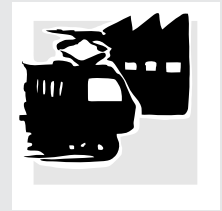


# Industrie- und Bahnkohlebürsten

## Störungen im Laufverhalten



Wenn von Störungen oder Betriebsschwierigkeiten im Laufverhalten von Kohlebürsten gesprochen wird, sollte man bedenken, daß nicht jede Abweichung vom Idealzustand bereits als Störung anzusehen ist.

Man sollte unterscheiden zwischen Erscheinungen, die eine Gefahr für Maschine und Betrieb darstellen (z. B. starkes Bürstenfeuer) oder zu hohen Wartungsaufwand erfordern (z. B. hoher ungleicher Bürstenverschleiß) und Problemen, die mehr oder weniger als Schönheitsfehler anzusehen sind (z. B. ungleichmäßige Patina). Solche „Fehler“ sollte man nicht überbewerten, wenn eine Maschine sonst einwandfrei arbeitet.

Zeigen die Kohlebürsten ein Laufverhalten, welches als nicht zufriedenstellend angesehen werden muß, sollte man bedenken, daß sie selbst nicht immer der Verursacher sein müssen. Es ist oft nicht leicht, die eigentliche Fehlerquelle zu finden, weil vielfach mehrere Störfaktoren für das vorliegende Verhalten in Frage kommen können.

Im folgenden gehen wir kurz auf einige der häufigsten Störungen ein und nennen mögliche Fehlerquellen:

Die Abhilfemaßnahmen ergeben sich zwangsläufig aus der Störungsursache, indem z. B. falscher

Bürstendruck korrigiert werden muß, oder ein unrunder Kommutator zu überdrehen ist. Die Abhilfemaßnahmen werden daher nicht besonders erwähnt.

Ergänzt werden die Hinweise durch Darstellungen von typischen Bürsten- und Kollektorbildern (siehe Seiten 5 und 6).

Damit möchten wir erreichen, daß die Anwender unserer Produkte und wir im Zusammenhang mit Kohlebürstenfragen die gleiche Sprache sprechen. Dies vermindert die Gefahr von Mißverständnissen und erleichtert die Beurteilung eines Falles. Selbstverständlich stehen die Fachingenieure unserer Außenbüros und des Stammhauses zur Lösung von Problemen zur Verfügung.

### Bürstenfeuer

Bürstenfeuer ist erst dann zu beanstanden, wenn es die Kohlebürsten und/oder den Kollektor beschädigt.

Schwaches Perlfeuer ist bei Kommutatormaschinen praktisch in allen Fällen harmlos und kann auch im Dauerbetrieb zugelassen werden. Zeigen sich jedoch rötliche Funken, wird bereits das Kohlematerial angegriffen. An den Lamellenkanten können sich Patinaverfärbungen einstellen. Bei Spritzfeuer sollte bald Abhilfe

geschaffen werden, während grün-leuchtende, prasselnde Lichtbögen schnellste Maßnahmen erfordern.

Um einen Vergleichsmaßstab zu haben, haben wir eine Bewertung bis zur Zahl 5.5 vorgenommen und den einzelnen Zahlen jeweils einen Funkengrad zugeordnet (siehe Seite 12).

Mögliche Fehlerquellen für zu starkes Bürstenfeuer:

- Kommutator oder Schleifring sind unrunder
- starke Vibration
- Bürstendruck zu gering
- Spiel der Kohlebürsten im Halter zu groß
- Lamellenisolation ungenügend vertieft oder steht vor
- Bolzenteilung stimmt nicht
- Überdeckung zu groß oder zu klein
- Defekt in der Ankerwicklung
- falsche Stellung der Bürstenbrücke
- Wendefeld falsch eingestellt
- Maschine ist überlastet
- Kommutator oder Schleifring verschmutzt
- mangelhafte Verbindungen zwischen Lamellen und Wicklung
- ungleiche Stromverteilung, einzelne Kohlebürsten überlastet
- Kohlebürsten nicht richtig eingeschliffen
- ungeeignete Bürstensorte.

## Zu hoher und ungleicher Verschleiß von Kohlebürsten

Vorab sei gesagt, daß es ohne Kenntnis der genauen Betriebsbedingungen sehr schwierig ist zu sagen, welcher Verschleiß (Längenabnahme pro Zeiteinheit, korrekt also Verschleißgeschwindigkeit) als normal und welcher als hoch anzusehen ist.

Der Verwender von Kohlebürsten wünscht geringsten Verschleiß, weil dadurch große Wartungsintervalle, geringe Verschmutzung der Maschine und natürlich geringe Unterhaltungskosten entstehen.

Zu geringer Verschleiß kann jedoch unter Umständen nach längerer Betriebszeit zu Schwierigkeiten führen, weil sich infolge des geringen Abriebs glatte und dichte Laufflächen an den Kohlebürsten bilden, die bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten aerodynamische Effekte auslösen können und somit zu Kontaktstörungen führen. Bei niedrigen Umfangsgeschwindigkeiten und glatten Laufflächen kann in ungünstigen Fällen das Gleiten in der Nähe von Haftreibung erfolgen, wodurch die Kohlebürsten zu Schwingungen angeregt werden können.

