

Vergleich der Stoßstromfestigkeit von Niederspannungs-Leistungsschaltern bei Beanspruchung durch Blitzstoßströme der Impulsform 10/350 μ s.

Ralf Ehrhardt, Prof.Dr.-Ing. Jan Meppelink,
Universität GH Paderborn Abt. Soest FB 16, 59494 Soest.
Lübecker Ring 2 59494 Soest. e-mail Meppelink@T-Online.de

1 Einleitung

Blitzstromableiter werden zum Blitzschutzpotentialausgleich in Niederspannungsnetzen eingesetzt /1/. Die Grundfunktion eines Blitzstromableiters ist in Bild 1 gezeigt. Neben den Grundfunktionen, die sich aus der Aufgabenstellung für den Blitzschutzpotentialausgleich ergeben, muß der Blitzstromableiter auch die Kurzschlußstromfestigkeit bei Isolationsversagen gemäß Norm erfüllen.

Ansprechen	Ableiten des Blitzstoßstromes	Löschen des Netzfolgestromes
Ansprechspannung kleiner 4 kV	Potential ausgleichen	Führen des Netzfolgestromes
Geringe Änderung der Ansprechspannung nach mehreren Stoßströmen	Blitzstrom führen auch bei multiplen Blitzentladungen	Unterbrechen des Netzfolgestromes auch bei multiplen Blitzentladungen
Ansprechen auch bei multiplen Blitzströmen		Isolieren nach Verlöschen des Netzfolgestromes

Bild 1 Grundfunktionen eines Blitzstromableiters.

Als Blitzstromableiter werden je nach Anforderungen der gewählten Blitzschutzklasse Blitzstromfunkenstrecken, Metalloxidvaristoren oder durch eine Spule entkoppelte Kombinationen aus beiden Elementen eingesetzt, vergl. Bild 2 und Bild 3. Bild 2b und c zeigen die Funktion eines Blitzstromableiters als Blitzstromfunkenstrecke in einem Laborversuch. Hierbei wurde die Blitzstromfunkenstrecke zweimal nacheinander mit einem Stoßstrom ausgelöst und jeweils mit einem Netzfolgestrom beaufschlagt. Dabei wurden unterschiedliche Zündwinkel eingestellt. In beiden Fällen wurde der Blitzstrom abgeleitet und der Netzfolgestrom rückzündungsfrei gelöscht.

Ein Blitzstromableiter muß gemäß Bild 3 in den Überstromschutz einer Niederspannungsanlage einbezogen werden. Der Blitzstrom fließt durch den Blitzstromableiter (1), die Vorsicherung (F2), und die Hauptsicherung (F1) oder alternativ durch einen Leitungsschutzschalter (4) oder einen Leistungsschalter (5).

Der Überstromauslöser des Leistungsschalters mit einem Nennstrom größer als der Nennstrom der Hauptsicherung F1 wird dabei auf einen Auslösewert kleiner als der Nennstromwert der Sicherung F1 eingestellt. Dadurch wird der Leistungsschalter bei Blitzströmen nicht beschädigt und erfüllt gleichzeitig die Selektivität zur Sicherung F1 im Kurzschlußfall. So kann man mit Einstellung der Auslöser und Auswahl der Nennströme anwenderspezifisch die optimalen Verhältnisse für jede Anwendung ermöglichen.

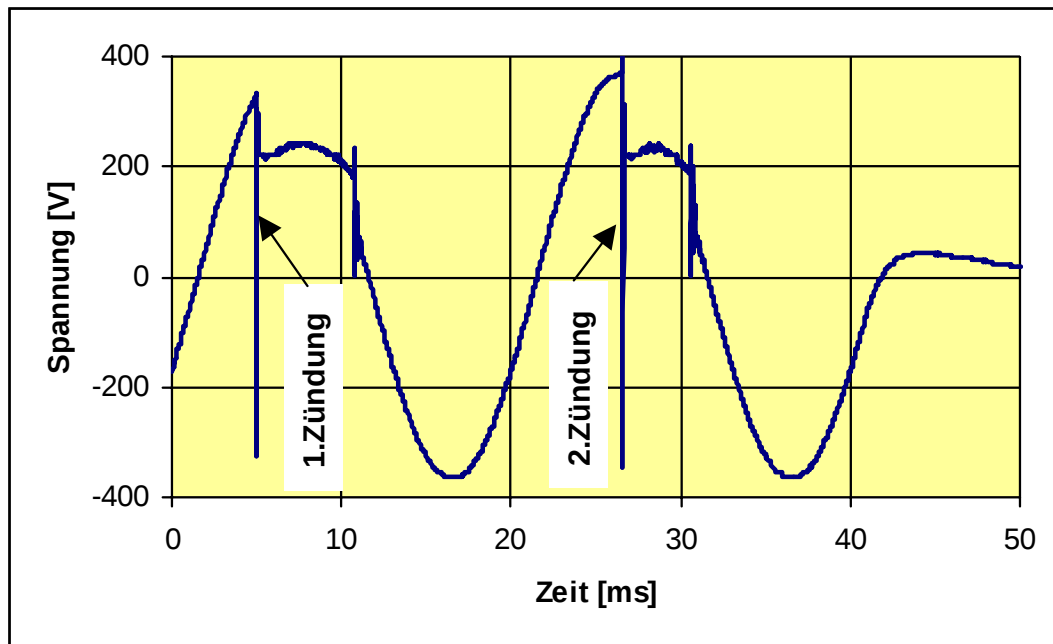


Bild 2b² Spannungsverlauf an einer Funkenstrecke während einer Arbeitsprüfung.
 Erster Stoßstrom 60 Grad ausgelöst, zweiter Stoßstrom bei 90 Grad ausgelöst.
 Blitzstromableiter LA60B, Hersteller OBO Bettermann

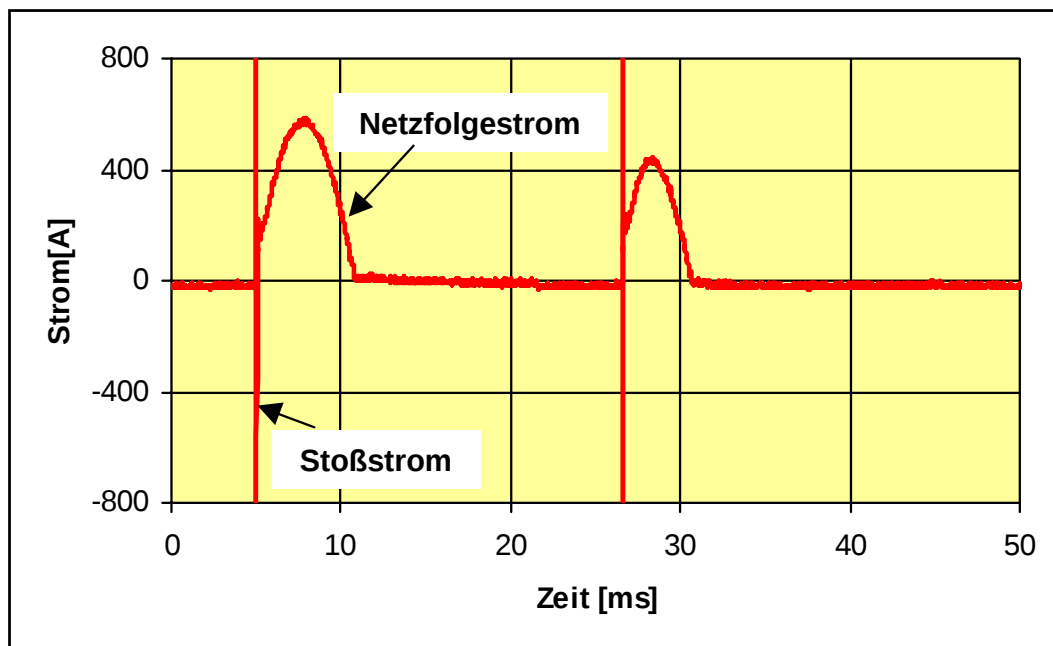


Bild 2c Stromverlauf in der Funkenstrecke während einer Arbeitsprüfung.
 Erster Stoßstrom 60 Grad ausgelöst, zweiter Stoßstrom bei 90 Grad ausgelöst.
 Blitzstromableiter LA60B, Hersteller OBO Bettermann

² Drilling, Droidner, Jordan, Meppelink Blitzschutzeinrichtungen auf dem Prüfstand. Etz Elektrotechnik + Automation Ausgabe 3-4 1998.

Zur Auswahl der Sicherungen findet man folgende Hinweise, siehe Fußnote³. Zur Entkopplung des C-Schutzes und des B Schutzes dient die Spule (6) und der Überspannungsableiter (7), der als Metalloxidvaristor ausgeführt wird.

