

Das ABC der Sicherheit

Mit dem richtigen Multimeter auf der
sicheren Seite

Anwendungsbericht

Nehmen Sie die Sicherheit ernst – Ihr Leben kann davon abhängen

Wenn es um Sicherheit geht, ist die Wahl eines Multimeters vergleichbar mit der Auswahl eines Motorradhelms. Wenn Ihnen Ihr Leben lieb ist, suchen Sie sich einen Helm nach Sicherheitsaspekten aus und nicht nach dem Preis. Die Risiken des Motorradfahrens liegen auf der Hand, aber was ist mit den Gefahren beim Umgang mit Multimeter n? Solange man ein Multimeter mit einer ausreichend hohen Spannungsspezifikation wählt, ist man doch auf der sicheren Seite, oder? Spannung ist Spannung, oder etwa nicht? Nicht unbedingt! Ingenieure, die die Sicherheit der Multimeter untersuchen, müssen oft erkennen, dass ausgefallene Geräte einer viel höheren Spannung ausgesetzt waren als der Benutzer zu messen glaubte. Es kommt immer wieder zu Unfällen, wenn das Multimeter, das für Niederspannung (1.000 V oder weniger) spezifiziert ist, benutzt wird, um Mittelspannung zu messen, zum Beispiel 4.160 V. Das hat nichts mit einer unsachgemäßen Bedienung zu tun – sondern es war eine momentane *Hochspannungsspitze* oder ein *Transient*, der das Multimeter ohne Vorwarnung außer Gefecht setzte.

Spannungsspitzen – ein unvermeidbares Risiko

In dem Maße, in dem Verteilungssysteme und Lasten immer komplexer werden, nimmt auch die Wahrscheinlichkeit von transienten Überspannungen zu. Motoren, Kondensatoren und Leistungswandler wie Antriebe mit regelbarer Drehzahl können Spannungsspitzen erzeugen. Blitzeinschläge in Freileitungen sind selten, führen aber zu extrem gefährlichen hochenergetischen Transienten. Bei der Durchführung von Messungen an elektrischen Systemen stellen diese Transienten „unsichtbare“ und weitgehend unvermeidbare Risiken dar. Sie treten regelmäßig in Niederspannungs-Stromkreisen auf und können Spitzenwerte von mehreren Tausend Volt erreichen. In diesen Fällen hängt die Sicherheit des Benutzers davon ab, dass das Multimeter mit ausreichender Sicherheitsmarge gebaut wurde. Aus der Spannungsangabe allein geht jedoch nicht hervor, ob das Multimeter so gut entworfen wurde, dass es auch hohe transiente Impulse aushalten kann.

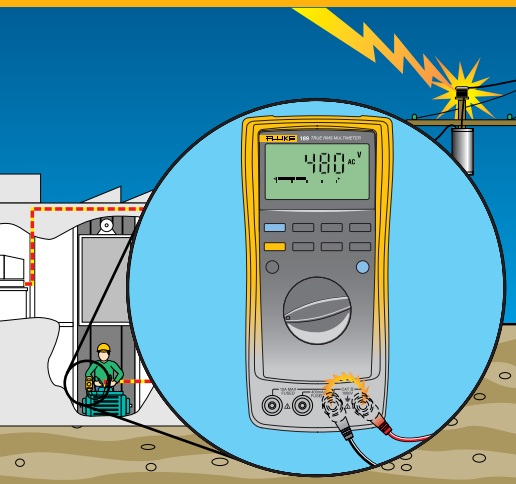
Die ersten Hinweise auf Sicherheitsrisiken aufgrund von Spannungsspitzen ergaben sich aus Anwendungen, bei denen es um Messungen an der Stromversorgung von Nahverkehrszügen ging. Obwohl die Nennspannung der Versorgung nur 600 V betrug, hielten die Multimeter, die mit 1.000 V spezifiziert waren, nur wenige Minuten durch, wenn sie mit der Stromversorgung verbunden wurden und ein Zug in Betrieb war. Bei näherem Hinsehen zeigte sich, dass durch das Anhalten und Anfahren des Zuges Spannungsspitzen von 10.000 V erzeugt werden.

Diese Transienten zerstörten die Eingangsschaltungen früherer Multimeter. Aufgrund der aus dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse wurden die Eingangsschutzschaltungen von Multimetern erheblich verbessert.

Neue Sicherheitsnormen

Um gegen Transienten geschützt zu sein, muss bei der Konstruktion von Messgeräten von vornherein der Sicherheit genügend Aufmerksamkeit gewidmet werden. Auf welche Leistungsmerkmale sollten Sie achten, vor allem, wenn Sie wissen, dass Sie mit hochenergetischen Schaltungen arbeiten werden? Die Aufgabe der Definition einer neuen Spezifikation für Messgeräte wurde vor kurzem durch die IEC (International Electrotechnical Commission) vorgenommen. Diese Organisation entwickelt internationale Sicherheitsnormen für elektrische Messgeräte.

Viele Jahre lang war die IEC-Norm 348 der Industriestandard. Diese Norm wurde nun durch die EN 61010 ersetzt. Obwohl nach den Forderungen von IEC 348 entworfene Multimeter seit Jahren von Technikern und Elektrikern benutzt werden, lässt sich nicht leugnen, dass Multimeter, die nach der neuen Norm EN 61010 entworfen wurden, ein wesentlich höheres Maß an Sicherheit bieten. Lassen Sie uns gemeinsam betrachten, wie dies erreicht wird.



