

# Kleinkohlebürsten

## Mechanische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

Moderne und kostenmäßig optimierte Antriebe sind durch sinkendes Leistungsgewicht und damit steigende Drehzahlen gekennzeichnet. Damit gewinnen die mechanischen Einflüsse zunehmend an Bedeutung. Bei bester elektrischer Auslegung der Motoren sind oft unbefriedigende Ergebnisse in Bezug auf Bürstenlebensdauer zu erwarten, weil die mechanischen Beanspruchungen überwiegen.

### Die Kohlebürstenführung im Bürstenhalter

Die an den Kohlebürsten durch die Reibkräfte entstehenden Kipp- bzw. Wackelbewegungen müssen möglichst klein gehalten werden. Deshalb ist eine gute Kohlebürstenführung bzw. ein möglichst geringes Spiel zwischen Halterwand und Kohlebürste erforderlich. Wenn nicht besonders gefordert, werden die Kohlebürsten und Bürstenhalter nach Norm DIN IEC 60136 gefertigt. In dieser Vorschrift sind für die genormten Bürstenabmessungen die Maßtoleranzen festgelegt. Gleiches gilt aber auch für die Bürstenhalter, die ebenfalls in diesen Vorschriften toleriert sind.

Daraus ergibt sich ein zulässiges Spiel zwischen Bürste und Halter, welches bei herkömmlich gefertigten,

geräumten Köcher- oder Flanschhaltern und auch in Präzisionswerkzeugen kostengünstig hergestellten, gebogenen Blechhaltern in der Regel eingehalten wird, jedoch kaum oder gar nicht bei Billigstkonstruktionen. Guter Bürstenlauf und damit verbunden eine lange Bürstenlebensdauer sind gewährleistet, wenn diese DIN IEC-Werte annähernd erreicht werden. Speziell kunstharzgebundene Kohlebürstenwerkstoffe weisen höhere thermische Ausdehnungskoeffizienten auf. Dies muss bei der Auslegung des Halterspiels einbezogen werden. Bei Motoren mit Drehrichtungswechsel ist besonders im tangentialen Maß auf geringes Spiel zwischen Kohlebürsten und Haltern zu achten.

Damit die Bewegungsfreiheit der Kohlebürsten in Bezug auf Kippbewegungen auch bei Erreichen der Verschleißgrenze nicht überschritten wird, sollte der Abstand vom Kommutator zur Unterkante des Halterschachtes in der Größenordnung von 1,2 mm bis max. 2 mm liegen.

Ein Halterabstand von 0,8 mm und kleiner ist zu vermeiden, weil es durch abgelagerten Bürstenabriebstaub oder durch ausreichend hohe elektrische Feldstärken zu Überschlügen in Form von Lichtbögen kommen kann. Das gilt nicht für Spannungen kleiner 36 V. Hier ist 0,8 mm als Abstand möglich.

### Der Kohlebürstenanpressdruck

Der Bürstenanpressdruck hat eine große Bedeutung, weil er die Kontaktierung der Kohlebürste mit dem rotierenden Kommutator sicherstellen muss. Der optimale Wert ergibt sich, wenn sich der Bürstenverschleiß aus dem minimalen elektrischen und mechanischen Verschleißanteil zusammensetzt. Bei falschem Bürstenanpressdruck überwiegt einer dieser beiden Verschleißanteile.

Bei zu geringem Bürstenanpressdruck kann die Kohlebürste bei Schwingungen und unrunder Kommutatoren zu Kontakttrennungen veranlasst werden, so dass die Stromübertragung in der Hauptsache über Lichtbögen erfolgt, wodurch das Kommutatorkupfer erodiert wird.

Es überwiegt in diesem Falle der elektrische Verschleißanteil. Hinzu kommt bei Verwendung von bündiger Lamellenisolation, dass der Glimmer nicht mehr gleichmäßig abgetragen wird und es zum frühzeitigen Ausfall des Motors kommen kann.

Oberhalb des optimalen Bürstenanpressdruckes steigen die mechanischen Reibungsverluste und damit auch der mechanische Verschleißanteil. Die Folge ist, dass die Kommutatortemperatur unnötig ansteigt, wodurch eine Verringerung des elektrischen



Group

Schunk Kohlenstofftechnik



HOFFMANN ELEKTROKOHLE AG



# Mechanische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

Patina-Widerstandes und damit eine mögliche Verschlechterung der Kommutierung erwirkt wird.

Für Universalmotoren mit 110/220 Volt Klemmenspannung bei normalen Belastungsverhältnissen kann ein Wert von ca. 300 - 400 cN/cm<sup>2</sup> als Anfangsdruck gewählt werden, bei möglichst hohem Enddruck. Für Motoren, die beim Ausschalten über eine Kurzschlussbremsschaltung abgebremst werden, ist ein Anfangsdruck von 700 - 800 cN/cm<sup>2</sup> zu empfehlen. Für mechanisch stärker belastete Elektrowerkzeuge gilt ein Anpressdruck bis zu 600 cN/cm<sup>2</sup>. Bei Batterie- und Spielzeugmotoren ist ein derart hoher Anfangsdruck wegen der zu geringen Motorleistungen nicht möglich. Hier sollte ein Wert zwischen 200 und 250 cN/cm<sup>2</sup>, mindestens aber eine Absolutkraft von 15 cN angestrebt werden. Am besten ist es, den richtigen Bürstenanfangsdruck experimentell zu ermitteln.