Wie in /1/ gezeigt, versagen NH-Sicherungen mit einem Nennstrom von 35 A bereits bei einem Blitzstoßstrom 10/350 μ s von 4 kA. Die gleiche Sicherung explodiert bei einem Blitzstoßstrom 10/350 μ s von 15 kA. Hauptsicherungsautomaten oder selektive Leitungsschutzschalter wurden in /1/ ebenfalls untersucht. Diese Geräte zeigen ein etwas besseres Verhalten gegenüber Sicherungen, scheiden aber bei Nennströmen von 35 A auch aus, da sie durch Stoßströme zerstört werden. Sicherungen sind unzuverlässig, da nach der Belastung durch einen Stoßstrom unterhalb der Schmelzgrenze bereits eine Vorschädigung durch teilweises Abschmelzen auftritt, mit der Folge, daß bei der späteren Belastung durch den 50 Hz-Betriebsstrom ein unerwarteter Ausfall auftritt.

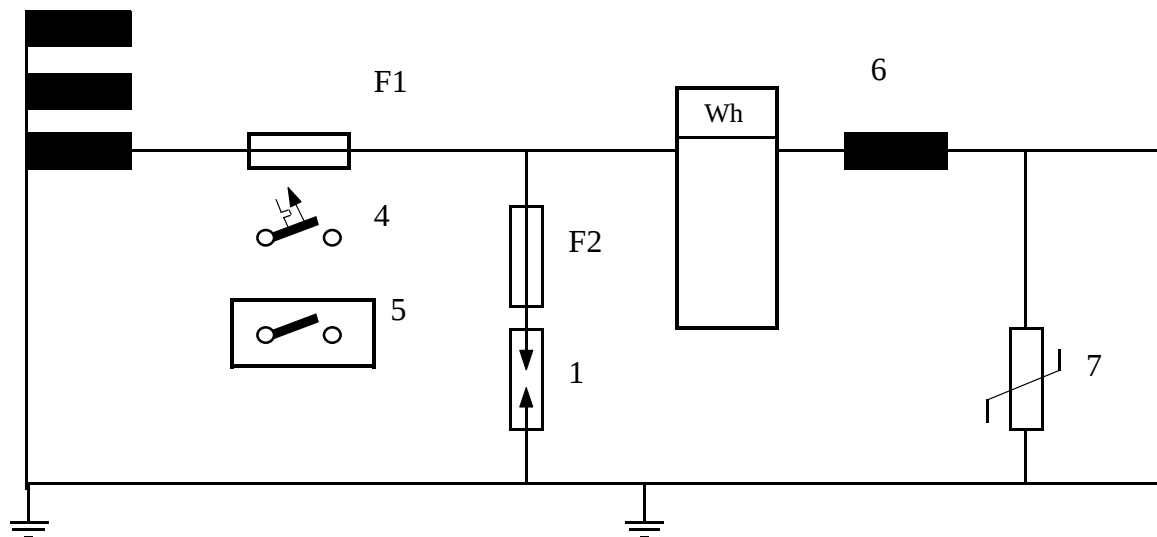


Bild 3 Beispielhafte Darstellung von Blitzschutzpotentialausgleich und Überstromschutz in einer Niederspannungsinstallation.

Alternativ kann statt einer Sicherung oder eines Hauptsicherungsautomaten ein Niederspannungsleistungsschalter eingesetzt werden, vergl. Bild 3. Der Leistungsschalter erfüllt die Anforderungen nach Selektivität und hat durch sein großes Abschaltvermögen Vorteile gegenüber den bisherigen Lösungen mit Sicherungen oder

³ Zitat aus: Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke-VDEW-e.V. : Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B in Hauptstromversorgungssystemen. 1. Auflage 1998.

Auf besondere Überstrom-Schutzeinrichtungen für die Überspannungs-Schutzeinrichtungen kann verzichtet werden, wenn der Nennstrom der Hausanschlußsicherung (F1) gleich oder kleiner ist als der vom Hersteller angegebene Nennstrom der Vorsicherung für die Überspannungs-Schutzeinrichtungen (F2). In diesen Fällen können, anstelle der Vorsicherung F2, Trennmesser vorgesehen werden, um ohne Unterbrechung der Energieversorgung Wartungsarbeiten an den Überspannungs-Schutzeinrichtungen durchführen zu können.

Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B neuester Bauart sind in der Lage, netzfrequente Folgeströme selbst zu begrenzen. Diese ermöglichen dann den Einsatz von vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen mit vergleichsweise niedrigen Nennströmen. Die Kurzschlußselektivität zum Hausanschluß oder Hauptverteiler kann damit sichergestellt werden.

Hauptsicherungsautomaten. Bei Leistungsschaltern kann vorteilhaft ein Schalter gewählt werden, bei dem der Bemessungsstrom größer ist als der Auslösestrom. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Daten von Sicherungen, Hauptsicherungsautomaten und Leistungsschaltern.

Wenn im folgenden Beispiel für einen Blitzstromableiter die Sicherung F1 in Bild 2a zu 63 A ausgewählt wird, löst diese durch den Blitzstoßstrom aus. F2 entfällt, da die Vorsicherung für den Blitzstromableiter nach Herstellerangaben größer ist als der Wert der Sicherung F1. In diesem Fall bietet sich der Leistungsschalter an.

Eigenschaft	Sicherungen Beispiel NH 16 -50A	Hauptsicherungs- Automaten Beispiel LS 16-50 A	Leistungsschalter Beispiel Überlastausl. 16-40 A Kurzschlußausl. 400 A
Abschaltvermögen	> 100 kA, 690V	3,6 oder 10 kA ⁴	50 bis 100 kA 380/415V ⁵
Zusätzlicher Lichtbogenraum	Nein	Ja, aber klein	Ja
Fernschalten	Nein	Nein	Ja
Meldemöglichkeit	Nein	Nein	Ja
Wiedereinschalten nach Überlast nach Kurzschluß nach Blitzeinschlag	Nein Nein Nein	Manuell Ja Ja (nach Zustand) Ja (nach Zustand)	Fernschaltbar Ja Ja (nach Zustand) Ja (nach Zustand)
Überlastschutz (Leitung)	Ausreichend	Gut	Gut
Kurzschlußschutz (Leitung)	Sehr gut	Gut	Gut
Alterung	Engstellen im Schmelzleiter ⁶ können unbemerkt unterbrochen sein	Schaltzahl, Zustand	Schaltzahl, Zustand

Tabelle 1 Vergleichende Übersicht der Parameter von Sicherungen, Hauptsicherungsautomaten und Leistungsschaltern nach Herstellerangaben.

Die Blitzstromtragfähigkeit von Leistungsschaltern ist nicht bekannt und wurde deshalb in einer vergleichenden Untersuchung verschiedener Leistungsschalter von unterschiedlichen Herstellern untersucht. Dazu wurden alle Schalter mit dem Blitzstoßstrom 10/350 μ s beaufschlagt. Ziel der Untersuchungen war:

- Feststellen, ob und bei welchen Parametern ein Kontakt des Leistungsschalters abhebt und ob dabei ein Verschweißen der Kontakte auftritt.
- Feststellen, ob und bei welchen Parametern ein Leistungsschalter auslöst
- Ermittlung der Änderung des Kontaktwiderstandes nach Stoßstrombelastung und Ermittlung der Veränderung der Kontaktoberflächen.
- Feststellen der Änderung der Abschaltcharakteristik nach Stoßstrombelastung
- Feststellen des Grenzstromes, bei dem der Schalter zerstört wird.

⁴ Auswahlbeispiel nach Angaben eines Herstellers. Abhängig von der Strombegrenzungsstufe

⁵ Abhängig von der Bauart

⁶ Engstellen nach Belastung mit einem Stoßstrom unterhalb der Schmelzgrenze. Dies führt zum Auslösen bei 50 Hz Betriebsstrom nach der Stoßstrombelastung.

2 Experimenteller Aufbau

Mit einem Stoßstromgenerator nach dem Crowbar-Prinzip /2/ wird ein Stoßstrom in den zu untersuchenden Leistungsschalter eingespeist. Bild 4 zeigt den Aufbau der Schaltung und den zugehörigen Versuchsaufbau mit einem zu untersuchenden Leistungsschalter. Der Stoßstrom und die Spannung über dem Schalterkontakt werden direkt gemessen. Eine Kamera wird so angeordnet, daß die Lichterscheinungen bei einem Abheben des Kontaktes registriert werden. Mit Hilfe eines Netzwerks wird ein Gleichstrom von 100mA in den Schalterkontakt eingeprägt. Beim Abheben des Schalterkontaktes wird dieser Gleichstrom unterbrochen und als Spannungsabfall an einem Widerstand gemessen. Bild 5 zeigt ein Beispiel einer Auswertung der gemessenen Daten.

