

SCHUTZ GEGEN FEHLERLICHTBÖGEN

# AFDD – Technisches Handbuch

## Fehlerlichtbogen-Phänomene und Funktion von AFDDs



- Vollständiger Schutz gegen Fehlerlichtbögen, Überstrom und Fehler gegen Erden
- Einfache Querverdrahtung und Installation
- beliebige Einspeisung von Klemme oben oder unten
- kompatibel mit Zubehör des Systems pro M compact®
- LED-Funktionsüberwachung zur einfachen Fehlersuche im Netzwerk

---

**Eine breite Palette von Niederspannungs-DIN-Schienen-Produkten von ABB für die Elektroverteilung unterstützt Anwender in Bezug auf Schutz, Messung und Kontrolle und bietet gleichzeitig die höchsten Standards in Bezug auf Zuverlässigkeit, Qualität und Sicherheit in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden.**

**Die frühzeitige Erkennung von Fehlerlichtbögen in der Elektroinstallation kann zum Brandschutz in Wohn- und Gewerbeanlagen beitragen und damit zusätzliche Sicherheit für Menschen und Sachwerte bringen. Die AFDDs von ABB erfüllen die internationale Produktnorm IEC 62606 "General Requirements for Arc Fault Detection Devices" und mindern die Risiken von Bränden, die durch fehlerhafte elektrische Installationen verursacht werden.**

**Das folgende Handbuch hilft Anwendern, das physikalische Phänomen eines elektrischen Lichtbogens, die Funktionsweise der Geräte, ihre Hauptmerkmale und ihren Nutzen zu verstehen.**

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>001</b>	<b>Inhaltsverzeichnis, Definitionen, Ausdrücke, Abkürzungen</b>
<b>002</b>	<b>Einleitung</b>
<b>003–005</b>	<b>Feuer</b>
<b>006–009</b>	<b>Elektrischer Lichtbogen</b>
<b>010–017</b>	<b>Schutzeinrichtungen und Fehlerlichtbögen</b>
<b>018–023</b>	<b>Regulativer Rahmen</b>
<b>024–025</b>	<b>Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD) S-ARC1 und DS-ARC1</b>
<b>026</b>	<b>Literatur und Quellen</b>

---

## Definitionen, Ausdrücke, Abkürzungen

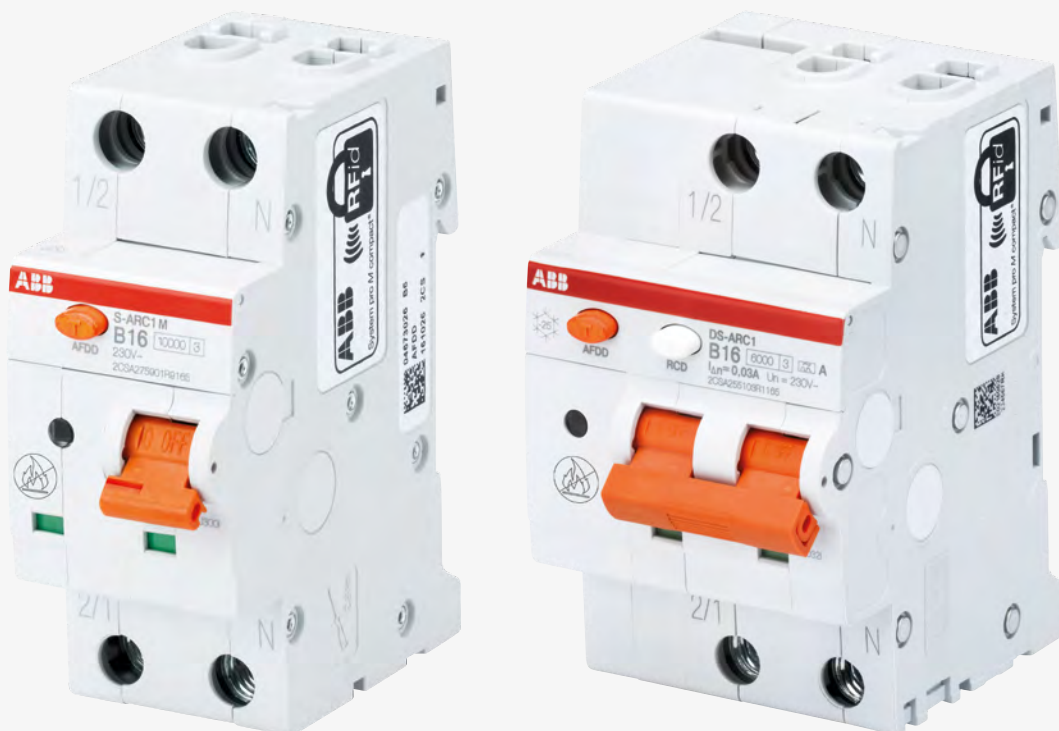
AFDD	engl. Arc Fault Detection Device, Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung
AFCI	engl. Arc Fault Circuit Interrupter, Fehlerlichtbogen-Unterbrecher
MCB	engl. Miniature Circuit Breaker, Leitungsschutzschalter oder Sicherungsautomat (LS)
RCD	engl. Residual Current Device, Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
RCCB	engl. Residual Current Circuit Breaker, Fehlerstrom-Schutzschalter (FI)
RCBO	engl. Residual current operated Circuit-Breaker with Overcurrent protection, Fehlerstrom-Schutzschalter mit integriertem Leitungsschutzschalter (FI/LS-Schalter)
SPD	engl. Surge Protection Device, Überspannungs-Schutzeinrichtung
POP	engl. Power frequency Overvoltage Protection, Netzfrequenz-Überspannungsschutz

# Einleitung

Der erste Fehlerlichtbogen-Unterbrecher (AFCI) wurde 1980 in den USA patentiert. Der AFI ist ein Gerät zur Erkennung von Fehlerlichtbögen, das im Januar 2008 für den Gebrauch durch den National Electric Code (NEC, US Anwendungsnorm) vorgeschrieben wurde.

Die Verwendung von AFI-Geräten wurde insbesondere vorgeschrieben, um alle Stromkreise in Wohnräumen von 15/20 A zu schützen. Das NEC beschreibt es als "Ein Gerät, das vor den Auswirkungen von Fehlerlichtbögen schützen soll, indem einzigartige Lichtbogencharakteristiken erkannt werden und der Stromkreis bei Erkennung eines Fehlerlichtbogens abgeschaltet wird."

Anfang 2012 wurde die Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) in die IEC-Welt eingeführt, was im August 2013 in der Veröffentlichung der Technischen Produktnormen IEC 62606 und im August 2014 in DIN EN 62606 (VDE 0665-10) mündete, die die allgemeinen Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen festlegt.



# Feuer

## Phänomenologie

Feuer ist die schnelle und unkontrollierte Oxidation von Material im exothermen chemischen Verbrennungsprozess, der Wärme, Licht und verschiedene Reaktionsprodukte freisetzt. Es erfordert drei grundlegende Elemente: etwas brennbares (entflammables), Sauerstoff und eine geeignete Temperatur. Die verschiedenen Phasen eines Brandes sind unten in Abbildung 1 dargestellt. In drei Minuten kann ein Brand einen ganzen Raum einbeziehen, weil wir heute mehr brennbare Materialien verwenden als früher.

In der ersten Zündstufe starten Dämpfe von brennbaren Stoffen den Verbrennungsprozess, der leicht kontrollierbar ist.

Während der Ausbreitungsphase speist Wärme das Feuer und sorgt für einen langsamen Temperaturanstieg und die Emission von Rauch. In diesem Schritt ist das Feuer noch nicht vollständig entwickelt, muss aber unter Kontrolle gehalten werden, um einen Überschlag zu vermeiden. Innerhalb dieses Stadiums kommt es zu einem plötzlichen Anstieg von Temperatur und an der Verbrennung beteiligter Materialmenge (Überschlag). Tatsächlich erreicht das Feuer sehr hohe Temperaturen (sogar über 1.000 °C). Die Verbrennung wird unkontrollierbar, solange Brennstoff und Sauerstoff vorhanden sind (Phase der Vollentwicklung), bevor schließlich die Löschung erreicht wird. Es ist daher wichtig, das Feuer zu kontrollieren, bevor es die Überschlagsphase erreicht.

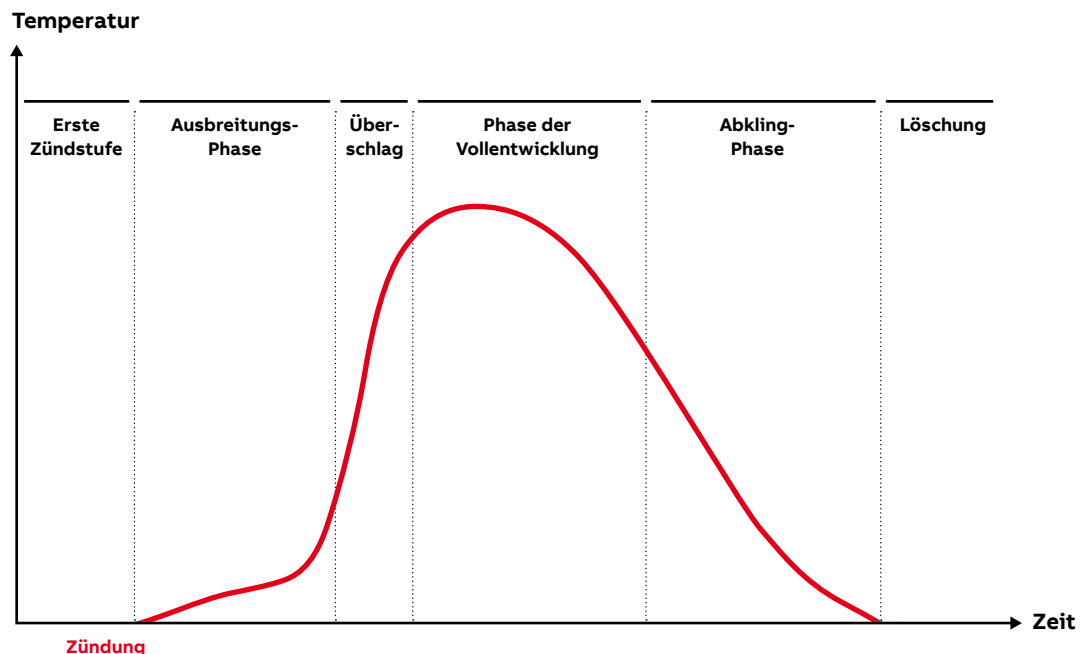


Abbildung 1: Phasen von Feuer

## Ursachen und Statistiken

Jedes Jahr werden in Europa mehr als 2 Millionen Brände verschiedener Art gemeldet. Im Durchschnitt finden 90% von ihnen in Gebäuden statt. Brände verursachen etwa 4.000 Todesfälle pro Jahr in Europa (etwa 11 pro Tag) und befördern 70.000 Menschen mit schweren Verletzungen ins Krankenhaus.  
(Quelle: firesafeeurope.eu)

Abbildung 2 zeigt die Ursachen von Bränden in Deutschland (Quelle: 2016 IFS-ev.org):

Die größte Anzahl (31,7%) wurde durch elektrische Probleme verursacht, insbesondere im Wohnmilieu. Im Jahr 2015 war bei 230.000 Bränden Elektrizität die Schadensursache (Quelle: GDV). Sie führte auch zu 343 Todesfälle durch Rauch, Feuer und Flammen und weitere 77 Todesfälle durch tödlichen Kontakt mit ihr. (Quelle: destatis.de)

Fehler in elektrischen Installationen sind die Hauptursache für elektrische Brände, einschließlich:



**Kurzschlüsse** treten auf, wenn zwei Leiter in Kontakt kommen und schnell eine hohe Stromaufnahme erzeugen, die zu einer Explosion der Leiter führt, die dann in der Nähe befindliche brennbare Materialien entzünden können.

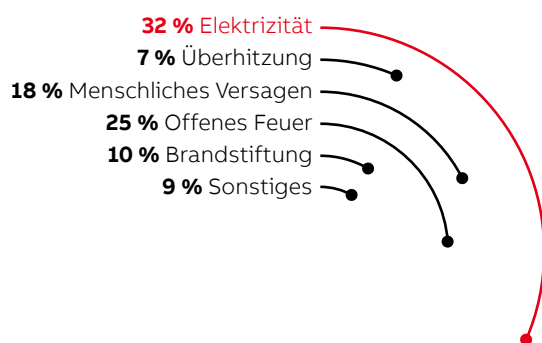


**Überlastung** tritt auf, wenn ein Stromkreis mehr Strom führt, als die Menge für die er ausgelegt ist. Ein überhitzter Leiter kann die Isolierung beschädigen und ein Feuer verursachen, indem brennbare Materialien in der Nähe entzündet werden.



**Transiente Überspannungen**, oder Überspannungen in Verbindung mit Blitzeinschlägen verursachen die sofortige Verschlechterung bestimmter Lasten und können möglicherweise ein Feuer auslösen.