Die verschiedenen Kategorien: abhängig von Abstand und Dämpfung

Schutz gegen Transienten

Beim Schutz von Multimeter-schaltungen geht es nicht einfach um den maximalen konstanten Spannungsbereich, sondern um die Fähigkeit, eine Kombination von *konstanter Spannung und transientser Überspannung* auszuhalten. Der Transientenschutz ist von entscheidender Bedeutung. Wenn Transienten in hochenergetischen Schaltungen vorhanden sind, sind sie im Allgemeinen gefährlicher, weil diese Schaltungen hohe Ströme liefern können. Wenn ein Transient zu einem Lichtbogen führt, kann der hohe Strom den Lichtbogen aufrechterhalten und zu einer Explosion führen, die auftritt, wenn die Umgebungsluft ionisiert und damit leitend wird. Das Ergebnis ist eine Lichtbogen-Explosion, ein Ereignis, das jedes Jahr mehr Verletzungen verursacht als das besser bekannte Phänomen des elektrischen Schlags. (Siehe bei *„Transienten – die versteckte Gefahr“* auf Seite 4.)

Überspannungskategorien

Der wichtigste Begriff für das Verständnis der neuen Normen ist die Überspannungskategorie. Die neue Norm definiert die Kategorien I bis IV, oft abgekürzt als CAT I, CAT II, usw. (siehe Abbildung 1.) Die Unterteilung eines Stromverteilungssystems in Kategorien beruht auf der Tatsache, dass ein gefährlicher, hochenergetischer Transient, zum Beispiel ein Blitz, durch die Impedanz (den AC-Widerstand) des Systems auf seinem Weg abgeschwächt oder gedämpft wird. Eine Überspannungskategorie mit höherer Zahl bezieht sich auf eine elektrische Umgebung, in der eine höhere Leistung zur Verfügung steht und höherenergetische Transienten möglich sind. Ein Multimeter, das nach CAT III entworfen wurde, bietet also einen besseren Schutz bei Transienten mit höherer Energie als ein Multimeter, das nach CAT II entworfen wurde.

Innerhalb einer Kategorie deutet eine höhere Spannungsangabe auf eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Transienten hin: Ein Multimeter der Kategorie III-1000 V verfügt über einen besseren Schutz als ein Multimeter, das nach CAT III-600 V spezifiziert ist. Ein Missverständnis liegt vor, wenn man ein nach CAT II-1000 V spezifiziertes Multimeter in dem Glauben auswählt, dass es einem nach CAT III-600 V spezifizierten Multimeter überlegen ist. (Siehe bei *„Wann sind 600 V mehr als 1000 V?“* auf Seite 7.)