Während der Stoßstromflußdauer (Bild 5) wirken die Strom-Abhebekräfte auf die Kontakte⁷. Während dieser Zeitspanne erfährt der Kontakt eine Beschleunigung durch den Kraftimpuls. Dadurch kommt es zum Abheben des Kontaktes, gekennzeichnet dadurch, daß die Meßspannung (Vergl. Bild 4) durch den Spannungsabfall am Lichtbogen einbricht und am Ende der Stromflußdauer zusammenbricht. Mit Abheben des Kontaktes erreicht die Spannung über dem Kontakt den Wert der Gleichspannungsquelle im Hilfszweig, vergl. Bild 4. Durch das Abheben des Kontaktes kommt es abhängig von den Impulsparametern zur Lichtbogenbildung zwischen den Kontakten, die in den Bildern im Anhang zu sehen ist. In Bild 5 unten ist der Spannungsverlauf direkt am Kontakt dargestellt. Nach dem Zünden des Stoßstromes ergeben sich zunächst einige Einkopplungen in die Meßschleife durch das hohe di/dt im Anstieg des Stoßstromes. Während der Stoßstromflußdauer beobachtet man jedoch den Anoden und Kathodenfall am Kontakt, der mit der theoretischen Größenordnung von ca. 20-25 Volt etwa übereinstimmt. In der weiteren Folge wird, je nach der Höhe des Stoßstromes bzw. der spez. Energie das Auslösen des Schalters beobachtet.

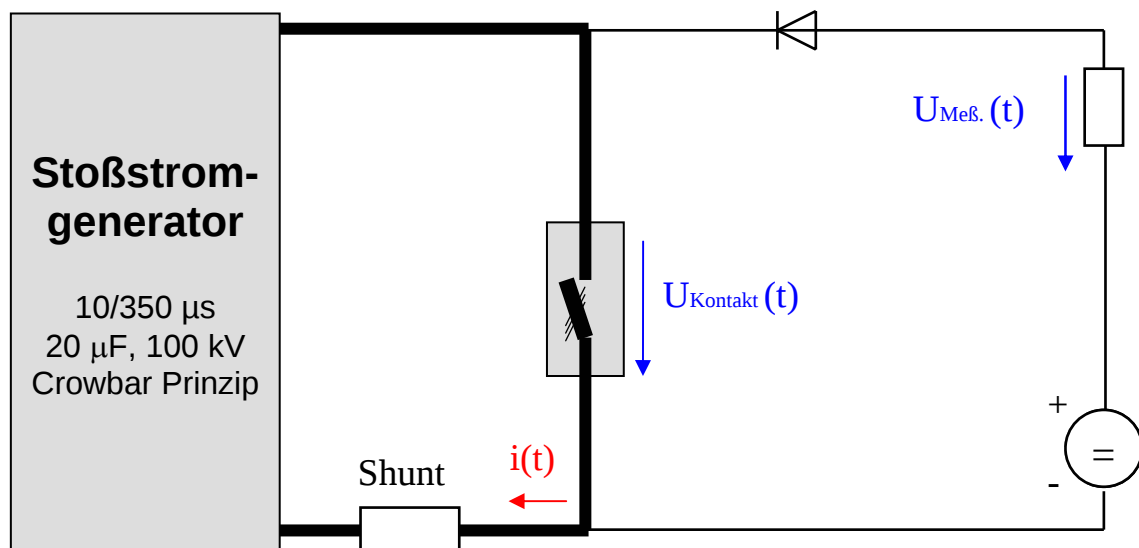


Bild 4 Versuchsaufbau und Schaltung zur Bestimmung der Parameter von Leistungsschaltern bei Stoßstrombelastung durch Blitzströme der Impulsform 10/350 µs.

⁷ Die Kräfte werden verursacht durch die Stromengekräfte an der unmittelbaren Kontaktstelle und die elektrodynamischen Kräfte durch die Strombahngestaltung.

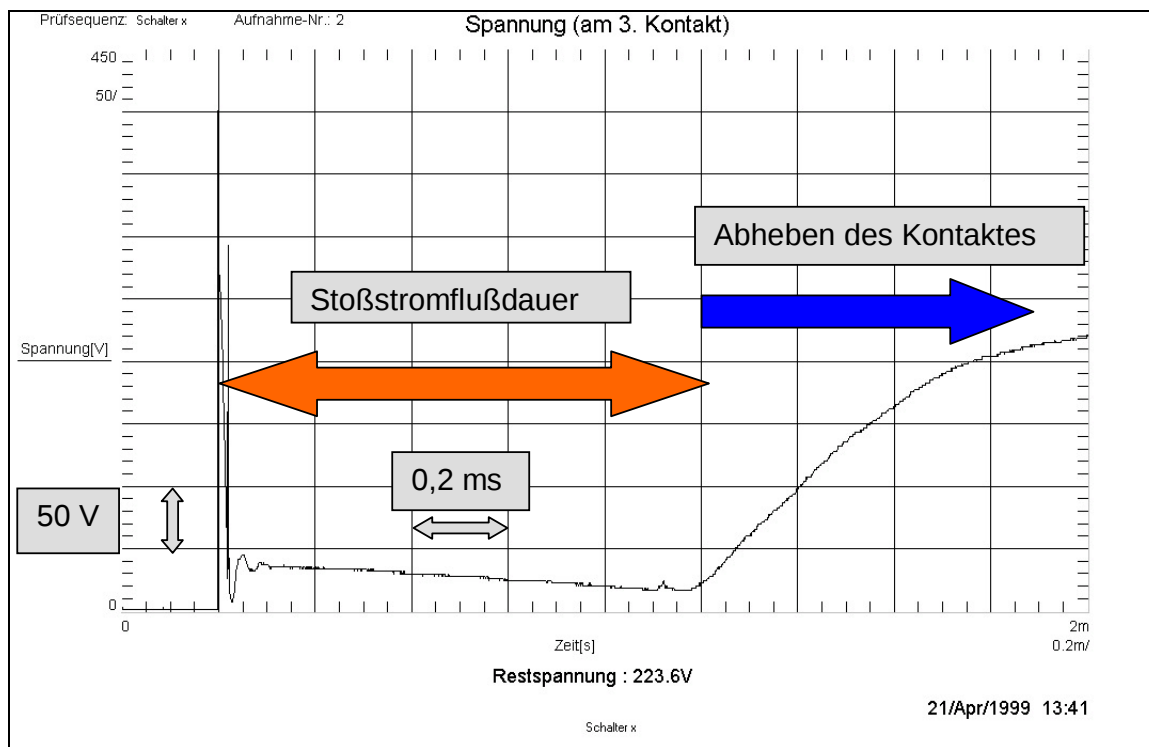
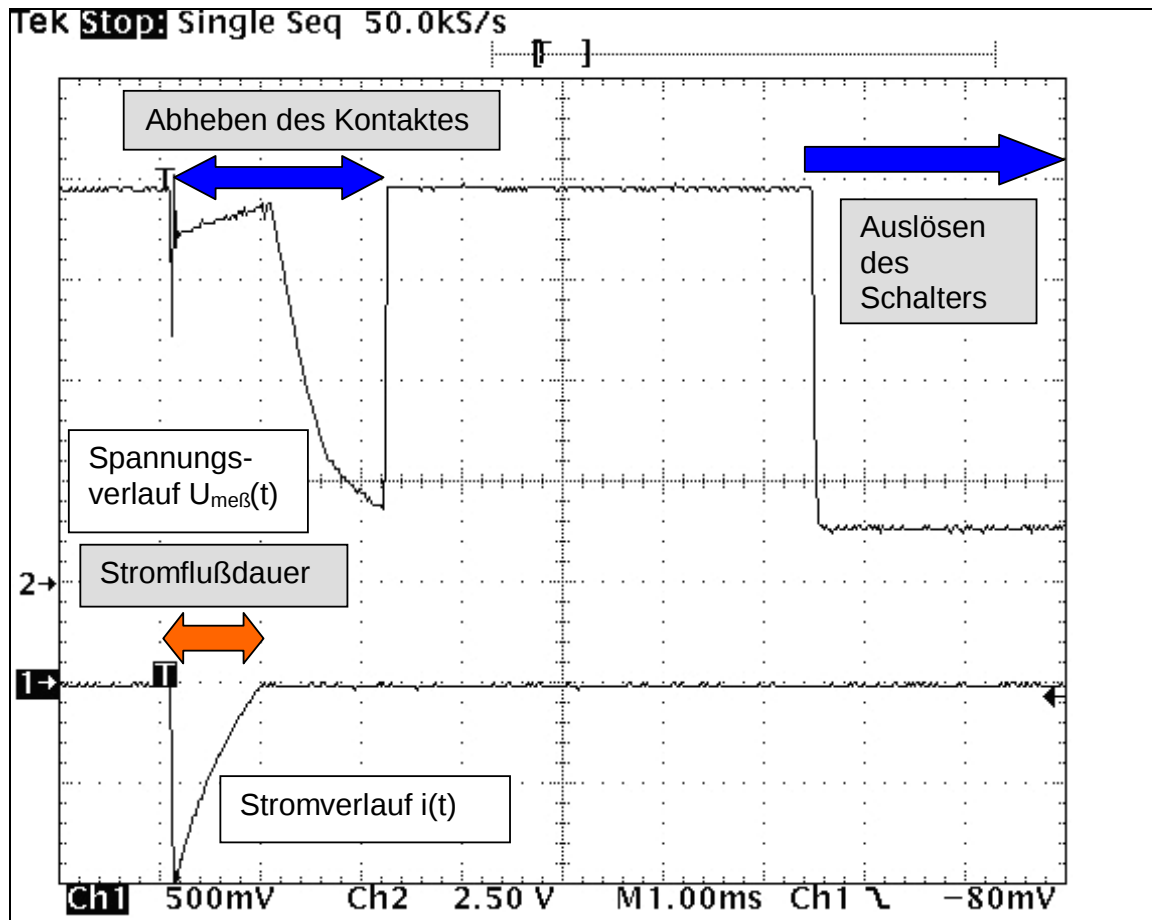