—  
**Abbildung 2:**  
**Brandursachen in Deutschland**  
 (2015)



### Überspannungen von langer Dauer

(von einigen Sekunden bis zu mehreren Minuten) sind Spannungen, die nicht hoch sein müssen, aber lange genug auftreten, um bestimmte Komponenten in elektrischen Geräten zu überhitzen und sogar Feuer zu fangen, wenn sie für die gegebenen Rahmenbedingungen nicht richtig dimensioniert sind. Diese Überspannungen können durch Fehler im Versorgungsnetz verursacht werden (Unterbrechung des Neutralleiters, Kurzschluss der Hochspannungs-Netzwerkkabel gegen Erde).



**Isolations-Beschädigung** ist ein Problem. Neues Isoliermaterial hat einen sehr hohen Oberflächenwiderstand, um den Fluss von Kriechströmen zu verhindern, aber mit der Zeit führt die Verschmutzung zu Materialablagerungen wie Staub, verschiedenen Verschmutzungen, usw. Wenn diese Ablagerungen Feuchtigkeit absorbieren, können sie die Oberfläche der Isolierung in einen Leiter verwandeln. Bleiben die Ablagerungen trocken, bleibt der Oberflächenwiderstand sehr hoch, sodass keine Gefahr durch Kriechströme entsteht. Tocknet die Oberfläche des Materials, können lokal Mikro-Lichtbögen auftreten (Flackern), was das Isoliermaterial verschlechtert und lokale Kohlenstoffablagerungen erzeugt, die den Kriechstrom erhöhen. Übersteigt der Strom 300 mA, sind die Oberflächenerwärmung und die erzeugten Funken ausreichend, um die Kohlenstoffablagerungen zu entzünden. In einigen Fällen kann Strom über den Schutzleiter fließen und von einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung erfasst werden. Andernfalls ist ein spezielles Gerät, wie eine Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung, erforderlich.



### Nicht-konforme Installationen in alten Gebäuden

, wie die unsachgemäße Verwendung von Mehrfach-Steckdosen, Adaptern und Verlängerungskabeln, sind ebenfalls ein Problem. Bisher verfügbare Schutzgeräte, wie z. B. Sicherungsautomat (MCB) und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), Überspannungsschutz (SPD) und Netzfrequenz-Überspannungsschutz (POP), können eine wirksame Auslösung bei Überströmen, Fehlerströmen und Überspannungen garantieren. Schäden an der Isolierung und an fehlerhaften Installationen können einen Lichtbogen verursachen (auch ohne das Vorhandensein eines Fehlerstroms), der speziell durch ein Fehlerlichtbogenschutzgerät geschützt werden muss.

# Elektrischer Lichtbogen

## Phänomenologie und Struktur

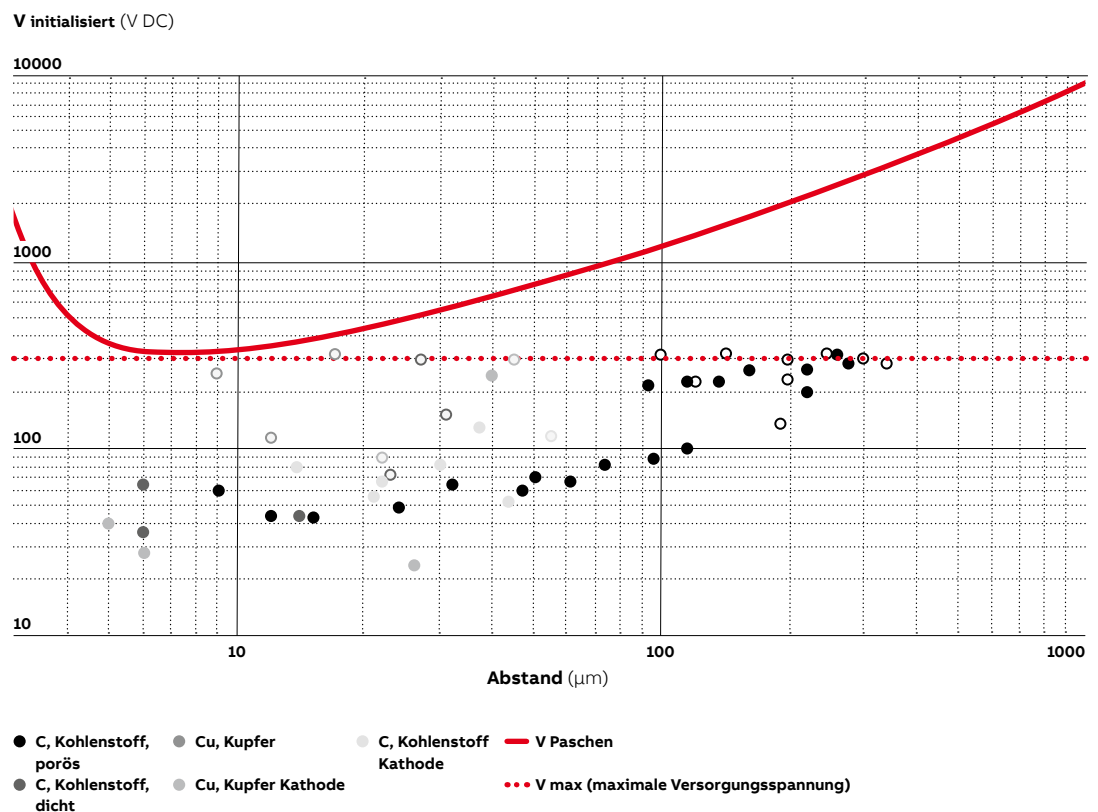
"Kontaktbögen" beziehen sich im Allgemeinen auf zwei leitende Teile mit unterschiedlichen Spannungen, die durch niederleitende Pfade in direktem oder indirektem Kontakt angeordnet sind. Beispielsweise können die leitenden Teile in diesem Fall die Metallkontakte eines Schalters sein. Außerdem stellt der Fehlerlichtbogen ein Beispiel für einen Fehler dar, der durch eine von Null verschiedene und nicht vernachlässigbare Impedanz gekennzeichnet ist. Es gibt zwei Typen:

- **Paralleler Fehlerlichtbogen** – Isolationsfehler zwischen den leitenden, normalerweise isolierten Teilen
- **Serieller Fehlerlichtbogen** – Teilstörung und unbeabsichtigte Freisetzung eines aktiven Leiters, normalerweise nicht unterbrochen

In erster Linie besteht der Lichtbogen aus metallischen Dämpfen (hauptsächlich Kohlenstoff), die von den Kontakten freigesetzt werden. Die Lichtbogenumgebung wird durch ionisierte Teilchen infolge von Kollisionen zwischen ihnen und dem eingeleiteten thermischen Regime angereichert.

Die Lichtbogenentwicklung hängt mit der Spannung und dem Abstand zwischen den beiden Kontakten zusammen, was durch die "Paschen-Kurve" gezeigt wird. Diese zeigt die Zündspannung in einem ionisierten Gas, die eine Funktion der Multiplikation zwischen dem Druck und dem Abstand zwischen den Leitern ist. Zum Beispiel wird sie durch die minimale Durchschlagsspannung (bis 101 kPa und für eine Entfernung von 7,5  $\mu\text{m}$ ) gleich 327 V DC Gleichstrom erhalten, unter Berücksichtigung der Luft zwischen den zwei Leitern (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3:  
Paschen-Kurve  
für Luft und  
andere Gase





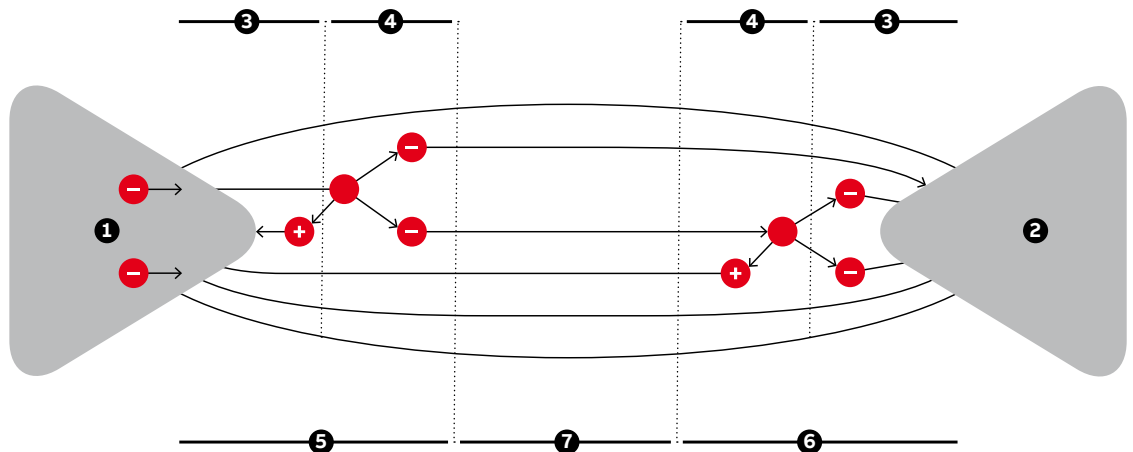
Dies könnte darauf hindeuten, dass es in einem Niederspannungsstromkreis unmöglich wäre, einen Lichtbogen bei 230 V zu starten. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das Vorhandensein von Kohlenstoffteilchen, die als Ergebnis des Isolationserschmelzprozesses freigesetzt werden, den Schwellenwert senkt und gleichzeitig die Möglichkeit der Lichtbogenbildung erhöht.

In der Tat könnte ein beschädigter Leiter die Erzeugung elektrischer Lichtbögen zwischen den anfänglichen zusammengeführten Kontakten erleichtern. Wenn man dieses Beispiel betrachtet, fließt Strom durch den beschädigten Abschnitt und infolgedessen tendiert die Stromdichte dazu, anzusteigen. Die erhöhte Wärme in dem betroffenen Bereich durch den Joule-Effekt beginnt mit der Überhitzung der Isolierung. Das Kupfer an dieser Stelle oxidiert, schmilzt und beginnt die Isolierung zu karbonisieren. Somit existiert ein Luftspaltzustand zwischen den zwei Leitern und kleine Lichtbögen beginnen in der Isolierung zu erscheinen.

Die physikalische Struktur des Lichtbogens ist im Allgemeinen in drei Teile unterteilt, wie in Abbildung 4 gezeigt.

Die Erweiterungen der kathodischen und anodischen Bereiche sind reduziert, während die positive Säule fast die gesamte Lichtbogenlänge einschließt. Insbesondere ist der Kathodenbereich in direktem Kontakt mit der Elektrode an negativem Potential (Kathode) und der Anode an positivem Potential (Anode). Beide sind durch eine Übergangszone gekennzeichnet, die eine positive Säule (neutrale Zone) und eine längere Fläche in Kontakt mit der Elektrode (sog. "Raumladungszone") enthält. Insbesondere ist der an die Kathode angrenzende Teil durch eine Überlegenheit von positiven Ionen gekennzeichnet, während derselbe durch eine Überlegenheit von Elektronen an die Anode angrenzt.

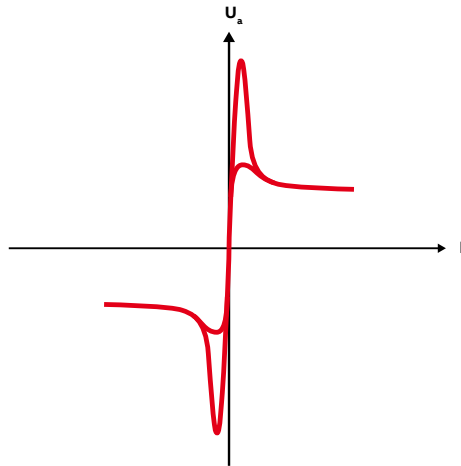
—  
Abbildung 4:  
Lichtbogen-  
struktur



- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| 1. Kathode         | 5. kathodischer Bereich |
| 2. Anode           | 6. Anodischer Bereich   |
| 3. Raumladungszone | 7. Positive Säule       |
| 4. Übergangszone   |                         |

## Wellenform und Lichtbogenstabilität

Abbildung 5: Lichtbogeneigenschaften im sinusförmigen stationären Zustand



Ein Lichtbogen kann mit einer charakteristischen Kurve (Spannung, Strom) dargestellt werden, die die Werte der Spannung zeigt, die benötigt wird, um den Lichtbogen aufrechtzuerhalten, um seinen Strom zu variieren. Eine sinusförmige Dauerzustands-Lichtbogencharakteristik nimmt sowohl positive als auch negative Werte an (siehe Abbildung 5) wobei  $U_a$  eine Lichtbogenspannung und  $I$  ein Strom ist.

Insbesondere nimmt die Kurve im ersten Quadranten (entsprechend den positiven Stromwerten) zuerst zu und dann ab. Dies spiegelt sich im dritten Quadranten wider. Die Verbindungsabschnitte zwischen den Kurven der beiden Quadranten entsprechen Zeitpunkten, zu denen der Strom das Vorzeichen umkehrt.

Der Lichtbogenstrom unterscheidet sich auch vom idealen sinusförmigen Strom. Wie in Abbildung 6 gezeigt, nimmt er eine Form an, bei der die Flanke bei Null die ideale Stromwellenform kreuzen. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Stromversorgung den Bogen für diese kurzen Momente nicht tragen kann. Die Strom- und Lichtbogenstromwellenformen, die eine ohmsche Last darstellen, sind ebenfalls in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt.