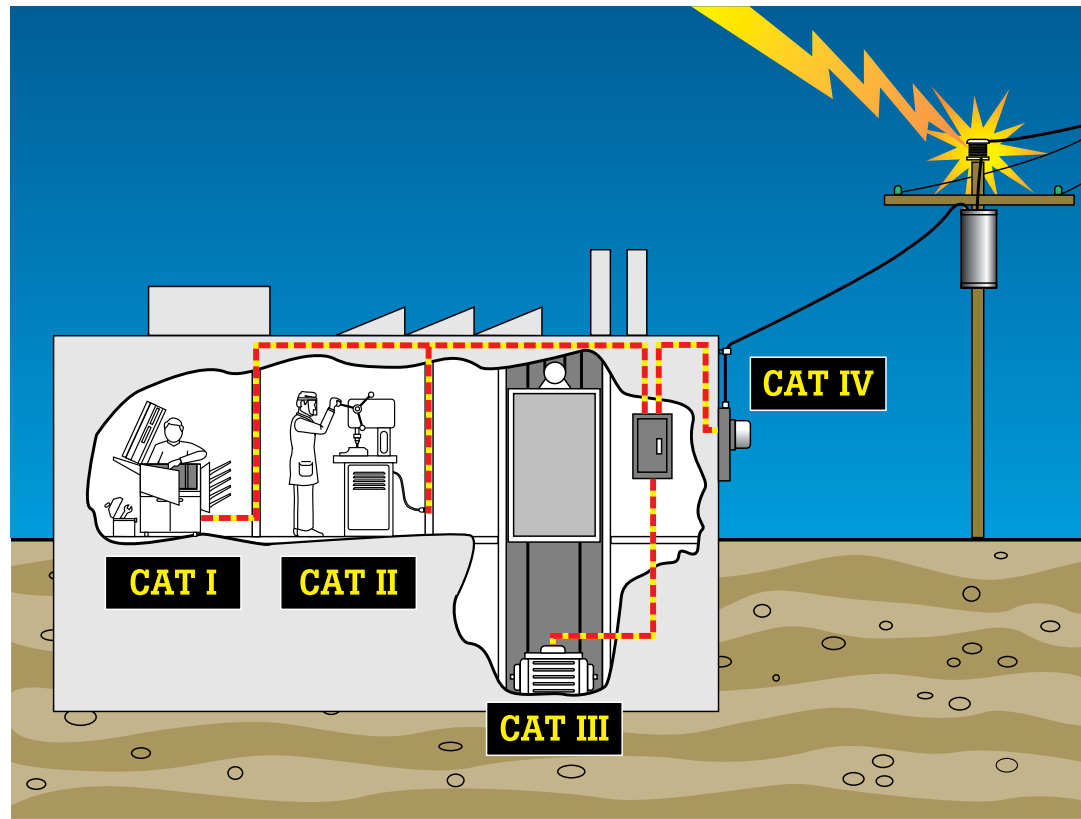


Abbildung 1. Auf den Einsatzort kommt es an

Überspannungskategorie	In Kürze	Beispiele
CAT IV	Drei Phasen am Elektrizitätswerkanschluss, alle Freileitungen	<ul style="list-style-type: none"> Bezieht sich auf den "Ursprung der Installation"; d.h., wo die Niederspannungs-Verbindung mit dem Elektrizitätswerk hergestellt wird. Elektrizitätsmesser, primäre Überstrom-Schutzvorrichtungen Im Freien und Zuführung der Versorgungskabel, Versorgungsleitungen vom Anschlusspunkt zum Gebäude, Verbindung zwischen Messgerät und Schalttafel Freileitungen zu einzelnen Gebäuden, Erdkabel zu Wasserpumpen
CAT III	Drei-Phasen-Verteilung, einschließlich einphasiger kommerzieller Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> Geräte in Festinstallationen, z.B. Schaltgeräte und mehrphasige Motoren Sammelschienen und Speisekabel in industriellen Werken Speisekabel und kurze Zuleitungen, Verteilungstafeln Beleuchtungssysteme in größeren Gebäuden Steckdosen für große Lasten mit kurzen Leitungen zur Zuführung der Versorgungsenergie
CAT II	Einphasige Lasten, die mit der Steckdose verbunden sind	<ul style="list-style-type: none"> Hausgeräte, portable Werkzeuge und ähnliche Lasten Steckdosen und lange Abzweigleitungen <ul style="list-style-type: none"> Steckdosen mehr als 10 Meter von CAT III Quelle entfernt Steckdosen mehr als 20 Meter von CAT IV Quelle entfernt
CAT I	Elektronik	<ul style="list-style-type: none"> Geschützte Elektronikvorrichtungen Geräte, die an Stromkreise angeschlossen werden, in denen Vorkehrungen getroffen wurden, um transiente Überspannungen auf einen niedrigen Pegel zu begrenzen. Jede Hochspannungsquelle mit geringerer Energie, die von einem Transformator mit hoher Wicklungszahl abgeleitet wurde, zum Beispiel der Hochspannungsteil eines Kopierers.

Tabelle 1. Überspannungskategorien. EN 61010 gilt für Niederspannungs-Messgeräte (< 1.000 V)

Es ist nicht nur der Spannungspegel

Ein Techniker, der wie in Abbildung 1 an einem Bürogerät an einem Ort der Kategorie I arbeitet, trifft auf Gleichspannungen, die tatsächlich viel höher sind als die Versorgungsspannungen, die der Elektriker an einem Motor an einem Ort der Kategorie III gemessen hat. Dennoch stellen Transienten in elektronischen Schaltungen der CAT I unabhängig von der Höhe der Spannung eine wesentlich geringere Gefahr dar, weil die für einen Lichtbogen zur Verfügung stehende Energie recht begrenzt ist. Das bedeutet nicht, dass es in Geräten der CAT I oder der CAT II keine elektrischen Gefahren gibt. Das hauptsächliche Risiko ist das von elektrischen Schlägen, nicht von Transienten oder Lichtbogen-Explosionen.

Elektrische Schläge können – wie wir später sehen werden – genauso tödlich sein wie eine Lichtbogen-Explosion. Um ein anderes Beispiel zu nennen: Eine Freileitung, die von einem Haus zu einem einzelnen Nebengebäude verläuft, könnte nur 230 V haben, gehört aber technisch gesehen immer noch zu CAT IV. Warum? Jede Leitung im Freien unterliegt Transienten mit sehr hoher Energie, die mit Blitzschlägen zusammenhängen. Selbst Kabel, die im Boden vergraben sind, gehören zu CAT IV; sie werden zwar nicht direkt durch den Blitz getroffen, aber ein Blitzschlag in der Nähe kann einen Transienten induzieren, weil hohe elektromagnetische Felder vorhanden sind.

Spricht man von Überspannungskategorien, so gelten die gleichen Kriterien wie für ein Grundstück: Es kommt auf die Lage an... (Eine weitere Erörterung der Kategorien finden Sie auf Seite 6 unter "Anwenden von Kategorien auf Ihre Arbeit.")

Unabhängige Prüfung

Unabhängige Prüfungen sind der Schlüssel zur Erfüllung der Sicherheitsnormen

Achten Sie auf das Symbol und die Listennummer eines unabhängigen Prüflabors wie z.B. UL, VDE, TÜV oder einer anderen anerkannten Zulassungsstelle. Passen Sie auf bei Formulierungen wie "Entworfen gemäß den Spezifikationen ..." Die Entwürfe sind nie ein Ersatz für einen tatsächlichen unabhängigen Test

Wie können Sie wissen, ob Sie ein echtes CAT III oder CAT II Messgerät bekommen? Das ist leider nicht immer einfach. Die Hersteller haben die Möglichkeit, ihre Messgerät selbst als CAT II oder CAT III einzustufen, ohne sie von unabhängiger Seite überprüfen zu lassen. Die IEC (International Electrotechnical Commission) entwickelt Normen, ist aber nicht für die Durchsetzung dieser Normen verantwortlich.

Achten Sie auf das Symbol und die Listennummer eines unabhängigen Prüflabors wie z.B. UL, VDE, TÜV oder einer anderen anerkannten Zulassungsstelle. Dieses Symbol darf nur verwendet werden, wenn das Produkt die Prüfungen gemäß den Standards dieses Labors bestanden hat, die auf nationalen oder internationalen Normen beruhen. UL 3111 beruht zum Beispiel auf EN 61010. Diese Prüfzeichen sind Ihre beste Möglichkeit, um sicherzugehen, dass das von Ihnen gewählte Multimeter tatsächlich auf Sicherheit überprüft wurde.