Bild 5 Beispiel einer Datenaufzeichnung an einem Schalter

Oben : Spannung $U_{\text{meß}}(t)$ in der Hilfsschaltung nach Bild 4 und Stromverlauf $i(t)$

Unten: Spannung über einem untersuchten Kontakt $U_{\text{Kontakt}}(t)$, vergl. Bild 4

3 Ergebnisse der Untersuchungen an Niederspannungs-Leistungsschaltern verschiedener Hersteller.

Die in der folgenden Tabelle 2 gezeigten Schalter wurden untersucht. Die Auswahl erfolgte nach der Verfügbarkeit der Schalter und ist nicht als vollständige Analyse für alle am Markt erhältlichen Schalter zu verstehen. Die Schalter wurden auf verschiedene Auslöseströme eingestellt und untersucht. Die Ergebnisse sind jedoch aussagekräftig. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den folgenden Diagrammen wie folgt dargestellt. Alle Ergebnisse gelten für einen einzelnen Schalterkontakt.

Leistungsschalter Nr.:	Bemessungsstrom [A]	Überlastauslöser Eingestellt auf : [A]	Kurzschlußauslöser Eingestellt auf: [A]	Abschaltvermögen ⁸ [kA]
A	125	125	1250	25
B	125	63	630	25
C	125	16	500	25
D	160	100	600	100
E	160	160	800	50
F	160	25	250	50
G	250	200	1500	100
H	160	125	1920	65
I	40	25	320	35
J	100	100	800	40
K	100	50	400	40
L	100	16	400	40
M	100	100	800	25
N	80	80	680	10
O	10	10	142	3

Tabelle 2 Zusammenstellung der Daten der untersuchten Niederspannungs-Leistungsschalter.

3.1 Kontaktabhubdauer und Auslösezeit

Als ein Beispiel zeigt Bild 6 die gemessene Kontaktabhubdauer und die Auslösezeit als Funktion der spezifischen Energie des Stoßstromimpulses. Tabelle 3 zeigt die zu Bild 6 zugehörigen Werte. Bis zu einem bestimmten Wert wird lediglich Abhub des Kontaktes beobachtet, darüber hinausgehende spezifische Energien führen dann zum Auslösen in konstanter Auslösezeit. Bei anderen Leistungsschaltern gibt es eine Überschneidung von Kontaktabhubdauer und Auslösezeit. Die Kontaktabhubdauer steigt mit der spezifischen Energie⁹. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß der Kraftimpuls¹⁰ die Ursache für das Abheben eines Kontaktes ist. Die Auslösezeit ist die Zeitdauer vom

⁸ Werte für 380/415 Volt nach Angaben des Herstellers.

⁹ Spezifische Energie: $W / R = \int_0^{\infty} i^2(t) dt$

¹⁰ Kraftimpuls: $P = \int_0^{\infty} F(t) dt \approx \int_0^{\infty} i^2(t) dt$

Beginn des Stoßstromes bis zum Auslösen des Schalters. In Bild 7 sind alle Schalter in einem Diagramm zusammengefaßt.

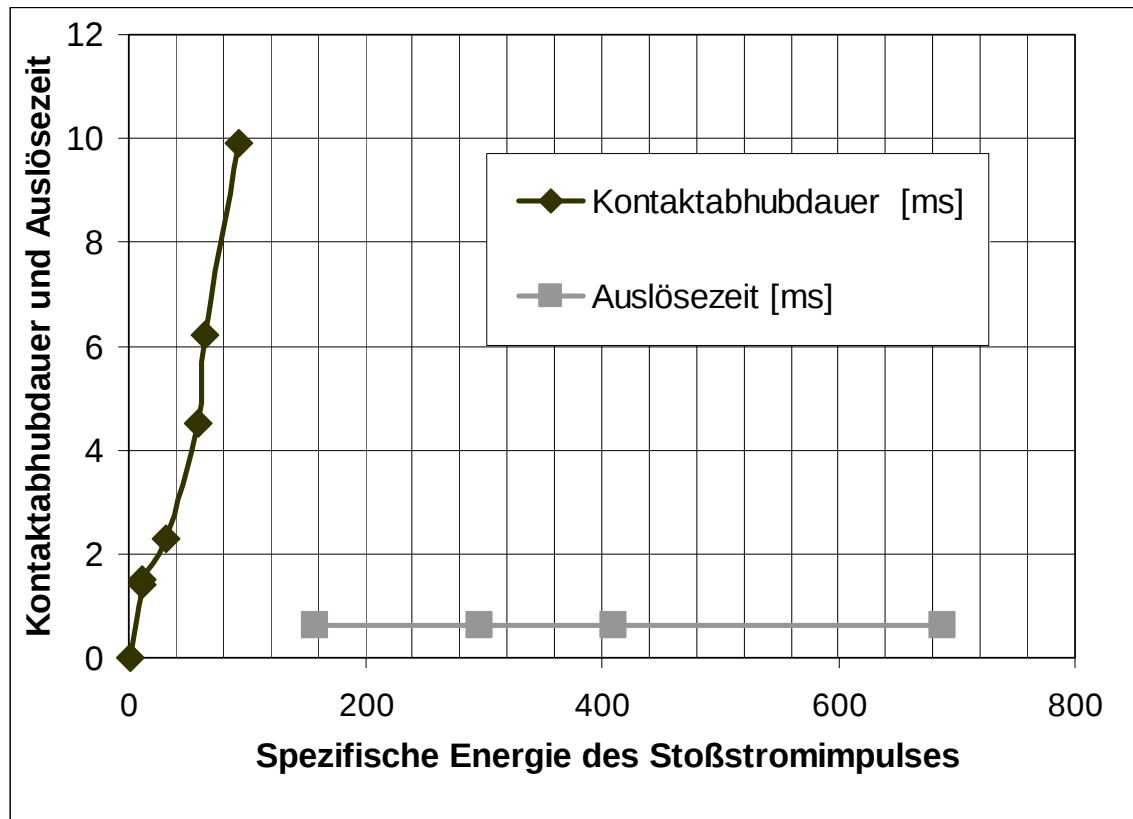
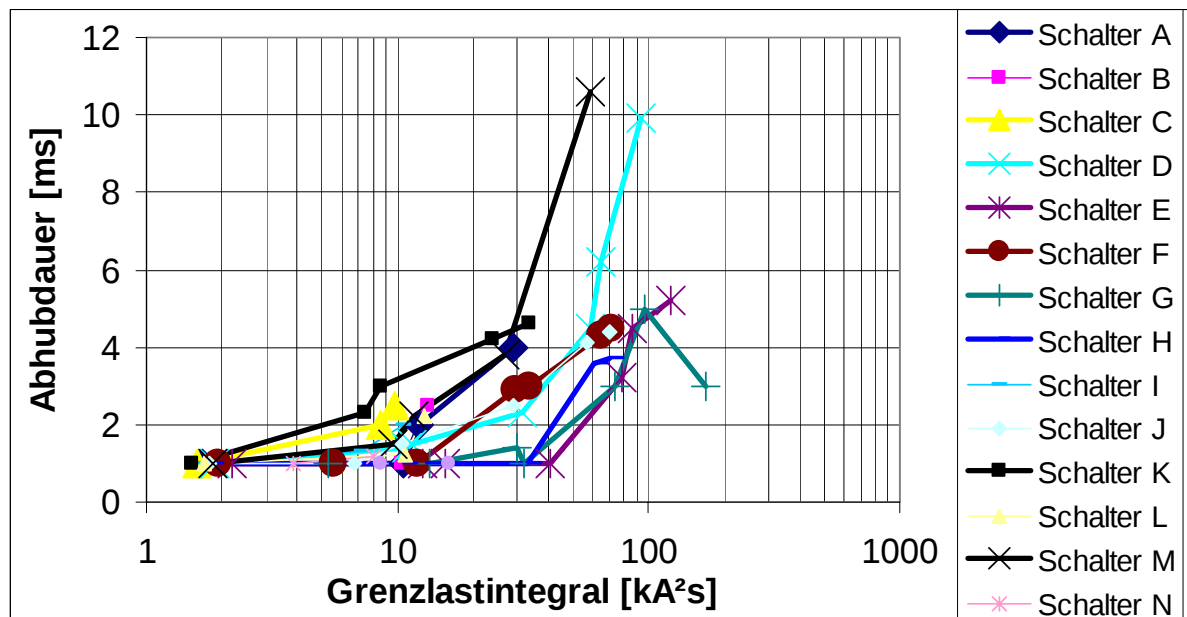