Aus den vorherigen Wellenformen ist ersichtlich, dass sich die sinusförmige Natur der Versorgungsschaltung in der Lichtbogencharakteristik am Nulldurchgang sowohl der Spannung als auch des Stroms widerspiegelt, was sich auf das Ausschalten und mögliche Rückzündungen auswirkt.

Abbildung 6: Unterschied zwischen einem sinusförmigen Strom und einem Lichtbogenstrom (bei 60 Hz)

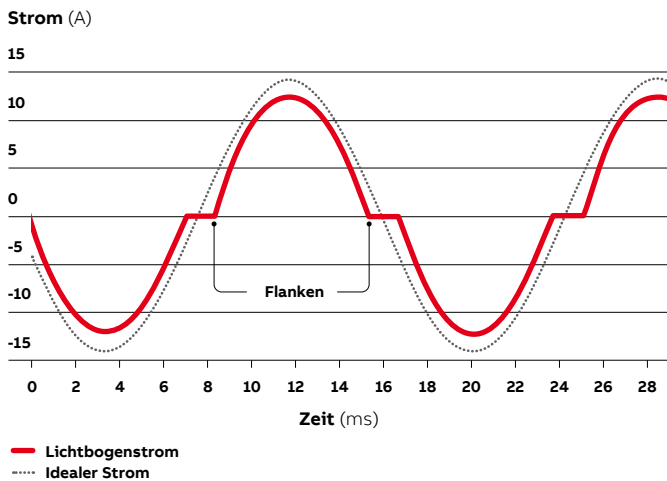
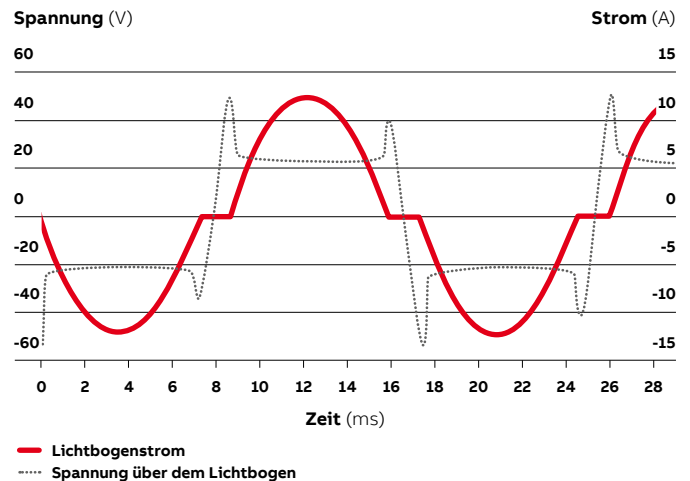
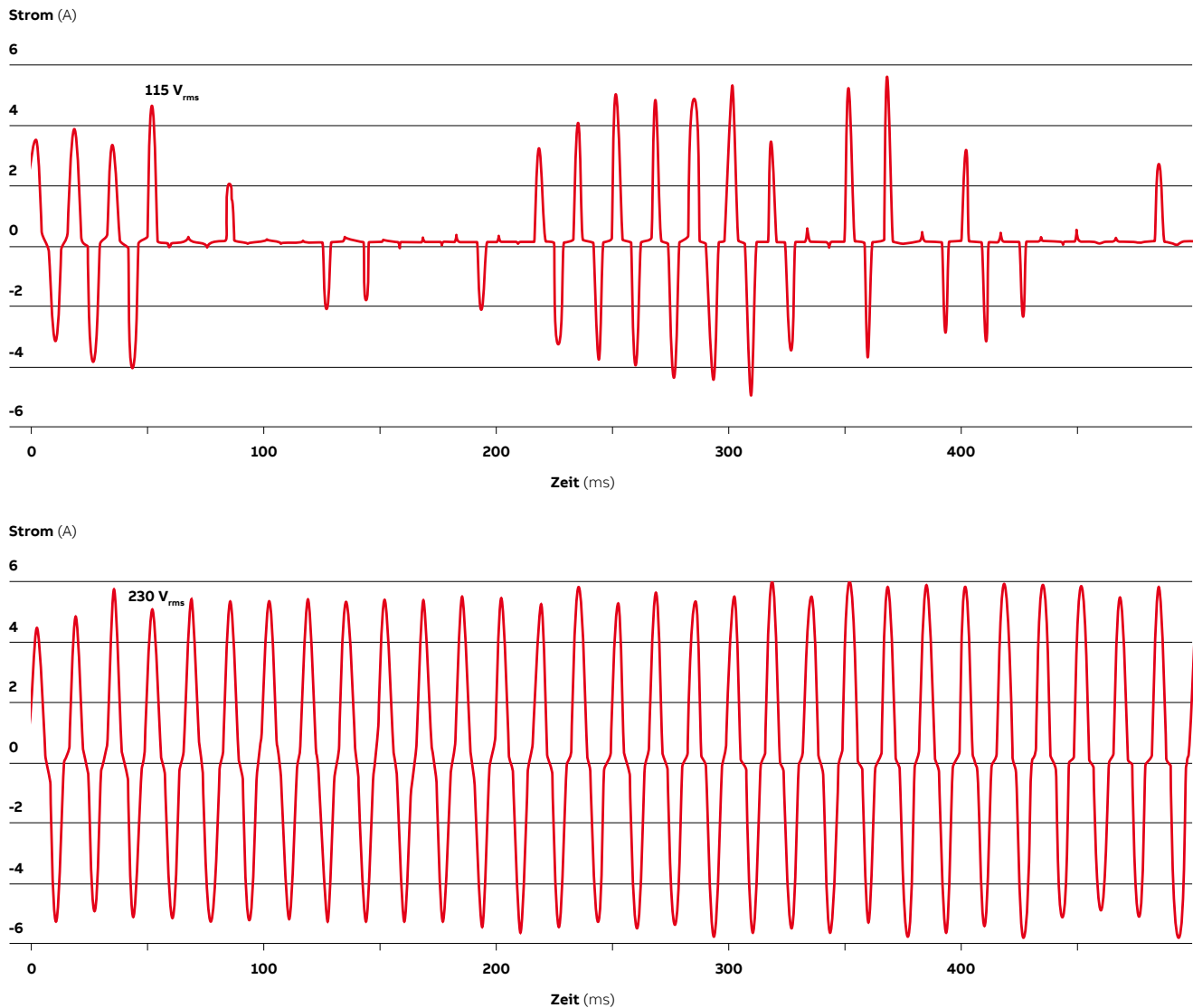


Abbildung 7: Spannungs- und Lichtbogenstrom Kurvenformen (bei 60 Hz)





**Abbildung 8:**  
**Lichtbogenstrom bei**  
**115 V rms (oben) und**  
**230 V rms Stromkreis**  
**(unten)**

Es ist grundsätzlich schwierig die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Lichtbogens zu bestimmen. Gleiches gilt für seine Intensität, die Kurvenform und die Fähigkeit ein Feuer zu verursachen, da viele verschiedenen Faktoren Einfluss ausüben. Dazu gehören:

- Spannung zwischen den leitenden Teilen
- Abstand zwischen den leitenden Teilen,
- Elektrische Last (falls vorhanden) in Reihe oder parallel zur Last
- Lokale Wärmeableitungsbedingungen
- Benachbarte Materialien, die brennbare Gase verbrennen, karbonisieren oder freisetzen können

Insbesondere wird die Stabilität des Lichtbogens weitgehend durch Erhöhen des Spannungspegels (und somit des Stroms) ermöglicht. Werden zum Beispiel zwei verschiedene Spannungsniveaus - 115 Vrms und 230 Vrms (rms - engl. root mean square: Effektivwert) betrachtet. Der Lichtbogenstrom bei 230 Vrms nimmt im Vergleich zu 115 Vrms mehr ab (siehe Abbildung 8), was zu einer höheren thermionischen Emission von Elektronen und einer größeren Wahrscheinlichkeit eines erneuten Zündens nach dem Nulldurchgang führt.

# Schutzeinrichtungen und Fehlerlichtbögen

## Fehlerklassifizierung

Fehler, die aus einem elektrischen Lichtbogen resultieren, umfassen im Allgemeinen mindestens einen aktiven Leiter. Die Masse der Last ist ebenfalls immer geerdet, was üblich sein kann (TN-System) oder unabhängig von der Umspannstation (TT- oder IT-Systeme). Das Vorhandensein des Schutzleiters PE ist eine notwendige Einschränkung für jedes betrachtete System. Serielle Fehlerlichtbögen zwischen Nullleiter und PE entfallen, da Strom und Spannung nicht hoch genug sind, um das Vorhandensein eines Lichtbogens zu überprüfen. Unter der Annahme des Ausschlusses von Fällen, in denen der Neutraleiter geteilt ist oder mit einem Schutzleiter PE gemeinsam ist, können Fehler wie in Abbildung 9 dargestellt werden.

Abbildung 9:  
Fehler in einem  
allgemeinen  
Verteilungs-  
stromkreis

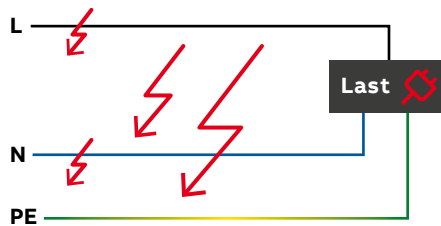


Abbildung 10:  
Mögliche Ursachen für serielle  
bzw. parallele Fehlerlichtbögen



## Parallele Fehlerlichtbögen

Im Allgemeinen ist ein paralleler Lichtbogenstrom intensiver als die typischen Ströme, die in Haushaltsstromkreisen verwendet werden. Wenn der Lichtbogen parallel zur Last ist, erhöht sich der Gesamtkreisstrom (typischerweise von 50 A zum Kurzschlussstrom), ist jedoch kleiner als der typische Kurzschlussstrom (der Kurzschluss ist tatsächlich durch eine vernachlässigbare Impedanz gekennzeichnet). Innerhalb gewisser Grenzen können somit auch parallele Fehlerlichtbögen durch normalen Überstromschutz (Leistungsschalter oder Sicherungen) erkannt und unterbrochen werden. Normalerweise werden sie durch Isolationsfehler, mechanische oder zufällige Störung mit leitenden Teilen verursacht, die Schäden verursachen, wie in Abbildung 10 gezeigt.

Im Folgenden sind einige mögliche Situationen mit parallelen Fehlerlichtbögen aufgeführt:

- Außenleiter L und Neutraleiter N. Fehlerstrom-Schutzschalter (RCDs) können nicht auslösen, da der Fehler nicht durch einen Ableitstrom beeinflusst wird, der durch den Schutzleiter PE fließt. Sicherungsautomaten (MCBs), FI/LS (RCBOs) und die Sicherungen können nur auslösen, wenn ihre Einsatzgeschwindigkeit und Stromkurven mit den Werten des aktuellen parallelen Fehlerlichtbogens kompatibel sind. Tatsächlich können die parallelen Licht-

bogenimpedanzen Stromwerte verringern, was die Funktionalität des Sicherungsautomaten und des FI/LS einschränkt. S-ARC1 und der DS-ARC1 sind in der Lage parallele Fehlerlichtbogen zu erkennen und den Stromkreis zu unterbrechen.

- Außenleiter L und Schutzleiter PE (Fehlerlichtbogen gegen Erde). Ein Fehlerstrom fließt durch den Lichtbogen zwischen dem Außenleiter und der Erde (PE) oder aufgrund eines Leckstroms. In diesem Fall können Fehlerstrom-Schutzschalter (RCCBs) und FI/LS-Schalter (RCBOs) basierend auf ihrer Ansprechschwelle eine ordnungsgemäße Auslösung sicherstellen und auch im Falle eines Feuers mit einer Empfindlichkeit  $\leq 300$  mA Schutz bieten. Sicherungsautomaten und Sicherungen können nicht auslösen, weil der Fehlerstromwert im Allgemeinen ziemlich niedrig ist, besonders in Verteilungen in TT-Systemen. S-ARC1 und der DS-ARC1 sind in der Lage parallele Fehlerlichtbogen zu erkennen und den Stromkreis zu unterbrechen.

## Serielle Fehlerlichtbögen

Serielle Fehlerlichtbögen mit einem Lastwiderstand sind entlang des Leiters lokalisiert und können eine lokale Überhitzung verursachen. Der Fehlerstrom wird durch die Last begrenzt und ist daher niedriger als der eines parallelen Lichtbogens, kann jedoch aufgrund hoher Lichtbogen-temperaturen immer noch einen Brand auslösen. Serielle Lichtbögen sind jedoch schwieriger zu erkennen, da ihr aktueller Wert niedriger als die Betriebswerte ist, und eine komplexere und filigrane Analyse der Kurvenform des Fehlers erforderlich ist.

Ursachen können ein Mangel an Leiterkontinuität (siehe Abbildung 11) sein, der Zustände vollständiger Kontaktunterbrechung (falsche Kontakte) oder hochohmige Leiterzustände verursacht. Serielle Fehlerlichtbögen werden auch durch defekte Schalter verursacht (die die Pole nicht richtig schließen), durch Klemmen, die nicht fest sind, durch Lampen, die nicht gut angezogen sind und teilweise durch gebrochene oder schlecht gespleißte Kabel.

