

■ **PanTrac** GmbH
Vulkanstraße 13 D-10367 Berlin
Germany

■ Telefon +49-30-55497 0
Faxserver +49-30-55497 330
Telefax +49-30-55497 300
central@pantrac.com www.pantrac.com

■ **Büro Bonn**
Technischer Service & Vertrieb
Christian-Lassen-Straße 10
D-53117 Bonn
Germany

■ Telefon +49-228-90 952-0
Telefax +49-228-90 952-29

PanTrac

Kohlebürsten

für die Anwendung in der
Industrie- und Bahntechnik

Die Angaben in dieser Druckschrift entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über unsere Produkte und deren Anwendungen informieren. Sie haben somit nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften für einen konkreten Einsatzzweck zuzusichern. Etwaige bestehende gewerbliche Schutzrechte sind zu berücksichtigen. Eine einwandfreie Qualität gewährleisten wir im Rahmen unserer allgemeinen Verkaufsbedingungen.

Kohlebürsten – wichtige Funktionsteile zur Stromübertragung in elektrischen Maschinen

Kohlebürsten haben ihren Namen von Bündeln dünner Kupferdrähte, die in der Anfangszeit des Elektromaschinenbaus als elastische Kontakte verwendet wurden. Mit dem Übergang zu Werkstoffen auf Basis von Graphit und Kohlenstoff wurde der Begriff Kohlebürste geprägt. Über Jahrzehnte weiterentwickelt, sind Kohlebürsten auch im Zeitalter der Mikroelektronik unentbehrliche Bauelemente für elektrische Maschinen.

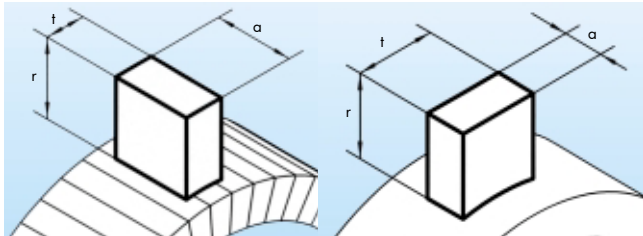
Die Herstellparameter lassen eine weite Variation der physikalischen Kennwerte und des anwendungstechnischen Verhaltens zu. In Anlehnung an DIN EN 60276 werden die Werkstoffe in folgende Hauptgruppen unterteilt:

- Elektrographitbürsten
- Metallgraphitbürsten
- Kunstharzgebundene Graphitbürsten
- Kohlegraphitbürsten
- Naturgraphitbürsten

Gültige Normen für Kohlebürsten, Werkstoffe und Zubehörteile

DIN IEC 60136-3	Maße von Bürsten und Bürstenhaltern für elektrische Maschinen.
DIN EN 60276	Definitionen und Benennungen für Kohlebürsten, Bürstenhalter, Kommutatoren und Schleifringe.
DIN IEC 60413	Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe von Kohlebürsten für elektrische Maschinen.
DIN IEC 60467	Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Kohlebürsten für elektrische Maschinen.
DIN 43021	Kohlebürsten für Bahnen und Fahrzeuge, Maße und Toleranzen.
DIN 46224	Gestanzte Kabelschuhe für Kupferseile von Kohlebürsten.
DIN IEC 60760	Flachsteckverbindungen.
DIN 46438	Rundseile aus Kupfer, hoch flexibel.

Abmessungen und Ausführungsformen von Kohlebürsten



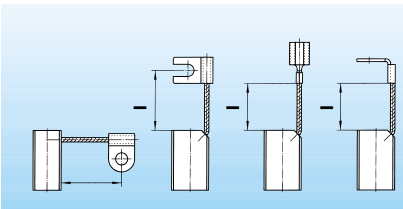
Kommulatorbürste

Schleifringbürste

- t = tangential** Bürstenmaß in Umfangsrichtung
- a = axial** Bürstenmaß parallel zur Rotorachse
- r = radial** Bürstenmaß senkrecht zur Rotorachse

Die Abmessungen der Kohlebürsten sind gemäß DIN IEC 60136-3 in der Reihenfolge **t x a x r** festgelegt und müssen in dieser Reihenfolge bei Bestellungen angegeben werden. Die Abmessungen des Stromseiles sind ebenso gemäß o. g. Norm und DIN 46438 dem Bürstenquerschnitt in Abhängigkeit vom Bürstenwerk-

stoff zugeordnet. Die Länge l des Stromseiles wird vom Bürstenkopf bzw. von der Seil-Austrittsstelle bis zur Mitte des Kabelschuhs gemessen. Bei Bürsten mit abgewinkelten Kabelschuhen oder Sonderkabelschuhen (Stecker) wird die freie (sichtbare) Stromseillänge angegeben. Empfehlungen für Grundformen und Vorschriften für die Bemaßung von Kabelschuhen sind in DIN 46224 beschrieben.

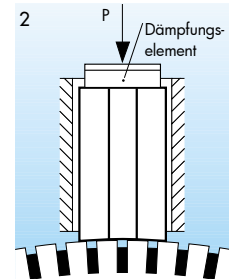
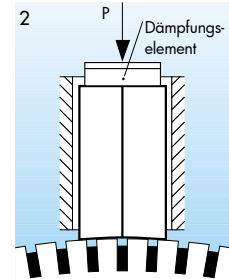
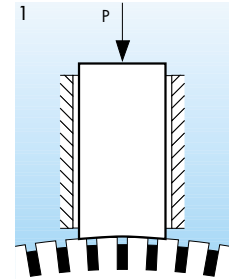


1. Blockbürsten

Einfachste Bürstenausführung für Standardanforderungen.

