

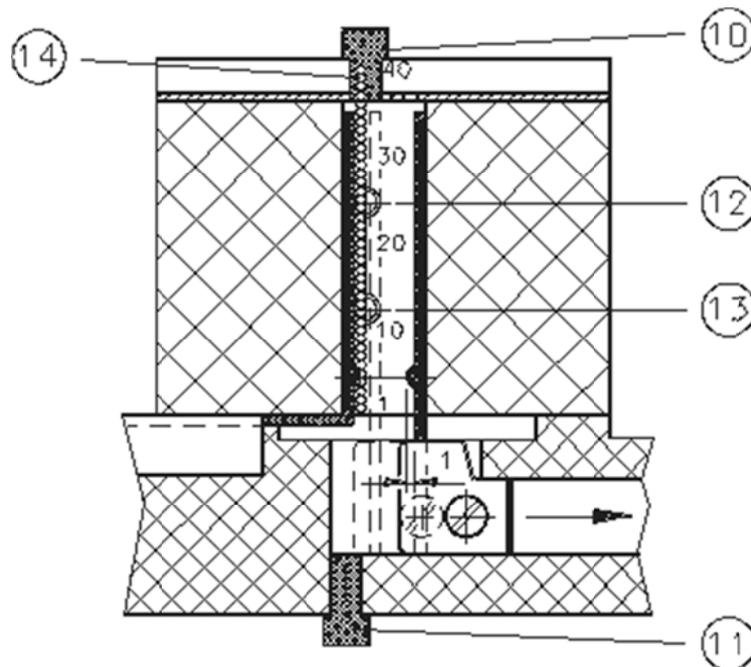
Lichtbogenbewegung und Druckentwicklung in kompakten Löschkammern

Joachim Paulke

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

Berichter: Professor Dr. Salge

Verbesserungen im Schaltverhalten kompakter strombegrenzender Leistungsschalter bei gleichzeitiger Verkleinerung der Gehäuseabmessungen, besserer Handhabbarkeit und reduzierten Herstellungskosten erfordern die gezielte Ausnutzung aller physikalischen Vorgänge, die den Schaltvorgang beeinflussen. Eine Optimierung der strombegrenzenden Schaltgeräte kann auch mit Hilfe von Computersimulationen nur gelingen, wenn die komplexen Prozesse, die während einer Abschaltung in kurzer Zeit miteinander wechselwirken, möglichst vollständig verstanden werden. Ziel dieser Arbeit ist es daher, zum besseren Verständnis der vielschichtigen Wechselwirkungen zwischen Kammer-geometrie, magnetischer Feldverteilung, Druck- und Temperaturverteilung, Licht-bogen-bewegung und Plasmaströmung innerhalb der Löschkammern beizutragen.



(10) - (13) Drucksonden

(14) Beobachtungspositionen der Lichtwellenleiter

Bild 1: Schaltkammer mit parallelen Laufschienen

Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Modellschaltkammern mit parallelen und divergierenden Laufschienen konstruiert (Bild 1), deren idealisierte Geometrie grundlegende Zusammenhänge zugänglich macht und auch Berechnungen einzelner Vorgänge ermöglicht. Die Größe dieser Modellschaltkammern orientiert sich an den Abmessungen kommerzieller Leitungs- oder Geräteschutzschalter. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten bei

einer Wechselspannung von 240 V/50 Hz und einem prospektiven Kurzschlußstrom von 8 kA. Als Meßgrößen dienten neben Strom, Spannung und Kontaktbewegung die Druckentwicklung an unterschiedlichen Orten innerhalb der Schaltkammern und die Lichtemission des Bogenplasmas, die mit einer elektronischen Streak-Kamera aufgezeichnet wurde und eine Erfassung der Bogen- und Plasmabewegungen innerhalb der Schaltkammern erlaubt.