Serielle Fehlerlichtbogenströme können zwischen weniger als 2,5 A (für 230 V Wechselstromkreise) bis zu normalen betriebsdedingten Strömen im Haushaltsstrom variieren. Außerdem neigt die gesamte Reihenimpedanz des Stromkreises der Schaltung dazu, anzusteigen. MCBs, RCCBs, RCBOs können diesen Fehler nicht erkennen.

Die AFDDs der Baureihe S-ARC1 und DS-ARC1 schützen auch vollständig gegen serielle Fehlerlichtbögen.

**Abbildung 11:**  
Mögliche Ursachen für  
serielle Fehlerlichtbögen



## Übersicht der Schutzgeräte

Das Konzept einer Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung zur Minderung der Brandgefahr wurde ab 1980 in den Vereinigten Staaten eingeführt. In den USA wurde der Brandschutz nach einigen Jahren in allen Wohngebäuden mit der Installation eines AFCI gemäß der Produktnorm UL 1699 verpflichtend.

Anfang 2012 wurde das Konzept einer Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) in der IEC-Welt eingeführt. Im August 2013 wurden die technische Produktnorm IEC 62606 veröffentlicht, in der die Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen zur Minderung der Brandgefahr festgelegt sind. AFDD bieten Schutz vor parallelen und seriellen Fehlerlichtbögen, die außerhalb des Auslösezeitbereichs von Standard-Sicherungsautomaten (oder FI/LS) auftreten können (siehe Abbildung 12).

Es ist möglich, drei vorherrschende Bereiche zu identifizieren:

- Zone für Ströme niedriger als der Nennstrom, gekennzeichnet durch hochohmige Fehler (serieller Lichtbogen) und normale Betriebsströme. Diese sind schwache Fehler oder serielle Lichtbögen, die typischen Werten normaler Betriebsströme ähneln. Diese Ströme sind für MCB absolut nicht nachweisbar, während ein RCD im Falle eines Leckstroms, der zur Erde fließt, diese erkennen kann. Ein

AFDD kann den Stromkreis im Falle eines seriellen Fehlerlichtbogens innerhalb der in der Produktnorm IEC 62606 beschriebenen Zeit gemäß Tabelle 1 (hier auf Seite 19 angegeben) unterbrechen.

- Zone für Ströme zwischen Nennstrom und magnetischer Auslöseschwelle (niedriger als die Überlastkennlinie) sind "schwache" Fehler (im Allgemeinen typisch für parallele Lichtbögen) mit den typischen Werten von Überlastströmen, die durch einen Sicherungsautomaten (MCB) gemäß der Zeit/Strom-Kurve erfasst werden können. Der Fehlerstrom-Schutzschalter (RCCB) kann sie nur erkennen, wenn der Fehler die Erdung enthält. Da das Brandrisiko relativ hoch ist, kann mit der Installation eines AFDD der Fehler schneller erkannt werden als mit einem MCB (, der den Stromkreis gemäß seiner Auslösezeitcharakteristik unterbricht). In diesem Fall wird die Interventionszeit keinem AFDD zugeordnet, sondern die maximale Anzahl der vom Lichtbogen betroffenen Halbwellen in 0,5 Sekunden, wie in der Produktnorm IEC 62606 gemäß Tabelle 2 beschrieben (hier auf Seite 19 angegeben).
- Zone für Ströme größer als oder gleich dem magnetischen Strom sind keine Impedanz-Fehler (Kurzschluss), welche sofort durch den Sicherungsautomaten, FI/LS-Schalter oder die Sicherung erkannt und gestoppt werden. Bei diesen Geräten besteht kein Ausfallrisiko.



Für einen vollständigen Schutz gegen serielle, parallele und Fehlerlichtbögen gegen Erde muss ein AFDD installiert werden. Abbildung 13 zeigt das unterschiedliche Schutzniveau der verschiedenen Geräte.

Abbildung 12:  
Schutzkurve für AFDD- und Überstromschutzgeräte gemäß den Standards  
IEC/EN 62606 (VDE 0665-10) und IEC/EN 60898-1 (VDE 0641-11).

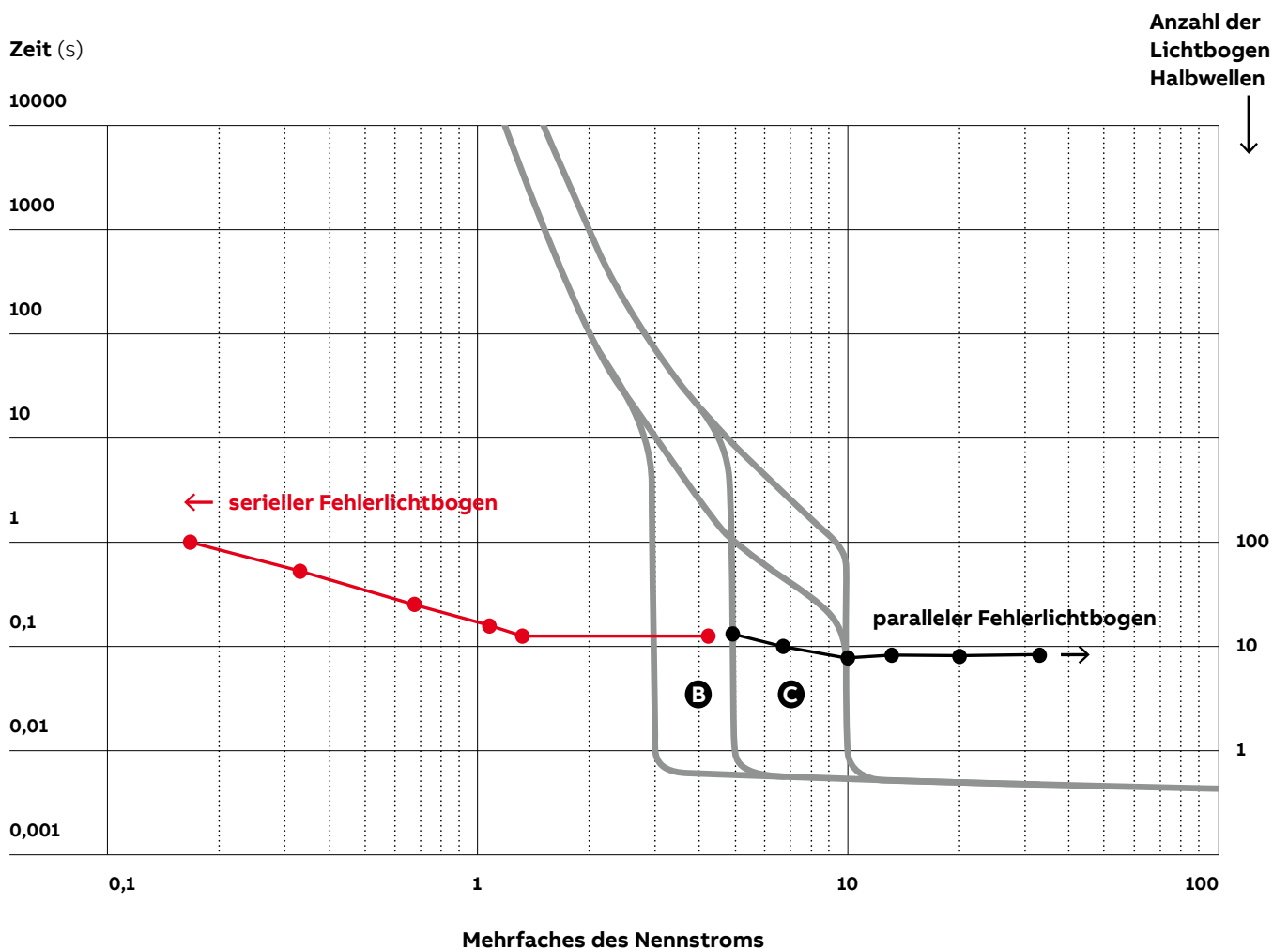
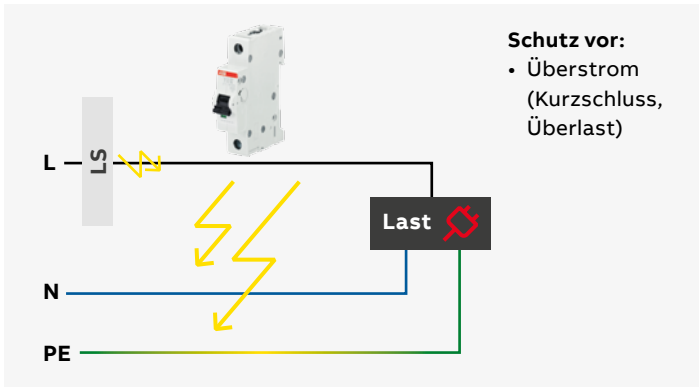
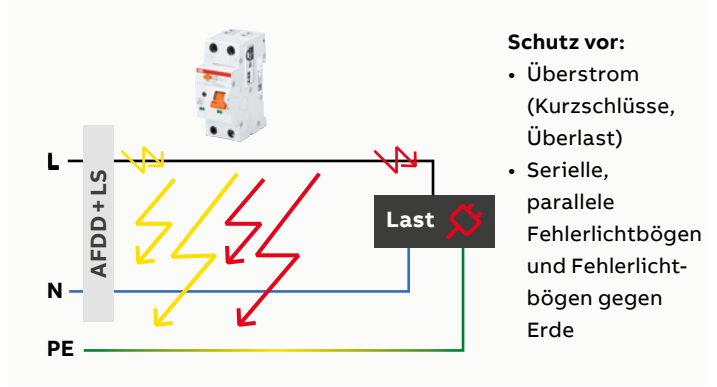


Abbildung 13:  
Übersicht der Schutzgeräte

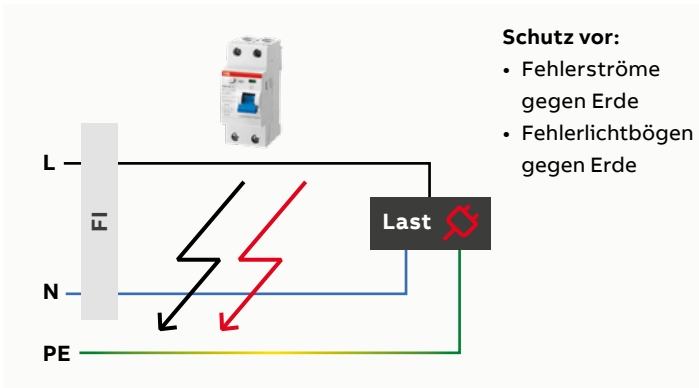
01 Sicherungsautomat (LS)



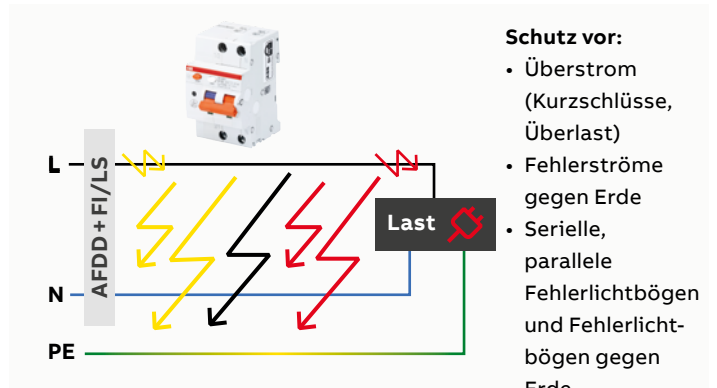
04 S-ARC1: AFDD mit integriertem LS



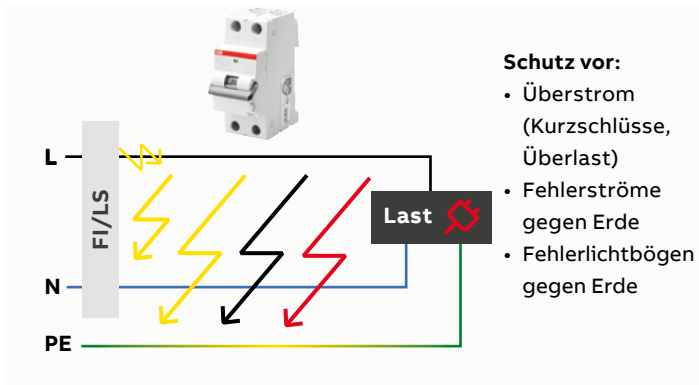
02 Fehlerstrom-Schutzschalter (FI)



05 DS-ARC1: AFDD mit integriertem FI/LS



03 FI/LS-Schalter





## Betriebsfunktion des S-ARC1 und DS-ARC1

Die grundsätzliche interne Struktur des S-ARC1 und DS-ARC1 wird in Abbildung 14 beschrieben:

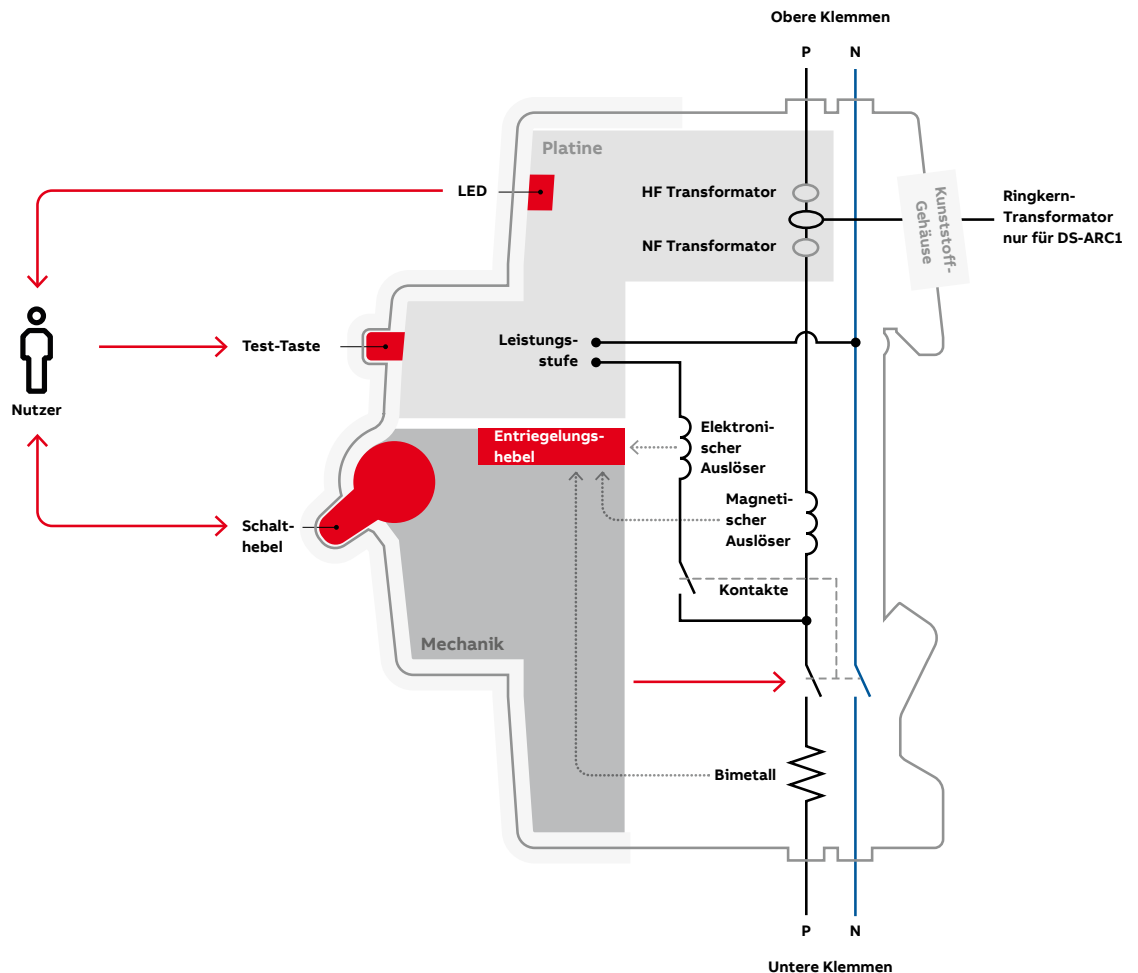


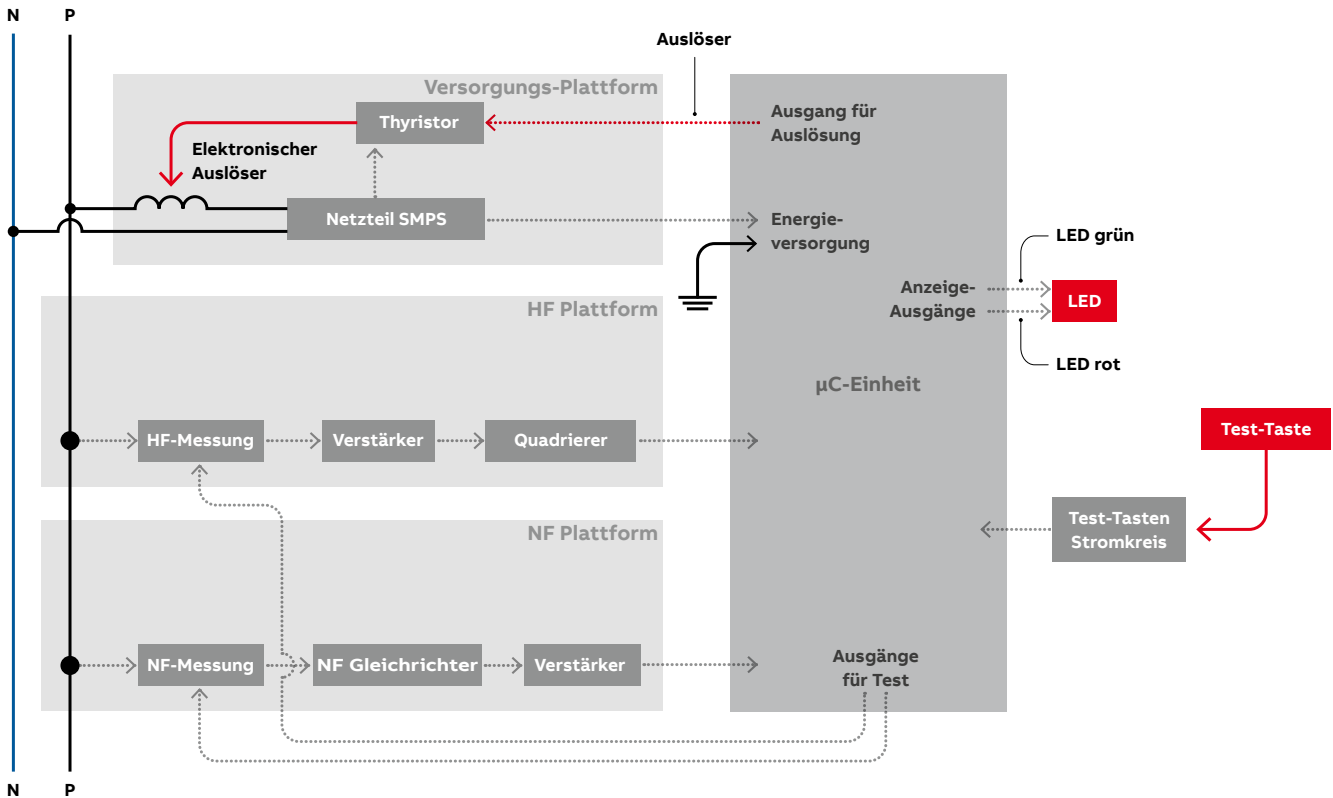
Abbildung 14:  
Grundsätzliche  
interne Struktur  
von S-ARC1 und  
DS-ARC1

S-ARC1 und DS-ARC1 haben bewegliche Kontakte an beiden Polen und Neutralleiter und bestehen aus zwei Hauptfunktionsgruppen.

- **Der Platinen-Abschnitt** (engl. Printed Circuit Board, PCB, siehe auch Abbildung 14) wird von einem Netzteil SMPS (Switched Mode Power Supply) versorgt. S-ARC1 und DS-ARC1 sind mit zwei Haupt-Erfassungsstufen ausgestattet, um Niederfrequenz (NF) und Hochfrequenz (HF) in einem Band von 10 MHz im Leitungsstrom zu erkennen. Die dedizierten Sensoren und die analoge Schaltung des Geräts verarbeiten elektronische Signale. Eine Mikrocontrollereinheit ( $\mu\text{C}$ -Einheit, engl. microcontroller unit, MCU) empfängt Eingangssignale von den NF- und HF-Erfassungsstufen und analysiert mittels geeigneter Algorithmen kontinuierlich die Signale auf der Suche nach einzigartigen Merkmalen, die das Vorhandensein eines Fehlerlichtbogens

in der Leitung anzeigen. Wenn ein Fehlerlichtbogen erkannt wird, schaltet die  $\mu\text{C}$ -Einheit einen elektronischen Auslöser mit einem Thyristor (gesteuerter Silizium-Gleichrichter, engl. silicon-controlled rectifier, SCR) ein, der die Mechanik auslöst und die Hauptkontakte öffnet. Diese Technologie bietet eine ordnungsgemäße Auslösung sowohl für serielle als auch für parallele Lichtbögen, die durch LED signalisiert werden (immer Teil der  $\mu\text{C}$ -Einheit).

- **Der Mechanik-Abschnitt** enthält den Entriegelungshebel, der durch den elektronischen Auslöser ( $\mu\text{C}$ -Einheit, serielle und parallele Fehlerlichtbögen) betätigt werden kann, den magnetischen Auslöser (um den Schutz vor Kurzschlüssen zu gewährleisten) und das Bimetall (für Überlastströme), um die Hauptkontakte zu öffnen. Beim DS-ARC1 ist auch ein Ringkern-Transformator vorhanden, um Leckströme gegen Erde zu erfassen.



—  
**Abbildung 15:**  
**Grundbetriebsart**  
**von S-ARC1 und**  
**DS-ARC1**

S-ARC1 und DS-ARC1 sind mit zwei Testfunktionen ausgestattet, um die korrekten Arbeitsbedingungen der elektronischen Schaltung der AFDD zu überprüfen: eine AFDD-Testtaste (orange) und einen internen Selbsttest. Gemäß der Produktnorm IEC/EN 62606 (VDE 0665-10) muss das Gerät mit mindestens einer dieser beiden Lösungen ausgestattet sein.

- **Die Test-Taste** (siehe Abbildung 15) sendet ein Signal an einen  $\mu\text{C}$ -Einheiten-Pin. Die  $\mu\text{C}$ -Einheit erzeugt elektronische Signale, die die Eigenschaften eines realen Lichtbogenstroms auf NF- und HF-Niveau nachahmen. Wenn das Produkt ordnungsgemäß funktioniert, erkennt die  $\mu\text{C}$ -Einheiten-Lichtbogenerkennungsroutine den simulierten Lichtbogen und löst den Schalter aus. Wenn der Schalter wieder eingeschaltet wird, leuchtet die LED grün. Wenn nach dem Drücken der Test-Taste ein interner Fehler auftritt, löst der Sicherheitsautomat nicht aus und die LED signalisiert einen rot / grün blinkenden Fehlercode.
- **Der interne Selbsttest** beinhaltet, dass die  $\mu\text{C}$ -Einheit kontinuierlich elektronische Komponenten (d. h. Analoge Schaltungen,  $\mu\text{C}$ -Ein-

heit-Peripheriegeräte, Speicher usw.) prüft, die für die Lichtbogenerkennung entscheidend sind. Insbesondere werden Selbsttestroutinen beginnend beim Einschalten und während der gesamten Produktlaufzeit ausgeführt. Wenn durch den Selbsttest ein Fehler festgestellt wird, signalisiert die LED innerhalb weniger Minuten mit einem blinkenden roten bzw. grünen Fehlercode, ohne auszulösen, um die Kontinuität des Betriebs zu gewährleisten. In diesem Fall muss die Test-Taste gedrückt werden. Wenn das Gerät auslöst, hat es sich wieder normalisiert und der Schalter kann wieder geschlossen werden. Andernfalls ist eine Überprüfung durch einen Elektriker erforderlich.

- Der DS-ARC1 ist außerdem mit einer **weißen Prüftaste** ausgestattet, die alle sechs Monate<sup>1)</sup> gedrückt werden muss, um die RCD-Arbeitsbedingungen zu überprüfen. Das Vorhandensein dieser Prüftaste ist gemäß der Produktnorm IEC/EN 61009 (VDE 0664) vorgeschrieben.

Die Abbildungen 16, 17 und 18 zeigen detaillierte Ansichten der internen Bauelemente von S-ARC1 und DS-ARC1, die bereits beschrieben wurden.

<sup>1)</sup> Sofern nicht andere regionale oder anwenderspezifische zusätzliche Prüfungen vorgegeben sind.