2. Zwillings- und Drillingsbürsten

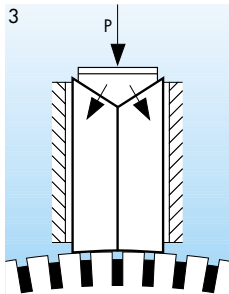
Mit der Aufteilung der relativ schweren und starren Blockbürste werden bessere elektrische und mechanische Kontaktbedingungen erreicht. Zum einen wird durch die Aufteilung eine größere Anzahl von elektrischen Kontaktstellen zwischen Bürstenauflfläche und Kommutator erzielt, zum anderen erhöht sich durch den zusätzlichen Kontaktwiderstand zwischen den Teilbürsten der Widerstand im Querstromkreis der Bürste. Die Aufteilung der Bürstenmasse bewirkt reduzierte Beschleunigungskräfte auf die Bürstenteile und damit ein besseres dynamisches Verhalten. Zwillings- oder Drillingsbürsten bewähren sich vor allem bei Maschinen im Reversierbetrieb, da gegenüber Blockbürsten eine schnellere Anpassung der Bürstenlauffläche bei Drehrichtungswechsel erfolgt.



Zusätzliche Auflagen aus Gummi, Hartgewebe oder deren Kombination bewirken sowohl eine gleichmäßigere Druckverteilung als auch ein höheres Dämpfungsvermögen. Aus mechanischen Gründen sollte das Tangentialmaß der Teilbürsten nicht kleiner als 4 mm sein.

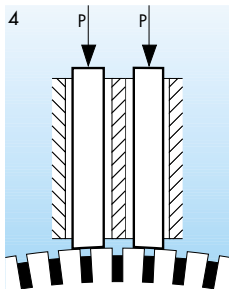
3. Spreizbürsten

Spreizbürsten sind eine besondere Ausführung der Zwillingsbürsten, bei denen die Kopfflächen unter einem bestimmten Winkel nach innen abgeschrägt sind und durch ein entsprechendes Kopfstück angepresst werden. Dadurch wird die Wandreibung erhöht und die Wirkung der Beschleunigungskräfte reduziert.



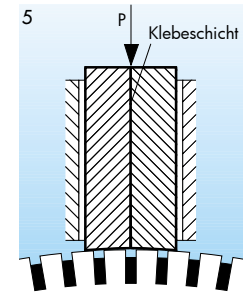
4. Tandembürsten

Tandembürsten sind spezielle Bürstenpaare, bei denen jede Teilbürste in einer eigenen Haltertasche eines Tandem-Bürstenhalters geführt und durch separate Druckfinger angepresst wird. Dadurch erreicht man eine gleichmäßige Anpresskraft und Stromverteilung.



5. Schichtbürsten

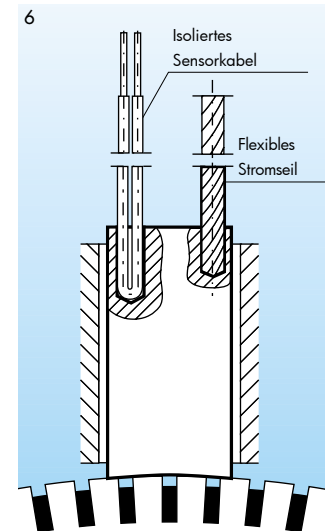
Schichtbürsten sind ähnlich einer Blockbürste, die aus zwei miteinander isolierend verklebten Bürstenteilen besteht. Beide Schichten können je nach Anwendung aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.



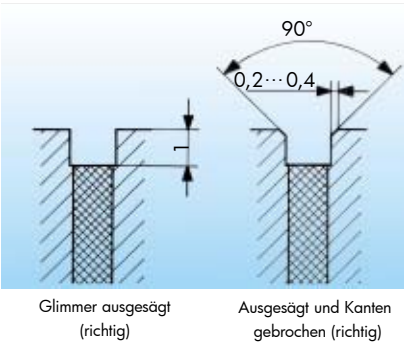
Die Bürstenhälften sind elektrisch nur über den Stampfkontakt verbunden, so dass sich für den Querstrom ein verlängerter Strompfad mit sehr gutem Kommutierungsverhalten ergibt. Werden verschiedene Werkstoffe leitend miteinander verbunden, entstehen Verbundbürsten.

6. Kohlebürsten mit Meldekontakt

Kohlebürsten mit Meldekontakt signalisieren das Erreichen der Verschleißgrenze und ermöglichen einen wartungsarmen Betrieb. In die Kohlebürste ist ein isolierter Kontakt eingeklebt. Die Meldung erfolgt, wenn durch den fortschreitenden Verschleiß der Kohlebürste der Kontakt angeschliffen und mit dem Kommutator verbunden wird. Die Meldung wird elektrisch ausgewertet und optisch oder akustisch angezeigt.



Hinweise für Einbau und Betrieb



Glimmer ausgesägt (richtig)

Ausgesägt und Kanten gebrochen (richtig)

Voraussetzungen für eine einwandfreie Stromübertragung und eine funkenfreie Kommutierung sind

- guter Rundlauf,
- keine Lamellensprünge,
- keine Kommutatorflachstellen,
- symmetrisch vertiefte Kommutatorisolierung und gebrochene Lamellenkanten,
- geringe Rautiefe der Schleifring- bzw. Kommutatoroberfläche,
- gleichmäßiger Bürstendruck,
- gute Anpassung der Bürsten an die Schleifring- bzw. Kommutatoroberfläche.

Kommutator- und Schleifringbearbeitung

Die Unrundheit des Kommutators/ Schleifringes sollte im Neuzustand bzw. nach Überarbeitung nicht größer als 0,02 mm sein. In Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen und dem Bürstenwerkstoff sollten Rotoren mit langweiliger Unrundheit über 0,30 mm und kurzweiliger Unrundheit über 0,15 mm überarbeitet werden.