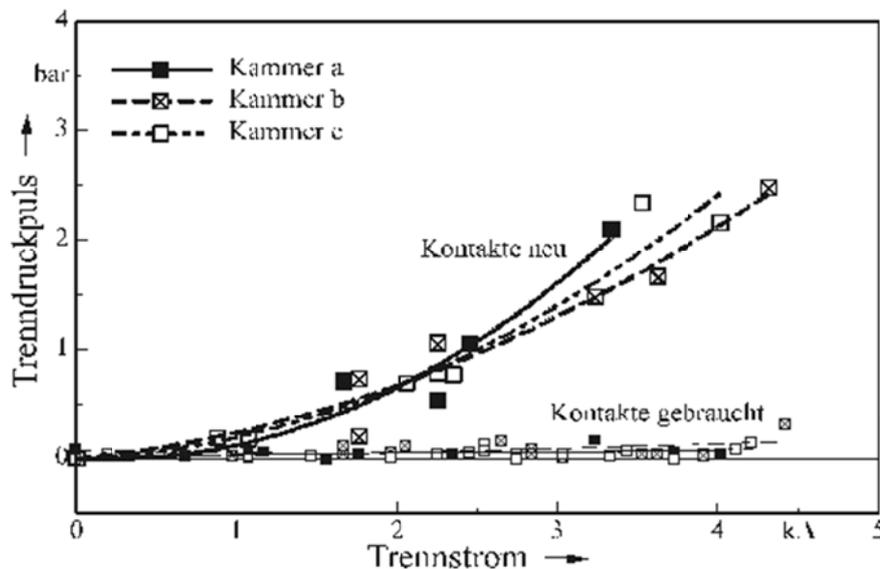


Bild 2: Druckpulse an der Verdämmung aufgrund der Lichtbogenzündung

So zeigten sich gegenüber Abschaltungen mit bereits ein- oder mehrfach beanspruchten Kontaktstellen bei Abschaltungen mit neuen Kontaktstellen während der Lichtbogenentstehung eine deutlich erhöhte Lichtbogenspannung, eine ausgedehnte Plasmawolke hoher Lichtintensität und eine Stoßwelle, die je nach Trennstrom Amplituden bis zu einigen bar annehmen kann (Bild 2). Ausgehend von der Stromdichteverteilung zwischen neuen bzw. zwischen bereits beanspruchten Kontaktstücken läßt sich sowohl die Erhöhung der Lichtbogenspannung bei neuen Kontaktstellen als auch die weite Ausdehnung der Plasmawolke und die Entstehung der Stoßwelle ableiten. Dieser Ansatz führt auch zu einer Klärung der Entstehung von Erstversagern. Die Expansionsgeschwindigkeit des Plasmakanals im Moment der Lichtbogenzündung, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Stoßwelle und die mit der Stoßwelle verbundene Temperaturerhöhung in der Schaltkammer konnten in Abhängigkeit von der Stoßstärke rechnerisch abgeschätzt werden.

Aus den Überlegungen zum Einfluß der Kontaktstellenform auf die Lichtbogenzündung ergeben sich für die Auswahl der Kontaktstückgeometrie Vorzüge und Nachteile unterschiedlicher Kontaktstellenformen, die tabellarisch zusammengefaßt und gegenübergestellt werden. Neben dem Einfluß der Kontaktstückform auf die Plasma- und Druckentwicklung bei der Lichtbogenzündung sowie die Entstehung von Erstversagern bei Verwendung neuer Kontaktstücke sind ebenso der Einfluß der Kammerbreite und der

Verdämmung auf Druckverteilung, Bogenbewegung (Bild 3), Bogenausdehnung und Plasmaströmung sowie die Entstehung von Druckwellen und Schwingungen innerhalb der Schaltkammern Gegenstand der Betrachtungen. Während das Druckniveau innerhalb der Schaltkammern hauptsächlich durch den Ausblasquerschnitt in der Verdämmung bestimmt ist, wird die Druckverteilung maßgeblich von der Kammerbreite beeinflusst. Die sich über dem Lichtbogen aufbauende Druckdifferenz konnte in guter Näherung aus dem magnetischen Druck innerhalb der verschiedenen Schaltkammern berechnet werden.

