

Safety First - Neue Sicherheit beim Messen



Mobile Digitalmultimeter müssen heute ganz anderen Anforderungen genügen als noch vor ein paar Jahren: störverseuchte Messumgebungen, die immer wichtigeren Echtheftmessungen von Wechselgrößen, zerstörerische Hochspannungsspitzen und Transienten „aus dem Nichts“ und der geforderte Einsatz innerhalb neuer Überspannungskategorien sind heute Faktoren, denen moderne und professionell einsetzbare Messgeräte standhalten müssen.

Wir diskutieren diese Anforderungen am praktischen Beispiel der neuen Digitalmultimeterserie 170 von Fluke.

Neues vom Multimeter

Die Zeiten, da ein Multimeter von den Profis verächtlich „Schätzisen“ genannt wurde, sind sicher vorbei. Heute ziehen die handlichen und mobilen Geräte in

Bereiche ein, die vor einigen Jahren noch undenkbar waren und durch spezielle und den Anforderungen an die jeweilige Aufgabe genau angepasste Spezialmessgeräte abgedeckt wurden. Man denke da nur an die Produktion und den Installations- und Wartungsbereich. Hier gab und gibt

es deutliche Forderungskataloge an die Messgerätehersteller, etwa bei Arbeiten unter höheren Spannungen allgemein und unter der Gefahr von Hochspannungsspitzen und Transienten im Besonderen. Dazu kommen zunehmend auch erhöhte Anforderungen an die eigentlichen „Mess-

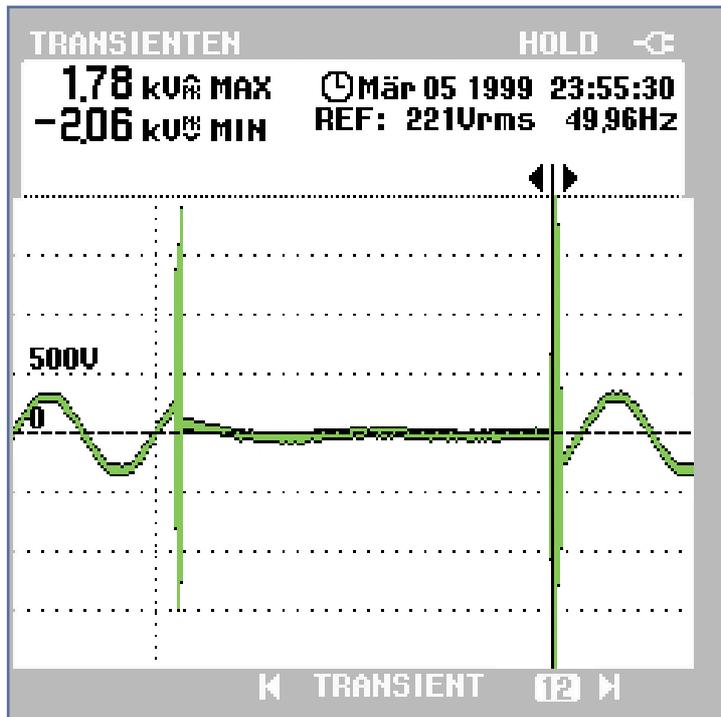


Bild 1: Solche Transienten treten typischerweise bei kurzen Netzunterbrechungen auf und erreichen Spannungsspitzen von über 2 kV. Diese führen häufig zu Gerätezerstörungen und können Multimeter zur Explosion bringen.

fähigkeiten” des Multimeters, sprich, es muss aus dem am Messort vorhandenen

Gemisch von Spannungsformen diejenige herausfiltern, die für die Auswertung

interessant ist und diese mit exaktem Wert darstellen.