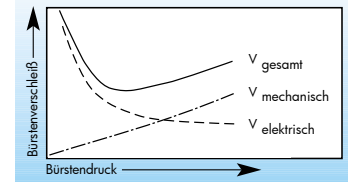


Versetzt ausgesägt (falsch)

Zu schmal ausgesägt (falsch)

Lamellensprünge zwischen benachbarten Lamellen > 0,002 mm und Flachstellen müssen beseitigt werden. Kommutatoren mit bündiger Isolierung erfordern sehr harte Bürstenwerkstoffe mit entsprechend hohem Kommutatorangriff. Im Interesse einer langen Kommutator- und Bürstenlebensdauer werden weichere Bürstenwerkstoffe verwendet. Zudem wird die Isolierung vertieft.

Die Oberflächenrauheit R_z des Kommutators sollte im Neuzustand zwischen 4 und 8 μm betragen.



Bürstendruck

Der Bürstendruck muss den Betriebsbedingungen angepasst werden und stellt einen Kompromiss zwischen mechanischem und elektrischem Verschleiß dar.

Empfehlungen für den Bürstendruck

Art der Maschine	Bürstendruck in kPa Montageart	
	fest	schwingend
Gleichstrommaschinen bis 1500 U/min	15–20	20–30
Gleichstrommaschinen über 1500 U/min	20–25	25–35
Drehstromnebenschluss-Kommutatormotoren	18–20	25–30
Schleifringläufermotoren	20–25	25–35
Turbogeneratoren	15–25	–
Fahrmotoren	–	30–50

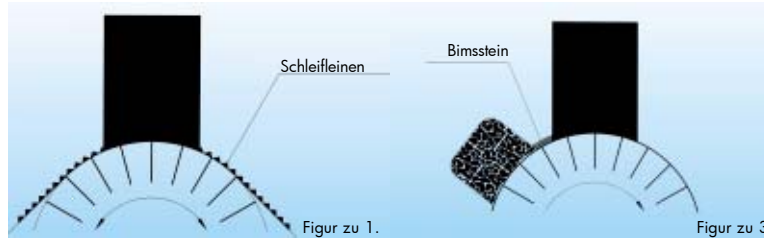
Die Toleranz des Bürstendruckes darf $\pm 10\%$ betragen.

Einschleifen von Kohlebürsten

Die Anpassung der Bürsten an die Schleifring- bzw. Kommutatoroberfläche geschieht durch Einschleifen der Bürsten. Hierbei sind mehrere Technologien anwendbar.

1. Die Kohlebürsten werden in die Bürstenhalter eingesetzt. Zwischen den Bürsten und der Oberfläche des Schleifringes/ Kommutators wird ein Streifen Schleifleinen (z. B. Körnung 80–100) geschoben, der in tangentialer Richtung hin und her gezogen wird. Nachdem die Lauffläche annähernd die Form der Ring-/Kommutatoroberfläche angenommen hat, wird zum Fertigschleifen das Schleifmittel nur noch in Drehrichtung der Maschine gezogen. Beim Zurückziehen des Schleifmittels sind die Bürsten anzuheben. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Kohlebürsten die gleiche Lage im Bürstenhalter annehmen wie beim späteren Betrieb der Maschine.

2. Um den gesamten Schleifring/ Kommutator wird eine Lage Schleifleinen gelegt und z. B. mit Klebeband befestigt. Danach



werden die Bürsten in die Halter eingesetzt, und der Rotor der Maschine wird von Hand in Betriebsdrehrichtung durchgedreht (vornehmlich bei kleineren Maschinen).

3. Die Maschine wird komplett mit Kohlebürsten bestückt und im Leerlauf (evtl. mit verringerter Drehzahl) in Betrieb genommen. Vor den Kohlebürsten wird ein Bimsstein auf den Kommutator gedrückt. Der dabei entstehende Bimsstaub gelangt unter die Bürsten und schleift diese ein.

Zweckmäßigerweise erfolgt das Aufsetzen des Bimssteins nacheinander vor allen Bürstenlinealen bzw. -bolzen der Maschine. Diese Einschleifmethode eignet sich besonders für große Gleichstrommaschinen.

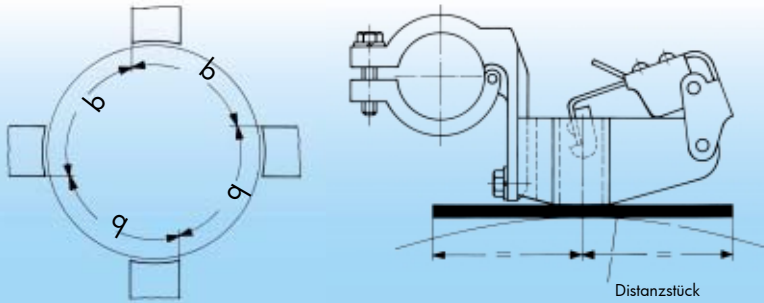
Ausrichten der Kohlebürsten

Um eine einwandfreie Funktion der Bürsten zu erreichen, müssen diese präzise ausgerichtet sein. Sie dürfen weder schief aufgesetzt werden (Rotorachse und Axialmaß a sind nicht parallel), noch darf ein tangentialer Versatz auftreten. Dies gilt nicht für Maschinen, bei denen konstruktiv eine Bürstenstaffelung vorgesehen ist. Weiterhin ist es wichtig, dass die Bürsten in der vom Maschinenhersteller eingestellten und festgelegten neutralen Zone stehen. Die Abstände zwischen den Bürsten in Umfangsrichtung müssen gleich sein. Zur Kontrolle wird ein Papierstreifen um den Kommutator gelegt, die Abdrücke der Bürsten werden gekennzeichnet und jeweils von einer Bezugskante nachgemessen. Abweichungen des Abstandsmaßes b von mehr als 0,5 mm können die Kommutierung und Stromverteilung bereits stören.

Das Einschleifen kann beendet werden, wenn etwa 70 % der Bürstenlauffläche tragen. Nach dem Einschleifen sind die Kohlebürsten aus dem Halter zu entfernen, und die Maschine ist mit ölfreier Pressluft von Schleifmittel- und Bürstenstaub zu befreien.

Achtung, der Staub darf nicht in die Wicklung oder in die Maschinenlager gelangen!

