigen Kollektoren und Vibrationen zu Kontakttrennungen kommen, so dass die Stromübertragung über Funken und Lichtbögen erfolgt. Dies führt zu erhöhtem Bürstenverschleiß. Ist der Druck zu hoch, überwiegt der mechanische Verschleißanteil. Das folgende Diagramm zeigt den prinzipiellen Verlauf der Verschleißkurve.

**Bild 9**

Prinzipieller Verlauf des Bürstenverschleißes als Funktion des Anpressdrucks



Eine andere Möglichkeit ist die, einen Streifen von Schmirgelleinen unter den Kohlebürsten hindurchziehen. Die letzten Schleifvorgänge sollten dann aber bei Maschinen, die nicht reversieren, unbedingt so erfolgen, dass das Schmirgelleinen nur in Drehrichtung der Maschine unter den aufliegenden Bürsten hindurchgezogen wird. Beim Zurückziehen sind die Kohlebürsten anzuheben.

Das Einschleifen mittels Schmirgelleinen ergibt im Allgemeinen eine genügend große Übereinstimmung zwischen Kommutator - bzw. Ring - und erzeugtem Bürstenradius (letzterer ist geringfügig größer).

Von Nachteil bei diesem Verfahren ist der relativ große Staubanfall, so dass anschließend eine gründliche Reinigung erfolgen muss. Von Vorteil ist, dass eine vorhandene Patina aufgeraut wird, wodurch die Einlaufverhältnisse verbessert werden.

## Der Anpressdruck für Kohlebürsten

Durch den Bürstenanpressdruck (Anpresskraft  $\text{cN/cm}^2$ ) wird der Kontakt der Kohlebürsten mit dem rotierenden Kollektor hergestellt. Er ist daher in Verbindung mit der Forderung nach einwandfreier Stromübertragung und geringem Kohlebürstenverschleiß als ein wichtiger Faktor anzusehen.

Die in der Druckschrift 10.21 empfohlenen Druckwerte haben sich aus langjähriger Erfahrung für normale Betriebsbedingungen ergeben. Mit diesen Druckwerten sind eine ausreichend gute Kontaktierung und ausreichend niedriger Verschleiß von Kohlebürsten und Kollektor unter verschiedensten, allerdings nicht zu extremen Betriebsbedingungen zu erwarten.

Je nach Maschinenlaufruhe wird es eventuell notwendig, den empfohlenen Bürstendruck zu erhöhen. Bei stationären Maschinen geht man jedoch kaum über  $250 \text{ cN/cm}^2$  hinaus. Bei hochmetallhaltigen Kohlen muss deren erhöhtes Eigengewicht berücksichtigt werden, das sich je nach Position des Halters addieren oder subtrahieren kann.

Wichtig ist, dass der Druck bei allen aufsitzenden Kohlebürsten mit einer Toleranz von etwa  $\pm 5\%$  gleich ist. Größere Abweichungen führen zu ungleicher Stromverteilung mit all ihren negativen Folgen.

**Schunk Kohlenstofftechnik GmbH**

Rodheimer Straße 59  
35452 Heuchelheim  
Germany

Telefon: +49 (0)641 608-0  
Telefax: +49 (0)641 608 1748

[www.schunk-group.com](http://www.schunk-group.com)  
[infobox@schunk-group.com](mailto:infobox@schunk-group.com)