Wenn man sich dabei vergegenwärtigt, dass es heute z. B. kaum noch Stromversorgungsschaltungen gibt, die reine Signalformen wie sinus- oder rechteckförmige Spannungen erzeugen/verarbeiten, sondern wir es in aller Regel mit kompliziert geformten, impulsförmigen Spannungsverläufen zu tun haben, die zudem auch noch ein weites Frequenzspektrum überstreichen, ahnt man, welche Aufgaben ein modernes Multimeter etwa im Service zu erfüllen hat. Da gerät ein einfacher Effektivwertgleichrichter, wie er in vielen RMS-Multimetern zu finden ist, sehr leicht ins Hintertreffen, sobald das Signal nicht rein sinusförmig ist und sich außerhalb des in den Spezifikationen eingegrenzten Frequenzbereiches bewegt. Die Folge sind mindestens falsche Messwertanzeigen, im Ernstfall können dabei extrem zu geringe Anzeigen den Techniker in Sicherheit wiegen, obgleich die wahre Spannung vielleicht das Vielfache beträgt. Welche Folgen das in einer getakteten Stromversorgung hat, muss man sich nicht lange ausmalen...

Denn gerade hier lauern ungeahnte Gefahren, die erstens dringend erkannt werden und vor denen zweitens die Techniker gewarnt und geschützt werden müssen.

Tabelle 1: Überspannungskategorien, IEC 1010 gilt für Niederspannungs-Messgeräte (< 1000 V)

Überspannungskategorie	In Kürze	Beispiele
CAT IV	Drei Phasen am Elektrizitätswerk-Anschluss, 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. • Steckdosen mehr als 10 Meter von CAT III 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 geringer Energie, die von einem Widerstandstransformator mit hoher Wicklungszahl abgeleitet wurde, zum Beispiel der Hochspannungsteil eines Kopierers.

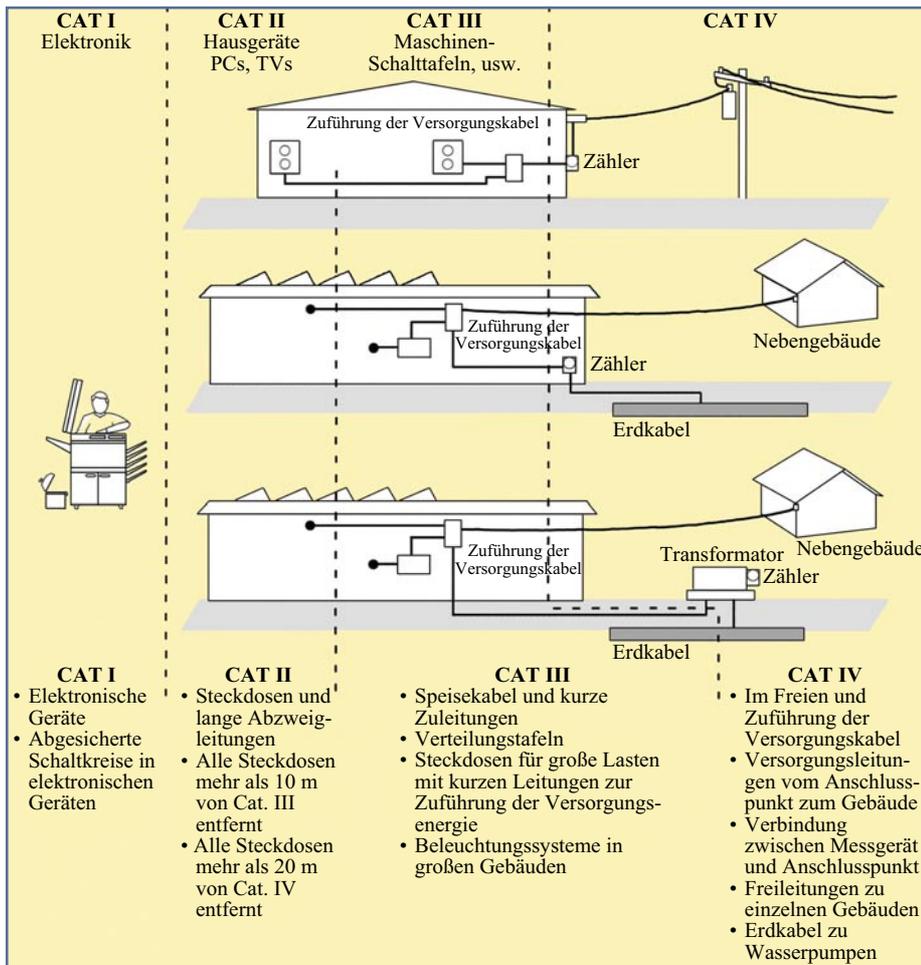


Bild 2: Aufteilung der Arbeitsumgebungen in Kategorien.