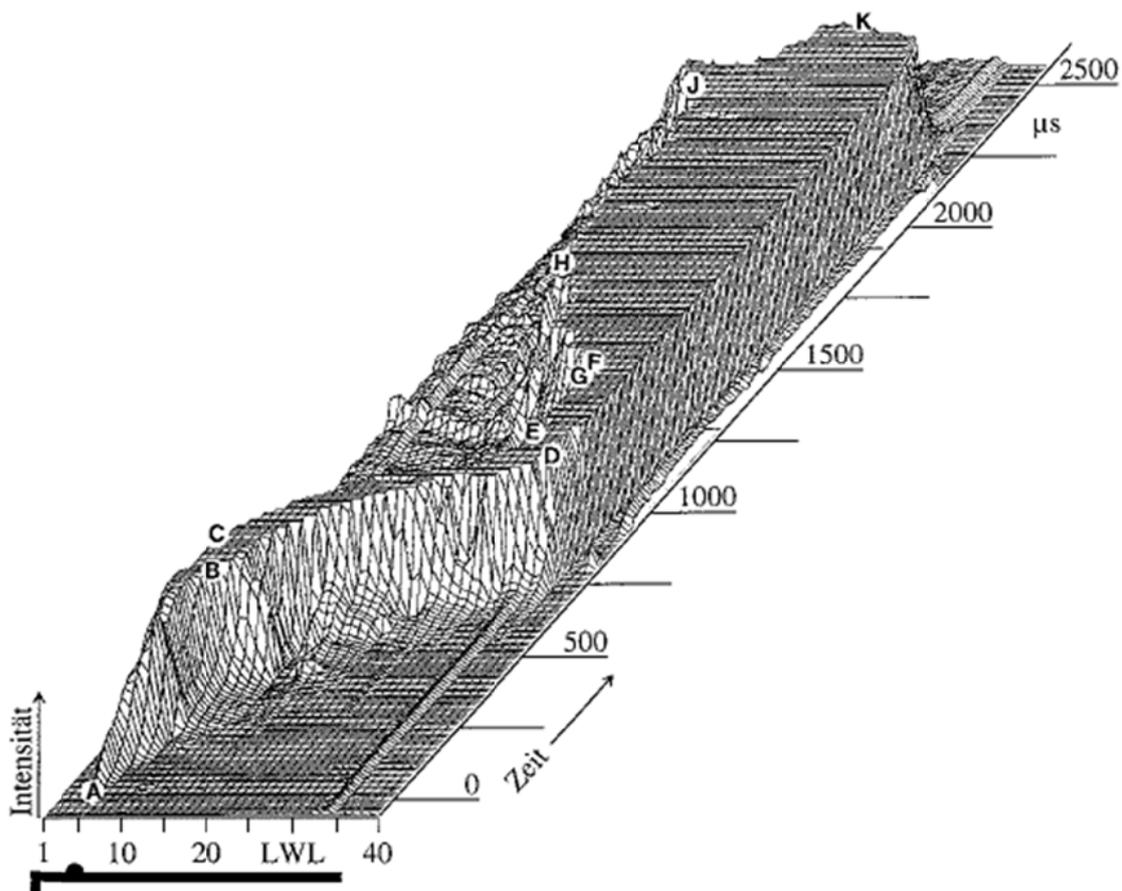


Bild 3: Plasmabewegung in einer Schaltkammer bei geschlossener Verdämmung

Stoßwellen, die bei der Zündung, der Abwanderung oder bei Rückzündungen des Lichtbogens entstehen, können ebenso wie angeströmte Hindernisse Teilvolumina oder auch das gesamte Gasvolumen innerhalb einer Schaltkammer zu Schwingungen anregen. Schwingungen dieser Art konnten sowohl im Druckverlauf an verschiedenen Orten innerhalb der Schaltkammer als auch in der Ausdehnung des Lichtbogens nachgewiesen und theoretisch erklärt werden (Bild 4).

Basierend auf dem ermittelten Bewegungsverhalten des Lichtbogens in den verschiedenen Kammervarianten lassen sich auch Gültigkeit und Grenzen verschiedener Modellvorstellungen zur Lichtbogenwanderung aufzeigen. Untersuchungen über die Beeinflussbarkeit der Bogenbewegung an Aufweitungsstellen beim Übergang zu divergierenden Laufschiene schließen die Arbeit ab. Die experimentellen Untersuchungen werden ergänzt durch

analytische und numerische Berechnungen einzelner Phänomene sowie zahlreiche Verweise auf Arbeiten und Ergebnisse anderer Autoren.

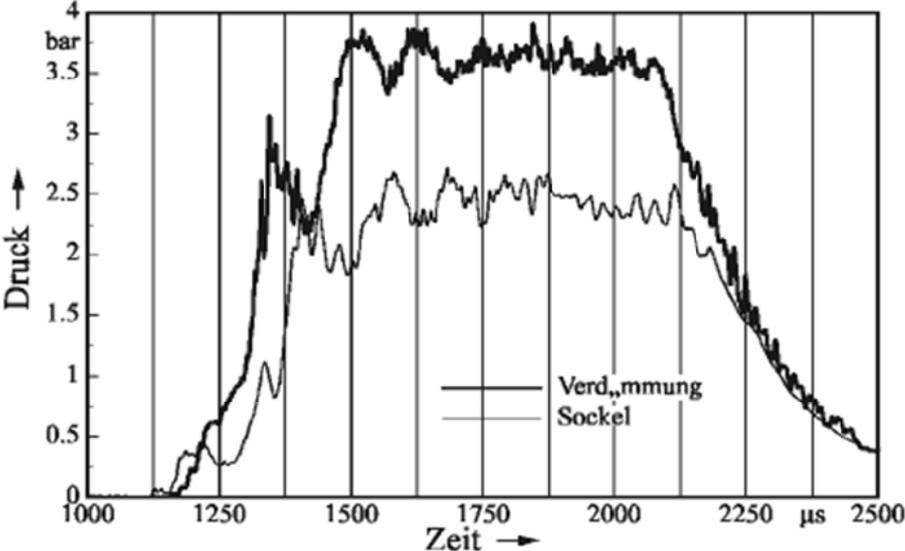


Bild 4: Schwingungen im Druckverlauf während einer Abschaltung