Bei Akku-Werkzeugmaschinen kann ein Anpressdruck bis zu 750 cN/cm<sup>2</sup> empfohlen werden.

## Die Verwendung von Schraubendruckfedern zur Stromübertragung auf die Kohlebürsten

Die Mehrzahl der Kleinmotoren ist mit Metallköcherhaltern ausgerüstet. Aus Kostengründen werden in schwächeren Maschinen sogar reine Kunststoff-Köcher eingesetzt. Letztere haben wegen der schlechteren Wärmeabfuhr und den zwangsweise größeren Toleranzen Nachteile und sind nur bei Motoren mit geringer Leistung bzw. niedriger Bürstenbelastung einsetzbar.

Die meisten Halterausführungen benötigen zum Andrücken der Kohlebürsten an den Kommutator Schraubendruckfedern, die aus Kostengründen möglichst auch für die Stromübertragung auf die Kohlebürsten geeignet sein sollen.

Grundsätzlich gibt es von der Materialseite gesehen für Schraubendruckfedern bei Schunk-Kohlebürsten folgende Ausführungsmöglichkeiten:

- a) Phosphor-Bronze
- b) Stahldraht mit Korrosionsschutz Schichtdicke 1 - 2 µm
- c) Stahldraht mit Korrosionsschutz Schichtdicke 10 - 15 µm
- d) Edelstahldraht
- e) Kupferummantelter Stahldraht Schunk-Bezeichnung KM 301

Der Edelstahldraht scheidet wegen seines hohen spezifischen Widerstandes zur Stromübertragung aus, da bei dieser Drahtart durch Strombelastung eine zu hohe Temperatur entstehen würde.

Die weiter angeführten Materialien sind grundsätzlich alle zur Stromübertragung geeignet. Die Belastbarkeit ergibt sich aus dem Materialwiderstand und der Temperaturfestigkeit sowie dem Drahtquerschnitt. Am geringsten belastbar ist die Phosphor-Bronze wegen der zu geringen Standfestigkeit des Drahtmaterials bei Temperaturbeanspruchung. Auch Stahldraht mit Korrosionsschutz von 1 - 2 µm Schichtdicke ist nur gering belastbar.

Einen deutlich höheren Strom kann man bereits unter Verwendung von Stahlfedern mit Korrosionsschutz von 10 - 15 µm Schichtdicke übertragen.

Will man Ströme größer als ca. 1,8 A nur über die Schraubendruckfeder übertragen, ist es nach den bisherigen Erfahrungen meist notwendig, besser leitendes Federmaterial einzusetzen. Bei Schunk lösen wir dies mit dem Material der Werkstoffbezeichnung KM 301. Dieses Material hat einen beachtlich geringeren elektrischen Widerstand als die vorgenannten Materialien. Als Nachteil kann die etwas weichere Federcharakteristik gegenüber unbeschichtetem Federdraht angeführt werden. Bezüglich der Druckwerte muss daher in diesen Fällen ein Kompromiss geschlossen werden.

Die Auslegung derartiger Schraubendruckfedern, die zur Stromübertragung auf die Kohlebürsten montiert werden sollen, ergibt sich aus dem zu übertragenden Strom, der notwendigen Federkraft bei vorhandenen Platzverhältnissen und den Belastungsgrenzen der aufgeführten Federmaterialien.

# Mechanische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

Nebenstehend ist ein Federdiagramm (Bild 1) dargestellt, welches die bei guten Kühlungsverhältnissen zugrunde zu legenden Belastungsgrenzen bezogen auf den Drahtdurchmesser aufzeigt. Diese Werte sind nur als Richtwerte bei Strombelastung anzusehen, da die Kühlungsverhältnisse im Halter und die Halterausführung selbst stark Einfluss nehmen. Die Temperaturfestigkeit der Drahtmaterialien steigt in nachstehender Reihenfolge an:

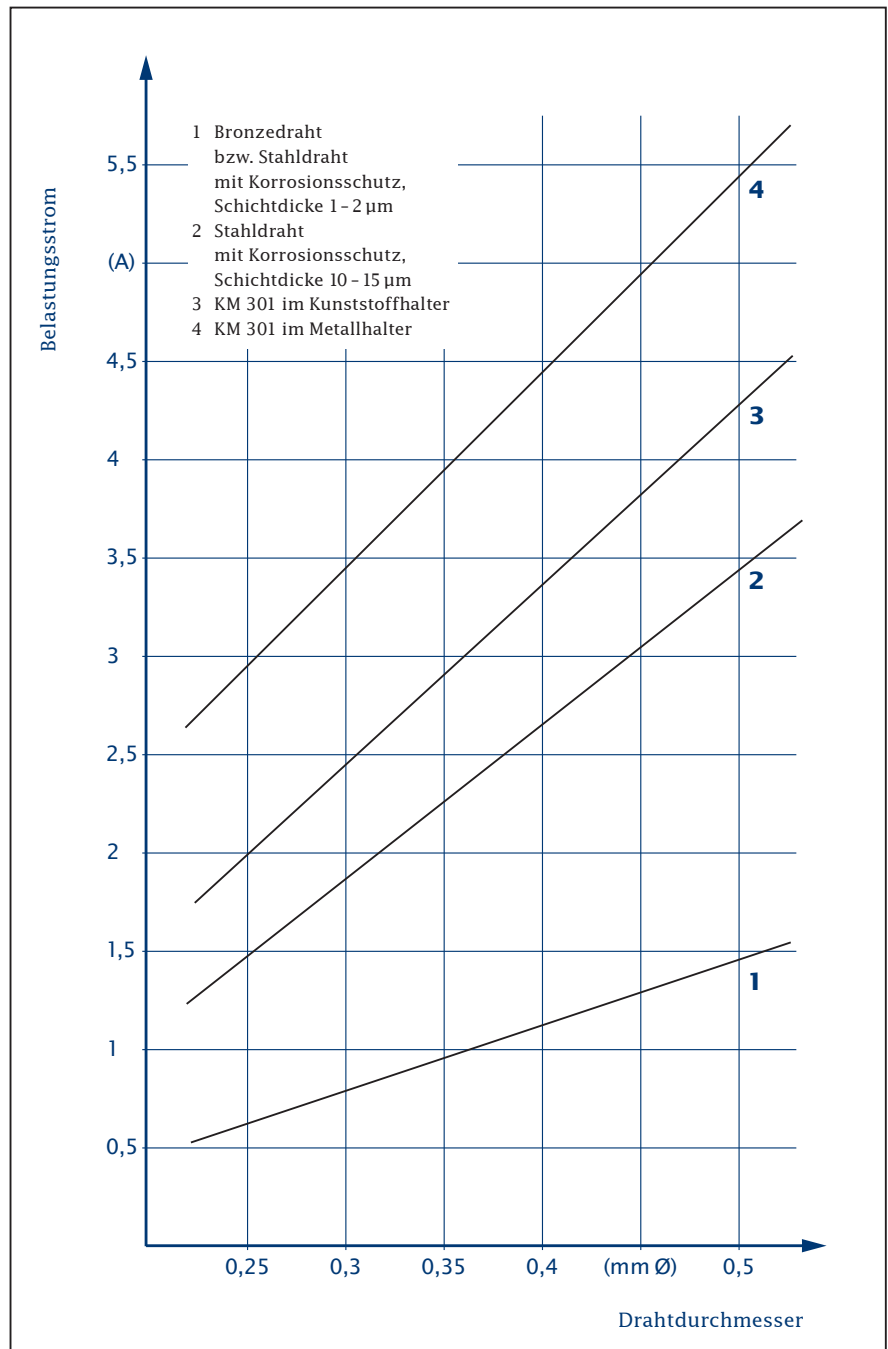
Bronzefeder

Stahlfeder mit Korrosionsschutz

KM 301

Meist ist es wegen des zu übertragenden Stromes notwendig, einen größeren Drahtdurchmesser zu wählen als er für die mechanische Auslegung hinsichtlich der Druckverhältnisse bei vorhandenen Platzverhältnissen vorteilhaft wäre. Dadurch ist hier grundsätzlich ein Kompromiss zu schließen.

Eine infolge zu hoher Strombelastung thermisch überbelastete Feder zeigt Setzerscheinungen durch das Ausglühen in der Federmitte bzw. des am Bürstenkopf anliegenden Endes. Die Folge ist, dass der Federdruck gegen Null geht.



**Bild 1**

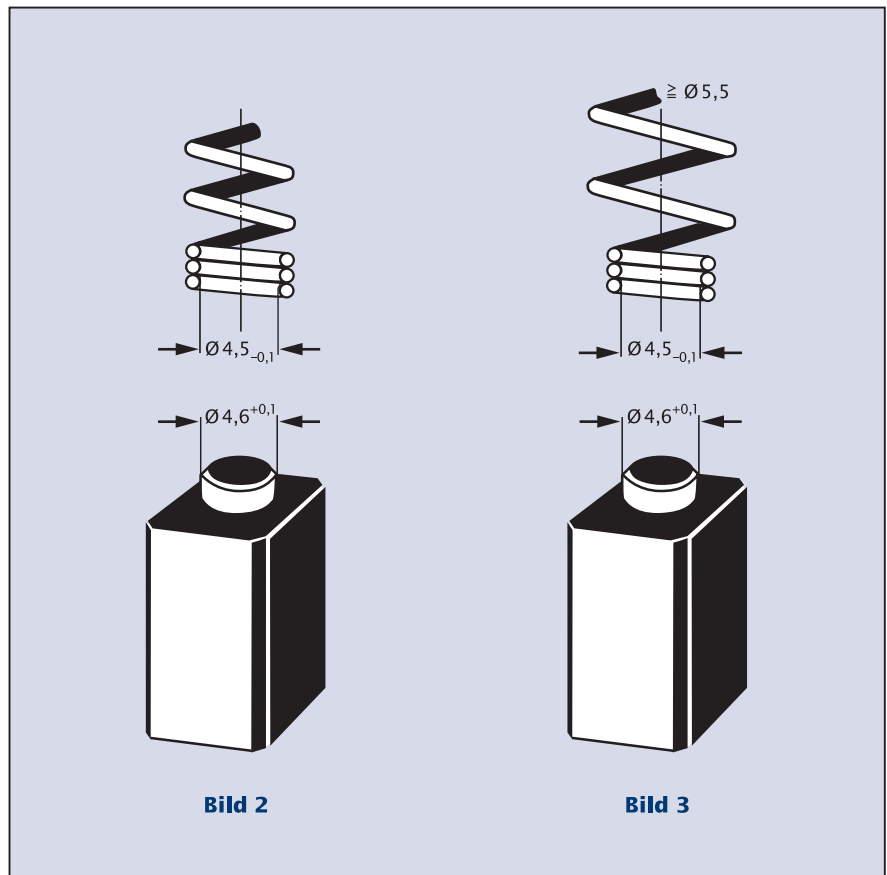
Richtwerte für die maximale Belastbarkeit verschiedener Drahtmaterialien für Schraubendruckfedern bezogen auf den Drahtdurchmesser.