Die Kohlebürsten sind mit einem sauberen (öl- und fettfreien) Lappen abzuwischen und ihre Laufflächen mit einem Glaspinsel von eingedrungenen Schleifmittelkörnern zu befreien.



Der Abstand zwischen dem Kommutator und der Unterkante Halterkasten sollte bei 1,5 bis 2 mm liegen. Eine Korrektur wird notwendig, wenn der Kommutator abgedreht oder die Maschine nach einer Überholung neu montiert wird. Die Einstellung ist mit Hilfe eines Distanzstückes leicht vorzunehmen.

Zu große Abstände zwischen Bürstenhalter und Kommutator können eine Schwingungs- und Ratterneigung begünstigen und den Kippwinkel der Bürsten beim Reversieren vergrößern. Bei Gleichstrommaschinen sollen die Bürsten jeweils polpaarweise in einer Bahn laufen.

Damit wird erreicht, dass sich eine unterschiedliche Patinabildung unter Plus- und Minusbürsten nicht auswirken kann. Bei höher poligen Maschinen wird man die einzelnen Bürsten der Polpaare darüber hinaus axial versetzen, um eine möglichst gleichmäßige Abnutzung des gesamten Kommutators zu erreichen.

Falls die Länge des Kommutators es zulässt, ergibt sich eine optimale Versetzung nach folgender Regel: $v = z = a / (p-1)$

Darin bedeuten:

v = Versatz

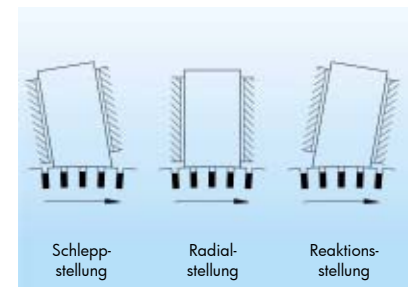
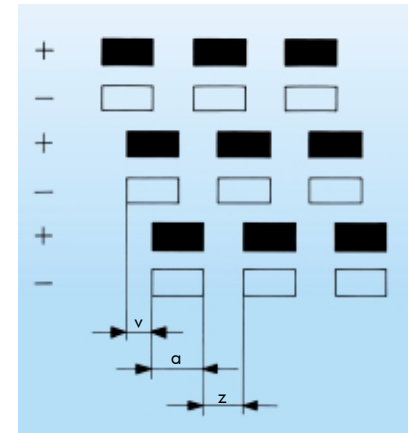
z = Abstand zweier Kohlebürsten gleicher Polarität

a = axiales Bürstenmaß

p = Polpaarzahl

bzw. halbe Polzahl

Die Anordnung der Bürsten auf dem Kommutator erfolgt entweder exakt radial oder unter einem bestimmten Neigungswinkel, um Schwingungen zu mindern. Man spricht dann von einer Schlepp-(Treidel-, Trailing-) oder Reaktionsstellung, jeweils bezogen auf die Drehrichtung des Kommutators.




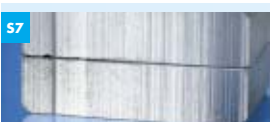



Beurteilung des Betriebsverhaltens des Kommutierungsapparates

Aussehen der Kohlebürsten-Laufläche

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen typische Kohlebürsten-Lauflächen. Zur einheitlichen Beurteilung empfehlen wir, die Bezeichnungen S1, S3 usw. zu verwenden. S1, S3 und S5 sind Beispiele für normal aussehende

Laufflächen, die weder auf mechanische noch elektrische Schwierigkeiten hindeuten. Je nach Kohlebürstenwerkstoff zeigt die Laufläche eine dichte oder poröse Oberfläche mit glänzendem oder mattem Aussehen. Durch Umlufteinflüsse, z. B. Staub, können sich haarfeine Riefen bilden (S5).

	S1 Einwandfreier, dichter, glänzender Spiegel	Gutes Laufverhalten
	S3 Einwandfreier, leicht poröser glänzender Spiegel	Gutes Laufverhalten
	S5 Haarfeine Riefen	Normales Laufverhalten, geringe Staubeinflüsse
	S7 Riefen	Mögliche Ursachen: Unterlast, Staubeinflüsse, Öl- oder Fettverschmutzung
	S9 Bahnen mit Riefen und Rillen	Mögliche Ursachen: wie S7, aber stärker ausgeprägt

S11



S11 Kommütierungsschatten,
oft diffus

Mögliche Ursachen: Kommütierungsschwierigkeiten, z. B. falsche Einstellung der neutralen Zone oder der Wendepole

S13



S13 Brandstreifen an der An-
oder Ablaufkante

Mögliche Ursachen: Kommütierungsschwierigkeiten, starkes Bürstenfeuer, Kontakttrennungen, verursacht durch Unrundheit des Kommutators oder ungenügenden Halterdruck

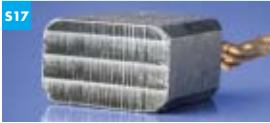
S15



S15 Verkraterungen

Mögliche Ursachen: elektrische Überlastung, Kontakttrennung

S17



S17 Lamellenabbildungen

Mögliche Ursachen: Verbrennungserscheinungen durch wicklungsbedingte Spannungsspitzen während des Kommütierungsvorgangs

S19



S19 Kippspiegel, hier bei einer
Zwillingsbürste

Mögliche Ursachen: Kippen der Bürsten bei Reversierbetrieb

S21



S21 Kupfernester

Mögliche Ursachen: Aufnahme von Kupferpartikeln, z. B. infolge von Kupferschieben (siehe L10 und R4)