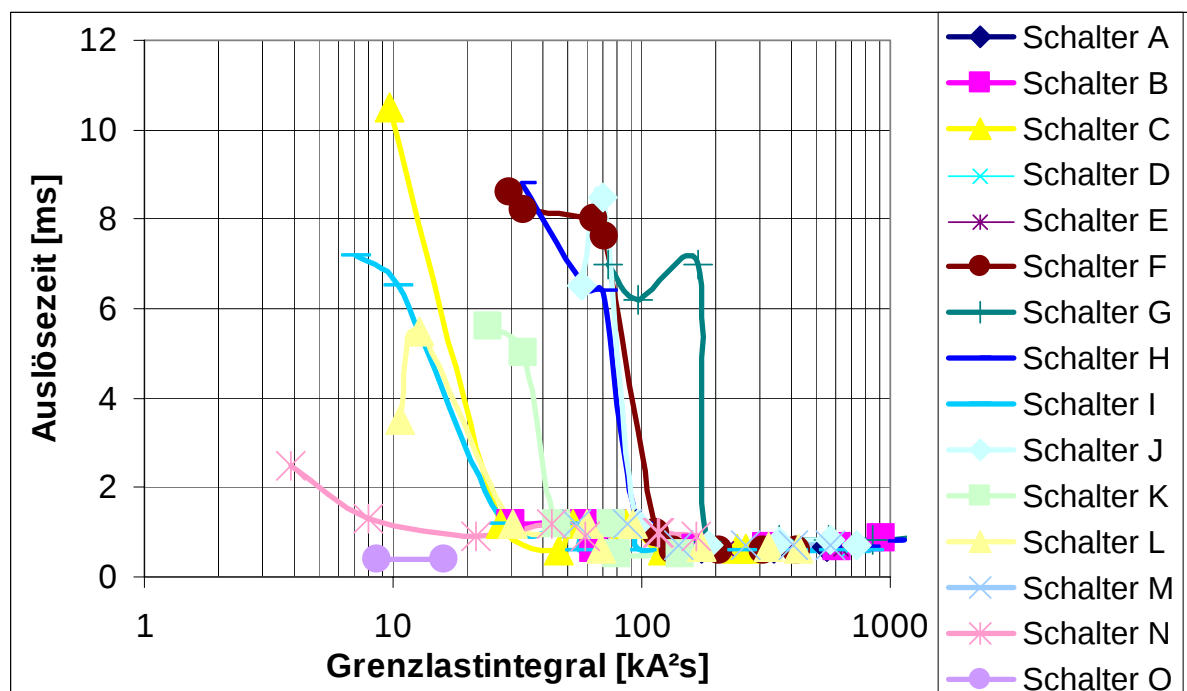
Bild 6 Gemessene Kontaktabschubdauer und Auslösezeit für Leistungsschalter D. (vergl. Tabelle1)

Scheitelwert [kA]	Stoßstromform	Ladung des Stoßstromimpulses [As]	Spezifische Energie des Stoßstromimpulses [kA²s]	Kontaktabschubdauer des Schalterkontaktes [ms]	Auslösezeit des Schalterkontaktes [ms]
	[µs]				
3,53	13,2/223,6	0,88	1,87	0	
6,97	13,7/333	2,62	10,8	1,4	
10,1	16,9/171,6	1,84	11,5	1,5	
10,2	13,1/461,9	5,20	31,4	2,3	
13,4	12,3/496,1	7,20	58,9	4,5	
19,9	15,3/241,5	5,18	64,2	6,2	
16,4	16,2/527	8,93	93,6	9,9	
29,4	15,5/277,5	8,36	158,2		0,62
38,1	14,2/300,4	11,6	297,3		0,62
44,4	14,7/306,6	13,6	409,5		0,62
57,8	14,1/304,2	18,1	688,5		0,62

Tabelle 3 Zugehörige Werte zu Bild 6 für Leistungsschalter D (vergl. Tabelle1). Alle Werte beziehen sich auf einen einzelnen Schalterkontakt.



a) Kontaktabhubdauer der untersuchten Leistungsschalter in Abhängigkeit der spezifischen Energie des Stoßstromimpulses.



b) Auslösezeit der untersuchten Leistungsschalter in Abhängigkeit der spezifischen Energie des Stoßstromimpulses.

Bild 7 Zusammenfassung der gemessenen Zeiten

3.2 Mechanismus der Zerstörung bei Überbeanspruchung

Die Zerstörungsgrenze hängt vom inneren Aufbau des Schalters ab und wird im wesentlichen durch den Kraftimpuls bestimmt und hängt damit von der spezifischen Energie ab.

Im Gegensatz zu einer Sicherung, die bei Überlastung durch einen Stoßstrom explodiert und eine Gefahr für die Umgebung darstellt, wird bei einem Leistungsschalter lediglich das Gehäuse mechanisch deformiert. In keinem Fall wurde ein Umherfliegen von Teilen des Schalters beobachtet. Lediglich Risse und Ausbeulungen des Gehäuses werden beobachtet.

3.3 Veränderung des Kontaktwiderstandes

Der elektrische Widerstand der Schalterkontakte verändert sich durch den Stoßstrom nur gering. Beim Abheben eines Kontaktes erfolgt in den Lichtbogenfußpunkten eine Aufschmelzung von Kontaktmaterial. Ein Verschweißen der Kontakte konnte in keinem Fall beobachtet werden. Die Änderung des Kontaktwiderstandes ist gering. Da die Widerstandsänderung bei allen Schaltern ähnlich verläuft, wird nur als Beispiel in Bild 8 eine Kurve der Widerstandsänderung gezeigt, die jedoch repräsentativ für alle untersuchten Schalter ist. Bild 9 zeigt eine fotografische Aufnahme der Oberfläche eines Kontaktes.

3.4 Veränderung der Auslösecharakteristik

An der Konstanz der Auslösezeiten während der Versuche zeigt sich, daß die Auslösecharakteristik durch Stoßströme nicht beeinträchtigt wird. Diese Beobachtung deckt sich mit den Aussagen eines Herstellers.

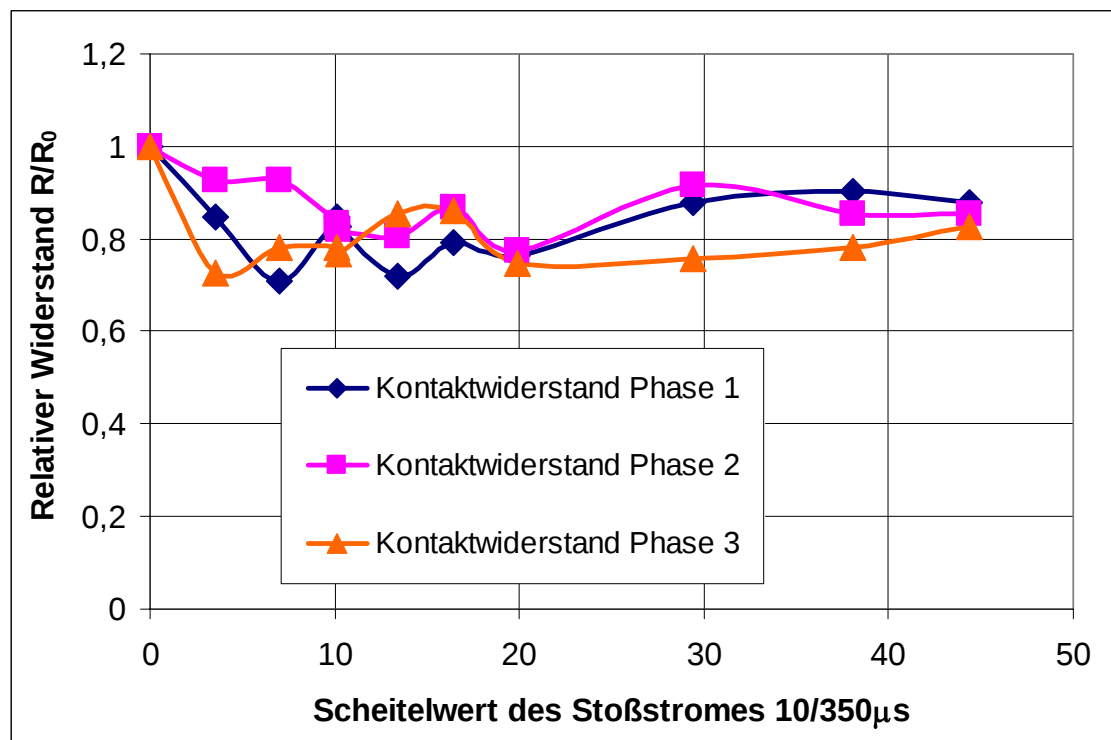
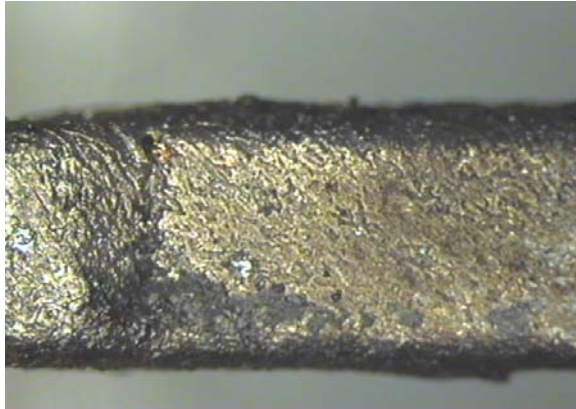


