

Technische Information

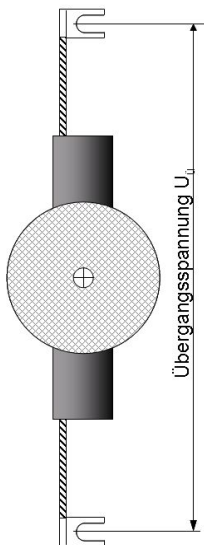
Stromverteilung

Stromverteilung innerhalb einer Kohlebürstenbestückung ist sowohl bei großen Gleichstrommaschinen in der Praxis als auch bei Prüffeldversuchen von Motor-Konstrukteuren ein wichtiger Parameter. Die theoretischen Zusammenhänge zu diesem Thema sollen in dieser technischen Information näher beleuchtet werden.

Eine 100% gleiche Stromverteilung gibt es nicht. Parallel geschaltete Kohlebürsten eines Bürstensatzes übertragen immer geringfügig unterschiedliche Ströme. Eine Bürste, die zum Beobachtungszeitpunkt einen kleinen Strom übertragen hat, kann zu einem späteren Zeitpunkt von einem deutlich höheren Strom durchflossen werden und umgekehrt.

Eine Erklärung hierfür lässt sich leicht finden, wenn man die Übergangsspannungs- / Stromdichte Kurven, die auch in technischen Datenblättern von Kohlebürstenwerkstoffen abgebildet sind, zu Rate zieht.

Zuvor eine kurze Erklärung der verwendeten Begriffe:



Die Summe aus Widerstand zwischen Bürstenlauffläche und Ring-/Kollektoroberfläche wird **Kontaktwiderstand** genannt.

Zu diesem addieren sich noch die Widerstände des Bürstenkörpers und der Armatur. Diese Widerstände zusammen bezeichnen wir als **Übergangswiderstand**.

Den Spannungsabfall am Übergangswiderstand zwischen zwei Kohlebürsten nennt man **Übergangsspannung**.

Technische Information

Der Übergangswiderstand hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Um nur die wichtigsten zu nennen:

- Kollektor – und Umgebungstemperatur
- Umfangsgeschwindigkeit
- Stromdichte
- Anpressdruck
- Umgebungsbedingungen
- externe Schwingungen
- Reibungskoeffizient
- Widerstand im Stampfkontakt
- Bürstenwerkstoff

Zwei parallele Bürsten haben an zwei Stellen gleiches Potential, einmal auf dem Schleifring oder der Kommutatorlamelle und zum anderen an der Stelle, an der die Stromseile am Bürstenarm befestigt sind. In jedem der parallelen Strompfade gibt es den Ohmschen Widerstand des Stromseiles und der Kohlebürste sowie den Kontaktwiderstand, der nicht dem Ohmschen Gesetz gehorcht. Der Kontaktwiderstand macht ca. 80 – 85% des Übergangswiderstandes aus, so daß die Ohmschen Widerstände gegenüber dem Kontaktwiderstand vernachlässigbar sind.

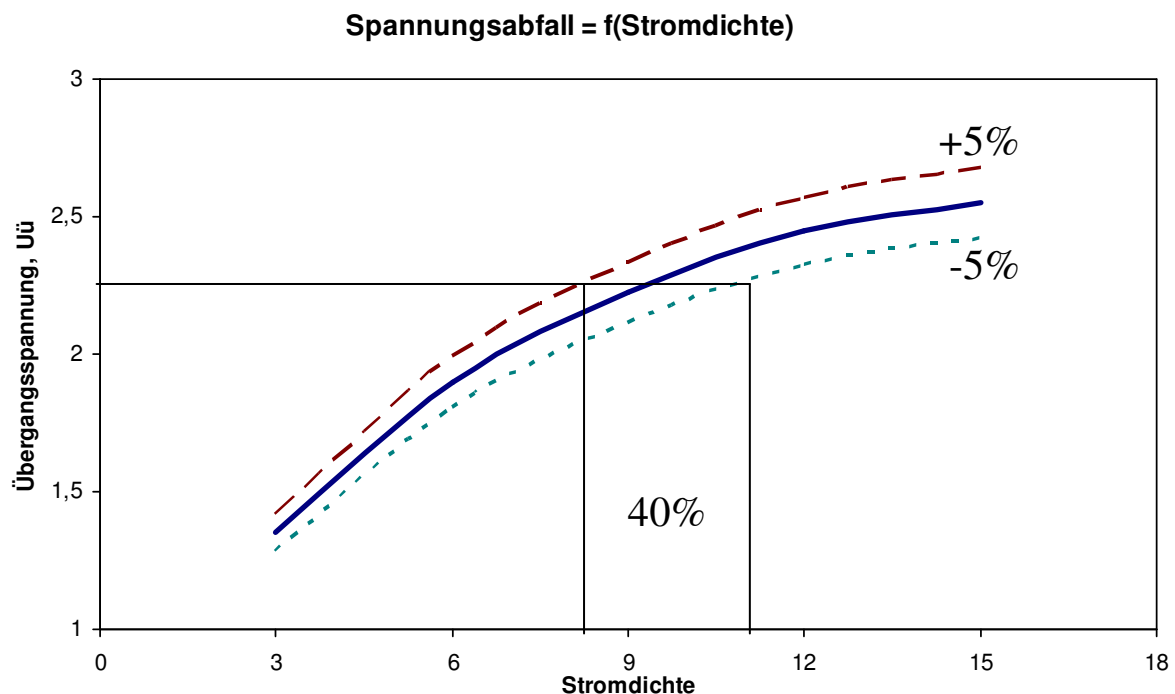
Wie man aus dem folgenden Diagramm ersehen kann, bewirkt eine verhältnismäßig kleine Abweichung der Übergangsspannung schon eine große Änderung der Stromdichte.