S23

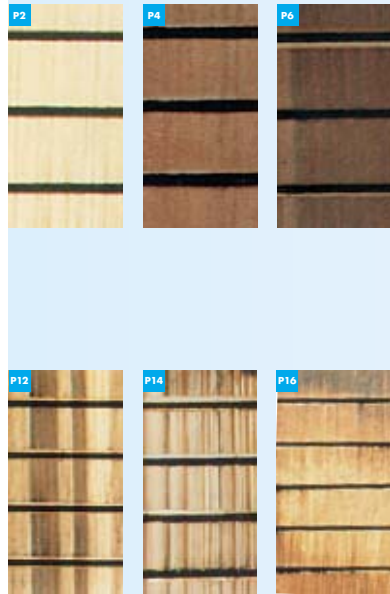


S23 Ausbrüche

Mögliche Ursachen: hervorstehende Lamellen, starke Unrundheit des Kommutators, Rattern durch Unterlast und Leerlauf

Aussehen des Kommutators

Neben der mechanischen Oberflächenbeschaffenheit des Kommutators ist die Patina für das Laufverhalten der Kohlebürsten von entscheidender Bedeutung. Unter den gegebenen Betriebs- und Umluftbedingungen baut jede Kohlebürstenmarke eine eigene charakteristische Patina auf, die im wesentlichen aus Graphitablagerungen, Kupfer-I- und Kupfer-II-Oxid sowie einem adsorbierten Wasserfilm besteht. Die Patina ist deshalb ein wertvolles Hilfsmittel zur Beurteilung des Betriebsverhaltens des gesamten Kommutierungsapparates. Die nachfolgenden Bilder stellen typische Erscheinungsformen von Kommutatoroberflächen dar. Diese Darstellungen werden von Kohlebürstenherstellern und -anwendern verwendet, um eine einheitliche Beurteilung zu erreichen.



P2, P4 und P6 sind Beispiele einer normal aussehenden Patina. Bei einwandfreiem Lauf der Maschine zeigt die Patina eine gleichmäßige, glänzende, hellbraune bis dunkelbraune Färbung. Wichtig ist die Gleichmäßigkeit, nicht der Farbton.

Elektrische, mechanische und atmosphärische Einflüsse auf das Aussehen der Patina

P12 Streifige Patina, mehr oder weniger breite Bahnen. Die Farbe ist abwechselnd hell oder dunkel, kein Kommutatorverschleiß

Mögliche Ursachen: hohe Luftfeuchtigkeit, Öldämpfe, aggressive Gase in der Umluft, niedrige Strombelastung der Bürsten

P14 Aufgerissene Patina, wie P12, jedoch mit Kommutatoranriff

Mögliche Ursachen: wie P12, jedoch bei länger anhaltender Schädigung

P16 Schmierige Patina mit nicht periodischen Anfleckungen in ungleichmäßiger Form und Farbe

Mögliche Ursachen: Deformierung oder Verschmutzung des Kommutators

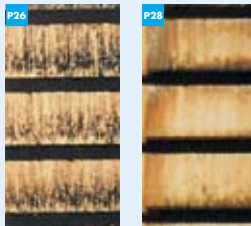


P22 Einzelne Anfleckungen, regelmäßig verteilte Anfleckungen auf einem oder mehreren Kommutatorabschnitten

Mögliche Ursachen: Unrundheit des Kommutators, Vibrationen des Motors aufgrund eines Fehlers beim Ausrichten der Welle oder beschädigtes Lager

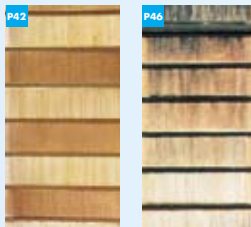
P24 Dunkle Anfleckungen mit abgegrenzten Kanten, siehe auch T12, T14

Mögliche Ursachen: eine fehlerhafte Lamelle oder Lamellengruppe, die ein Abheben der Bürsten zur Folge hat



P26/P28
In der Mitte oder an Kanten angefleckte Lamellen

Mögliche Ursachen: häufig Kommutierungsschwierigkeiten oder auch fehlerhaftes Abschleifen des Kommutators

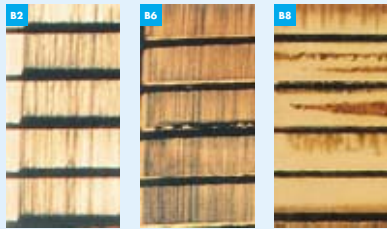


P42 Abwechselnd helle und dunkle Lamellen

Mögliche Ursachen: ungleichmäßige Stromverteilung auf zwei parallele Wicklungskreise bei zweigängiger Schleifenwicklung oder auch unterschiedliche Abschaltinduktivität bei zwei Spulen pro Nut

P46 Matte Anfleckung in doppelter Polteilung

Mögliche Ursachen: meistens fehlerhafte Lötstellen an den Ausgleichsverbindungen oder Lamellenanschlüssen



B2, B6, B8

Anbrennungen an den Lamellenkanten oder in der Mitte der Lamelle

Mögliche Ursache:
Funkenbildung infolge von Kommutierungsschwierigkeiten



B10 Durchlöcherte Patina, helle Pünktchenbildung unterschiedlicher Dichte und Verteilung

Mögliche Ursache:
Patinadurchschlag infolge zu großen elektrischen Widerstandes



T10 Dunkle Anfleckungen entsprechend der Bürstenlauffläche

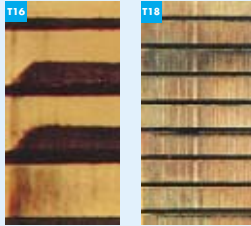
Mögliche Ursachen: häufig bei längerem Stillstand des Motors ohne Strom oder kurzem Stillstand unter Belastung

T12 Anbrennung einer ablaufenden und der nächstfolgenden auflaufenden Lamellenkante

Mögliche Ursachen: Hinweis auf eine vorstehende Lamelle (siehe L2)

T14 Dunkle Markierungen

Mögliche Ursache: Anzeichen für zurückstehende Lamellen (L4), auch bei Flachstellen



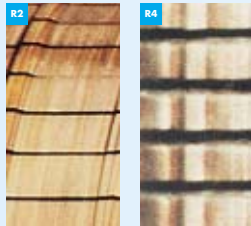
T16 Scharf abgegrenzte dunkle Markierungen zusammen mit Lamellenkantenverbrennungen