Für einen sicheren Stromübergang ist eine Mindestanzahl von Kontaktstellen erforderlich, die dann als Folge des Gleitvorganges zwangsläufig verschleifen. Die Höhe dieses Verschleißes ist von den Betriebsbedingungen, den Umgebungsverhältnissen und dem verwendeten Kohlebürstenwerkstoff abhängig. Infolge der vielfältigen Einflüsse ist es daher schwierig bzw. fast unmöglich, verbindliche Angaben über den

im Einzelfall zu erwartenden Verschleiß zu machen.

Je nach Beanspruchung, Betriebsbedingungen und verwendetem Kohlebürstenwerkstoff liegen die Verschleißwerte bei stationären Maschinen normalerweise in einem Bereich von 2–7 mm/1.000 h. Bei einer abnutzbaren Länge einer Kohlebürste von z.B. 20 mm ergibt dies einen Bereich für die Bürstenlebensdauer zwischen 2.900 und 10.000 Std.

Im Traktionsbereich wird der Verschleiß üblicherweise in mm-Abnutzung pro 1.000 Fahrkilometer angegeben. Als normal anzusehende Verschleißwerte liegen je nach Beanspruchung in der Größenordnung von 0,2–0,35 mm pro 1.000 km.

Ungleichen Bürstenverschleiß sollte man nur beanstanden, wenn größere Längenunterschiede nach längerer Laufzeit vorliegen. Geringe Differenzen, z.B. < 10 % der Verschleißlänge, sind als normal anzusehen.

Zu hohem bzw. ungleichem Verschleiß können die folgenden Fehler führen:

- Kommutator oder Schleifring unrund
- Anfleckungen auf Kommutator oder Schleifring
- Einfluß von Öl und Schmutz
- staubhaltige Luft
- vorstehender Glimmer
- Vibrationen
- aggressive Gase und Dämpfe in der Luft
- zu geringe Luftfeuchtigkeit
- schlechte Kommutierung
- Maschine überlastet
- ungleicher oder zu geringer Bürstendruck
- ungleiche Stromverteilung
- verschiedene Bürstensorten
- ungeeignete Bürstensorten.

## Flecken und Brandstellen auf Schleifringen und Kommutatoren

Flecken und Brandstellen haben überwiegend ihre Ursache in mechanischen Störungen des Bürstenlaufes, indem infolge Kontaktunterbrechungen Funken entstehen, die zu einer Schädigung der Kommutator- oder Schleifringoberfläche führen.

Es zeigen sich zunächst schwache Flecken, die sich dann mit längerer Betriebszeit verstärken. Das verzünderte Kommutator- bzw. Schleifringmaterial bildet in Verbindung mit dem Bürstenabrieb dann nach einiger Zeit die sogenannten Brandstellen.

Eine Sonderform der Fleckenbildung zeigt sich auf stillstehenden Kommutatoren oder Ringen, wenn infolge von hoher Luftfeuchtigkeit die Paarung Kohlebürste/Rotor ein galvanisches Element bildet. Zur Vermeidung von solchen Flecken sind, falls entsprechende Bedingungen vorliegen, Isolierstoffplättchen unter die Kohlebürsten zu legen.

Fehler, die zu Flecken und Brandstellen führen können:

- unrunder Kommutator oder Schleifring
- Lamellenisolation steht vor
- hervorstehende oder lose Lamellen
- Unwucht im Anker
- Bürstendruck zu gering
- Vibrationen oder Schwingungen an Halter und Kohlebürste
- Wicklungsschaden.

# Störungen im Laufverhalten

## Riefenbildung

Es gibt eine ganze Reihe von Betriebsbedingungen und äußeren Einflüssen, die dazu führen, daß das Kommutator- oder Schleifringmaterial in schmalen Spuren, sogenannten Riefen, angegriffen wird. In ungünstigen Fällen können sich diese Riefen dann zu relativ tiefen und breiten Rillen, die ganze, von den Kohlebürsten bestrichene Oberfläche bedeckend, ausweiten.

Diese Riefen stellen zunächst keine unmittelbare Gefahr für die Betriebssicherheit einer Maschine dar. Jedoch verschleißt teures Kommutatorkupfer, so daß durch Anpassung der Kohlebürstenqualität oder Änderung der Betriebsbedingungen und Umgebungsverhältnissen eine Riefenbildung verhindert werden muß. Bei der Beurteilung der Riefentiefe muß man beachten, daß der starke Farb- bzw. Helligkeitsunterschied zwischen kupfrig-blanken Spuren und den patinierten Zonen oftmals Riefen vortäuscht, während es sich eigentlich nur um eine stark ins Auge fallende Streifenbildung mit unbedeutender Eindringtiefe handelt.

Die häufigsten Ursachen für eine Riefenbildung:

### Fremdkörper

Feinste, harte Staubteilchen, die in der Kühlluft mitgeführt werden, können zwischen Kohlebürstenlauffläche und Kollektor gelangen und sich eventuell sogar in der Kohlebürste festsetzen. Sie ritzen die Patina auf und führen im weiteren Verlauf zur Riefung der Kollektoroberfläche.