Was bedeutet das CE-Zeichen?

Ein Produkt wird mit dem CE-Zeichen (Conformité Européenne) versehen, um darauf hinzuweisen, dass es bestimmte Anforderungen in Bezug auf Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und Verbraucherschutz erfüllt, die von der Europäischen Kommission vorgegeben und mittels "Direktiven" zur Pflicht gemacht wurden. Es gibt zahlreiche Direktiven, die festlegen, dass Produkte, die außerhalb der Europäischen Union gefertigt wurden, nur importiert und verkauft werden dürfen, wenn sie den zutreffenden Direktiven entsprechen. Die Übereinstimmung mit der Direktive kann erreicht werden, wenn nachgewiesen wird, dass eine relevante technische Norm, zum Beispiel die EN 61010 für Niederspannungsprodukte eingehalten wird. Dabei dürfen die Hersteller selbst spezifizieren, dass sie die Anforderungen der Normen erfüllen, eine Konformitätserklärung (Declaration of Conformity) erstellen und das Produkt mit dem CE-Zeichen versehen. *Das CE-Zeichen ist also keine Garantie für eine unabhängige Prüfung.*



Transienten – die versteckte Gefahr

Betrachten wir den schlimmsten Fall, in dem ein Techniker Messungen an einer stromführenden Steuerung für einen Drehstrommotor mit einem Multimeter ohne die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen durchführt.

Folgendes könnte geschehen:

1. Ein Blitzschlag verursacht einen Transienten auf der Stromversorgungsleitung, der seinerseits einen Lichtbogen zwischen den Eingangsanschlüssen innerhalb des Multimeters entfacht. Die Schaltungen und Bauelemente zur Verhinderung dieses Ereignisses haben versagt oder waren einfach nicht vorhanden. Vielleicht war es auch kein nach CAT III spezifiziertes Multimeter. Das Ergebnis ist ein direkter Kurzschluss zwischen den beiden Messanschlüssen durch das Multimeter und die Messleitungen.
2. Ein hoher Fehlerstrom – möglicherweise mehrere Tausend Ampère – fließt in dem so geschaffenen Kurzschluss. All dies geschieht innerhalb einer tausendstel Sekunde. Wenn sich der Lichtbogen innerhalb des Multimeters bildet, kann eine Stoßwelle mit sehr hohem Druck

einen lauten Knall verursachen – wie z.B. bei einem Gewehrschuss. Gleichzeitig sieht der Techniker einen grellblauen Lichtbogen an den Messspitzen – die Fehlerströme überhitzen die Messspitzen, die wegzuschmelzen beginnen, so dass der Lichtbogen vom Berührungspunkt zur Messspitze gezogen wird.

3. Wenn der Techniker den Lichtbogen sieht, zuckt er natürlich zurück, um den Kontakt mit der heißen Schaltung zu unterbrechen. Durch das Zurückzucken wird der Lichtbogen noch weiter vom Berührungspunkt weggezogen und es entstehen zwei Lichtbögen, einer zu jeder Messspitze. Wenn sich diese beiden Lichtbögen zu einem einzelnen Lichtbogen vereinen, gibt es einen weiteren direkten Kurzschluss zwischen den Phasen, dieses Mal direkt zwischen den Motoranschlüssen.
4. Dieser Lichtbogen kann eine Temperatur von bis zu 6.000 °C erreichen, was höher ist als die Temperatur eines Autogen-Schneidbrenners! Wenn der Lichtbogen – gespeist durch den verfügbaren Kurzschlussstrom –

größer wird, überhitzt er die umgebende Luft. Es kommt zu einer Stoßwellenexplosion und einer Plasma-Feuerkugel. Wenn der Techniker Glück hat, wird er durch die Stoßwellenexplosion zurückgeschleudert und entkommt dem Lichtbogen; er ist zwar verletzt, aber noch am Leben. Im schlimmsten Fall erleidet das Opfer schwere Verbrennungen durch die starke Hitze des Lichtbogens oder der Plasma-Explosion.

Zusätzlich zur Verwendung eines Multimeters, das für die entsprechende Überspannungskategorie spezifiziert ist, sollte jeder, der mit stromführenden Stromversorgungsschaltungen arbeitet, durch flammhemmende Kleidung geschützt sein, eine Schutzbrille oder besser noch einen Gesichtsschutz tragen und isolierte Handschuhe benutzen.