Mögliche Ursache: vorstehende Lamellenisolation (siehe L6)

T18 Dunkle Markierungen

Mögliche Ursachen: nicht oder schlecht gebrochene Lamellenkanten (siehe L8)

Verschleiß der Kommutatorlamellen

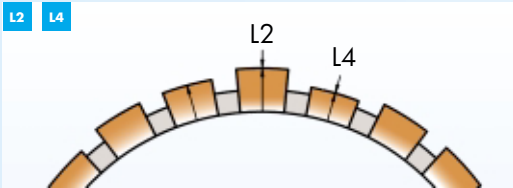


R2 Draufsicht eines Kommutators

Mögliche Ursachen: Metallverschleiß Bahn für Bahn, Bürstenanordnung richtig, Verschleiß normal nach sehr langer Betriebsdauer

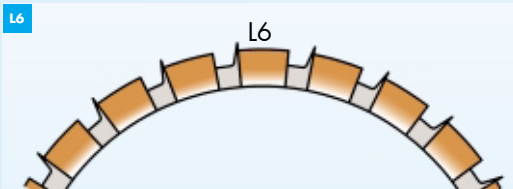
R4 Kommutatorlamelle mit unnormalem Metallverschleiß

Mögliche Ursachen: falsche Bürstenanordnung, ungeeigneter Bürstenwerkstoff, verschiedene Arten von Verschmutzung usw.

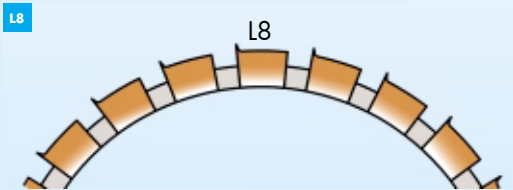


L2 Vorstehende Lamelle

L4 Zurückstehende Lamelle

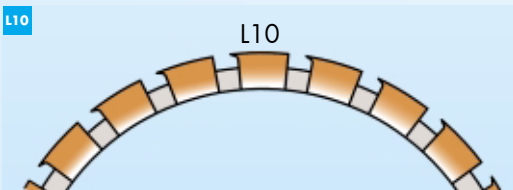


L6 Vorstehende Lamellen-
isolation



L8 Grat an den Lamellenkanten

Mögliche Ursachen: häufig
fehlerhafte Bearbeitung des
Kommutators



L10 Kupferschieben

Mögliche Ursachen: Stöße oder
Schwingungen aufgrund verschie-
dener Ursachen

Abhilfelinweise bei Störungen

Stärkeres Bürstenfeuer

Ursachen	Abhilfe
Stromwender oder Schleifring unrund	Abdrehen oder Abschleifen (siehe Hinweise über Einbau und Betrieb)
Ungenügender Bürstendruck	Bürstendruck erhöhen (entsprechend Tabelle S.9)
Kohlebürsten klemmen am Halter	Bürstenabrieb oder Fremdstaub sorgfältig von Halter und Bürste entfernen, evtl. Staubnuten vorsehen
Öl oder Schmutz zwischen den Lamellen	Lamellen reinigen, Kühlluft filtern, evtl. Lager abdichten
Kohlebürsten schlecht eingeschliffen	Bürsten nachschleifen
Bürstenhalter zu weit vom Stromwender oder Schleifring entfernt	Halterabstand auf 2 mm einstellen
Lamellenisolation steht vor	Isolation vertiefen und Lamellenkanten brechen
Schwingungen und Erschütterungen der Maschine	Wenn Maßnahmen zur Schwingungsdämpfung nicht möglich sind, evtl. Bürstendruck erhöhen oder Bürste mit Dämpfungselement einsetzen
Falsche Stellung der Bürstenbrücke	Neutrale Zone bestimmen und Bürste in diese einstellen
Bolzenteilung fehlerhaft	Einstellung korrigieren
Wendefeld zu stark oder zu schwach	Neueinstellung durch Maschinenhersteller vornehmen lassen, evtl. andere Bürstenmarke verwenden
Ungeeignete Bürstenmarke	Bitte unseren technischen Service ansprechen

Flecken oder Brandstellen

Ursachen	Abhilfe
Vorstehende oder lose Lamellen (L2, L4)	Stromwender nachspannen und überdrehen
Lamellenisolation steht vor (T16, P24)	Kommutator abdrehen und Isolation vertiefen, ggf. Stromwender nachspannen
Stromwender oder Schleifringe unrund bzw. Anker schlecht ausgewuchtet (P6)	Abdrehen, auswuchten
Schlechte Lötflächenverbindungen (P42, P46)	Stromwenderverbindungen nachlöten
Elektrolytische Einflüsse bei stillstehenden Stahlringen (Eisen-Kohle-Element)	Während des Stillstandes Isolierplättchen unter die Kohlebürste schieben

Erhöhter Verschleiß des Stromwenders und der Schleifringe

Ursachen	Abhilfe
Überlastung einzelner Bürstenbahnen infolge ungleicher Stromverteilung	Bürstendruck in richtiger Höhe gleichmäßig einstellen, evtl. stärker polierende Kohlebürsten verwenden
Staubhaltige Luft (P14)	Filter einbauen und Frischluft zuführen
Aggressive Gase oder Dämpfe (P12)	Reine Frischluft zuführen, stärker polierende Bürsten aufsetzen
Riefenbildung durch Unterbelastung der Bürsten (P14)	Ggf. Bürstenzahl pro Pol verringern oder Bürstenmarke wechseln
Riefenbildung durch Ölfilm auf Kommutator oder Schleifringen	Lager abdichten, Öldämpfe vermeiden
Anodischer Materialverlust bei gleichstrombelasteten Schleifringen	Polarität der Schleifringe von Zeit zu Zeit wechseln
Kupferschieben (L10)	Wegen der komplexen Ursachen bitte unseren technischen Service ansprechen
Flachstellenbildung	Anlaufstrombegrenzung vorsehen