Abbildung 16:  
Interne Bauelemente vom Teil der Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) von S-ARC1 und DS-ARC1

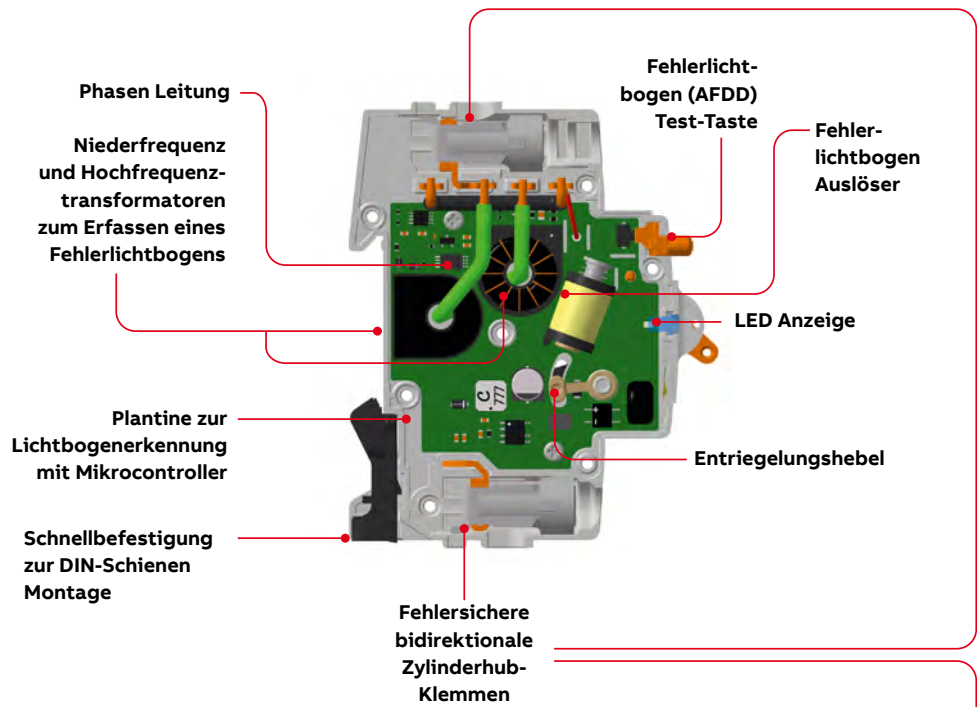


Abbildung 17:  
Interne Bauelemente vom Teil des Sicherungsautomaten (MCB) von S-ARC1 und DS-ARC1

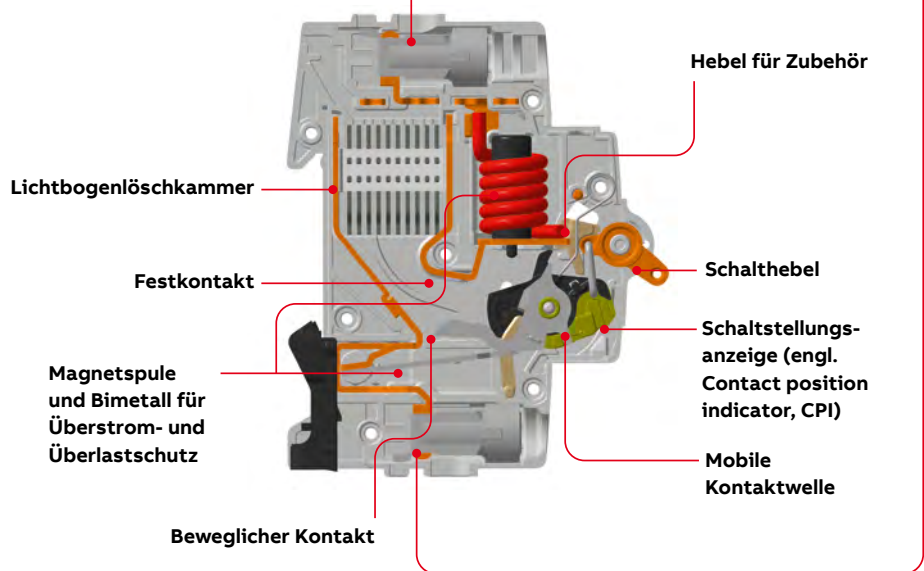
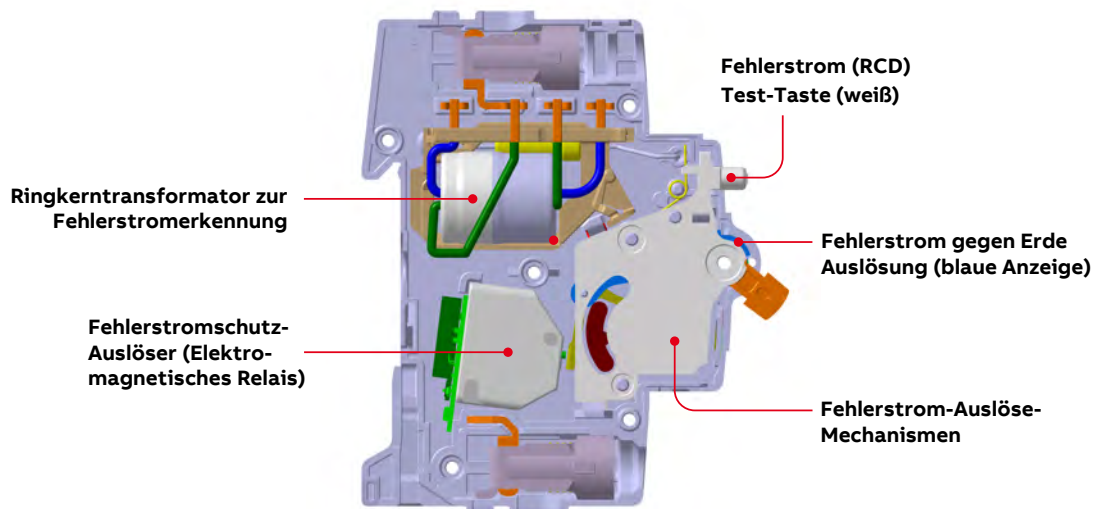


Abbildung 18:  
Interne Bauelemente vom Teil der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) von DS-ARC1



# Regulativer Rahmen

## Einführung

IEC 60364-1 ist die internationale Referenz-Anwendungsnorm für Niederspannungsanlagen in Gebäuden. Wie zuvor erwähnt, sind Brände in Wohngebäuden und anderen Vermögenswerten hauptsächlich auf elektrische Fehlfunktionen zurückzuführen. Der Abschnitt IEC 60364-4-42, DIN VDE 0100-420 (VDE 0100-420) "Schutzmaßnahmen - Schutz gegen thermische Auswirkungen" ist dem Schutz gegen Brände und thermische Vorfälle gewidmet, die durch Fehlfunktionen in elektrischen Niederspannungsanlagen verursacht werden.

IEC 62606, DIN EN 62606 (VDE 0665-10) "Allgemeine Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen", ist eine Produktnorm, die für Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD) für die Hausinstallation und ähnliche Anwendungen zum Einsatz in Wechselstromkreisen gilt.

## Anwendungsnorm IEC 60364

Der Einsatz von AFDD-Geräten ist derzeit in der Installationsnorm IEC 60364-4-42 "Schutzmaßnahmen - Schutz gegen thermische Auswirkungen" festgelegt. Die Änderung wurde 2014 veröffentlicht und empfiehlt den Einsatz von AFDD-Geräten zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen.

Es wird für Endstromkreise empfohlen in:

- Gebäuden, die mit brennbarem Material gebaut wurden
- Gebäuden, die brennbares Material enthalten
- Räumen mit Schlafgelegenheiten
- brandgefährdeten Orten und Räumen durch
  - verarbeitete oder gelagerte brennbare Materialien
  - brennbare Baustoffe
  - feuerbreitender Struktur
- Orten und Räumen mit unersetzbaren Gütern

Diese Anwendungen sind in Abbildung 19 dargestellt.

**Abbildung 19**

**Mögliche Einsatzgebiete für den AFDD in Gebäuden mit brennbaren Materialien und Werkstätten für Holzverarbeitung und Tischlerei**



## Anwendungsnorm DIN VDE 0100-420

In der DIN VDE 0100-420 Anwendungsnorm sind Punkte nach IEC 60364-4-42 eingeführt, die seit 18.12.2017 verbindlich sind. Insbesondere ist die Installation einer Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für alle Endstromkreise in einphasigen Wechselspannungssystemen bis 16 A in folgenden Bereichen vorgeschrieben, z. B.:

- **Schlaf- und Aufenthaltsräume** in Heimen und Kindertagesstätten (für Kinder, behinderte und ältere Menschen) und barrierefreie Wohnungen
- **Orten und Räumen mit Feuerrisiko und brennbaren Materialien** wie z. B. feuergefährdete Betriebsstätten, Scheunen, Schreinereien, Papierfabriken, Druckereien
- **Orten und Räumen mit überwiegend brennbaren Baustoffen** wie etwa Holzhäuser, entflammbare Gebäude
- **Orten und Räumen mit unersetzbaren Gütern (Kulturgüter)** wie in öffentlichen Gebäuden, Museen, Bibliotheken, Galerien, Baudenkmälern
- allgemein empfohlen für sämtlichen Räume mit Schlafmöglichkeiten und auch Orte mit feuerverbreitender Struktur

## Produktnorm IEC 62606

IEC/EN 62606 (VDE 0665-10) "Allgemeine Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen" ist die Referenz für alle Produkte der Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD), die die Anforderungen und Konformitätsprüfungen dieser Geräte beschreiben. Die Produktnorm definiert das Produkt für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen mit Wechselstrom in den folgenden Konfigurationen:

- Als ein einziges Gerät, bestehend aus einer Fehlerlichtbogenerkennungseinheit (AFD-unit), die in Reihe mit einer geeigneten Schutzeinrichtung mit den vom Hersteller angegebenen Bemessungsschaltvermögen betrieben wird und einer oder mehreren der folgenden Normen entspricht: IEC 60898-1, IEC 61009-1 oder IEC 60269.
- AFDD "kombiniert" als ein einzelnes Gerät, bestehend aus einer Fehlerlichtbogenerkennungseinheit (AFD-unit), die mit einer Schutzeinrichtung nach einer oder mehrerer der

folgenden Normen integriert ist: IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 oder IEC 62423.

- AFDD "zum Zusammenbauen", bestehend aus einer Fehlerlichtbogenerkennungseinheit (AFD-unit) und einer angegebenen Schutzeinrichtung, die vor Ort zusammengebaut wird. Das Gerät muss elektrische Lichtbögen (parallel oder seriell) durch Analyse der aktuellen Kurvenformen und Frequenzen des Stroms erkennen können.

Die Norm definiert Zeitwerte für die Auslösung von bis zu 63 A (siehe Tabelle 1, serieller Fehlerlichtbögen oder Fehlerlichtbögen gegen Erde aufgrund verringernder Isolierung oder Isolationsfehlern).

**Tabelle 1:**

**Auslösezeit für niedrige Stromwerte**

Prüflichtbogenstrom (Effektivwerte)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Höchstzulässige Ausschaltzeit	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12 s	0,12 s

In einigen Fällen wird hohen Lichtbogenströmen (siehe Tabelle 2) keine Zeiteingriffsgrenze zugewiesen, sondern die maximale Anzahl von Lichtbogenhalbperioden in 0,5 Sekunden. Dies liegt daran, dass parallele Fehlerlichtbögen manchmal mit vielen fehlenden Halbperioden auftreten können.

**Tabelle 2:**

**Maximale Anzahl der Halbperioden N innerhalb von 0,5 s, die für hohe Ströme zulässig sind**

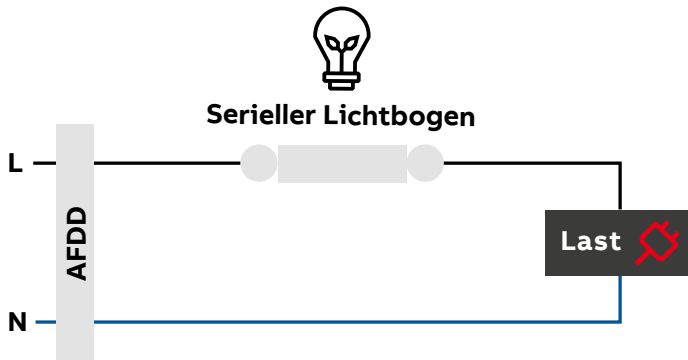
Prüflichtbogenstrom <sup>1)</sup> (Effektivwerte)	75 A	100 A	150 A	200 A	300 A	500 A
N <sup>2)</sup>	12	10	8	8	8	8

1) Dieser Prüfstrom ist der unbeeinflusste Strom der Lichtbogenbildung im geprüften Endstromkreis.

2) N ist die Anzahl der Halbperioden bei Bemessungsfrequenz.

Die Norm enthält auch Referenzen für die Ausführung mehrerer Prüfungen, einschließlich derer, die serielle und parallele Lichtbögen unterscheiden. Es gibt auch Prüfungen, um die korrekt nicht eingreifende AFDD-Einheit selbst in Gegenwart der von den Lasten gedämpften Kurvenform des Stroms (verdeckt) zu verifizieren. Diese sind denen der Lichtbögen sehr ähnlich. Im Folgenden finden Sie Auszüge aus durchgeführten Prüfungen.