Bild 8 Veränderung des Kontaktwiderstandes des Schalters D



Beweglicher Kontakt,
Kontaktfläche = 4x13 mm



Fester Kontakt,
Kontaktfläche = 6x10 mm

Bild 9 Aufnahme der Oberfläche eines Kontaktpaares des Leistungsschalters D mit 6,5- facher Vergrößerung nach insgesamt 11 Stößen mit den Daten nach Tabelle 6.

4 Vergleich zwischen Sicherungen und Leistungsschaltern

Der Leistungsschalter kann als Ersatz der Hauptsicherung vorteilhaft dann eingesetzt werden, wenn die Hauptsicherung wegen des Überstromschutzes einen kleinen Wert, z.B. bei Hausinstallationen, Telekommunikationsanlagen etc. von 35 63 A aufweist. Hier versagt die Sicherung bei Blitzstoßströmen der Form 10/350µs bereits bei wenigen kA und stellt durch die Explosion zusätzlich eine Gefahr dar. Der Leistungsschalter zeigt hier gerade bei kleinen Nennströmen einen Vorteil durch einen viel größeren Funktionsbereich durch Leiten bzw. Auslösen. Daher sind in Bild 10 die Ergebnisse der Untersuchungen /1 / mit den Ergebnissen der Leistungsschalter zusammengestellt.

Beispiel: Absicherung der mit einer 63 A Hauptsicherung

Die 63 A Sicherung schmilzt bei einem Stoßstrom 10/350 µs von 5,5 kA Scheitelwert und explodiert bei 20 kA.

Der Leistungsschalter B, Daten vergl. Tabelle 2 löst ab 7 kA (Einzelkontakt) aus und ist ab 60 kA (Einzelkontakt) defekt.

Beispiel Absicherung mit 35 A Hauptsicherung:

Die 35 A Sicherung schmilzt bei einem Stoßstrom 10/350 µs von 4 kA Scheitelwert und explodiert bei ca 14 kA.

Der Leistungsschalter I, Daten vergl. Tabelle 2, löst ab 8 kA (Einzelkontakt) aus und ist ab 70 kA (Einzelkontakt) defekt.

Da ein Blitzstoßstrom zu rund 50 % in die Stromversorgungsleitungen einkoppelt, bedeutet dies bei einem maximal in die Blitzschutzanlage eingekoppelten Stoßstrom von 200 kA, daß 100 kA über die 3 Schalterkontakte fließen, also rund 33 kA über einen Schalterkontakt. Die Schalter B und I würden also nie zerstört werden und selbst diesen Blitzstoßstrom und den Netzfolgestrom sicher abschalten.

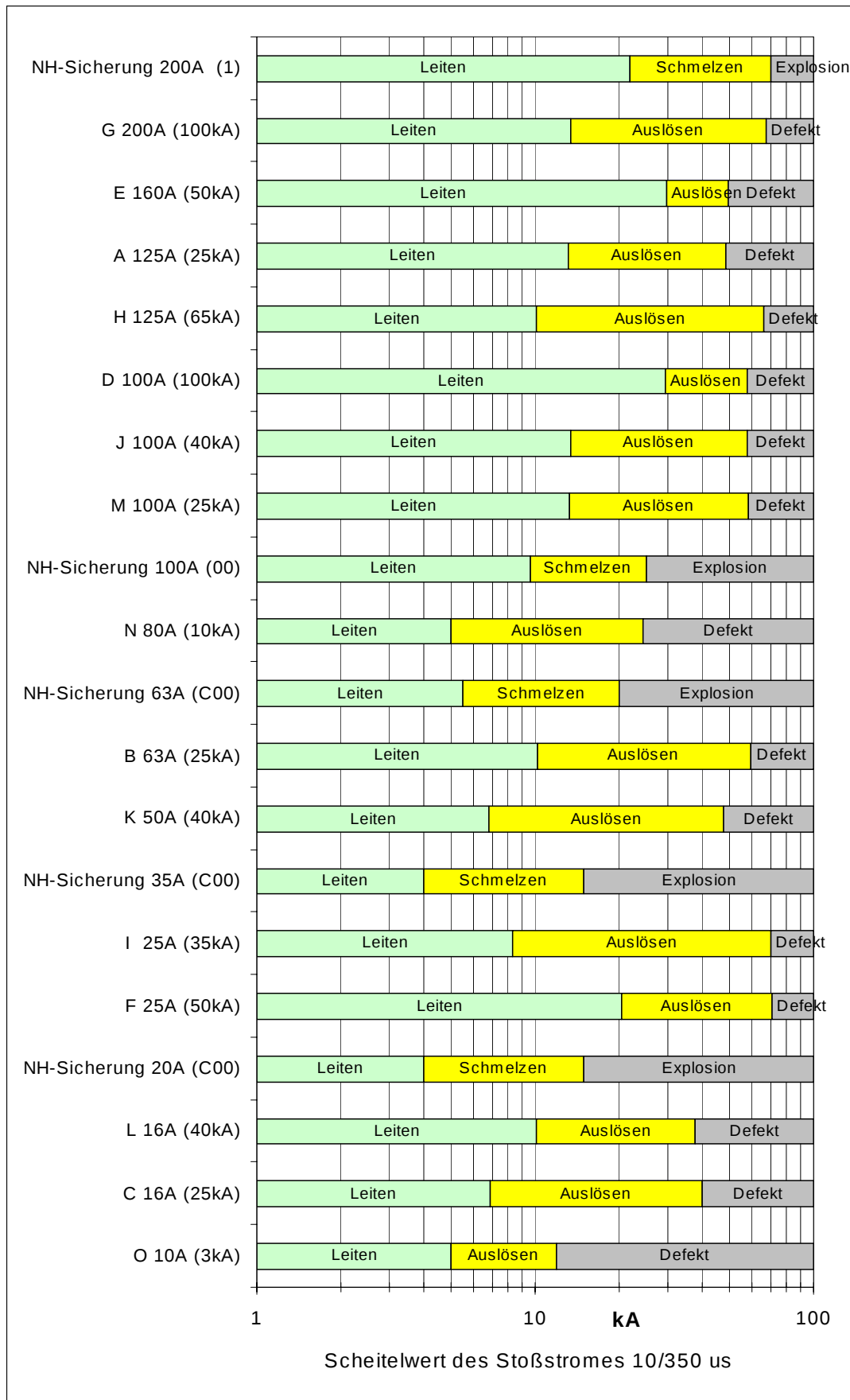


Bild 10 Vergleich der Ergebnisse der untersuchten Leistungsschalter mit Sicherungen. Angaben gelten für einen einzelnen Schalterkontakt.
Parameter : Eingestellter Überstromauslöser und Abschaltvermögen.

5 Schlußfolgerungen

Niederspannungs-Leistungsschalter können vorteilhaft dort eingesetzt werden, wo eine Überstrom-Schutzeinrichtung am Hausanschluß mit kleinen Stromwerten (z.B. 63 A) realisiert werden muß. Dies ist z.B. bei lokalen Telekommunikationsanlagen für den Mobilfunk der Fall. Da die am Markt verfügbaren Blitzstromableiter einen Vorsicherungswert aufweisen, der größer als der Wert der Überstrom-Schutzeinrichtung am Hausanschluß ist, entfällt die Vorsicherung für den Blitzstromableiter. Damit erfüllt der Leistungsschalter alle geforderten Aufgaben hinsichtlich Überstrom und Kurzschlußschutz. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß solche am Markt verfügbaren Leistungsschalter auch bei der Beanspruchung mit Blitzstoßströmen der Form $10/350\mu\text{s}$ sicher arbeiten und eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer Schmelzsicherung aufweisen. Insbesondere können Leistungsschalter im Falle des Auslösens mit Motorantrieb wieder eingeschaltet werden.