Alle Angaben sind typische mittlere Werte und beruhen auf Messungen unter Idealbedingungen. Die Zahlen sind Richtwerte ohne Gewähr.

# Mechanische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass ein formschlüssiger Kontakt zwischen Feder und Bürstenkopf gewährleistet ist, um den Übergangswiderstand klein zu halten. Ansonsten wird die Feder in diesem Bereich thermisch überlastet bzw. kann eine maximale elektrische Auslastung des Federmaterials nicht erfolgen. Auch der Kontakt am anderen Ende der Feder zum festen Anschluss der Wicklung hin muss einwandfrei sein. Hier ist darauf zu achten, dass die Gegenkontaktfläche korrosionsbeständig ausgeführt ist, um unzulässig hohe Übergangswiderstände zu vermeiden.

Es empfiehlt sich, für einen niedrigen Übergangswiderstand zwischen Schraubendruckfeder und Kohlebürste an dieser einen 1,5 - 2,5 mm hohen zylindrischen Kopf mit kleinem Kantenbruch am Ende anzubringen. Bei der Feder sollten möglichst 2 - 4 Windungen an dem zum Bürstenkopf hingewandten Ende angelegt sein (s. Bild 2). Bei Federn mit Außendurchmessern größer als 5,5 mm sind die 2 bzw. 4 Windungen zusätzlich einzuziehen (s. Bild 3). Dadurch wird erreicht, dass möglichst viele Kontaktpunkte zur Stromübertragung ausgenutzt werden.



Für die Toleranzen gilt, dass der Kohlebürstenkopf im Außendurchmesser 0,1 mm größer (zusätzlich mit 0,1 mm Plus toleranz) als der Innendurchmesser der Feder (mit 0,1 mm Minustoleranz) zu fertigen ist. In diesem Zusammenhang verweisen wir nochmals auf Bild 2 und 3.

## Der Bürstenlaufflächenradius

Grundsätzlich ist für ein gutes Einlaufverhalten der Bürsten die Verwendung von Kohlebürsten mit Laufflächenradius, angepasst an den Kommutatorradius, zu empfehlen. Es ist aber nur dann ein gutes Bürsteinlaufverhalten gegeben, wenn die Kohlebürste von der Mitte der Lauffläche beginnend einläuft.

Da aber ein genormtes Spiel zwischen Kohlebürste und Halter notwendig und gegeben ist, kann die Bürste beim Lauf etwas kippen. Außerdem kommen noch die Einflüsse der Einbautoleranzen hinsichtlich der Fluchtung der Halter hinzu. Deshalb muss, um die Forderung des Bürsteinlaufes von der Mittelfläche her gesehen zu erzielen, der Kohlebürstenradius größer vorgeschrieben werden als der Kommutatorradius. Dies bedeutet für die Praxis, dass der Bürstenradius im Neuzustand ca. 10 - 20%, oder als Faustregel ca. 1 mm mit Toleranz „plus 1 mm“ größer gewählt werden muss als der Kommutatorradius. Bei gleich großen Bürsten- und Kommutatorradien läuft die Bürste von der anlaufenden Kante aus ein und hakt in jede Lamellennut bei vertiefter Isolation bzw. schlägt gegen jede nur geringfügig überstehende Lamelle.

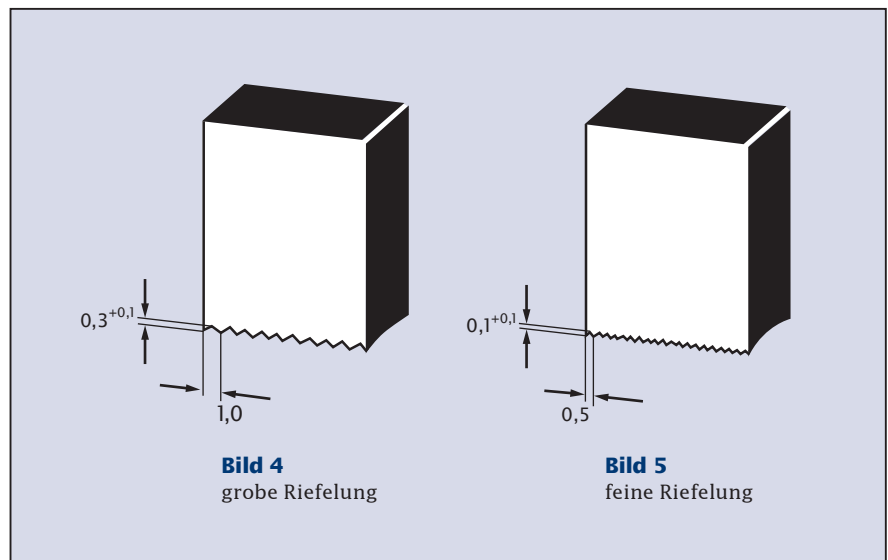
Zusätzlich zu der beschriebenen Ausführung des Bürstenradius ist eine Beschleunigung des Bürsteinlaufes dadurch möglich, dass man die Bürstenlauffläche in geriefelter Form anschleift. Hierunter versteht sich eine wellig ausgebildete Bürstenlauffläche, wobei die definiert ausgebildeten Riefen in tangentialer Richtung verlaufen sollen. Diese geriefelte Lauffläche kann sowohl mit