Abbildung 20:  
Kabel-Prüfkörper

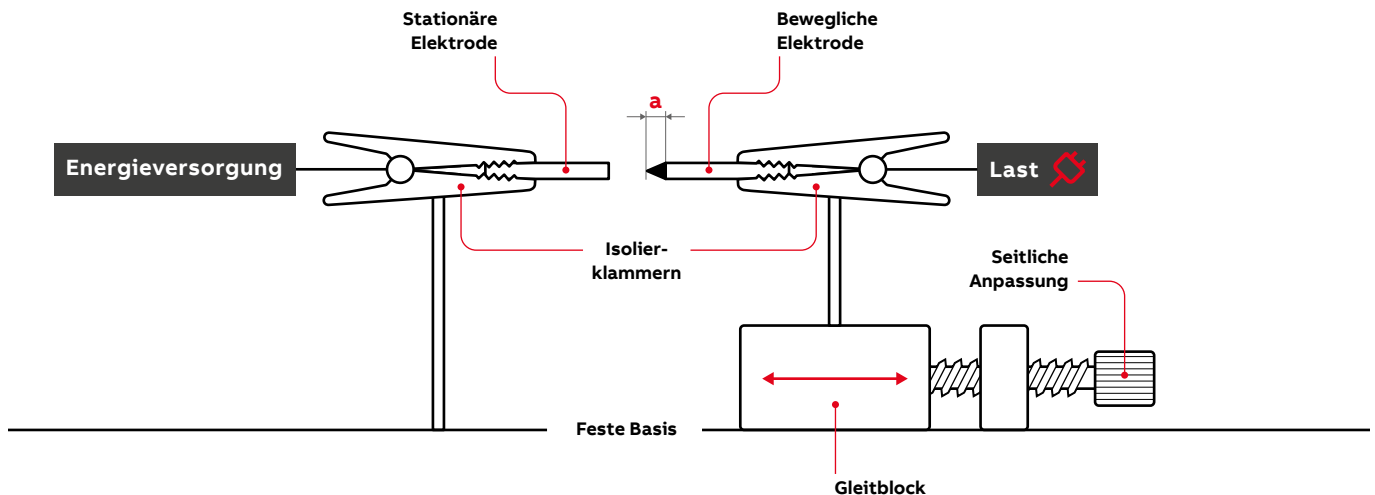


## Prüfung zur Erkennung serieller Fehlerlichtbögen

Bei dieser Prüfung muss die AFDD-Einheit innerhalb des in Tabelle 1 (siehe Seite 19) angegebenen Zeitrahmens auslösen, der mit der Intensität des Lichtbogenstroms und unter Berücksichtigung der Prüfspannung von 230/240 V und 50 Hz Bemessungsfrequenz zusammenhängt. Die Testschaltung (Abbildung 20) verwendet ein Kabel-Prüfkörper (durch Elektroden oder zuvor karbonisierte Prüfkörper), um einen stabilen karbonisierten Weg zwischen Phase und Neutral zu schaffen. Um den Erfolg zu bestätigen, sollte eine in Reihe geschaltete Glühbirne aufleuchten.

Eine andere Prüfung, die "Lichtbogen-Generator" genannt wird, setzt eine Vorrichtung (siehe Abbildung 21) mit einer festen und einer beweglichen Elektrode mit standardisierten Abmessungen ein, die jeweils aus Kupfer und Graphit bestehen. Die Prüfung wird beginnend mit geschlossenen Kontakten durchgeführt, die fortschreitend getrennt werden, um einen dauerhaften Lichtbogen zu erhalten. Wenn der Lichtbogen-Generator verwendet wird, soll der AFDD in weniger als 2,5-fach der Auslösezeit in Tabelle 1 (siehe Seite 19) ausgelöst werden. Dies liegt daran, dass die beim Überschlag des verkohlten Wegs entstehende Lichtbogenenergie im Bereich des 2,5-fachen der Lichtbogenenergie des Lichtbogen-Generators liegt.

Abbildung 21:  
Lichtbogen-Generator-Prüfung



## Prüfung zur Erkennung paralleler Fehlerlichtbögen

Die AFDD-Einheit kann für einen parallelen Fehlerlichtbogen (gekennzeichnet durch höhere Ströme im Vergleich zu einem seriellen Fehlerlichtbogen) auslösen, wenn die Anzahl der Halbwellen in einer Lichtbogenperiode von 0,5 Sekunden mit denen in Tabelle 2 übereinstimmt. Die Prüfung wird unter Verwendung der Schaltung in Abbildung 22 durchgeführt, wo die Impedanz  $Z$  geregelt wird, um unterschiedliche Prüfstromwerte zu erhalten. Die Prüfvorrichtung simuliert einen Kurzschluss (mit einer von Null verschiedenen Impedanz aufgrund des karbonisierten Wegs) und kann folgendermaßen aufgebaut sein:

- Das gleiche Prüfkabel wie aus den seriellen Lichtbogentests
- Eine "Schneidemaschinen"-Einrichtung (Abbildung 23), die zwei verschiedene Arten von Kupfer-Zweidrahtleitungen für häuslichen Umgebungen verwendet. Eine leitende Klinge wird langsam abgesenkt und schneidet die Isolierung, wodurch ein Kontakt mit einer Impedanz von Null mit einem der zwei Leiter und ein Kontakt ohne Nullimpedanz auf der anderen Seite erzeugt wird, was zur Erzeugung eines Lichtbogens (kontinuierlich oder intermittierend) führt.

Die Quellenspannung entspricht der AFDD-Nennspannung (120, 240 V), der Strom (gemessen mit einem speziellen Instrument) wird durch Einwirkung auf die vorgeschaltete Kabellänge vor der Schneidemaschine eingestellt (in diesen Prüfungen ist der Zusatz von Widerständen nicht erlaubt).

Abbildung 22: Schaltung für parallele Lichtbogentest-erkennung

Abbildung 23: Schneidemaschinen-Einrichtung

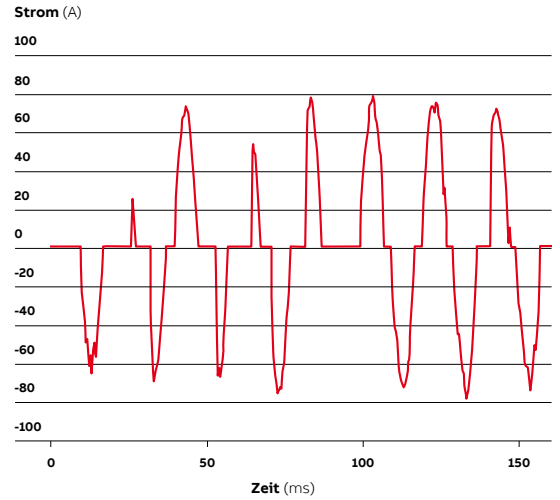
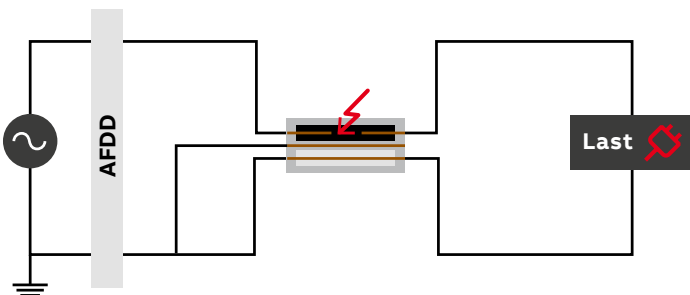
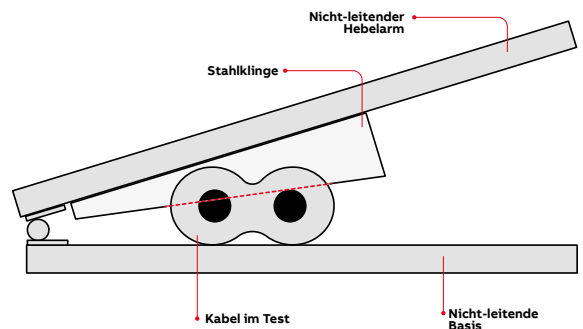


Abbildung 24: Paralleler Fehlerlichtbogen

Die Prüfung ist positiv, wenn der AFDD auslöst und innerhalb von 0,5 s einen Lichtbogen von bis zu 8 Halbwellen erzeugt. Die Prüfung ist negativ, wenn innerhalb von 0,5 s mindestens 8 Halbzkyklen vorliegen, der AFDD jedoch nicht auslöst. Die Prüfung ist unbestimmt und muss erneut wiederholt werden, wenn der AFDD nicht innerhalb von 8 Halbwellen in 0,5 s auslöst. Abbildung 24 zeigt die aktuelle Wellenform des Schneidemaschinenstroms. Insbesondere erhöht die Vorhangverzerrung die Amplitude des Lichtbogenstroms.

Eine weitere Prüfung wird durchgeführt, um den korrekten Betrieb im Falle eines parallelen Fehlerlichtbogens zwischen der Phase und dem Schutzleiter zu überprüfen.



## Maskierungs- und Störfestigkeitsprüfungen

Der korrekte AFDD-Betrieb muss auch in Fällen verifiziert werden, in denen Stromwellenformen (z. B. von den Lasten aufgenommen) mit den für einen Fehlerlichtbogen (parallel oder seriell) typischen Wellenformen "verwechselt" werden können. Insbesondere werden Maskierungsprüfungen mit dem Lichtbogengenerator durchgeführt, Störfestigkeitsprüfungen werden ohne den Lichtbogengenerator durchgeführt.

Das Ziel ist es, zu überprüfen, ob die Einheit effektiv arbeitet. Die Standardprüfung für serielle Fehlerlichtbögen kann unter Verwendung eines Lichtbogengenerators oder einer Prüfung durchgeführt werden, die einen verkohlten Weg zur Simulation des Lichtbogens selbst bestimmt. Wie in Abbildung 25 gezeigt, ist die zu betrachtende Last rein ohmsch, und der Strom kann moduliert werden, indem man darauf einwirkt. Die Referenzspannung muss normalerweise der AFDD-Bemessungsspannung entsprechen und das Gerät dreimal auf 2,5 A bei 230 V und 5 A für 120 V geprüft werden.

Die Prüfung wird in Anwesenheit oder Abwesenheit des Lichtbogengenerators und mit verschiedenen Konfigurationen durchgeführt. Im Folgenden finden Sie Lasten zum Prüfen:

- Staubsauger
- Schaltnetzteil
- Motor mit Startkondensator (z. B. Luftkompressor)
- Elektronischer Thyristor-Dimmer für Glühlampen mit 600 W Wolfram (230 V) oder 1.000 W (120 V), unterliegt den spezifischen Betriebszyklen
- zwei fluoreszierende 40 W-Lampen und eine ohmsche Last, die 5 A absorbiert
- 12 V Halogenlampen, die von einem elektronischen Transformator mit einer Gesamtkapazität von mindestens 300 W mit einem zusätzlichen Widerstand, der 5 A absorbiert, gespeist werden
- Bohrmaschine mit mindestens 600 W

Abbildung 25:  
Stromkreis für die Störfestigkeits-/  
Maskierungs-Prüfung

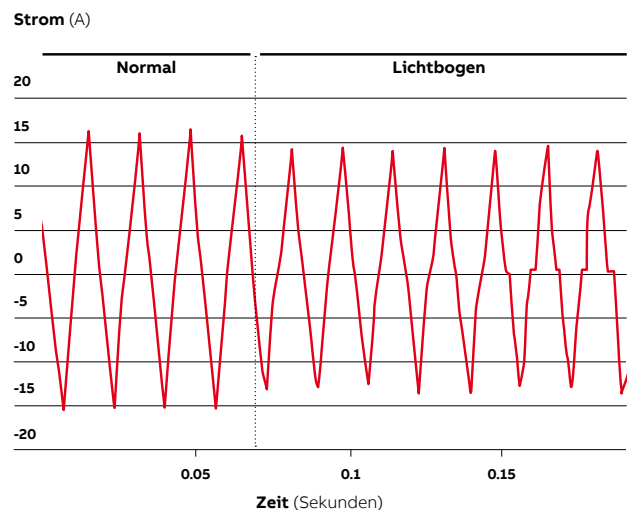
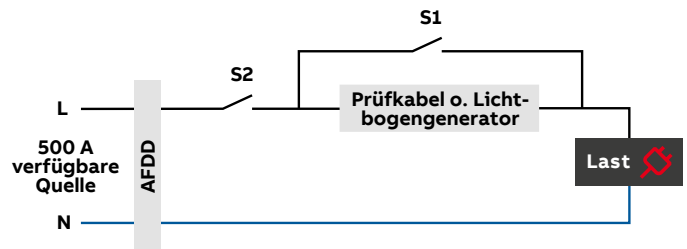
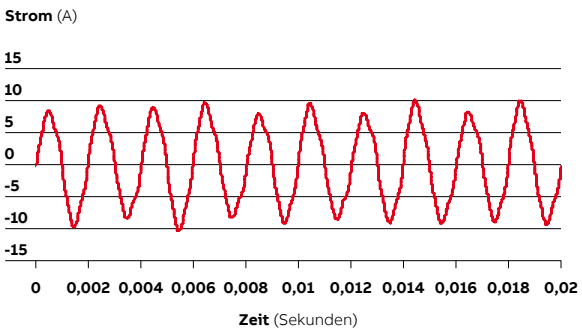
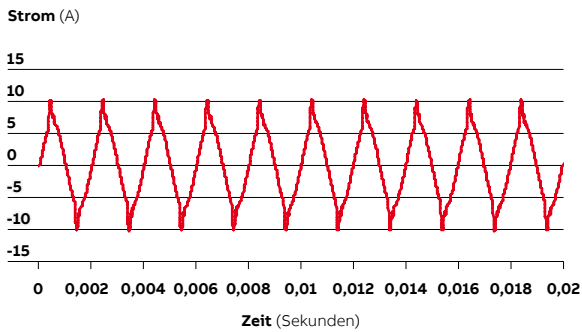


Abbildung 26:  
Strom, der durch einen Staubsauger (Normal)  
absorbiert wird und vergleichend von einem  
Lichtbogen (Lichtbogen)