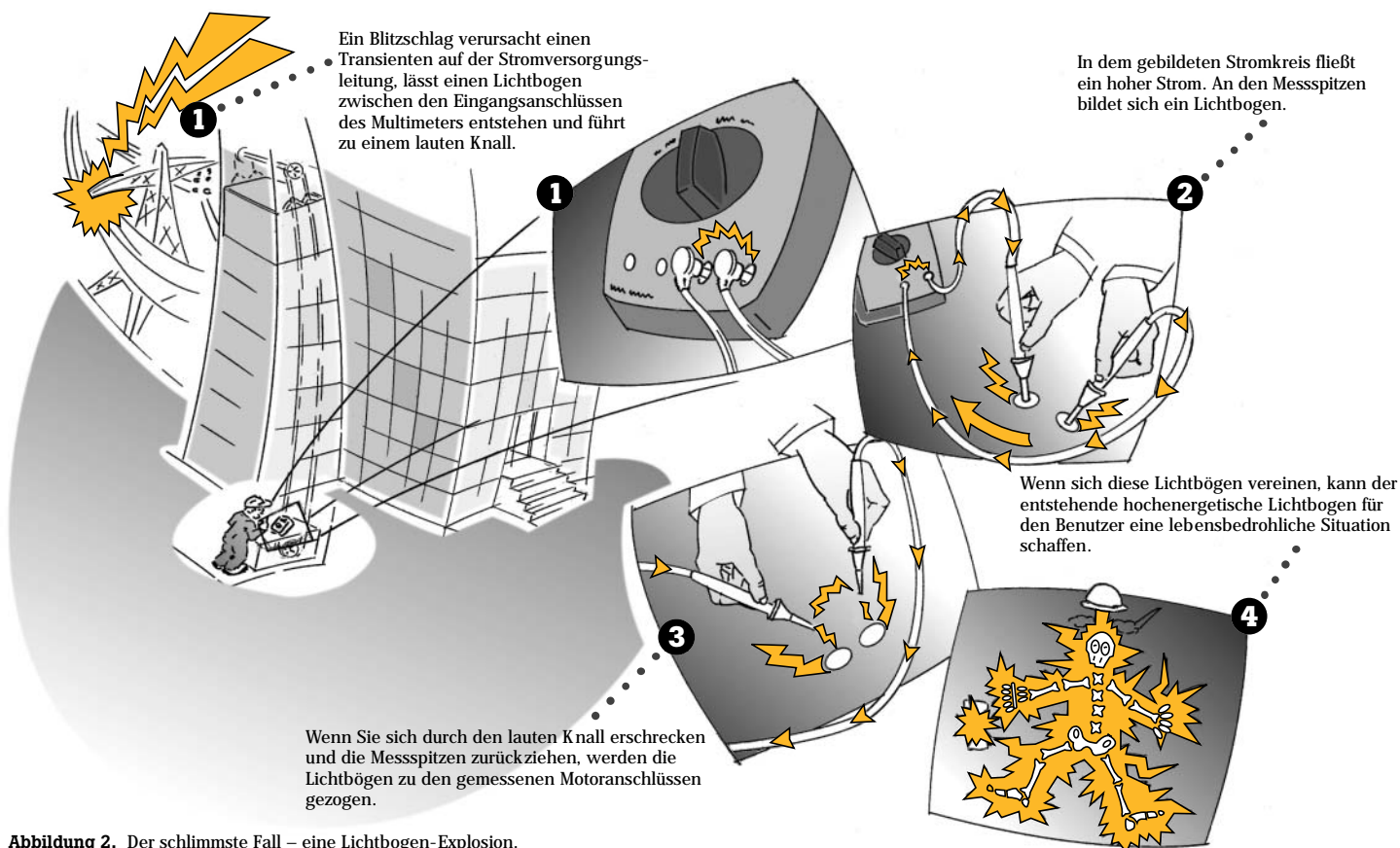


Abbildung 2. Der schlimmste Fall – eine Lichtbogen-Explosion.

Lichtbogen-Explosion und Stromschlag

Verwenden Sie die richtigen Hochenergie- Sicherungen

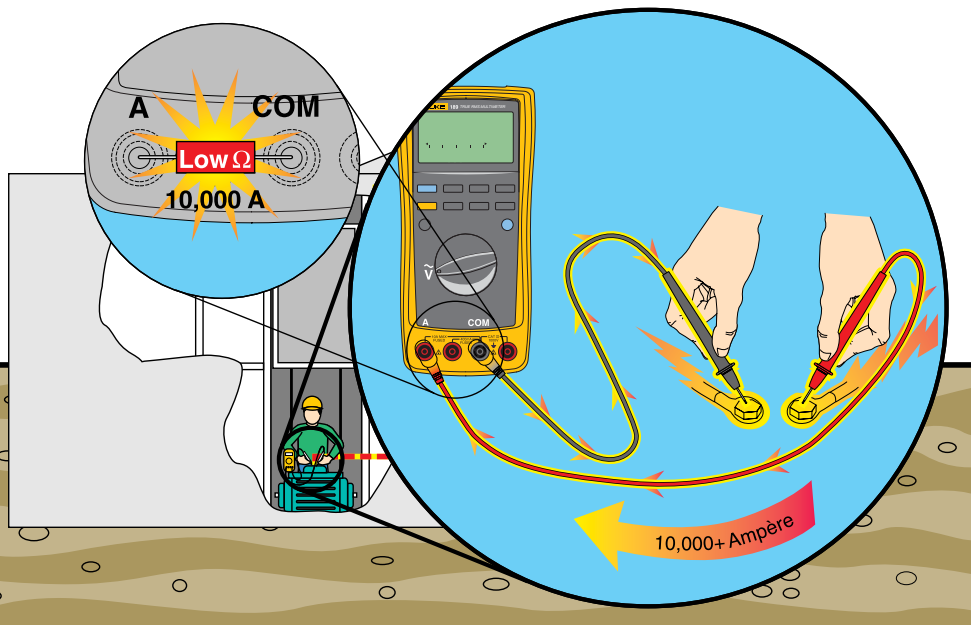


Abbildung 3. Unsachgemäße Verwendung des Digitalmultimeters im Strommesser-Betrieb.

Transienten sind nicht die einzige mögliche Ursache von Kurzschlüssen und Lichtbogen-Explosionen. Eine der häufigsten unsachgemäßen Anwendungen von Handmultimetern kann eine ähnliche Ereigniskette auslösen.