Mineralische Bestandteile in Naturgraphit- und Kohlenstoffgraphit-

Qualitäten führen ebenfalls zu einem schwachen Rotorangriff bzw. leichter Riefenbildung. Nachdem heute auf Großmaschinen jedoch überwiegend Elektrographit-Kohlebürsten eingesetzt werden, scheidet dieser Punkt bis auf wenige Fälle aus.

### Schwachlast und Kupfernester in der Bürstenlauffläche

Wird eine Maschine nur gering belastet, ist die Rotortemperatur meist sehr niedrig. Gleiches gilt auch für zu intensive Belüftung bei normaler Belastung. In all diesen Fällen wird die Patina schlecht leitend, so daß die Stromübertragung bevorzugt über Frittbrücken erfolgt. Die Temperatur in diesen kleinen Frittbrücken ist so hoch, daß Rotormetall verdampft und sich feinste Metallpartikel in der Bürstenlauffläche niederschlagen, welche in ihrer Extremform als sogenannte Kupfernester erkennbar werden.

Auslöser für die Riefenbildung sind die kathodischen Bürsten, weil die Richtung des elektrischen Feldes für die Kupferwanderung eine Rolle spielt. Bei Wechselstrombelastung wird diese Art von Riefung praktisch nicht beobachtet. Die in die Bürstenlauffläche gelangten Kupferpartikel ritzen die Patina auf und führen zur Riefenbildung.

Die Riefung wird begünstigt, wenn Kohlebürsten verwendet werden, die eine nur schwach mit Kohlenstoff angereicherte Patina ausbilden. Besonders leicht tritt Riefenbildung auf, wenn Kohlebürsten bei Gleichstrombelastung in nach Polarität getrennten Spuren laufen. Die Riefen bilden sich dabei nur unter den kathodischen Bürsten aus.

### Hohe Luftfeuchte

Sie begünstigt die Oxydation des Rotormetalls, so daß dicke Fremdschichten gebildet werden. Diese werden dann, wie bei kalten Kommutatoren, örtlich gefrittet und Riefenbildung eingeleitet. Vermutlich spielt bei hoher Feuchte aber auch Elektrolyse noch eine Rolle.

### Riefung durch Fremdschichten aus Öl und Fett

Öle, Fette und alle anderen nicht leitenden Substanzen, die auf Kollektoren gelangen, bilden isolierende Filme, so daß sich die Zahl der elektrischen Kontaktstellen vermindert. In den verbleibenden Kontaktstellen wird durch örtlich sehr hohe Temperatur Rotormetall geschmolzen, so daß wir einen ähnlichen Effekt wie bei einer Frittung erhalten. Außerdem wird auf dem Kollektor befindliches Öl und Fett durch die thermische Beanspruchung gekrackt und sehr harter Ölkoks gebildet, welcher die Riefung verstärkt.

### Riefung durch Gasverunreinigung der Umluft

Chemisch aggressive Gase bilden sehr schnell schlecht leitende Fremdschichten auf der Kollektoroberfläche.

Die Schichten bzw. dünnen Filme werden durch intensive Frittung zerstört, wodurch Riefenbildung eingeleitet wird. Es ist in solchen Fällen zweckmäßig, Kohlebürstenwerkstoffe zu verwenden, die eine dichte, graphitische Patina bilden.

# Störungen im Laufverhalten

## Bürstenschwingungen und Bürstenrattern

Je nach Intensität können Bürstenschwingungen relativ schnell zu Zerstörungen der Stromzuführungslitzen sowie Schuhbildung am Bürstenfuß und Rattern zu Brüchen und Absplitterungen, insbesondere im Laufflächenbereich, führen. Bürstenschwingungen und insbesondere Rattern führen außerdem zu Kontaktunterbrechungen zwischen Kohlebürste und Kollektor.

Sind Kommutator oder Schleifring einer Maschine einwandfrei rund und rattern die Bürsten (Unrundheiten, vorstehender Glimmer usw. führen selbstverständlich zu Vibrationen), ist im allgemeinen ein zu hoher Reibwert die Ursache.

Sehr glatte, polierte Patina, deren Ausbildung bei kontinuierlichem Lauf mit Schwachlast oder gar Leerlauf begünstigt wird, führt dazu, daß das Gleiten der Kohlebürsten nahe der Haftreibung erfolgt. Bei anderen Systemen bildet sich der sogenannte „Stick-slip-Effekt“ aus. Kohlebürsten werden bei entsprechend hoher

Reibung zu einer sogenannten Wackelschwingung angeregt, die wir als Rattern bezeichnen. Bürstenrattern wird erleichtert, wenn der Druckfinger des Bürstenhalters so auf den Bürstenkopf drückt, daß die Richtung der Anpreßkraft im Bereich der anlaufenden Kante wirkt. In diesem Falle wird das insbesondere bei schwankender Reibkraft wichtige, stabilisierende und die Reibkraft kompensierende Rückstellmoment an der Kohlebürste sehr klein (siehe Bild 1 und 1a).

Auch ein zu großer Halterabstand ist von Nachteil, weil dadurch das durch die Reibung hervorgerufene Drehmoment um die Halterkasten-Unterkante groß wird.