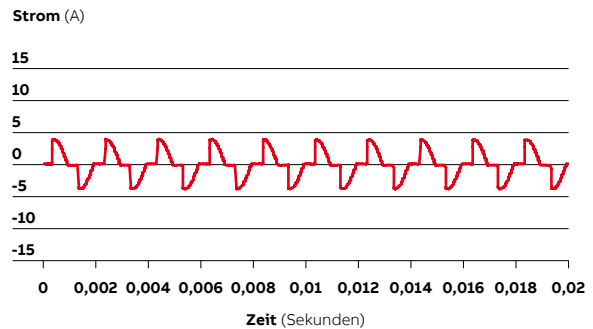
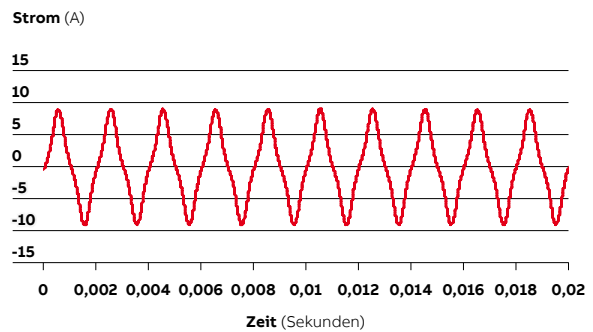


**Abbildung 27:**  
Stromwellenform zur Störfestigkeitsprüfung  
mit zwei 40 W-Lampen



**Abbildung 29:**  
Stromwellenform zur Störfestigkeitsprüfung  
mit 600 W Dimmer

**Abbildung 28:**  
Stromwellenform zur Störfestigkeitsprüfung mit  
Luftkompressor



**Abbildung 30:**  
Stromwellenform zur Störfestigkeitsprüfung  
mit Staubsauger

Die aktuelle Lichtbogenwellenform hat die sogenannten Flanken am Nulldurchgang. Die einzigartige Anwesenheit der Flanken in einer Wellenform des Stroms ist jedoch keine ausreichende Bedingung, um das Vorhandensein von Lichtbögen zu rechtfertigen. Abbildung 26 zeigt zum Beispiel einen seriellen Lichtbogen und einen Staubsauger und markiert nur eine leichte Abnahme der Spitzenwerte (der serielle Lichtbogen führt zusätzliche Impedanz in den Stromkreis ein und verringert die Stromamplitude), sowie das Vorhandensein der Flanken und schnellen Stromsprünge.

Der AFDD muss jedoch in der Lage sein, ein Auslösen bei Vorliegen von maskierenden Lasten zu vermeiden und für den Lichtbogenfehler auszulösen. Manchmal, wie in den Abbildungen 27, 28, 29 und 30 gezeigt, kann es schwierig sein, Unterschiede zwischen Lichtbogen- und Lastwellenformen zu erkennen, aber ABBs S-ARC1 und DS-ARC1 sind für diesen Zweck ausgelegt.

# Fehlerlichtbogen- Schutzeinrichtungen (AFDDs) S-ARC1 und DS-ARC1

Abbildung 31  
AFDDs S-ARC1 und  
DS-ARC1



S-ARC1 und DS-ARC1 sind die 1P+N AFDDs mit integriertem Sicherungsautomat bzw. FI/LS, jeweils mit einem Bemessungsschaltvermögen von 6 kA und 10 kA. Durch die vollständige Integration in das System pro *M compact*<sup>®</sup> bieten die Baureihen einen umfassenden Schutz vor Fehlerlichtbögen und Überspannungen, wodurch die Brandgefahr verringert wird.

Mit dem integrierten Sicherungsautomat bietet S-ARC1 einen zusätzlichen Schutz vor Überstrom in nur zwei Modulbreiten. Zum Fehlerstromschutz muss ein Fehlerstrom-Schutzschalter vorgeschaltet werden.

Mit dem integrierten FI/LS (RCBO) bietet DS-ARC1 einen vollständigen Schutz auch gegen Überstrom und Fehlerströme gegen Erde in nur drei Modulbreiten.

In der folgenden Tabelle sind die Hauptmerkmale von S-ARC1 und DS-ARC1 zusammengefasst.

	S-ARC1	DS-ARC1
Normen	AFDD: IEC/EN 62606 (VDE 0665-10); MCB: IEC/EN 60898-1 (VDE 0641-11)	AFDD: IEC/EN 62606 (VDE 0665-10); RCBO: IEC/EN 61009-1 (VDE 0664-20), IEC/EN 61009-2-1 (VDE 0664-21)
Polzahl	1P+N (1polig geschützt, 2polig schaltend)	
Platzeinheiten	2	3
Typ (Fehlerstromart)	-	A
Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$	-	30 mA
Thermomagnetische Auslösecharakteristiken	B, C	
Bemessungsstrom $I_n$	6, 10, 13, 16, 20 A	
Bemessungsschaltvermögen $I_{cn}$	6 kA, 10 kA (S-ARC1 M)	6 kA, 10 kA (DS-ARC1 M)
Bemessungsfrequenz	50/60 Hz	
Bemessungsspannung $U_e$	230–240 V AC	
Auslöseschwelle zum Schutz gegen Überspannung, nur für AFDD intern	275 V AC	
Abmessungen (H x T x B)	85 x 69 x 35 mm	85 x 69 x 52,5 mm

## Produkteigenschaften

- **Einfache Installation.** Der Anschluss ist sowohl mit Kabeln (bis 25 mm<sup>2</sup>) als auch mit Sammelschienen (10 mm<sup>2</sup>) möglich, da zwei verschiedene Kammern vorhanden sind.

Eine schnelle Installation ist in wenigen Schritten mit ABB System pro M compact® Sammelschienen möglich.

- **Stromversorgung von oben oder unten.** Die Geräteversorgung ist wahlweise von oben oder unten mit Kabeln oder Sammelschienen möglich. Dies garantiert eine sehr flexible Installation, abhängig von der Anwendung. Für einen korrekten Betrieb ist es wichtig, Neutralleiter und Außenleiter nicht umzukehren.

- **Integrierter Überspannungsschutz.** S-ARC1 und DS-ARC1 bieten einen internen Schutz gegen Überspannung von mehr als 275 V, um Schäden an der Elektronik des Geräts zu vermeiden (Schutz nur für AFDD intern).

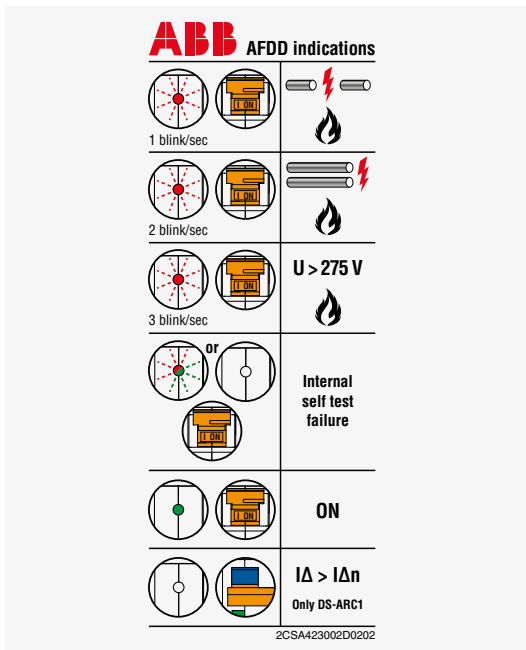
- **LED-Betrieb.** S-ARC1 und DS-ARC1 sind mit einer LED ausgestattet, um den Betrieb des Geräts zu überwachen und die Fehlersuche im Netzwerk zu vereinfachen sowie Ausfallzeiten für die Wartung im Fall von Auslösung zu reduzieren. Das Gerät nutzt die folgenden Farbindikatoren:

- Standard-Arbeitsbedingungen (Schalthebel EIN): Grüne LED
- Verschiedene Anzeigen nach dem Auslösen (nach Wiedereinschalten des Schalthebels) enthalten:

### LED Indikatoren

grün (permanent)	manuelle Auslösung, Testtaste, Überstrom (MCB)
rotes Blinken (1 Blink/Sek. für 5 Sek.)	serielle Fehlerlichtbögen. Nach 5 Sek. wird die LED grün
rotes Blinken (2 Blink/Sek. für 5 Sek.)	parallele Fehlerlichtbögen. Nach 5 Sek. wird die LED grün
rotes Blinken (3 Blink/Sek. für 5 Sek.)	Überspannung. Nach 5 Sek. wird die LED grün

- **Interner Selbsttest und AFDD-Test-Taste,** um die korrekten Betriebsbedingungen der elektronischen Steuereinheit des AFDD wie auf Seite 15 beschrieben zu überprüfen.
- Möglichkeit, die letzte **LED-Anzeige** aufgrund einer Fehlerlichtbogenauslösung oder Überspannung im **Speicher abzurufen** (und bei Bedarf zu löschen), um die Ausfallzeiten für Wartungsarbeiten mit einer einfacheren Fehlerbehebung zu reduzieren. Der Speicher bleibt auch bei Unterbrechung der Stromversorgung erhalten.
- **Nur für DS-ARC1: Fehlerstrom-Anzeige** (blaue Anzeige am Schalthebel in OFF-Position) zur Erkennung von Auslösungen durch Fehler gegen Erde, vorhanden.
- **Ein Aufkleber für den LED-Betrieb** ist in der Geräteverpackung beigelegt (siehe Abbildung 32).



- **Zubehör.** System pro M compact® Zubehör kann schnell und einfach montiert werden und bietet dem Produkt zusätzliche Funktionen. Mögliche Kombinationen sind Hilfskontakt, Signalkontakt/ Hilfsschalter, Arbeitsstromauslöser und Unterspannungsauslöser.

- **Schaltstellungsanzeige (CPI).** Schnelle und einfache Erkennung des Kontaktstatus durch das grün / rote Fenster, unabhängig von den Schaltstellungen (grün: Kontakte geöffnet, rot: Kontakte geschlossen).

Abbildung 32:  
Aufkleber für den  
LED-Betrieb des  
S-ARC1 und  
DS-ARC1

## Literatur und Quellen

Die folgenden Quellen, Links und Veröffentlichungen wurden für diesen Leitfaden verwendet und können zusätzliche Informationen bereitstellen.

The University of Manchester: Fire Behaviour  
(<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/research/structures/strucfire/Design/performance/fireModelling/fireBehaviour/default.htm?p=>)

Feuerstatistiken:  
firesafeurope.eu (Europe), ifs-ev (Germany)

Carvou, E.; Mitchell, J.B.A.; Ben Jemaa, N.; Tian, S.; Belhaja, Z.;  
"AC Electrical Arcs with Graphite Electrodes,"  
Electrical Contacts (Holm),  
2011 IEEE 57th Holm Conference on ,  
vol., no., pp.1-6, 11-14 Sept. 2011

Universität von Cassino und Südliches Latium Italien:  
"Impianti elettrici per media e bassa tensione: Capitolo III  
Componenti dell'Impianto Elettrico, Apparecchi di Manovra"

A NEMA Low Voltage Distribution Equipment Section:  
Document, ABP 2-2011, Recommendations on AFCI/  
Home Electrical Product Compatibility

Comparing 240 Vrms to 120 Vrms:  
Series Arcing Faults in Residential Wire,  
John J. Shea, Senior Member IEEE Eaton Corporation

ANIE Conference:  
"Federazione ANIE – Associazione CSI Sottogruppo  
Apparecchi di protezione October/November 2016"

IEC 23E/742/CDV: 2012-02: IEC 62606 Ed. 1.0:  
General Requirements for Arc Fault Detection Devices (AFDD)

DIN EN 62606 (VDE 0665-10):  
Allgemeine Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen

IEC 60364-4-42:  
"Protection for safety - Protection against thermal effects."

DIN VDE 0100-420 (VDE 0100-420):  
"Schutzmaßnahmen - Schutz gegen thermische Auswirkungen"

Ed Larsen: Arc Fault Circuit Interrupters,  
Presentation for IEC 23E / WG2,  
New Orleans -November, 2007

### Anmerkung:

Technische Änderungen der Produkte sowie Änderungen im Inhalt dieses Dokuments behalten wir uns jederzeit ohne Vorankündigung vor. Bei Bestellungen sind die jeweils vereinbarten Spezifikationen maßgebend. Die ABB AG übernimmt keinerlei Verantwortung für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten in diesem Dokument.

Wir behalten uns alle Rechte an diesem Dokument und den darin enthaltenen Gegenständen und Abbildungen vor. Jede Vervielfältigung, Offenlegung gegenüber Dritten oder Verwendung der Inhalte – sowohl in ihrer Gesamtheit als auch teilweise – ist ohne die vorherige schriftliche Zustimmung der ABB AG untersagt.

Copyright© 2018 ABB  
Alle Rechte vorbehalten





—  
**ABB STOTZ-KONTAKT GmbH**  
Kundencenter  
Eppelheimer Straße 82  
69123 Heidelberg, Deutschland  
Tel. +49 (0) 6221 701-777  
Fax +49 (0) 6221 701-771  
info.stotz@de.abb.com

**[abb.de/stotzkontakt](http://abb.de/stotzkontakt)**

**[solutions.abb/de-AFDD](http://solutions.abb/de-AFDD)**