Ein Benutzer führt zum Beispiel Strommessungen an Signalschaltungen durch. Hierfür wird die Messfunktion gewählt, die Messleitungen werden mit den mA- oder Ampère-Eingangsbuchsen verbunden, der Stromkreis wird aufgetrennt und das Multimeter in Reihe geschaltet. Bei einer Reihenschaltung ist der Strom an allen Stellen des Stromkreises gleich groß. Die Eingangsimpedanz bei der Strommessung muss gering sein, damit der zu messende Strom nicht beeinflusst wird. Die Eingangsimpedanz an der 10-A-Buchse eines Fluke Multimeters beträgt 0,01 Ω. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Eingangsimpedanz der Spannungsbuchsen, die 10 MΩ (10.000.000 Ω) beträgt.

Wenn die Messleitungen in den Ampère-Buchsen gelassen werden und dann versehentlich zu einer Spannungsquelle parallelgeschaltet werden, führt die niedrige Eingangsimpedanz zu einem Kurzschluss! Es ist egal, ob der Drehknopf auf Volt gestellt wird; die Messleitungen sind physikalisch immer noch mit einer niederohmigen Schaltung verbunden.* Daher müssen die Strombuchsen durch Sicherungen geschützt sein. Diese Sicherungen sind das Einzige, was zwischen einer Unannehmlichkeit – ausgelösten Sicherungen – und einer möglichen Katastrophe liegt.

Benutzen Sie nur ein Multimeter mit StromEingängen, die mit Hochenergie-Sicherungen abgesichert sind. Ersetzen Sie niemals eine defekte Sicherung durch eine falsche Sicherung. *Benutzen Sie nur Hochenergie-Sicherungen, die durch den Hersteller freigegeben sind.* Diese Sicherungen sind für eine Spannung angegeben und verfügen über eine Kurzschluss-Unterbrechungsfähigkeit, die für Ihre Sicherheit konzipiert ist.

Überlastschutz

Sicherungen schützen gegen zu hohe Ströme. Die hohe Eingangsimpedanz der Volt- und Ohm-Buchsen gewährleistet, dass eine Überstrombedingung nicht auftritt, so dass keine Sicherungen erforderlich sind. Ein Überspannungsschutz ist allerdings erforderlich. Er wird durch eine Schutzschaltung geschaffen, die hohe Spannungen auf ein akzeptables Niveau bringt. Darüber hinaus erkennt eine elektronische Schutzschaltung eine Überspannungsbedingung, schützt das Multimeter, bis die Ursache behoben ist, und schaltet dann automatisch zurück auf normalen Betrieb. Der am häufigsten genutzte Vorteil besteht darin, dass das Multimeter gegen Überlast geschützt ist, wenn es auf Widerstands-messung eingestellt ist. Dieser Überlastschutz mit automatischer Erholung funktioniert, solange die Messleitungen mit den Spannungs-buchsen verbunden sind.

*Einige Multimeter, zum Beispiel die Multimeter der Serie 180 von Fluke, sind mit einer Eingangsüberwachung ausgestattet, die bei der ungeeigneten Verbindung der Messleitungen akustisch warnt.

Obwohl sich die meisten Menschen der Gefahr von elektrischen Schlägen bewusst sind, ist nur wenigen klar, wie gering Strom und Spannung nur zu sein brauchen, um eine tödliche Gefahr darzustellen. Ströme von nur 30 mA können bereits tödlich sein (1 mA = 1/1000 A). Sehen Sie sich an, was geschieht, wenn ein Strom durch einen "typischen" Menschen mit einem Körpergewicht von 68 Kilogramm fließt:

- Bei ca. 10 mA tritt eine Lähmung in den Armmuskeln auf, so dass er seinen Griff nicht lockern kann.
- Bei ca. 30 mA tritt eine Lähmung in den Atemwegen auf. Seine Atmung stoppt, was oft schwerwiegende Folgen hat.
- Wenn man mehr als fünf Sekunden einem Strom von ca. 75 bis 250 mA ausgesetzt ist, kommt es zu Herzkammerflimmern, das eine Diskoordination der Herzmuskeln zur Folge hat; das Herz kann nicht mehr funktionieren. Höhere Ströme führen in weniger als fünf Sekunden zu Kammerflimmern. Die Folgen sind oft tödlich.

Berechnen wir nun den Schwellenwert für eine "gefährliche" Spannung. Der ungefähre Körperwiderstand unter der Haut von einer Hand über den Körper zur anderen Hand beträgt 1000 Ω. Eine Spannung von nur 30 V parallel zu 1000 Ω hat einen Stromfluss von 30 mA zur Folge. Glücklicherweise ist der Widerstand der Haut wesentlich höher. Denn es ist der Hautwiderstand, vor allem der Widerstand der äußeren Schicht von abgestorbenen Zellen, auch als "Hornschicht" bezeichnet, der den Körper schützt. Unter feuchten Bedingungen oder bei einer Schnittverletzung nimmt der Hautwiderstand rapide ab. Bei ca. 600 V bietet auch der Hautwiderstand keinen Schutz mehr. Die Haut wird von der hohen Spannung durchdrungen.

Ziel der Hersteller und Benutzer von Multimetern muss es sein, um jeden Preis den versehentlichen Kontakt mit stromführenden Schaltungen zu vermeiden.

Achten Sie darauf, dass

- Multimeter und Messleitungen über eine doppelte Isolierung verfügen;
- die Eingangsbuchsen des Multimeters immer versenkt sind und die Messleitungen abgeschirmte Eingangsstecker besitzen;
- die Messleitungen mit einem Fingerschutz und einer griffigen Oberfläche versehen sind;
- Multimeter und Messleitungen aus hochwertigen, haltbaren und nicht-leitenden Materialien bestehen.

Sicher arbeiten

Für die Sicherheit ist je der Einzelne selbst verantwortlich.