Denn gerade in hochenergetischen Schaltungen sind Transienten (das sind sehr kurze, messtechnisch nur sehr schwer zu erfassende Überspannungsimpulse) besonders gefährlich, da diese Schaltungen zur hohen Überspannung auch noch hohe Ströme liefern können, die im harmlosen Fall zur Zerstörung des Multimeters, im schlimmsten Falle zum Tode des Technikers führen. Führt ein solcher Transient mit dem Background des lieferbaren hohen Stroms zu einem Lichtbogen, ist das Resultat meist eine Lichtbogen-Explosion, einem Ereignis, das heute unter den veränderten Arbeitsbedingungen des Technikers öfter Verletzungen bedingt als der „übliche“ elektrische Schlag.

Solche Transienten werden heute in der Gefahrenwirkung deutlich höher eingestuft als herkömmliche „einfache“ Überspannungen, da sie plötzlich, sehr kurz und sehr energiereich auftreten, etwa durch Schalthandlungen im Stromnetz (Abbildung 1), durch das Schalten leistungsfähiger Verbraucher wie Motoren oder durch die gar nicht so seltenen Blitzeinschläge, die sich sehr weiträumig im Netz ausbreiten und den Techniker an eigentlich sicheren Or-

ten, etwa am 230-V-Netz eines Gebäudes, unvermittelt treffen.

IEC 1010 mit neuen Kategorien

Deshalb hat man sich seitens der IEC, der „International Electrotechnical Commission“ des Problems angenommen und seit einiger Zeit einen neuen Industriestandard, die IEC-Norm 1010 (heißt in Europa EN 61010) festgesetzt, der den neuen Bedingungen für den Einsatz von

Multimetern bis 1000 V gerecht wird.

Nach dieser Norm ausgeführte Multimeter weisen sowohl einen verbesserten Transientenschutz als auch leistungsfähige Schutzeinrichtungen gegen Fehlbedienungen, etwa Einspeisung einer zu hohen Spannung, hoher Restladung eines Kondensators oder einer hohen Spannung in den Bereichen Strommessung, Widerstandsmessung, Durchgang usw. auf. Dabei erkennt man, dass es heute vermehrt nicht nur um einen maximalen, konstanten Spannungsbereich, sondern um die Fähigkeit, eine Kombination von konstanter Spannung und transienter Überspannung auszuhalten, geht. Welche Extreme dabei sogar nur bei Einschalten einer kleinen Motorlast auftreten können, ist in Abbildung 1 gut zu sehen. Für ein ungenügend gegen Transienten abgesichertes Messgerät ohne Sicherung mit hohem Löschvermögen ist hier der GAU programmiert.

Der wohl wichtigste Begriff für das Verständnis der neuen Normen ist die Überspannungskategorie. Die Norm IEC 1010 definiert die Kategorien I bis IV, sicher besser geläufig als CAT I/II/III/IV. Diese Überspannungskategorien kennzeichnen die Arbeitsumgebungen, denen das Messgerät ausgesetzt ist.

Die Einteilung beruht auf der Tatsache, dass ein gefährlicher, hochenergetischer Transient, zum Beispiel ein Blitz, durch die Impedanz des Gesamtsystems vom Energieerzeuger bis zum Verbraucher abgeschwächt bzw. gedämpft wird. So bezieht sich also eine höhere Überspannungskategorie auf eine elektrische Umgebung, in der eine höhere Leistung zur Verfügung steht und höher energetische Transienten möglich sind. Dabei gilt für die praktische Arbeit die Faustregel: Je näher man an einer Stromversorgungsquelle arbeitet, desto höher ist die zu berücksichtigende Kategorie und auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Transienten. Außerdem ergibt sich aus den bisherigen Ausführungen eine weitere Regel, die besagt,

