

RUHENDE STROMFÜHRENDE VERBINDUNGEN FÜR LANGZEITIG ZUVERLÄSSIGE, STATIONÄRE UND MOBILE BETRIEBSMITTEL

Steffen GROßMANN¹, Stephan SCHLEGEL²

Inhalt

In Komponenten, Betriebsmitteln und Anlagen der elektrischen Energietechnik ist eine Vielzahl ruhen-der, nicht schaltender, stromführender Verbindungen enthalten, deren zuverlässige Funktion über Jahr-zehnte langfristig sichergestellt sein muss, um Verfügbarkeit, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Si-cherheit ganzer Systeme zu gewährleisten. Der Ausfall einer einzigen Verbindung kann gravierende Folgen für Systeme von Infrastruktur, Industrie, Verkehr, Gesundheitswesen und Haushalte haben. Eine Überwachung ist aufgrund der großen Anzahl derartiger Verbindungen unmöglich. Daher werden hohe Anforderungen an die Gestaltung, Herstellung und Montage gestellt.

Die zunehmende Einspeisung regenerativer Energien mit veränderten Lastprofilen, höherer Auslastung bestehender Anlagen und Systeme, der Einsatz hoch belasteter Betriebsmittel unter extremen Klimata und in der Elektromobilität, sowie das Bestreben nach immer größerer Kompaktheit und dem steigenden Kostendruck bedingen ein stark wachsendes Interesse an diesen bisher weniger beachteten Kompo-nenten in der Elektroenergietechnik.

Am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der TU Dresden, IEEH, wird dazu seit vierzig Jahren Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung betrieben. Dieser Beitrag will einen Überblick über Methoden und Ergebnisse dieser Arbeiten geben.

Methodik

Das Langzeitverhalten stromführender Verbindungen wird maßgeblich **von der Güte im Neuzustand** beeinflusst, charakterisiert durch

- Leiter- und Beschichtungswerkstoffe
- Gestaltung und Bemessung (z. B. Oberflächenstrukturen, Kontaktkräfte)
- Montage (z. B. Vorbehandlung von Kontaktflächen, Einhalten von Montageparametern)

und den elektrischen, thermischen, mechanischen und umgebungsbedingten Belastungen, die auf **die Alterungsmechanismen**

- Chemische Reaktionen (Korrosion wie Oxidation oder galvanische Korrosion)
- Kraftabbau (Setzen, Kriechen, Spannungsrelaxation)
- Interdiffusion (Bilden intermetallischer Phasen in Bimetall-Verbindungen)
- Reibverschleiß (Relativbewegung zwischen Kontaktpartnern)
- Elektromigration (Leerstellenwanderung bei besonders hohen Stromdichten)

wirken, bestimmt. Um die Wirkung der konstruktiven und betriebsbedingten Einflussgrößen auf das Langzeitverhalten einer Verbindung bewerten und in Modellen beschreiben zu können, sind umfangrei-che Untersuchungen zu den einzelnen Alterungsmechanismen, teilweise über mehrere Jahre andau-ernd, erforderlich. Dabei hat die Temperatur der Verbindung einen wesentlichen Einfluss auf die Alte-rungsgeschwindigkeit.

Ergebnisse

Zum Bewerten von ruhenden stromführenden Verbindungen wird für gestreckte Leiter häufig der Güte-faktor k_u als designunabhängiges Kriterium verwendet. Der prinzipielle Verlauf (Abbildung 1) macht die

¹ Steffen Großmann, TU Dresden, Institut für elektrische Energieversorgung und Hochspannungstech-nik, Mommsenstraße 10, 01062 Dresden, DEUTSCHLAND, +49 351 463 33428, steffen.gross-mann@tu-dresden.de, www.tu-dresden.de/etieeh

² Stephan Schlegel, dtö. +49 351 463 32746, stephan.schlegel@tu-dresden.de

Abhängigkeit vom Neuzustand (mit der Phase der Formierung) und der Alterung (relative Ruhe, beschleunigte Alterung) bis zum Ausfall der Verbindung deutlich und wird für viele verschiedene Einflussgrößen untersucht.