Ein Messgerät alleine kann Ihre Sicherheit nicht garantieren. Nur eine Kombination aus den richtigen Messgeräten und einer sicheren Arbeitsweise kann Ihnen maximalen Schutz bieten. Hier einige Tipps, um Ihnen bei Ihrer Arbeit zu helfen.

- Arbeiten Sie wenn möglich an stromlosen Schaltungen. Nutzen Sie angemessene Prozeduren zur Kennzeichnung und zur Sicherung gegen das Wiedereinschalten. Wenn diese Prozeduren nicht vorhanden sind oder nicht eingehalten werden, *gehen Sie davon aus, dass die Schaltung stromführend ist.*
- Nutzen Sie bei stromführenden Schaltungen Schutzmittel:
 - Benutzen Sie isolierte Messgeräte.
 - Tragen Sie eine Schutzbrille oder einen Gesichtsschutz.
 - Tragen Sie isolierte Handschuhe, nehmen Sie Ihre Armbanduhr und anderen Schmuck ab.
 - Stellen Sie sich auf eine isolierte Matte.
 - Tragen Sie flammhemmende Kleidung, keine normale Arbeitskleidung.
- Bei der Durchführung von Messungen an stromführenden Schaltungen:
 - Verbinden Sie zuerst die Masseklemme und stellen Sie dann den Kontakt mit der stromführenden Leitung her. Nehmen Sie zuerst die stromführende Leitung und zuletzt die Masseleitung ab.
 - Hängen Sie das Messgerät auf oder legen Sie es hin. Halten Sie es möglichst nicht in Ihren Händen, damit Sie nicht den Effekten von Transienten ausgesetzt sind.
 - Gehen Sie nach der Dreipunktmethode vor, vor allem, wenn Sie überprüfen, ob eine Schaltung stromlos ist. Testen Sie zuerst eine bekanntermaßen *stromführende* Schaltung. Testen Sie dann die zu messende Schaltung. Und prüfen Sie anschließend *noch einmal* die stromführende Schaltung. Dadurch können Sie sicherstellen, dass Ihr Messgerät vor und nach der Messung einwandfrei funktioniert.
 - Gehen Sie nach dem alten Trick der Elektriker vor und stecken Sie eine Hand in die Hosentasche. Dadurch verringert sich das Risiko eines geschlossenen Stromkreises durch Ihren Brustkorb und Ihr Herz.



Anwendung der Kategorien auf Ihre Arbeit

Merkregeln zum Verständnis der Kategorien

Im Folgenden einige Hinweise, die dabei helfen, das Konzept der Kategorien auf die eigene tägliche Arbeit anzuwenden:

- Allgemeine Faustregel: Je näher man an der Stromversorgungsquelle arbeitet, desto größer ist die Zahl der Kategorie und desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit von Transienten.
- Es gilt außerdem: Je größer der an einem bestimmten Punkt zur Verfügung stehende Kurzschlussstrom, desto größer die CAT-Zahl.
- Mit anderen Worten: Je größer die Quellenimpedanz, desto kleiner die CAT-Zahl. Die Quellenimpedanz ist die Gesamtimpedanz, einschließlich der Impedanz der Verkabelung zwischen dem Punkt, an dem Sie messen, und der Stromversorgungsquelle. Diese Impedanz dämpft die Transienten.
- Schließlich: Wenn Sie über Erfahrung mit der Anwendung von Überspannungsschutz verfügen, werden Sie wissen, dass ein Überspannungsschutz (TVSS = Transient Voltage Surge Suppression), der bei einer Verteilertafel installiert ist, eine höhere Energiekapazität haben muss als z.B. ein Gerät, das direkt bei einem Computer installiert ist. In der CAT-Terminologie ist der Überspannungsschutz bei der Verteilertafel eine Vorrichtung der Kategorie III, während das Gerät beim Computer eine mit einer Steckdose verbundene Last darstellt und daher eine Vorrichtung der Kategorie II ist.

Wie Sie sehen, ist der Begriff der Kategorien weder neu noch exotisch. Er beruht einfach auf einer Anwendung des gesunden Menschenverstandes, den diejenigen, die beruflich mit Elektrizität umgehen, jeden Tag unter Beweis stellen.

Benutzen Sie eine geeignete Schutzausrüstung wie Schutzbrillen und isolierte Handschuhe.

Viele Kategorien

Es gibt ein Szenario, das manchmal bei dem Versuch, tatsächliche Situationen bestimmten Kategorien zuzuordnen, zu Verwirrung führt. Eine einzige Vorrichtung kann oft mehr als einer Kategorie zugerechnet werden. Bei Bürogeräten zum Beispiel zählt der Weg von der 230-V-Seite der Stromversorgung zurück zu der Steckdose zu Kategorie II. Die elektronischen Schaltkreise zählen jedoch zu Kategorie I. Bei Systemen zur Gebäudesteuerung, zum Beispiel Schalttafeln für die Beleuchtungsregelung, oder bei industriellen Steuerungsvorrichtungen wie programmierbaren Steuerungen liegen häufig elektronische Schaltkreise für die 24-V-DC-Versorgung (CAT I) und 230-V-Versorgungsschaltungen (CAT III) nebeneinander vor.

Wie geht man in einer solchen Situation vor? Wie bei allen wirklichen Situationen sollte man seinen gesunden Menschenverstand nutzen. In diesem Fall bedeutet dies, dass man das Multimeter mit der höheren Kategorie-Spezifikation benutzt. Es ist in der Tat nicht realistisch, von den Betroffenen immer wieder zu verlangen, Kategorien zuzuordnen. Realistischer und dringend zu empfehlen ist es, ein Multimeter zu wählen, das für die *höchste Kategorie spezifiziert ist, in der es eventuell benutzt werden könnte*. Mit anderen Worten, man sollte lieber auf Nummer Sicher gehen.