als auch ohne Radius, also flach angeschliffen werden. Beide Versionen sind auch bei schräg ausgeführten Laufflächen möglich. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass im Anfangszustand ein wesentlich höherer spezifischer Bürstenanpressdruck herrscht und gleichzeitig die kleinere tragende Kontaktfläche des Bürstenmaterials elektrisch höher belastet wird. Beides bewirkt den gewünschten Effekt eines höheren Anfangsverschleißes für einen schnelleren Bürsteneinlauf.

Dadurch, dass die Bürste sehr schnell eine optimale Überdeckung erreicht,

sind die Nenndaten des Motors schneller gegeben. Die Motoren erreichen schneller den stationären Zustand in Form von stabiler Drehzahl, stabiler abgegebener Leistung und gleichmäßigerer Funkstörung, obwohl die Bürstenlauffläche noch nicht ganz trägt.

Wir können hier zwei verschiedene Arten der Ausführung vorschlagen: Eine grobe Riefelung, die Bild 4 zeigt für Bürsten größerer Abmessung oder aber eine feine Ausführung für alle kleineren Bürsten, die Bild 5 zeigt.



## Die Oberflächengüte des Kommutators

Bei der Bearbeitung von Kommutatoren sind folgende Bedingungen einzuhalten, um eine gute Lebensdauer für die Kohlebürstenbestückung zu erzielen:

- richtige Oberflächenrauhtiefe
- minimale Kommutatorunrundheit
- geringster Kommutatorschlag
- geringster Lamellensprung

Kommutatorschlag ist dann vorhanden, wenn die mechanische Achse von der Rotationsachse abweicht. Eine Unrundheit liegt dann vor, wenn die Kommutatoroberfläche Abweichungen von der Kreisform zeigt.

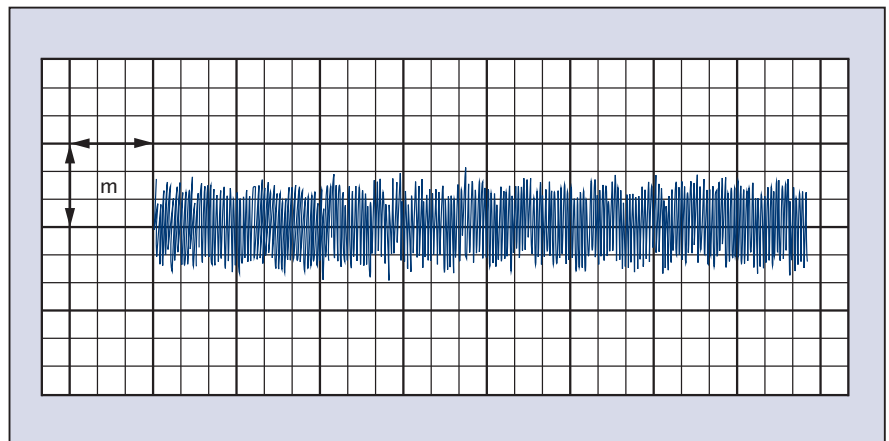
## Oberflächenrauhtiefe

Für einen schnellen und problemlosen Bürsteneinlauf muss die Kommutatoroberfläche eine gewisse Rauhtiefe aufweisen. Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Rauhtiefe in axialer Richtung, gemessen nach  $R_z$  von 8-12  $\mu\text{m}$ , notwendig ist, um Reibwertüberhöhungen zu vermeiden. Diese Rauhtiefe soll durch möglichst viele Drehriefen verursacht sein und gleichmäßig über die Lamellenlänge in axialer Richtung gesehen verlaufen. Ist ein Kommutator zu glatt, so erhöht sich der Reibwert der Kohlebürsten. Im Extremfall kommt es dann zum Rattern. In diesem Falle ist vorwiegend nur eine Kontaktierung vorwiegend über Lichtbogen möglich wegen der mechanischen Kontakttrennung. Das so auftretende Bürstenfeuer fleckt den Kommutator über den Umfang unterschiedlich stark an, so dass überhöhter Bürstenverschleiß auftritt. Im günstigsten Falle rauht sich der

Kommutator mit zunehmender Laufzeit so auf, dass es später doch noch zu einem ruhigen Bürstenlauf kommt, meist wird jedoch der Kommutator durch die Anfleckungen unrund und der Motor fällt vorzeitig wegen verschlissener Kohlebürsten aus.

Um die gewünschte Rauhtiefe zu gewährleisten, muss ein geeigneter Vorschub beim Überdrehen der Kommutatoren nach der Montage des kompletten Ankers gewählt werden. Wir empfehlen einen Abstand zwischen den Drehriefen 60-120  $\mu\text{m}$ . Empfehlenswert ist ein Vorschub von

100-150  $\mu\text{m}/\text{Umdrehung}$ . Die Schnittgeschwindigkeit darf nicht zu groß sein, um ein gleichmäßiges Schneiden des Drehmeißels zu gewährleisten. Zusätzlich kann in kritischen Fällen noch eine Verbesserung erreicht werden, wenn nachträglich leicht überschliffen wird (z.B. mit einem Bimsstein oder Kollektorstein), wobei der Schleifstein axial pendeln sollte. Im Falle eines Bimssteines ist die Sorte SB70 empfehlenswert. Damit erreicht man die gewünschte unregelmäßige Oberfläche des Kommutators. Eine gute Kommutatoroberfläche zeigt Bild 6.