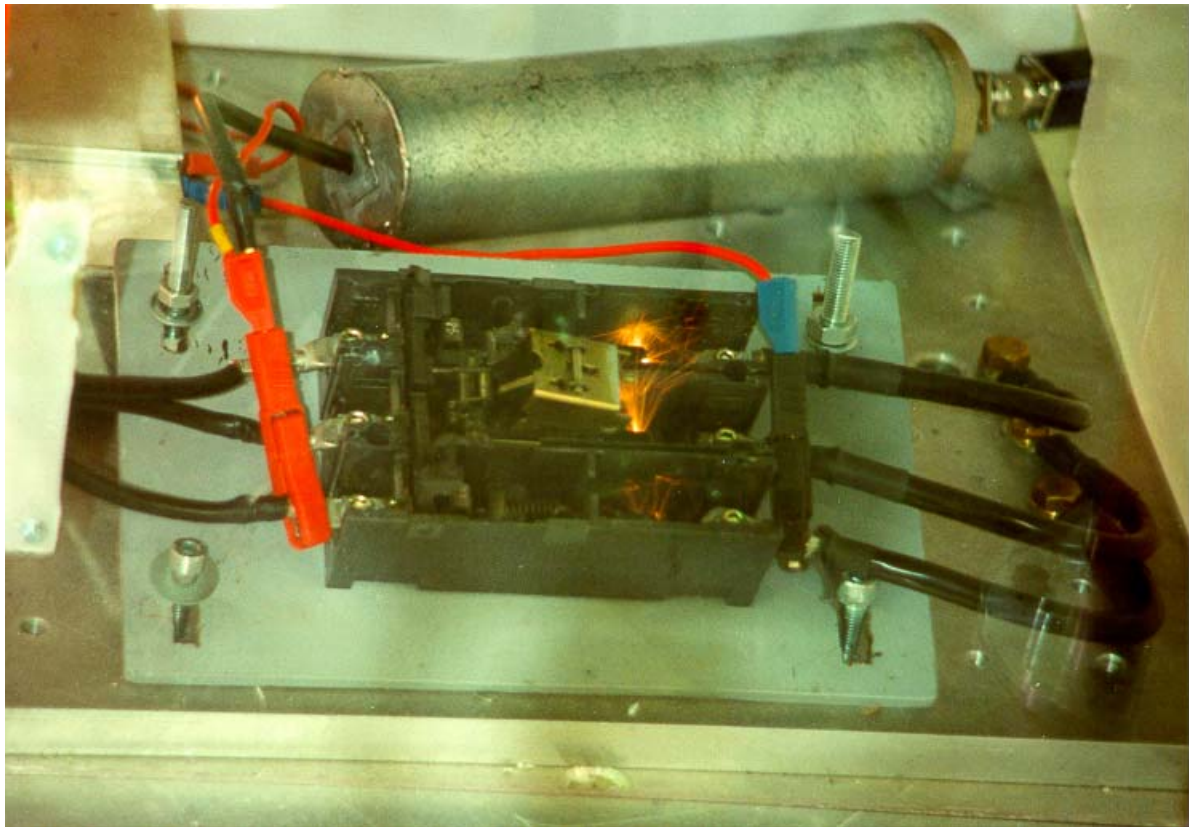
Die Hersteller der untersuchten Niederspannungs-Leistungsschalter hatten bisher keine Notwendigkeit gesehen, die Stoßstromtragfähigkeit zu spezifizieren. Es ist daher sicherlich anzunehmen, daß die Schalter für die in diesem Beitrag genannte Aufgabenstellung noch weitgehend modifiziert werden können und damit eine technisch und auch kostenmäßige Alternative zu den Sicherungen darstellen.

6 Literatur

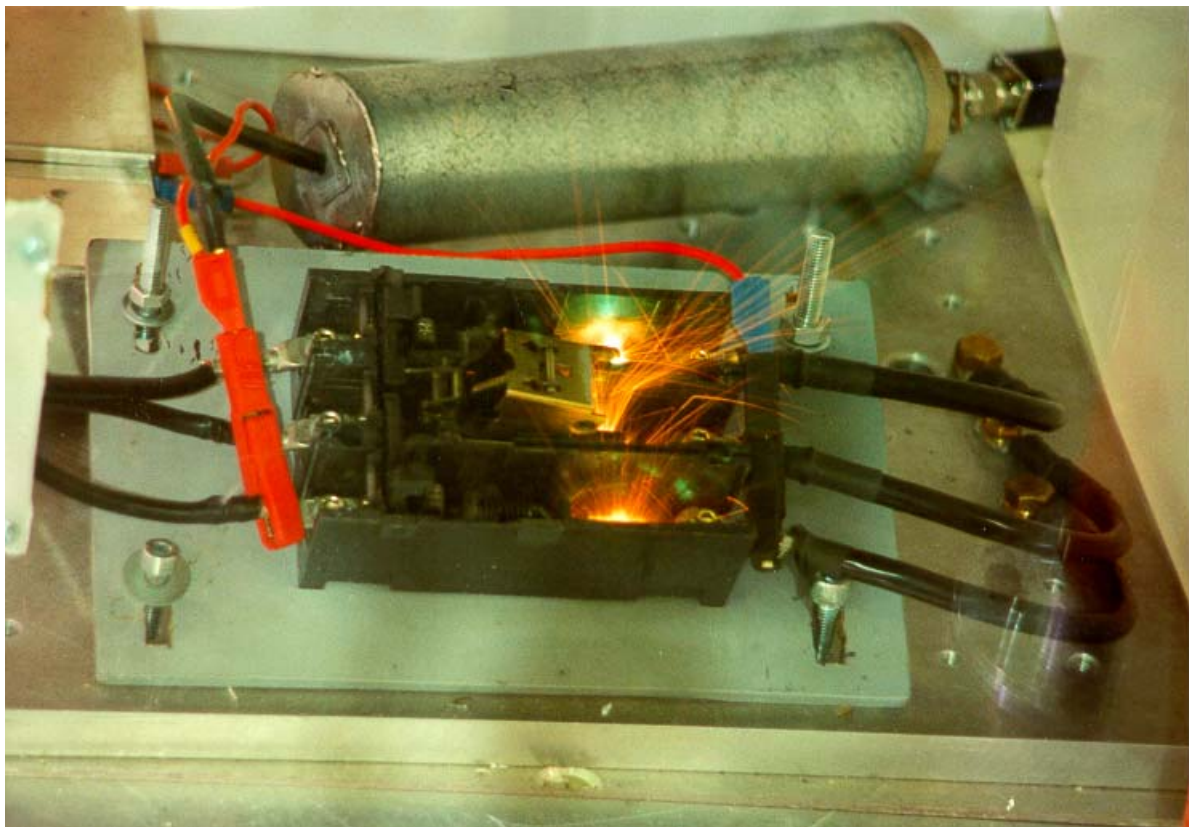
/1/ Noack,F. Schönau,J.; Brocke,R.: Einfluß der Blitzstromtragfähigkeit von Überstromschutzeinrichtungen auf den Blitzschutz in Niederspannungsnetzen. VDE/ABB-Fachtagung 1997. VDE Fachbericht 52 , 1997 VDE Verlag.

Weitere Literatur ist in Fußnoten genannt.