Ungleicher Bürstenverschleiß

Ursachen	Abhilfe
Ungleiche Stromverteilung	Bürstendruck in richtiger Höhe gleichmäßig einstellen
Fehlerhafte Stromseilbefestigung	Kohlebürsten auswechseln
Mischbestückung	Nur eine Bürstenmarke aufsetzen
Klemmen der Bürsten am Halter	Halter und Bürsten reinigen, Bürsten- und Haltertoleranzen überprüfen, Staubnuten vorsehen

Marken und typische Eigenschaften

SGL CARBON GmbH (Ringsdorff®, EKL)

	Marken- bezeichnung	Spez. elektr. Widerstand $\mu\Omega\text{m}$	Dichte g/cm^3	Biege- festigkeit MPa	Härte Rockwell B	Dauerstrom- dichte A/cm^2	Umfangs- geschwindig- keit m/s
Elektrographit	RE 28	42	1,63	21	70 HR 10/100	12	50
	RE 50	9	1,40	7	-	10	80
	RE 54	18	1,58	28	65 HR 10/60	12	50
	RE 59	49	1,67	24	75 HR 10/150	12	56
	RE 60	50	1,67	20	70 HR 10/150	12	56
	RE 75	25	1,56	21	58 HR 10/60	12	50
	RE 76	25	1,57	25	68 HR 10/60	12	50
	RE 78	23	1,54	17	75 HR 10 / 40	12	50
	RE 80	15	1,50	9	30 HR 10/40	10	50
	RE 92	16	1,53	14	55 HR 10/40	12	50
	RE 98	61	1,41	12	50 HR 10/60	12	60
	RE 140	90	1,68	25	95 HR 10/150	10	50
	RE 170	74	1,68	27	92 HR 10/150	10	50

Die in der Tabelle aufgeführten Grundmarken können durch Imprägnierungen im Einsatzverhalten optimiert werden. Imprägnierungen werden durch Ergänzungen zur Markenbezeichnung kenntlich gemacht, z. B. RE 59N1.

SGL CARBON GmbH (Ringsdorff®, EKL)

	Marken- bezeichnung	Spez. elektr. Widerstand $\mu\Omega\text{m}$	Dichte g/cm^3	Biege- festigkeit MPa	Härte Rockwell B	Dauerstrom- dichte A/cm^2	Umfangs- geschwindig- keit m/s
Elektrographit	E 33	57	1,62	22	105 HR 10/100	12	60
	E 33T	57	1,65	25	108 HR 10/100	12	60
	E 33U	57	1,65	27	110 HR 10/100	12	60
	E 34	48	1,58	25	90 HR 10/100	12	60
	E 34T	48	1,60	25	90 HR 10/100	12	60
Metallgraphit	RC 53	1,3	3,2	30	84 HR 10/60	18	40
	RC 67	0,4	3,8	35	83 HR 10/60	18	35
	RC 73	0,20	4,2	44	85 HR 10/60	20	30
	RC 87	0,10	5,2	55	60 HR 10/60	22	25
	RC 90	0,09	5,3	36	74 HR 10/40	22	25
	RC 95	0,12	6,2	115	75 HR 10/60	25	20
	RS 70	0,8	4,3	30	90 HR 10/60		20
Kunstharzge- bundener Graphit	RX 88	140	1,68	32	85 HR 10/60	10	35
	RX 91	330	1,41	18	80 HR 10/40	10	40

Die in der Tabelle aufgeführten Grundmarken können durch Imprägnierungen im Einsatzverhalten optimiert werden.

Imprägnierungen werden durch Ergänzungen zur Markenbezeichnung kenntlich gemacht, z.B. RE 59N1, E 33T.

SGL CARBON Corporation, St. Marys (USA), (C/G bzw. AIRCO Speer Carbon)

	Metall	Marken- bezeichnung	Spez. elektr. Widerstand	Dichte	Biege- festigkeit	Härte Shore	Dauerstrom- dichte	Umfangs- geschwindig- keit
	%		$\mu\Omega\text{m}$	g/cm^3	MPa		A/cm^2	m/s
Elektrographit		E 3	8	1,69	21	30	12	45
		E 31	48	1,60	28	70	12	40
		E 37	43	1,60	34	75	10	40
		E 41	58	1,55	21	60	12	45
		E 44	43	1,72	38	80	10	35
		E 45	58	1,55	23	55	12	45
		E 49	43	1,64	21	70	12	50
		E 57	53	1,53	18	50	12	45
		E 60	48	1,66	37	75	12	50
		E 61	15	1,45	10	30	12	45
		E 63	14	1,58	14	30	12	50
	4029	64	1,46	14	45	12	40	
	4041	76	1,49	9	50	12	37	
	6677	76	1,60	17	65	12	50	
Naturgraphit		702	25	1,43	5	15	10	70
Kupfergraphit	15	626	12,7	2,04	17,2	35	14	40
	30	661	6,6	2,35	18,6	35	16	40
	40	672	3,1	2,69	25,5	35	17	40
	50	673	2,03	2,95	22,1	30	18	35

Gleichlautende Markenbezeichnungen sind historisch entstanden. Eigenschaften und Anwendungen sind jedoch nicht gleich.