Kohlebürsten in Reaktionsstellung neigen leichter zum Rattern als in Schleppstellung. Eine Erhöhung des Anpreßdrucks beseitigt das Rattern nicht, weil gleichzeitig auch die Reibungskraft größer wird.

Stromdurchgang hingegen bringt mikrofeine Aufrauhungen der Patina und Verschleißpartikel, welche die Reibung vermindern (sogenannte Stromschmierung).

Aus dem gleichen Grunde beruhigt sich auch eine ratternde Bürstebestückung, wenn der Kollektor leicht geschliffen wird. Auch hier sei nochmals der Hinweis gegeben, daß beim Überarbeiten von Kommutatoren und Ringen keine zu glatte Oberfläche erzeugt werden darf (siehe auch 10.32).

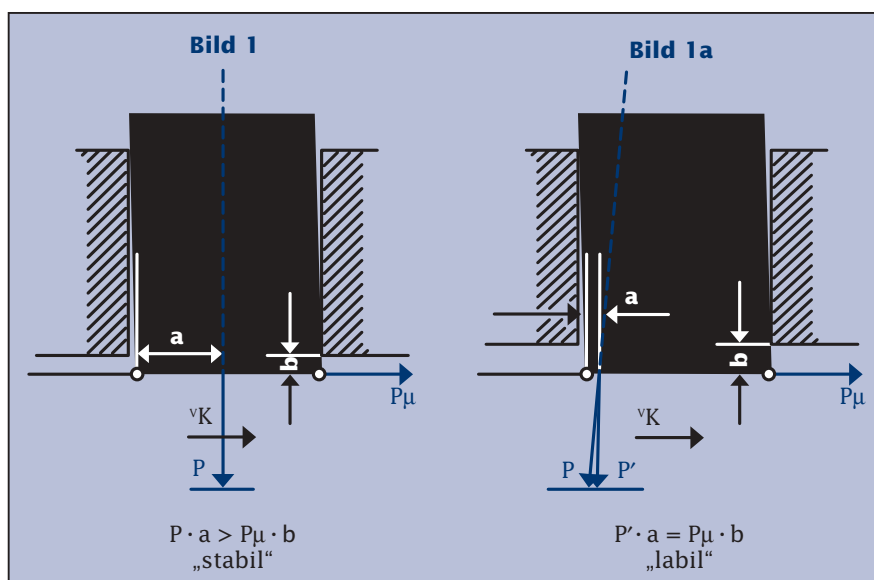
Geringe Mengen von Paraffin, die mit einem Leinenlappen auf Kommutator oder Ring aufgetragen werden, vermindern ebenfalls die Reibung. Diese Maßnahme hat aber nicht immer dauerhaften Erfolg, weil sich das Paraffin, insbesondere bei hohen Temperaturen, schnell verflüchtigt.

Besteht aufgrund der Betriebsverhältnisse die Gefahr, daß Rattern auftreten könnte, sollten von vornherein unter Berücksichtigung der anderen Anforderungen an die Kohlebürsten sogenannte leerlaufbeständige Qualitäten gewählt werden.

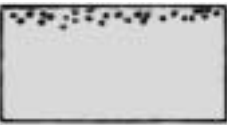
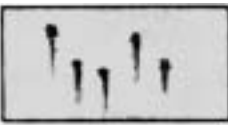
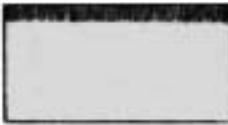
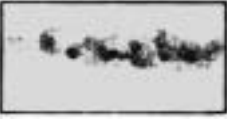
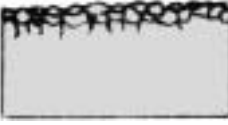
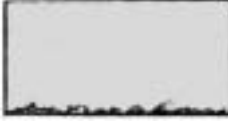


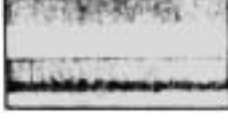
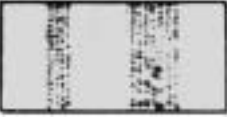

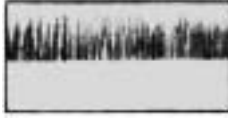



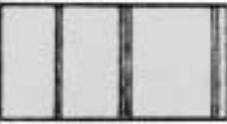
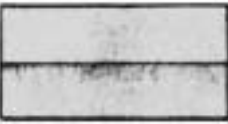

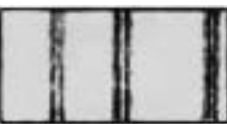
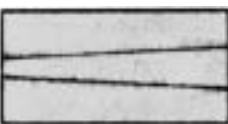

Sind die Betriebsbedingungen jedoch so, daß trotz entsprechend gewähltem Bürstenwerkstoff ein Bürstenrattern nicht ganz zu vermeiden ist, hilft, von Zeit zu Zeit die Patina leicht abzuschleifen.