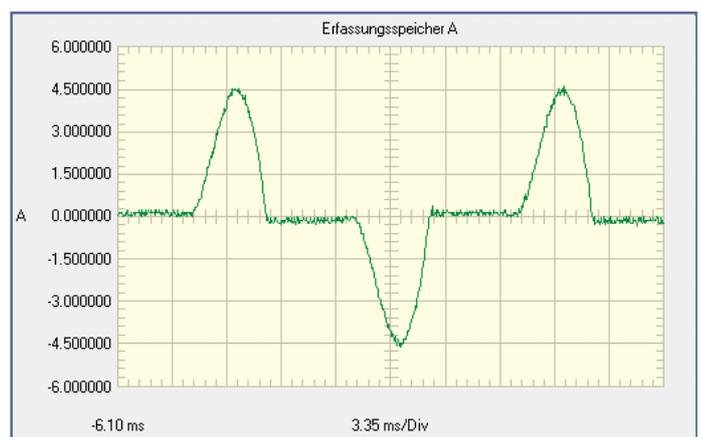


Bild 3: Strom mit dieser Signalform kann nur mit einem Messgerät mit Echteeffektivwertfunktion richtig gemessen werden.

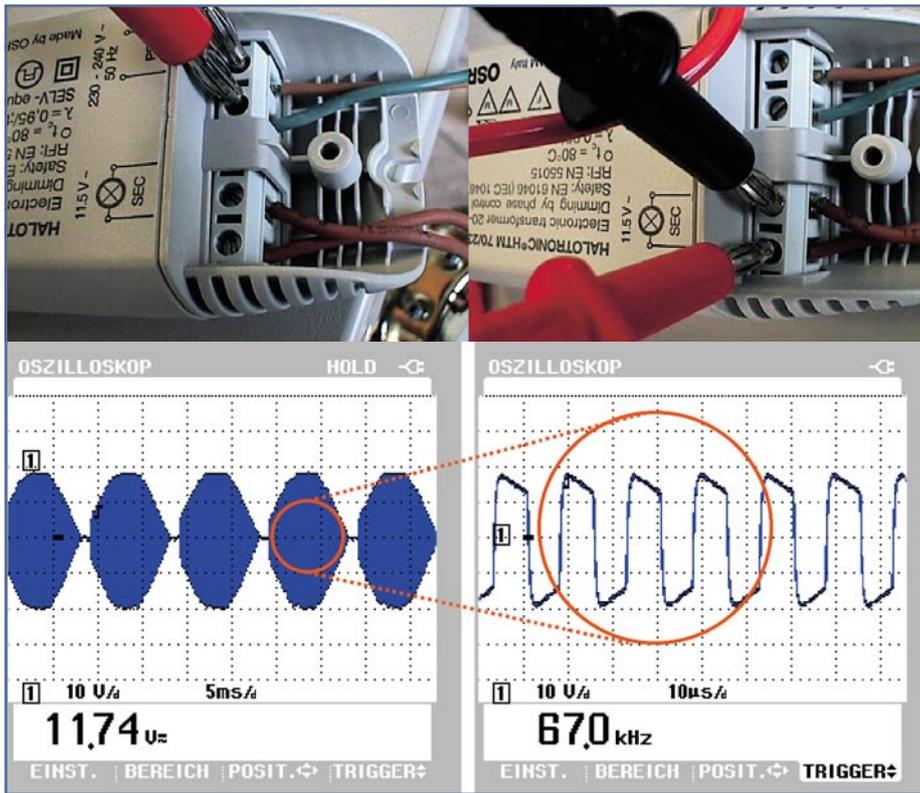


Bild 4: Sieht einfach aus, ist aber mit herkömmlichen RMS-Multimetern kaum zu erfassen. So sieht ein übliches Ausgangssignal von elektronischen 12-V-Halogentrafos aus. Erst die hohe Schaltfrequenz von 67 kHz ermöglicht die kompakte Bauform bei hoher Leistung.

je höher der am Messpunkt zur Verfügung stehende Kurzschlussstrom, desto höher ist die Anforderung an das Messgerät bezüglich der Überspannungskategorie. So ist also die Arbeit an einem an einer Netzsteckdose im Gebäude angeschlossenen Gerät relativ weniger durch Transienten gefährdet als etwa an einem Freileitungskabel, das zu einem Nebengebäude führt. Während für erstere Arbeit CAT I/II genügen, ist für die Arbeit an der Freileitung zwingend ein Messgerät mit CAT IV einzusetzen, um sicher arbeiten zu können.