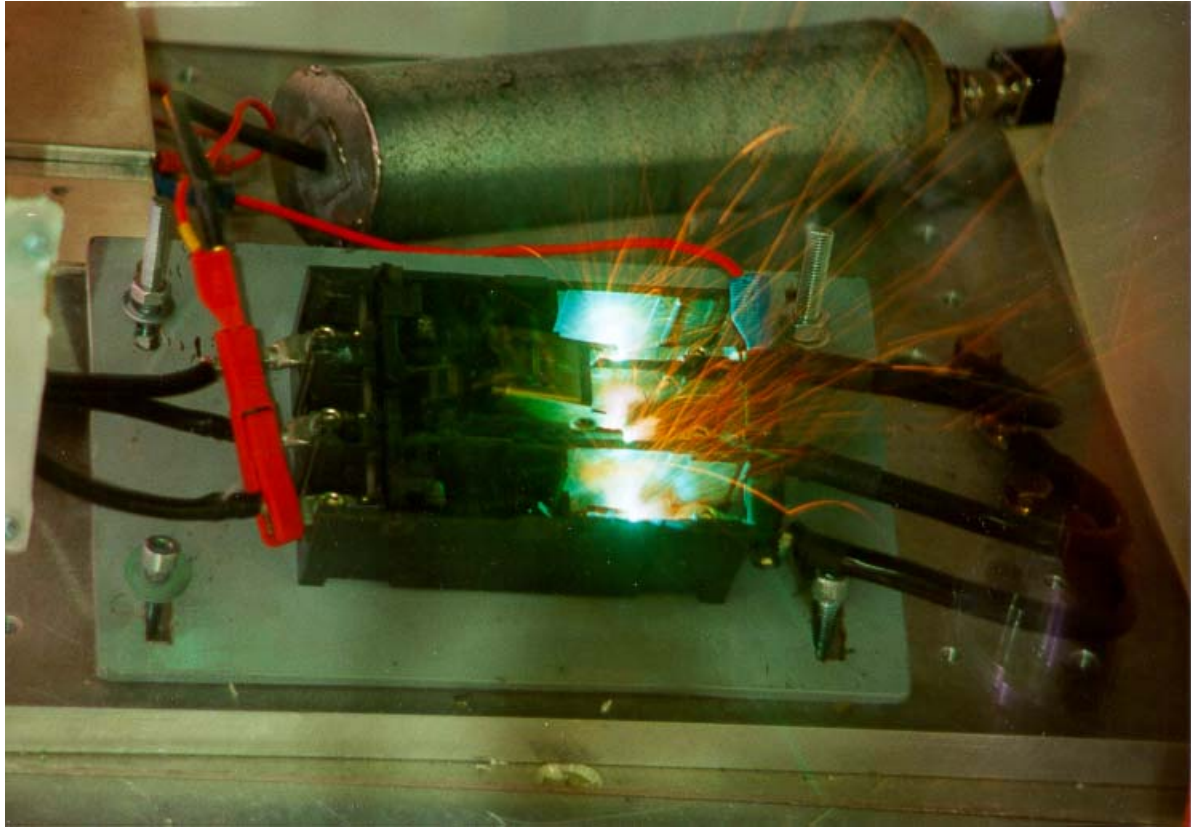
Anhang : Bilder der Lichtbogenentwicklung in den Schalterkontakten.



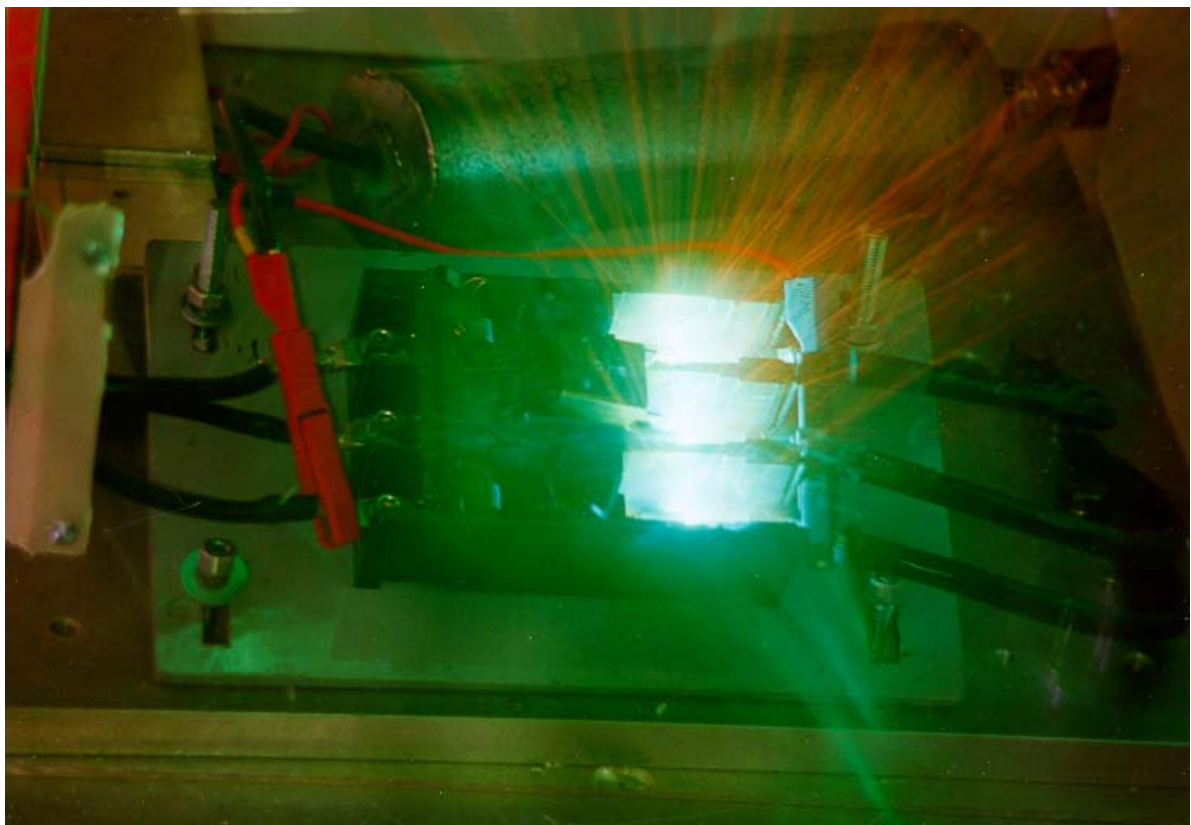
Stoßstrom von 3,3 kA Scheitelwert 10/350 μ s pro Kontakt



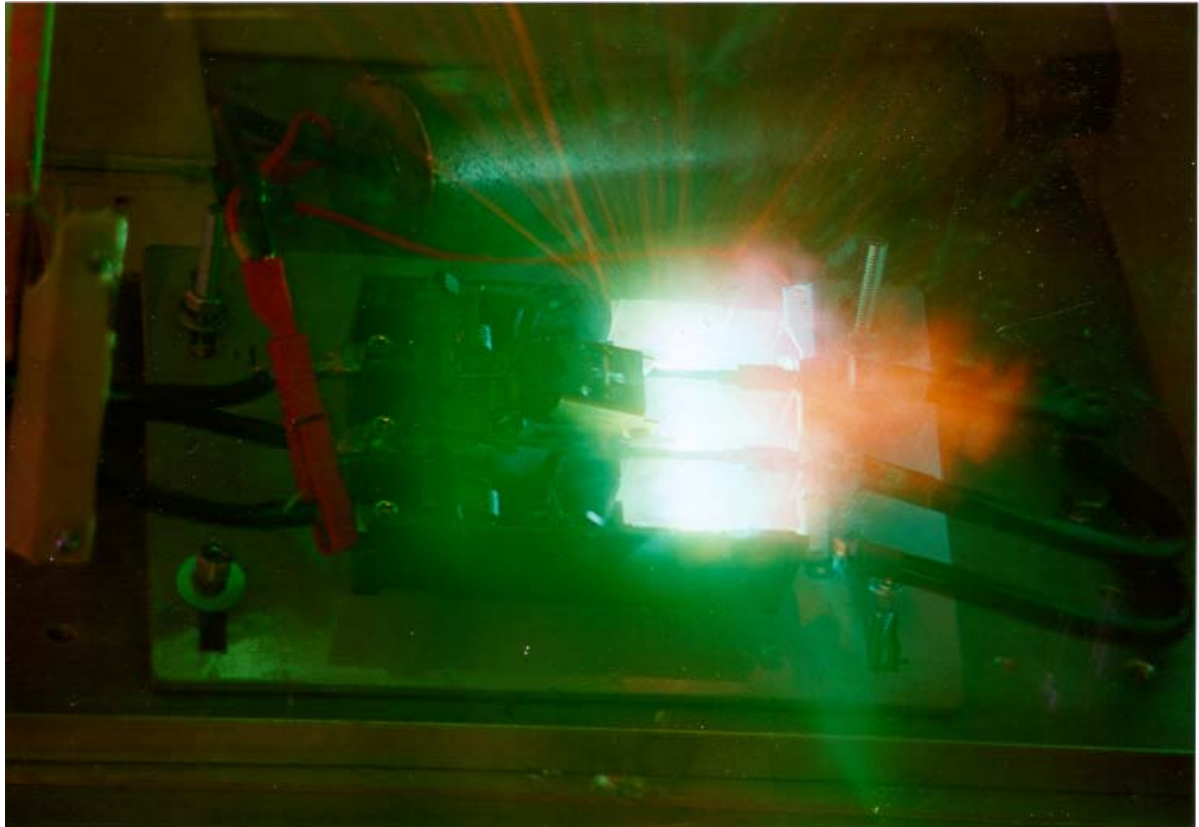
Stoßstrom von 6,7 kA Scheitelwert 10/350 μ s pro Kontakt



Stoßstrom von 10 kA Scheitelwert 10/350 μ s pro Kontakt



Stoßstrom von 13,3 kA Scheitelwert 10/350 μ s pro Kontakt



Stoßstrom von 16,6 kA Scheitelwert 10/350 μ s pro Kontakt