**Bild 6**

Diagramm der Rauhtiefe einer überdrehten Kommutatoroberfläche, gemessen in axialer Richtung

$R_z = 8-12 \mu\text{m}$        $R_a = 0,8-1,6 \mu\text{m}$

## Kommutatorunrundheit

Unter Unrundheit sind alle Abweichungen des Kommutatorumfangs von der Kreisform zu verstehen, seien sie in periodischer oder willkürlicher Folge. Unrundheiten können Flachstellen am Kommutator, Formschwankungen durch zu geringe Festigkeit beim Lauf oder Temperatureinfluss, gruppenweise oder einzelne aus dem Verband hervorgetretene Lamellen oder Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, die durch Schwingungen beim Abdrehen hervorgerufen wurden, sein.

Kommutatoren mit Exzentrizität regen die darauf laufenden Kohlebürsten zu periodischen Schwingungen an. Dadurch wiederum entsteht eine periodische Kontakttrennung zwischen Kommutator und Kohlebürste mit definierten Anfleckungen als Folge. Es entsteht praktisch nach einiger Laufzeit eine zusätzliche Unrundheit zur Exzentrizität mit progressiv ansteigendem Bürstenverschleiß und stark verminderter Bürstenstandzeit als Folgeerscheinung.

Die auf der nächsten Seite wiedergegebenen Rundlaufdiagramme (Bilder 7-9) zeigen Abwicklungen von defekten Kommutatoren mit solchen Fehlern.

Unrundheiten entstehen oft noch beim letzten Drehvorgang der Kommutatoren nach Komplettierung der Anker, wenn sie nicht die Folge der Verwendung einer falschen Qualität, eines Wicklungsschadens oder eines Kommutatorschlages sind.

Ursachen beim Überdrehen sind z. B. Schwingungen der gesamten Drehmaschine oder des Supports, ein zu lang frei eingespannter Drehmeißel, ein stumpfer Drehmeißel, zu hohe Schnittgeschwindigkeit, falsche Facette

am Drehmeißel oder Abweichungen der Schnittebene des Drehmeißels von der Rotationsachse.

Es empfiehlt sich für das Abdrehen von Kommutatoren mit bündiger Lamellenisolation die Verwendung von widiabestückten Drehmeißeln. Bei vertiefter Isolation ist auch die Verwendung von diamantbestückten Drehmeißeln möglich.

Für die Schnittgeschwindigkeiten können für widiabestückte Drehmeißel 160 bis max. 200 m/min und für diamantbestückte Drehmeißel 300 bis max. 350 m/min angegeben werden. Der Vorschub ist mit 100-150  $\mu\text{m}/\text{Umdrehung}$ , die Schnitttiefe für den letzten Schnitt mit 0,08 mm zu wählen.

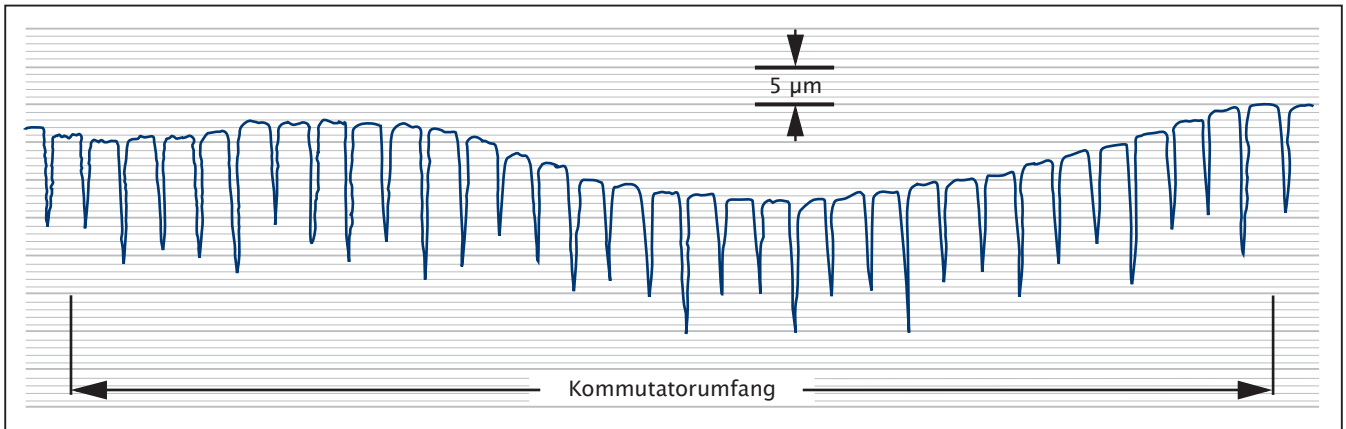
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Unrundheiten am Kommutator in jedem Falle die Lebensdauer der Bürstenbestückung stark mindern bzw. kurzfristig einen Defekt hervorrufen können. Am kritischsten sind einzeln vorstehende Lamellen. Dann wird der Kontakt fast ausschließlich über Lichtbogen hergestellt. Dadurch wird das Kupfer der Lamellen weggebrannt und aufgerauht. Bei einzeln vorstehenden Lamellen schlagen diese bei Drehung des Ankers gegen die anlaufende Kante der Kohlebürsten und führen meist zur mechanischen Zerstörung derselben. Überstehende Lamellen entstehen durch zu weiches Kupfer, meist aber durch zu hohen Schweißdruck beim Anschluß der Wicklungsdrähte an die Lamellen bzw. thermische Überlastung der Pressmasse.