Ursachen für Bürstenschwingungen und Bürstenrattern:

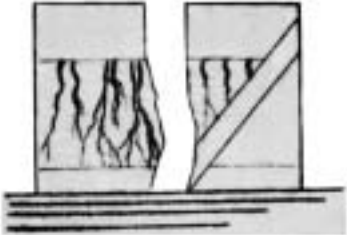
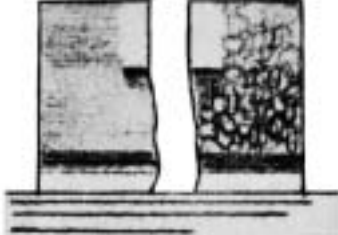

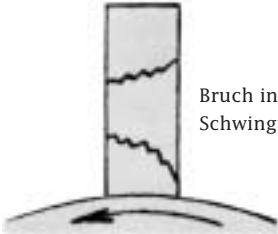
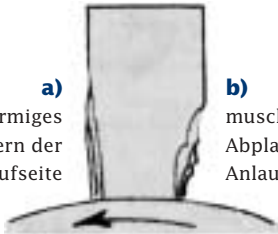
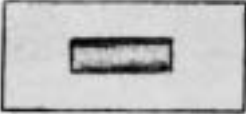
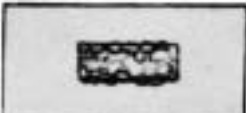
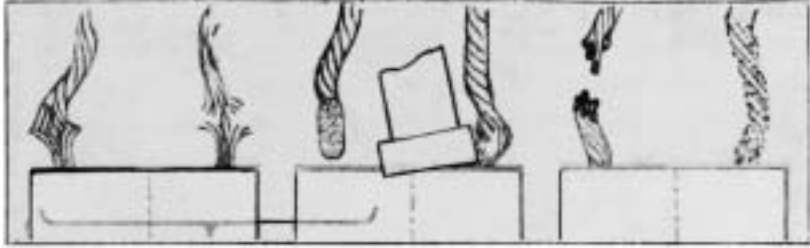
- zu glatte Kollektoren
- Unterbelastung der Kohlebürsten
- polierender Fremdstaub in der Umluft
- Halterabstand zu groß
- Spiel im Halterkasten zu groß
- Radialhalter stehen in leichter Reaktionsstellung
- Druckfinger verbogen
- Kommutatoren unrund
- zu geringe Luftfeuchtigkeit
- Kommutatorglimmer steht vor
- ungeeignetes Bürstenmaterial.



# Vergleichsdarstellungen von Kohlebürsten-Laufflächen

Elektrische Ursachen					
1	 Lichtbogenpunktierung an An- oder Ablaufkante	5	 Kometen	9	 Brandstreifen durch Kommutierungsfeuer an der Ablaufkante
2	 diffuse Wolken in Laufflächenmitte	6	 starke Verbrennungen an An- oder Ablaufkante	10	 Anfressungen an An- oder Ablaufkante
3	 verbrannte und aufgerissene Lauffläche	7	 Verbrennungen durch Glühpunkte an An- oder Ablaufkante	11	 Lamellenteilung abgebildet
4	 Wechsel zwischen blanken, glatten u. matten, aufgelockerten Streifen	8	 Aushöhlungen	12	 Brandstreifen mit scharfem Rand
Mechanische Ursachen					
20	 einwandfreie Lauffläche	23	 Bahnen mit Riefen und Rillen	26	 Absplitterungen an An- oder Ablaufkante
21	 haarfeine Riefen	24	 Kippspiegel	27	 Kupfernester
22	 feine Rillen	25	 mehrere Kippspiegel	28	 mattglänzende verschmierte Streifen durch Öltropfen

# Mögliche Schäden an Kohlebürsten

<p><b>30</b></p>  <p><b>a)</b> Verästelungen durch Fremdstaub</p> <p><b>b)</b> durch Staubablauffrillen vermindert</p>	<p><b>33</b></p>  <p><b>a)</b> Schuhbildung mechanisch</p> <p><b>b)</b> gleichzeitige Zermürbung infolge Stromdurchgang</p>  <p>Seitenansicht</p>
<p><b>31</b></p>  <p>Bruch infolge Schwingungen</p>	<p><b>34</b></p>  <p><b>a)</b> schichtförmiges Abblättern der Ablaufseite</p> <p><b>b)</b> muschelförmiges Abplatzen der Anlaufseite</p>
<p><b>32 Kohlebürsten-Kopffläche</b> Einarbeitung des Druckstückes</p>  <p><b>a)</b> glatt durch rein mechanische Einwirkung</p>  <p><b>b)</b> verbrannt infolge zusätzlichem Stromübergang und Funken</p>	<p><b>Schäden an Kohlebürsten-Kabeln</b></p>  <p><b>35</b> bei Vibration gestaucht, <b>36</b> aufgespleißt, <b>37</b> gelöst, <b>38</b> abgeschert, <b>39</b> durchgeglüht, <b>40</b> Korrosion durch Gase</p>

# Abbildungen typischer Kommutatoroberflächen

**Gleichmäßige Patina hellbraun**



**P 2**

**Gleichmäßige Patina mittelbraun**



**P 4**

**Gleichmäßige Patina dunkelbraun**



**P 6**

Alle drei Patina-Erscheinungsformen sind als normal zu bezeichnen. In allen Fällen liegt gutes Laufverhalten vor. Die unterschiedlichen Patina-Färbungen können unter anderem durch die Kohlebürstenwerkstoffe verursacht werden.

**Patina mit stark ausgeprägten Streifen und Bahnen**



**P 12**

Patinabild, wie es bei starken Belastungsänderungen häufig anzutreffen ist. Sofern keine negativen äußeren Einflüsse einwirken, kann ein solcher Patinazustand stabil bleiben.