Wie kann man die Sicherheitsspezifikation eines Multimeters beurteilen

Angaben zur Spannungsfestigkeit

Die Testprozeduren der EN 61010 berücksichtigen drei Hauptkriterien: Arbeitsspannung, Spitzenimpuls-Transientenspannung (wird auch als Stoßspannung bezeichnet) und Quellenimpedanz. Diese drei Kriterien zusammen vermitteln Ihnen einen Eindruck von der *tatsächlichen Spannungsfestigkeit eines Multimeters*.

Wann sind 600 V mehr als 1.000 V?

Tabelle 2 kann Ihnen dabei helfen, sich einen Überblick über die tatsächliche Spannungsfestigkeit eines Multimeters zu verschaffen:

1. *Innerhalb* einer Kategorie geht eine höhere "Arbeitsspannung", wie dies zu erwarten ist, mit höheren Transienten einher. Ein nach CAT III-600 V spezifiziertes Multimeter wird zum Beispiel mit 6.000-V-Transienten geprüft, während ein nach CAT III-1000 V spezifiziertes Multimeter mit 8.000-V-Transienten geprüft wird.
2. Was nicht auf der Hand liegt, ist der Unterschied zwischen den 6.000-V-Transienten für CAT III-600 V und den 6.000 V-Transienten für CAT II-1000 V. Sie sind nicht identisch. Hier kommt die Quellenimpedanz ins Spiel. Das Ohmsche Gesetz (Spannung = Widerstand x Strom) sagt uns, dass die 2-Ω-Prüfquelle für CAT III den *sechsfachen Strom* der 12-Ω-Prüfquelle für CAT II hat.

Das nach CAT III-600 V spezifizierte Multimeter bietet einen deutlich besseren Transientenschutz als das nach CAT II-1000 V spezifizierte Multimeter, obwohl man denken könnte, dass seine sogenannte "Spannungsspezifikation" niedriger ist. *Es ist die Kombination aus Arbeitsspannung und Kategorie, die ausschlaggebend für die Gesamtspannungsfestigkeit des Messgerätes ist, einschließlich der so wichtigen Spezifikation für die Transientenspannungsfestigkeit.*

Eine Anmerkung zu CAT IV: Prüfwerte und Entwurfsnormen für die Spannungsprüfung nach Kategorie IV werden in der zweiten Ausgabe der EN 61010 behandelt.

Überspannungskategorie	Arbeitsspannung (DC oder ACeff gegen Masse)	Spitzenimpuls-Transient (20 Wiederholungen)	Prüfquelle (U = R x I)
CAT I	600 V	2500 V	30 Ohm Quelle
CAT I	1000 V	4000 V	30 Ohm Quelle
CAT II	600 V	4000 V	12 Ohm Quelle
CAT II	1000 V	6000 V	12 Ohm Quelle
CAT III	600 V	6000 V	2 Ohm Quelle
CAT III	1000 V	8000 V	2 Ohm Quelle
CAT IV	600 V	8000 V	2 Ohm Quelle

Tabelle 2: Transienten-Prüfwerte für Überspannungskategorien. (Werte für 50 V/150 V/300 V sind nicht enthalten.)

Kriechstrecke und Mindestabstand

Zusätzlich zu der Prüfung des tatsächlichen Überspannungs-Transientenwertes müssen Multimeter laut EN 61010 bestimmte Mindestkriechstrecken und Mindestabstände zwischen den internen Bauelementen und Schaltungsknotenpunkten aufweisen. Die Kriechstrecke entspricht einem Abstand gemessen auf einer Oberfläche, während der Mindestabstand durch die Luft gemessen wird. Je höher die Kategorie und der Arbeitsspannungspegel sind, desto höher sind auch die Anforderungen an die internen Abstände. Einer der wichtigsten Unterschiede zwischen der alten IEC 348 und der EN 61010 besteht in den strengeren Abstandsbedingungen der letztgenannten Norm.

Fazit

Wenn Sie Ihr altes Multimeter ersetzen müssen, tun Sie eines, bevor Sie kaufen: Ermitteln Sie den möglichen härtesten Einsatzort Ihrer Arbeit und finden Sie heraus, zu welcher Kategorie diese Anwendung gehört.

Wählen Sie *zuerst* ein Multimeter, das für die höchste *Kategorie* spezifiziert ist, in der Sie eventuell arbeiten. Suchen Sie dann ein Multimeter mit einer Spannungsspezifikation für diese Kategorie, die Ihren Anforderungen entspricht. Und wenn Sie schon einmal dabei sind, vergessen Sie die Messleitungen nicht. Die EN 61010 gilt auch für Messleitungen: Sie sollten nach einer Kategorie und einer Spannung zertifiziert sein, die mindestens ebenso hoch ist wie die des Multimeters. Wenn es um Ihre persönliche Sicherheit geht, vermeiden Sie, dass die Messleitungen das schwächste Glied in der Kette sind.



Sehen Sie sich die Kategorie und die Spannungsspezifikation der Messleitungen und des Multimeters an.



CalPlus GmbH
 Zentrale Berlin
 Heerstraße 32 • 14052 Berlin
 Tel.: 030 214982-0 • Fax: 030 214982-50
 office@calplus.de • www.calplus.de

CalPlus GmbH
 Niederlassung ScopeShop
 Normannenweg 30 • 20537 Hamburg
 Tel.: 040 3039595-0 • Fax: 040 3039595-50
 scopeshop@calplus.de • www.calplus.de