Innerhalb der einzelnen Kategorien wird zusätzlich in Spannungsklassen unterteilt, z. B. 600 V oder 1000 V. Wie sich die Überspannungskategorien in welchen Arbeitsumgebungen einteilen, ist in Tabelle 1 sowie Abbildung 2 aufgeführt. Beide geben dem Praktiker einen schnellen und gründlichen Überblick über die Überspannungskategorien.

Messen, nicht schätzen

Auch das Einsatzgebiet des Multimeters selbst stellt heute völlig neue Anforderungen an dessen Vermögen, genau den Wert anzuzeigen, den man auch messen will. Dies betrifft nahezu alle Messungen von Wechselgrößen, die heute kaum noch ir-

gendwo als Idealfall in Sinusform auftreten. Genau darauf setzen herkömmliche, mittelwertbildende Effektivwert-Messschaltungen, bei anderen Signalformen versagen diese - es ergeben sich Messfehler mit Abweichungen bis zu 50 % (nach unten). Das bedeutet in der Praxis nicht nur falsche Messwerte, sondern unter Umständen sogar unerkannt bleibende Überspannungen mit allen denkbaren Folgen...

Zur Erinnerung: Wenn man von Wechselstromwerten spricht, meint man normalerweise den Effektivwert (Root Mean Square, quadratischer Mittelwert) des Stroms. Dieser Wert entspricht einem Gleichstrom, der an einem Widerstand die gleiche Wärmeenergie erzeugt wie der gemessene Wechselstrom. Die gängigste Methode zur Messung dieses Effektivwertes mit einem Multimeter besteht darin, den Wechselstrom gleichzurichten, den Mittelwert des gleichgerichteten Signals zu bestimmen und dann das Ergebnis mit dem Faktor 1,1 zu multiplizieren. Dieser Faktor stellt das konstante Verhältnis zwischen dem Mittelwert der gleichgerichteten Signale und dem Effektivwert einer reinen Sinuswelle dar.

Wenn die Signalform jedoch nicht vollständig sinusförmig verläuft, gilt dieser Zusammenhang nicht mehr. Abbildung 3



Bild 5: Die FLUKE-Multimeter der Serie 170 erfüllen die Anforderungen der EN 61010 und weisen einen hochwirksamen Transientenschutz auf.

Tabelle 2: Fluke Multimeter-Serie 170: Leistungsübersicht

Features	Modell 175	Modell 177	Modell 179
Echtheffektivwert (AC)	AC	AC	AC
Messbereichsumfang (Digit); 4 Messungen/s	6000	6000	6000
LCD-Beleuchtung	-	•	•
Analoger Bargraph mit 40facher Auffrischrate/s	33 Segmente	33 Segmente	33 Segmente
Bereichsautomatik	•	•	•
Display Hold und Auto Hold	•	•	•
Min-Max-Mittelwert; mit Min/Max-Alarm	•	•	•
Temperatur (zusätzlich mit Standard K-Thermoelement)	-	-	•
Filter-Modus zur Glättung instabiler Messsignale	•	•	•
Akust. Durchgang / Diodentest	•	•	•
Input-Check	•	•	•
Alarm bei Eingangsspannung über 30 V	•	•	•
Batteriekapazitäts-Anzeige	•	•	•
Ergonomisches Gehäuse mit integriertem Holster	•	•	•
Batteriewechsel ohne Öffnung des gesamten Gehäuses	•	•	•
Wählbarer „Sleep“ Modus spart Energie	•	•	•
Garantie	Lebenslang	Lebenslang	Lebenslang
EN 61010-1 Sicherheitsstandard	CAT III 1000 V CAT IV 600 V	CAT III 1000 V CAT IV 600 V	CAT III 1000 V CAT IV 600 V

Funktion	Maximum	Max. Auflösung	Modell 175	Modell 177	Modell 179
U =	1000 V	0.1 mV	±(0.15%+2)	±(0.09%+2)	±(0.09%+2)
U ~	1000 V	0.1 mV	±(1.0%+3)	±(1.0%+3)	±(1.0%+3)
I =	10 A	0.01 mA	±(1.0%+3)	±(1.0%+3)	±1.0%+3)
I ~	10 A	0.01 mA	±(1.5%+3)	±(1.5%+3)	±(1.5%+3)
Widerstand	50 MΩ	0.1 Ω	±(0.9%+1)	±(0.9%+1)	±(0.9%+1)
Kapazität	10000 µF	1 nF	±(1.2%+2)	±(1.2%+2)	±(1.2%+2)
Frequenz	100 kHz	0.01 Hz	±(0.1%+1)	±(0.1%+1)	±(0.1%+1)
Temperatur	-40 °C/+400 °C	0.1 °K			±(1.0%+10)
Maximale Ungenauigkeit im günstigsten Bereich, (% vom Messwert + Digits)					

zeigt eine solche, für RMS-Multimeter nicht mehr exakt messbare Signalform.