**Aufgerissene Patina mit leichter Riefenbildung**



**P 14**

Liegen schlechte Umluftverhältnisse, wie Öldämpfe, Stäube, aggressive Gase usw. vor, so kann sich P 12 in P 14 ändern. Abhilfe kann durch Verbesserung der Betriebsbedingungen oder aber durch Einsatz eines kohlenstoffpatinabildenden Bürstenwerkstoffes erfolgen.

**Ungleichmäßig ausgebildete scheckige Patina**

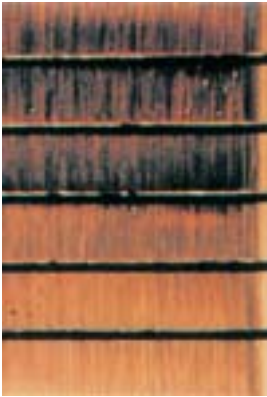


**P 16**

Ungleichmäßig scheckige Patina. Ursache kann sein: unrunder Kommutator, Reibschwingungen durch extrem glatte Kommutatoren, Schwingungen der Maschine.

# Abbildungen typischer Kommutatoroberflächen

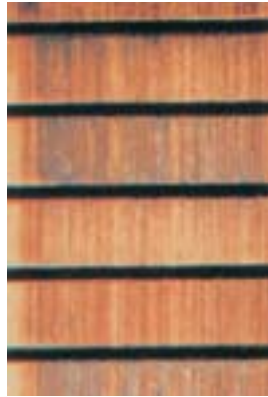
**Einzelne, regelmäßig oder auch unregelmäßig verteilte dunkle Anfleckungen**



**P 22**

Ursachen wie bei P16, zusätzlich mechanischer Fehler am Kommutator.

**Angefleckte Lamellen mit leichter Püktchenbildung**



**P 24**

Oft bei zu glatten Kommutatoren und wenig graphitischen hochohmigen Bürstenwerkstoffen. Über sogenannte „Püktchenbildung“ und Kontaktstörungen können sich entstehende Anfleckungen zu P 22 ausweiten.

**Verwischte Flecken bzw. Anbrennungen in Lamellenmitte, feine Schmelzkrater an den Lamellenkanten**



**P 26**

Tritt bei schlechter Kommutierung oder fehlerhafter Kommutatorbearbeitung auf. Geringer Bürstendruck, Vibrationen oder ungeeigneter Bürstenwerkstoff können ebenfalls die Ursache sein.

**Verwischte Schattierungen, verstärkt zu den Lamellenkanten hin ausgeprägt**



**P 28**

Falls an jeder Lamelle vorhanden, kann auf schwierige Kommutierung geschlossen werden. Bei unregelmäßiger Verteilung können Kontaktstörungen durch Kommutatorformabweichungen die Ursache sein.

**Regelmäßig abwechselnde helle und dunkle Lamellen, sogenannte „Zebrastrifenbildung“**



**P 42**

Auslöser sind in der Wicklungsauslegung begründet. Meist bei zweigängigen Schleifenwicklungen. Vermeidung bzw. Abschwächung durch gut kontaktierte Kohlebürstenwerkstoffe möglich.

**Anfleckungen in doppelter Polteilung**



**P 46**

Ursache für Anfleckungen in doppelter Polteilung sind Fehler an sogenannten Ausgleichsverbindungen in der Ankerwicklung und schadhafte Lötstellen zwischen Wicklung und Kommutator. Stillstandsbelastungen können ebenfalls ein solches Kommutatorbild erzeugen.

# Abbildungen typischer Kommutatoroberflächen

## Mittlere Anbrennungen an den Lamellenkanten, noch keine Kupferschmelzkrater zu sehen



**B 2**

Anbrennungen an den ablaufenden Lamellenkanten infolge mangelhafter Stromwendung.

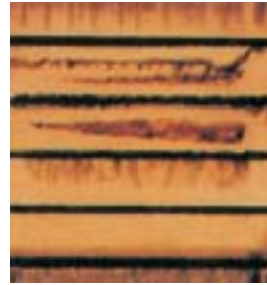
## Stärkere Kantenanbrennung an einer oder auch mehreren Lamellen, Kupferschmelzkrater zu sehen



**B 6**

Häufigste Ursache sind Wicklungsschäden an einer Stelle der Ankerwicklung oder mechanische Fehler, wie z. B. vorstehende oder zurückstehende Lamellen am Kommutator, was dann z. B. zu örtlich intensivem Bürstenfeuer führt.

## Anbrennungen in Lamellenmitte



**B 8**

Lamellenanbrennungen ausgelöst durch fehlerhafte Kommutierung.

## Verzünderte Anbrennungen mit stark ausgeprägter Pünktchenbildung



**B 10**

Anbrennungen im fortgeschrittenen Stadium infolge schlechter Stromwendung und Bürstenfeuer unter den Kohlebürsten. Bei Reversierbetrieb sind bei Schäden an den an- und ablaufenden Kanten Ursachen wie bei B 2 und B 6 zu finden.