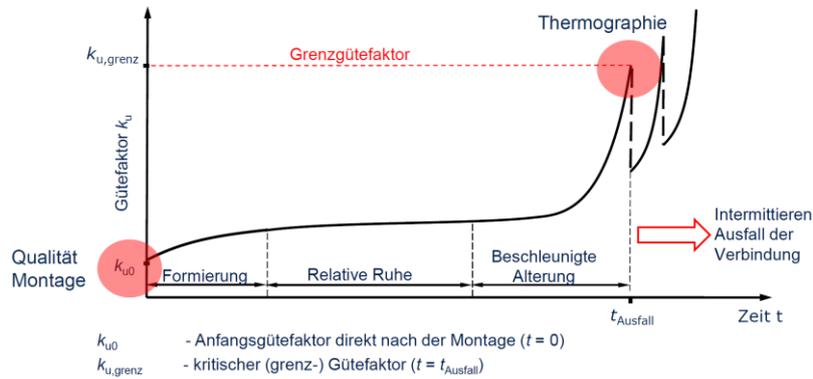


Abbildung 1: Verlauf des Gütefaktors k_u (schematisch) zur Bewertung des Langzeitverhaltens mit typischen Phasen, der Güte im Neuzustand und dem Grenzgütefaktor als Ausfallkriterium

Beispielsweise kann damit der Kraftabbau während des Betriebs bei verschiedenen Temperaturen und für unterschiedliche Werkstoffe berechenbar gemacht und der sich damit ergebende Anstieg des Gütefaktors über die Lebensdauer abgeschätzt werden. Damit ist es möglich, für unterschiedliche Konfigurationen zulässige Grenztemperaturen anzugeben (Abbildung 2) [1].

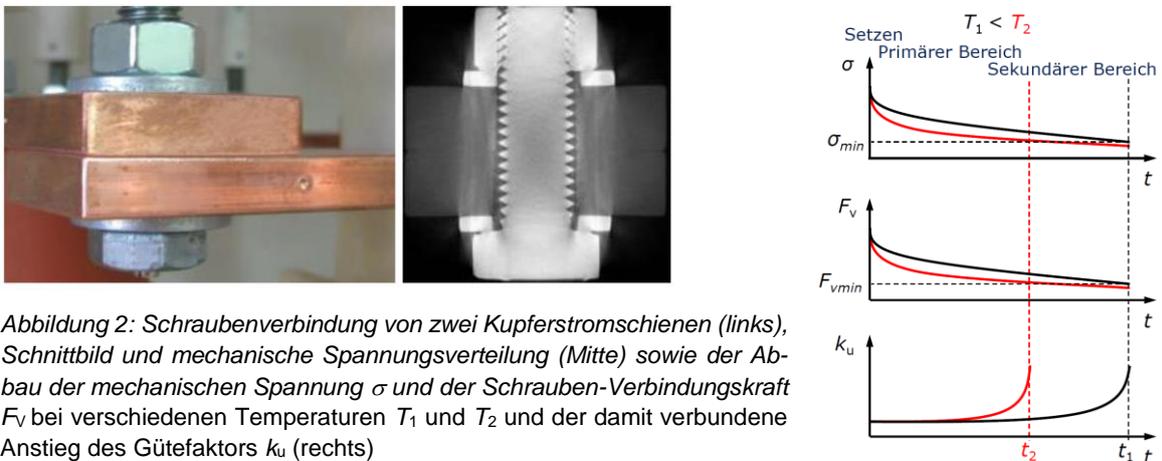


Abbildung 2: Schraubenverbindung von zwei Kupferstromschienen (links), Schnittbild und mechanische Spannungsverteilung (Mitte) sowie der Abbau der mechanischen Spannung σ und der Schrauben-Verbindungskraft F_v bei verschiedenen Temperaturen T_1 und T_2 und der damit verbundene Anstieg des Gütefaktors k_u (rechts)

Andere Untersuchungen liefern Aussagen zur Alterung durch chemischen Reaktionen, zur Bildung intermetallischen Phasen durch Interdiffusion und deren elektrischen und physikalischen Eigenschaften bei Bimetall-Verbindungen sowie zur Änderung des Verbindungswiderstandes durch Reibverschleiß insbesondere bei Steckverbindungen.

Referenzen

- [1] S. Schlegel, "Langzeitverhalten von Schraubenverbindungen mit Stromschienen aus Reinkupfer in der Elektrotechnik unter besonderer Berücksichtigung der Temperatur", Dissertation TU Dresden, 2011