Technische Information

Irgendeine Störung soll z.B. bei der einen Bürste einen 5% höheren Spannungsabfall verursachen, bei einer zweiten Bürste einen um 5% niedrigeren Spannungsabfall. Solche geringfügigen, in der Praxis aber häufig vorkommende Änderungen können z.B. sein

- Druckunterschiede von Halter zu Halter
- Kippen der Bürste im Halter
- Kontaktstörungen durch externe Schwingungen bzw.
- zu glatte Oberflächen,

Geht man mit diesen Werten in die Kurve eines typischen Elektrografitwerkstoffes, so erkennt man, dass diese relativ kleine Änderung einen Unterschied zwischen 30 – 40% in der Stromdichte bzw. dem durch die Bürste fließenden Strom zur Folge hat. **Eine Änderung des Spannungsabfalls um 5% führt zu einer Stromänderung von 40 %.**



Technische Information

Da die Übergangsspannung / Stromdichte Kurve um so flacher verläuft, je höher die Stromdichten sind, treten Stromverteilungsprobleme häufiger bei höheren Bürstenstromdichten auf.

Das Laufverhalten der Bürste wird nicht allzu stark beeinflusst, solange die Störungen nur kurzzeitig sind und sich die Stromaufteilung auf die Bürsten ständig ändert. Falls die Stromaufteilung auf die Bürsten aus irgendeinem Grunde ständig ungleichmäßig ist, wird die Bürste, die den höheren Strom überträgt, heißer werden und schneller verschleifen.

Da heißere Bürsten einen geringeren Spannungsabfall haben als kühlere Bürsten, werden sie dauerhaft von einem höheren Strom durchflossen. Dadurch können auch die Stromseile überlastet werden, was sich in Verfärbungen bzw. im Extremfall im Durchbrennen der Stromseile äußert.

Auf Kommutatoren kann man die ungünstige Stromverteilung an einigen typischen Merkmalen erkennen. Eines dieser Merkmale ist die Streifenbildung. Die Streifen bestehen aus Bahnen auf dem Kommutator, die schwarz und matt erscheinen. Diese wechseln ab mit Bahnen, die metallisch glänzend aussehen. Die Bürstenlauffläche entspricht dem Aussehen des Kommutators.

Der Teil der Bürstenlauffläche, der auf den schwarzen Streifen läuft, sieht glänzend aus und erscheint dichter, während der andere Teil der Bürsten mehr dem ursprünglichen Aussehen einer nicht eingelaufenen Bürsten ähnelt.

Ein weiteres bekanntes Erscheinungsbild ist die sogenannte Blankbahnbildung. Die Bürsten auf den blanken Bahnen führen, unabhängig von der Polarität, mehr Strom als die anderen Bürsten. Wenn dieser Zustand einmal eingetreten ist, bleibt er relativ stabil, da die Bürsten auf den „sauberen“ Bahnen kleinere Übergangsspannungen haben. Abhilfe schafft hier nur ein Abschleifen des Kollektors um frische, gleichmäßigere Bedingungen zu schaffen.

Technische Information

In einigen Fällen fließt durch einen Bürstenarm mehr Strom als durch einen anderen. Der Grund hierfür ist eine fehlerhafte Montage und falsche Polteilung. Dies kann durch die bekannte „Papier Rollen Methode“ kontrolliert werden.

Bei Schleifringen mit hohen Umfangsgeschwindigkeiten findet man ebenfalls häufig eine ungleichmäßige Stromverteilung. Auslöser ist in diesem Fall die bekannte Luftpolsterbildung. Als Dauerlösung hilft hier eine spiralförmige Nutung des Ringes. Einen ähnlichen Effekt erreicht man auch mit geschlitzten Bürsten.

Auch bei anderen Schleifringanwendungen kann es zu Stromverteilungsproblemen kommen. So sind z.B. Kohlebürsten auf Galvanoanlagen häufig von diesem Problem betroffen. Eine Erklärung findet sich leicht bei der Betrachtung des obigen Diagramms. Da diese Bürsten mit hohen Strömen belastet werden, ist der flache Teil der Kurve zu betrachten. Gerade in diesem Bereich haben kleine Schwankungen der Übergangsspannung einen großen Effekt auf die Stromaufteilung. Den negativen Auswirkungen ungleicher Stromverteilung kann man durch überdimensionierte Kabelquerschnitte und spezielle Stampfkontaktausführungen entgegenwirken. Probleme, die in schlechten Umgebungsbedingungen d.h. oxidierten Ringoberflächen, ihre Ursache haben, lassen sich durch Werkstoffe mit speziellen Nachbehandlungen in den Griff bekommen.

Werkstoffe mit höheren Reibungskoeffizienten sind gegenüber schlechter Stromverteilung weniger anfällig. Daher werden von uns auch die Elektrographitwerkstoffe unterteilt in „gut kommutierende Werkstoffe“ und „Werkstoffe mit guter Stromverteilung“.

Die Werkstoffe für schnelllaufende Schleifringe haben teilweise ihre eigene Reibwertcharakteristik, d.h. der Reibwert steigt mit der Umfangsgeschwindigkeit leicht an, was für eine Stabilisierung der Stromverteilung sorgt. Das ist mit ein Grund warum, bei dieser Anwendung nur ganz spezielle Werkstoffe Anwendung finden.