# Abbildungen typischer Kommutatoroberflächen

Durch ablaufende Bürstenkante scharf abgegrenzte, sich in Drehrichtung von der ablaufenden Lamellenkante aus vergrößernde Anfleckungen, sogenannte „Brandstreifen“ an der ablaufenden Lamellenkante, zum Teil Schmelzperlen



**T 10**

Schwache Markierung an einer oder mehreren Lamellenkanten mit schwacher Pünktchenbildung



**T 12**

Meist das Kennzeichen für an dieser Stelle vorhandene mechanische Fehler am Kommutator (auch Bürstenkippen, Reibwertänderung, Lamellensprung), die noch nicht zu stärkerem Bürstenfeuer führen.

Starke Lamellenanbrennungen mit verzunderter Oberfläche



**T 14**

Entstehen bei Vibrationen und zu geringem Bürstendruck. Ursachen können auch Rundlauffehler des Kommutators sein.

Wie T 10, jedoch keine Schmelzperlen an der ablaufenden Kante



**T 16**

Auslöser ist starke Funkenbildung infolge mangelhafter Stromwendung. Diese kann die unterschiedlichsten Ursachen haben.

Leichte Anbrennungen an ablaufender Lamellenkante bei sonst relativ guter Kommutatoroberfläche



**T 18**

Kommutierung an der Grenze. Evtl. besser kommutierende Bürstenwerkstoffe einsetzen.

# Abbildungen typischer Kommutatoroberflächen

## Relativ starker Kollektorangriff mit Bahnen und Rückenbildung



**R 2**

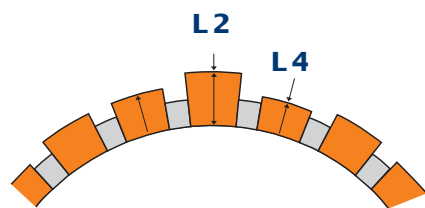
Sehr langer Lauf mit Unterlast bei kaltem Kommutator. Häufig bei hoch metallhaltigen Kohlebürsten zu finden.

## Kollektorangriff verbunden mit Riefen- und Brandspuren

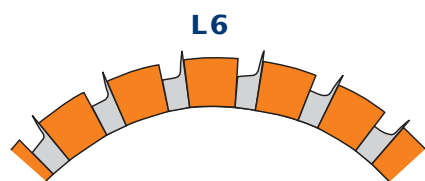


**R 4**

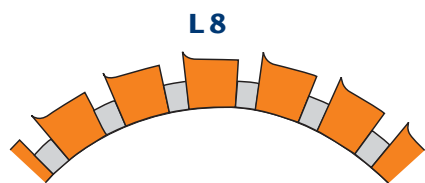
Brandstreifen durch mangelhafte Kontaktverhältnisse (niedriger Bürstendruck) und Verschmutzungen.



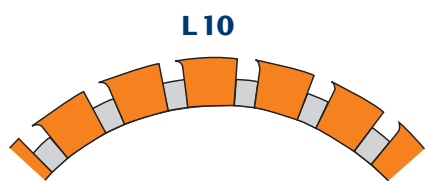
vorstehende/zurückstehende Lamelle



vorstehende Lamellenisolation



Grat an den Lamellenkanten



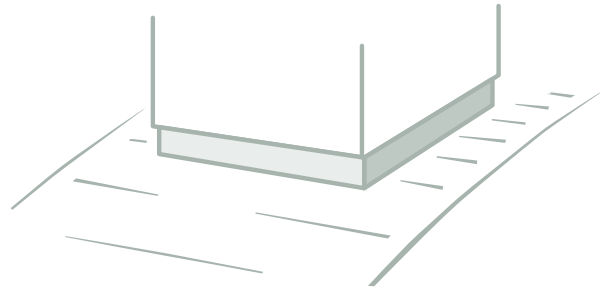
Kupferschieben

Bei Fragen bedienen Sie sich bitte der Kurzbezeichnungen (P 2, P 4 usw.). Dies erleichtert eine einheitliche Beurteilung und das Gespräch.