SGL ANGRAPH SP. Z O.O., Nowy Sacz, Polen

	Marken- bezeichnung	Spez. elektr. Widerstand $\mu\Omega\text{m}$	Dichte g/cm^3	Biege- festigkeit Min. MPa	Härte Shore	Dauerstrom- dichte A/cm^2	Umfangs- geschwindig- keit m/s
Elektrographit	E 13	10–16	1,70	5	29	12	40
	E 13S	10–17	1,75	11	33	12	40
	E 17	15–22	1,55	6	34	12	40
	E 17S	15–25	1,60	10	36	12	40
	E 28	22–35	1,60	10	56	10	40
	E 28S	20–34	1,70	18	64	10	40
	E 30	28–42	1,69	8	55	10	40
	E 30K	26–41	1,65	12	55	10	40
	E 33S	27–42	1,68	16	58	10	50
	E 35	32–48	1,70	10	59	10	40
	E 35S	30–47	1,72	16	63	10	40
	E 40K	27–42	1,65	12	56	10	50
E 44S	37–52	1,68	18	62	10	50	
Naturgraphit	G 12	9–15	1,55	5	25	11	25
	G 20	17–26	1,66	5	32	11	25
	G 20S	15–26	1,68	10	35	11	25

Die in der Tabelle aufgeführten Grundmarken können durch Imprägnierungen im Einsatzverhalten optimiert werden. Imprägnierungen werden durch Ergänzungen zur Markenbezeichnung kenntlich gemacht, z. B. E 28S.

Gleichlautende Markenbezeichnungen sind historisch entstanden. Eigenschaften und Anwendungen sind jedoch nicht gleich.

Empfohlene Anwendungsgebiete von Kohlebürsten für ortsfeste Maschinen

Anwendung	Hersteller
	Halbzeug: SGL CARBON GmbH (Ringsdorff®, EKL) Fertigerzeugnisse: PanTrac GmbH, Berlin
Gleichstrommaschinen bis 110 V, Flurfördertechnik	RE 75, RE 76, RE 78, RE 54, VM 81
Große Gleichstrommaschinen > 110 V Walz- und Fördermotoren Steuergeneratoren Erregermaschinen Walzwerkhilfsantriebe	RE 60, RE 92N1, RE 98N1 RE 92N1, RE 98N1, RE 60 RE 60, RE 75 RE 75, RE 54
Kleine und mittlere Gleichstromantriebe	RE 603, RE 753, RE 60N5, RX 91, RE 98, RE 170
Drehstrom-Kommutatormotoren mit Läufer- oder Ständerspeisung	RX 88, RX 91
Schleifringe bis 40 ms ⁻¹ Bronze- und Kupferinge Remanit-, Perlit- und Sphärogussringe	RC 53, RC 73, RE 54, RE 92 RC 53, RC 73, RE 92, RE 54
Schleifringe bis 80 ms ⁻¹ Stahlringe (Turbogeneratoren)	RE 50
Erdungsringe	RE 50, RS 70

Empfohlene Anwendungsgebiete von Kohlebürsten für die Bahntechnik

Anwendung	Hersteller	
	Halbzeug: SGL CARBON GmbH (Ringsdorff®, EKL) Fertigerzeugnisse: PanTrac GmbH, Berlin	
Vollbahnmotoren		
16 2/3-Hz-Wechselstromfahrmotoren	E 33, E 33U	RE 59, RE 60N7
Wellenstromfahrmotoren	E 34D	RE 59N1
Gleichstromfahrmotoren	E 34T	RE 59N1
Motoren für Nahverkehrstriebzüge		
Gleichstrom ohne Chopper	E 33T, E 34T	RE 59, RE 59N1, RE 92N7, RE 76
Gleichstrom mit Chopper	E 34T	
Trolleybus	E 34T	RE 59N1
Dieselelektrische Triebfahrzeuge		
Gleichstromfahrmotoren	E 33, E 33T, E 34T	RE 59N1
Fahrgeneratoren	E 33, E 33D	RE 59N1
Motoren für Gruben- und Industriebahnen	E 34D	RE 76, RE 59N1
Hilfsmotoren	E 33, E 33D	RE 54, RE 59, RX 91
Erdungskontakte		RC 87, RC 90

Empfohlene Anwendungsgebiete von Kohlebürsten für ortsfeste Maschinen

Anwendung	Hersteller	
	Halbzeug: SGL CARBON Corporation St. Marys, USA	Halbzeug: SGL ANGRAPH SP. Z O.O. Nowy Sacz, Polen
Gleichstrommaschinen bis 110 V, Flurfördertechnik		E 30
Große Gleichstrommaschinen > 110 V Walz- und Fördermotoren	E 45, E 41, E 57, 4029	E 30, E 30K, E 28
Steuergeneratoren	E 45, E 61	E 30, E 35S
Erregermaschinen Walzwerkhilfsantriebe	E 35, E 61 E 45, 4029	E 28, E 28S, E 40K
Kleine und mittlere Gleichstromantriebe	E 45, E 61, 4029	E 17, E 28, E 28S, E 40K
Drehstrom-Kommutatormotoren mit Läufer- oder Ständerspeisung		
Schleifringe bis 40 ms ⁻¹ Bronze- und Kupferringe	E 3	E 13, E 13S
Remanit-, Perlit- und Sphärogussringe	E 61	G 12, G 20S
Schleifringe bis 80 ms ⁻¹ Stahlringe (Turbogeneratoren)	702	E 17

Ortsfeste Maschinen

Empfohlene Anwendungsgebiete von Kohlebürsten für die Bahntechnik

Anwendung	Hersteller	
	Halbzeug: SGL CARBON Corporation St. Marys, USA	Halbzeug: SGL ANGRAPH SP. Z O.O. Nowy Sacz, Polen
Vollbahnmotoren		
1 6 2/3-Hz-Wechselstromfahrmotoren	E 31	E 40K, E 28S
Wellenstromfahrmotoren	6677	E 28S
Gleichstromfahrmotoren	6677, E 45	E 28S, E 40K
Motoren für Nahverkehrstriebzüge Gleichstrom ohne Chopper	E 45, 6677, E 37	E 28
Gleichstrom mit Chopper Trolleybus	6677, E 37 E 45, E 37	E 28S
Dieselelektrische Triebfahrzeuge		
Gleichstromfahrmotoren	E 37, E 45, E 49	E 28S
Fahrgeneratoren	E 45, E 49	E 28
Motoren für Gruben- und Industriebahnen	E 45, E 49	E 28S, E 35
Hilfsmotoren	E 45, 4029, E 51	E 28, E 35