In diesen Fällen erscheint beim Rundlaufdiagramm die Lamelle gemessen am Bund etwas vertieft, in der Mitte gemessen bündig und am wellenseitigen Ende des Kommuta-

tors gemessen steht sie aus dem Verband vor.

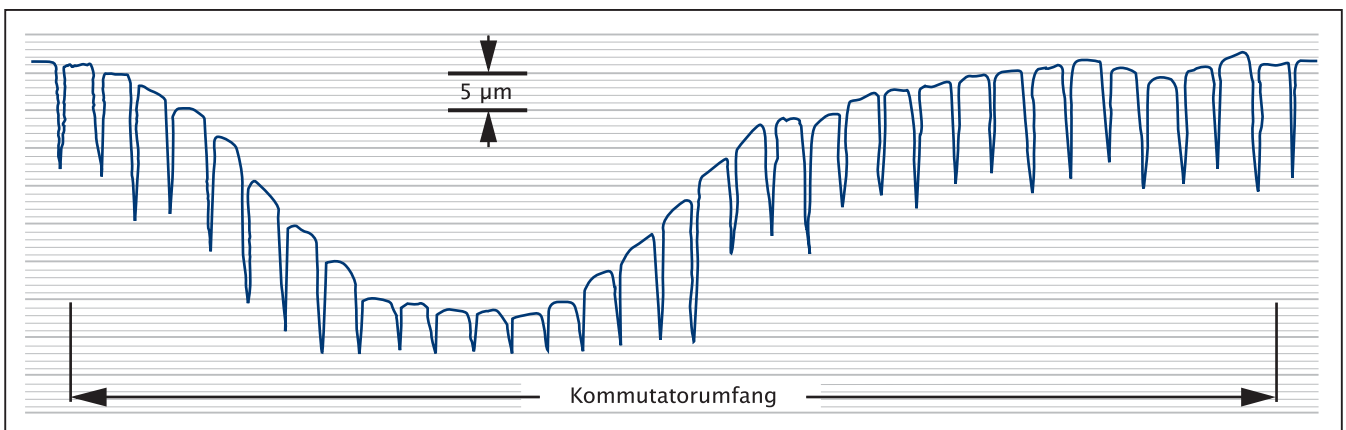
Formschwankungen des Kommutators durch zu geringe Festigkeit beim Lauf des Motors führen zu progressivem Bürstenverschleiß bei hohem Kommutatorangriff. Ein Grenzwert für Unrundheiten über größere Bereiche des Kommutatorumfangs, bezogen auf den Durchmesser, ist bei Langsamläufnern max. 8  $\mu\text{m}$ , bei Schnellsamläufnern max. 4  $\mu\text{m}$ . Für einzeln vorstehende Lamellen gilt je nach Kommutatordurchmesser und Drehzahl ein Wert von 1  $\mu\text{m}$ , in wenigen Fällen von max. 2  $\mu\text{m}$ .