# Bewertung des Funkenbildes

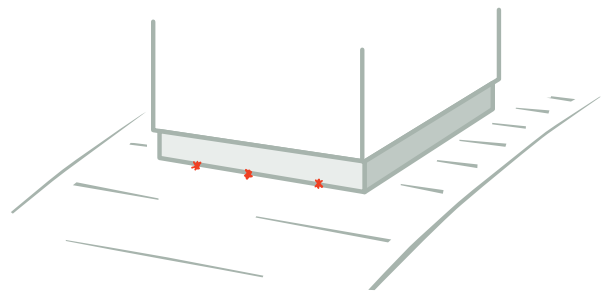
**1**

funkenfrei



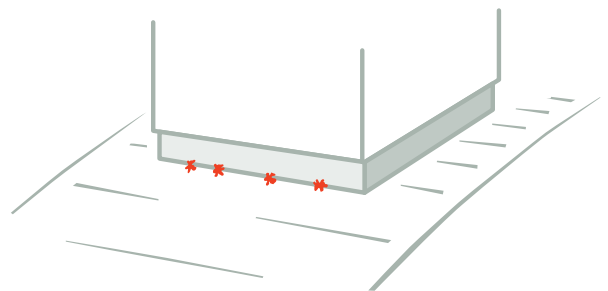
**1.5**

schwaches, intermittierendes Perlfeuer



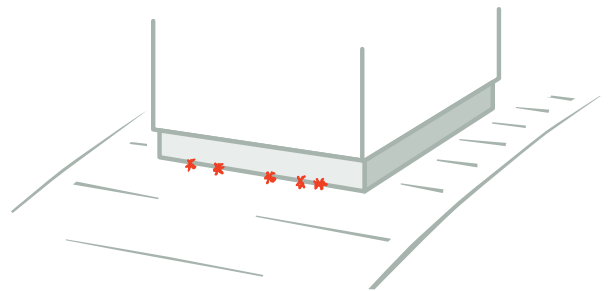
**2**

schwaches, konstantes Perlfeuer



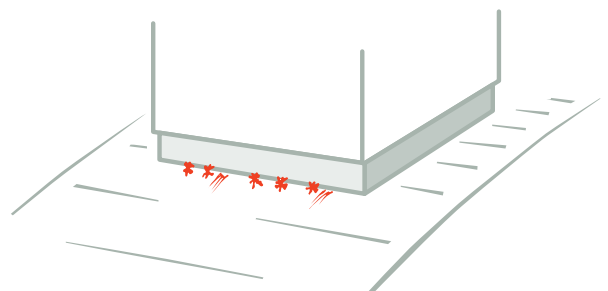
**2.5**

stärkeres Perlfeuer, z.T. rot gefärbt



**3**

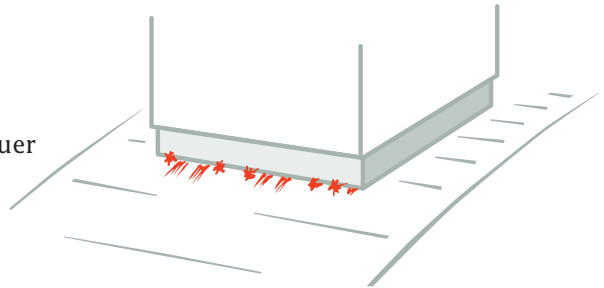
intensives Perlfeuer mit einzelnen Spritzern



# Bewertung des Funkenbildes

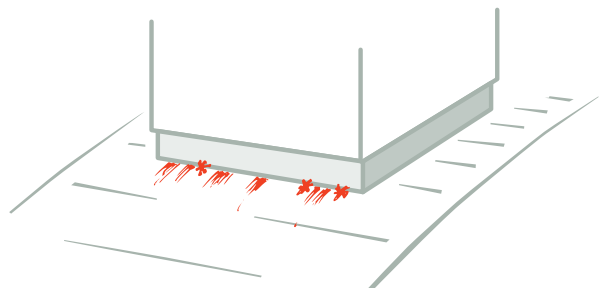
**3.5**

intensives Perlfeuer mit vermehrtem Spritzfeuer



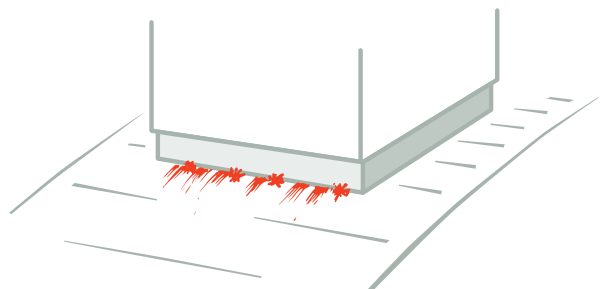
**4**

starkes Spritzfeuer



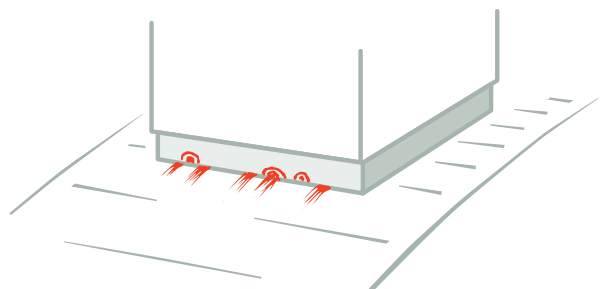
**4.5**

starkes Spritzfeuer mit z.T. grünen Funken



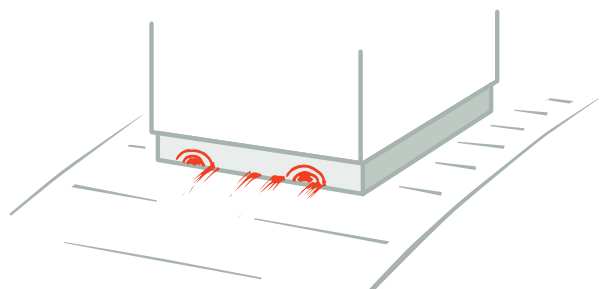
**5**

einzelne, wandernde Glühpunkte



**5.5**

starke Glühpunkte



---

**Schunk Kohlenstofftechnik**

Rodheimer Straße 59  
35452 Heuchelheim/Germany

Telefon +49 (0) 6 41 6 08-0  
Telefon +49 (0) 6 41 6 08-1748

infobox@schunk-group.com  
www.schunk-group.com