Hier setzen neue Echtheffektiv-Messschaltungen an, die es ermöglichen, den tatsächlichen, effektiven Wert von Wechselgrößen anzuzeigen, und zwar unabhängig davon, ob die Signalform sinusförmig oder getaktet ist. Damit sind dann auch komplizierte Messaufgaben bequem lösbar, wie eine solche z. B. in Abbildung 4 für ein Halogenlampen-Schaltnetzteil dargestellt ist. Man versuche einmal, die dort gezeigte Messung mit einem herkömmlichen Multimeter exakt durchzuführen! Denkt man an die heutige Vielzahl solcher getakteten Schaltungen, etwa in der Computer- oder Motorantriebs-Technik, ist die Echtheffektiv-Messung in allen Bereichen bis hinab zur anspruchsvollen Hobbyelektronik unumgängliches Feature neuer Multimeter-Generationen.

Multimeter-Reihe 170 von FLUKE

Genau dem entspricht die neue Multimeter-Reihe 170 von FLUKE (Abbildung 5), die dieses Feature bietet und exakt nach den vielfältigen modernen Anforderungen

von Anwendergruppen konzipiert wurde. Sie wendet sich an Industrietechniker, Elektriker, Elektroniker und Ingenieure, die sich an hohen Qualitätsnormen orientieren und deren Arbeitsumgebung von relativ „sauberen“ Bereichen bis hin zu den widrigsten Umgebungsbedingungen reicht.

Neben der Echtheffektivmessfunktion für Wechselspannungen und -ströme weisen die Messgeräte, deren technische Daten und Leistungsmerkmale in Tabelle 2 aufgeführt sind, selbstverständlich zahlreiche Automatik- und Komfortfunktionen wie Min-/Max-/Mittelwertaufzeichnung, Auto Hold, Display Hold auf. Kennzeichnend ist auch die sehr hohe Aktualisierungsrate der beleuchteten Digitalanzeige von 4 x je Sekunde, während die analoge Bargraphanzeige 40 x je Sekunde aktualisiert wird. Auch die hohe Grundgenauigkeit von 0,09 % (0,15 % bei Modell 175) entspricht dem hohen Niveau dieser Multimeter.

Eines der gravierendsten Features der Multimeter-Serie ist wohl die Anpassung an die diskutierte Norm EN 61010. Die Geräte entsprechen den Kategorien CAT IV bis 600 V und CAT III bis 1000 V - die höchste Spezifikation, die es für Mul-

timeter gibt. Alle Eingänge überstehen Spannungsspitzen bis 8 kV und Fluke setzt Sicherungen bis 100 kA Löschvermögen ein.

Schließlich sorgt ein neues, extrem robustes Holsterdesign für mechanische Sicherheit des Messgerätes auch unter rauen Bedingungen (z. B. gezielte Kraftverteilung über das gesamte Gehäuse bei Aufprall), zum Wechseln der Batterie und zum Nachkalibrieren (Closed-Case-Kalibrierung) muss das Gehäuse nicht mehr geöffnet werden, die Gehäuse sind staubdicht und spritzwassergeschützt. Die lebenslange Herstellergarantie erhält die Investition über eine lange Betriebszeit.

Damit steht dem Elektroniker jetzt eine Messgerätegengeneration zur Verfügung, die die härteren Anforderungen an moderne Multimeter, wie wirksamen Transientenschutz und die Überspannungsfestigkeiten, nach CAT III/IV erfüllt.

Literatur:

Dr.-Ing. Bodo Appel, FLUKE GmbH Deutschland: „Neue Anforderungen an Multimeter“

Dr.-Ing. Bodo Appel, FLUKE GmbH Deutschland: „Sicherheit beim Messen“ 