# Mechanische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf



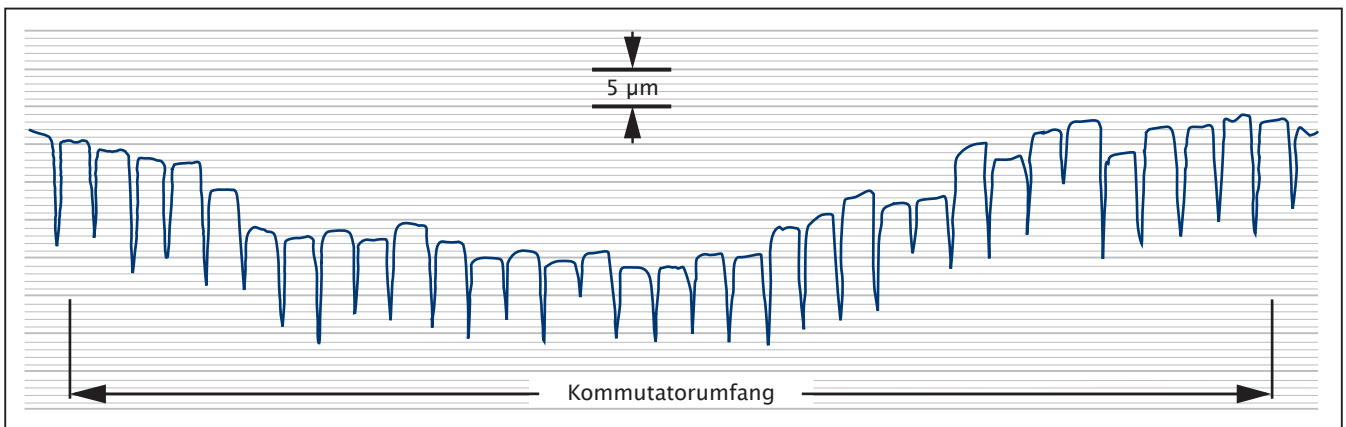
**Bild 7**

Beispiel für Kommutator mit Exzentrizität



**Bild 8**

Beispiel für Kommutator mit Unrundheit



**Bild 9**

Beispiel für Kommutator mit vorstehenden Lamellen

## Das Kommutatorkupfer

Für eine gute mechanische Bearbeitung und ausreichende Festigkeit des Kommutators ist eine Mindestkupferhärte zu fordern. Es müssen Werte von HB 80 bis HB 120 eingehalten werden. Empfehlenswert ist der mittlere Bereich von HB 95 bis HB 105. Als Standardmaterial wird Elektrolytkupfer mit einem geringen Prozentsatz Silbergehalt verwendet, um auch unter Temperatureinfluß eine ausreichende Härte zu garantieren. Beim Anlöten bzw. Anschweißen der Wicklungsdrähte an die Lamellen treten kurzzeitig hohe Temperaturen auf, die bei reinem Kupfergehalt die Härte unter ein Mindestmaß reduzieren.

Durch den Silbergehalt wird die Rekrystallisationsgrenze des Elektrolytkupfers über 350 °C angehoben. Die Praxis zeigt, dass Werte von 0,03 % bis 0,1 % Silbergehalt empfehlenswert sind.

Bei besonders hohen thermischen Belastungen ist maximal 0,2 % Silbergehalt empfehlenswert.

## Die Lamellenisolation beim Kommutator

Es gibt grundsätzlich zwei Ausführungen der Kommutatorisolation, die ausgesägte, d.h. vertiefte und die nicht ausgesägte, sogenannte bündige Lamellenisolation. Die Tendenz geht heute eindeutig zur vertieften Isolation, da durch die Verwendung von elektronischen Drehzahlregelungen bzw. lastunabhängiger Drehzahlkonstanz sowie steigenden Kommutatorumfangsgeschwindigkeiten die Verwendung von vertiefter Isolation unbedingt notwendig wird. Lediglich bei Haushaltsgeräten kleinerer Leistung setzt man auch heute noch

vereinzelt bündige Lamellenisolation aus Kostengründen ein, soweit keine elektronischen Bauteile Verwendung finden.

Für die Kohlebürstenseite ergeben sich durch die Verwendung der vertieften Isolation Vorteile. Bei bündiger Kommutatorisolation müssen Kohlenstoff- oder harzgebundene Graphit-Werkstoffe eingesetzt werden, um bei zwangsweise entstehendem Kupferabtrag der Lamellen durch das Bürstenfeuer den Glimmer ebenfalls mechanisch abzutragen.

Dies ist bei vertiefter Lamellenisolation nicht notwendig. In diesem Falle können Werkstoffe mit geringen Reibwerten ohne abrasive Bestandteile eingesetzt werden. Die Zusammensetzung stellt sicher, dass der Kommutator geschont wird und damit gutes Laufverhalten und Kommutierung entsteht. Das bei bündiger Lamellenisolation durch Verbrennen der leitenden Brücken über dem Glimmer entstehende leichte Rundfeuer bringt außerdem erhöhte Funkstörung.

Bei vertiefter Isolation sollte zur erforderlichen Laufruhe eine Schlitzbreite von 0,7 mm nicht überschritten werden. Bei Kommutatoren mit großem Durchmesser, z. B. bei Werkzeugmaschinen höchster Leistung, geht man bis zu maximal 1 mm.

Bei schwierig kommutierenden Motoren sollte eine ausreichende Schlitztiefe beachtet werden.

## Verbesserung des mechanischen Laufverhaltens der Kohlebürsten durch Imprägnierungen

Grundsätzlich ist es heute möglich, das mechanische Laufverhalten bei Kohlebürstenwerkstoffen durch Imprägnierungen zu verbessern. Vornehmlich ist dies bei den Kohle-Graphit-Werkstoffen unserer L-Serie der Fall, die aufgrund ihrer Rohstoffe

und der Fertigungsart schwach abrasive Bestandteile enthalten, die Anfleckungen auf den Kommutatoren verhindern, gleichzeitig aber den Reibwert erhöhen. Durch Imprägnierung dieser Kohlebürsten mit Imprägniermitteln, z.B. der Kennzeichnung F7, F10, F12, F13, F20, F25, F101 und F131, kann der Reibwert reduziert werden.

Unsere Imprägnierungen sind nicht nur als Einlaufhilfen zu verstehen,

sondern wirken über die gesamte Lebensdauer der Kohlebürsten.

Durch die erwähnte Reduzierung des Reibwertes ergibt sich ein ruhigerer Bürstenlauf, wodurch pro Zeiteinheit mehr Kontaktpunkte für die Stromübertragung bzw. Kommutierung zur Verfügung stehen. Daraus ergibt sich in der Regel eine Absenkung der Kommutatortemperatur, geringeres Bürstenfeuer und reduzierte Funkstörung.

---

### Schunk Kohlenstofftechnik GmbH

Rodheimer Straße 59  
35452 Heuchelheim  
Deutschland

Telefon: +49 (0)641 608-0  
Telefax: +49 (0)641 608 1494

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

### Hoffmann & Co., Elektrokohle AG

Au 62  
4822 Bad Goisern  
Österreich

Telefon: +43 6135 400-0  
Telefax: +43 6135 400-10

[www.hoffmann.at](http://www.hoffmann.at)  
[office@hoffmann.at](mailto:office@hoffmann.at)

13.34/500/2008