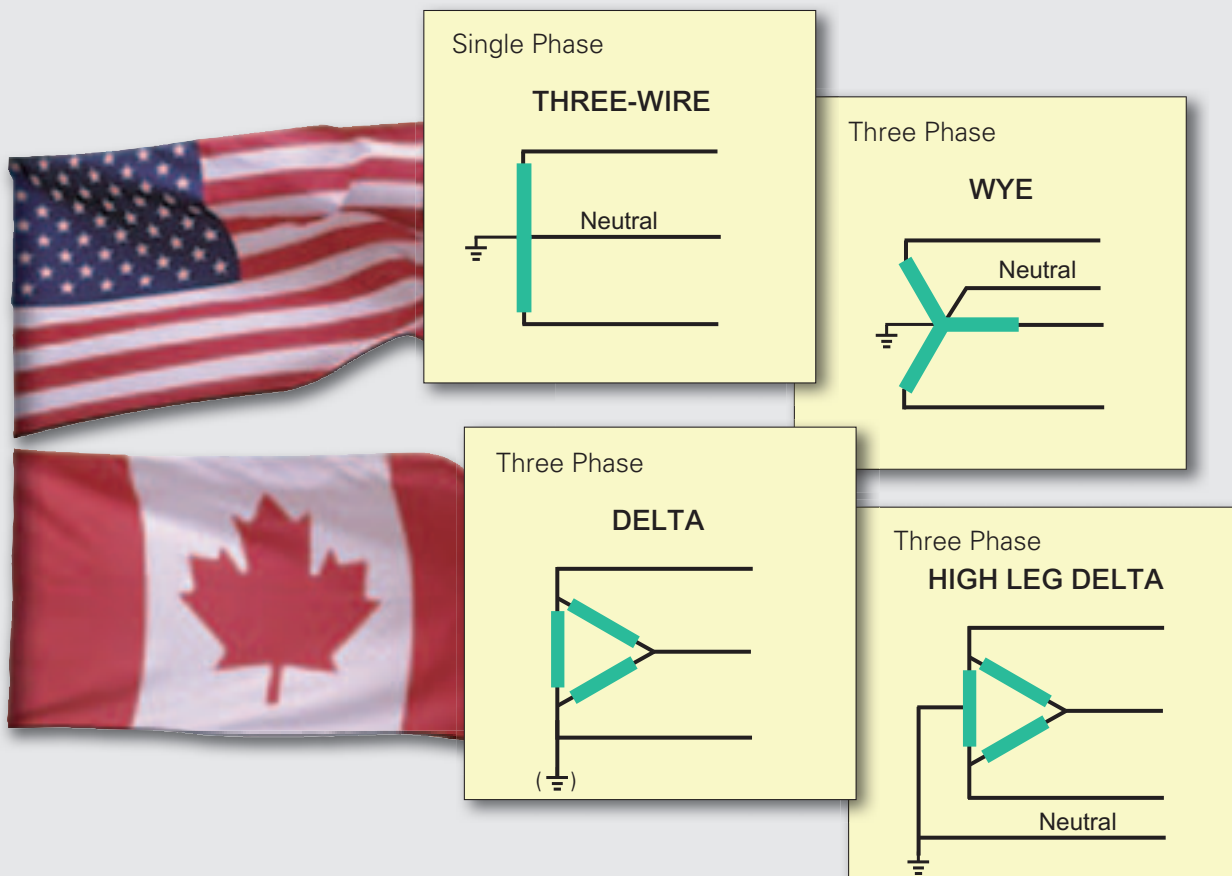


Exportrelevante Spannungsangaben und Netzformen in Nordamerika



Fachaufsatz
Dipl.-Ing. Wolfgang Esser

Eine frühere Erfassung der üblichen Netzformen und gebräuchlichen Spannungen in Nordamerika zeigte eine Vielzahl lokaler Varianten. Diese hingen sicherlich mit historischen Strukturen, aber auch mit den gewaltigen Dimensionen dieses Kontinents, den Entfernungen zwischen Standorten mit Energieressourcen und den Lastzentren, dem hohen Stromverbrauch und der individuellen Notwendigkeit von Eigenstromversorgungen zusammen. Mit einer derartigen Vielfalt konnte man weder wirtschaftlich, noch technisch sicher umgehen. Die Norm ANSI¹ C84.1 brachte eine starke Reduzierung der gebräuchlichen Spannungen und sie wurde zu einem eindeutigen Beispiel für die bereinigende Wirkung durch eine Normung. Die Norm hat die Aufgabe die unterschiedlichen Interessen einerseits bei der Elektrizitätserzeugung und -verteilung und andererseits bei der Elektrizitätsnutzung, z. B. durch die Festlegung von Toleranzen, zu koordinieren. Während die Energieerzeugung, der Energiehandel und die Energieverteilung früher überwiegend in einer Hand lagen, liegen sie heute meistens in der Verantwortung von unterschiedlichen Firmengruppen mit jeweils eigenen Geschäftsinteressen.

Es gibt auch heute noch in Amerika regionale Unterschiede bei der Elektrizitätsversorgung. Der exportierende Lieferant (OEM²) einer Maschine oder Anlage mit einer zugehörigen elektrischen Ausrüstung sollte die Netzbedingungen mit den späteren Anlagenbetreibern rechtzeitig und verbindlich klären. Sowohl die Netzspannung, als auch die Netzform hat Einfluss auf die Auswahl und den Einsatz der Schalt- und Schutzgeräte. Dreieck-Netze oder ungeerdete Stern-Netze schließen einige moderne, europäische Lösungen aus. Auf die richtigen Spannungsangaben sind sowohl Fachleute, als auch Laien angewiesen.

Die Frage nach der zu wählenden Spannung in Nordamerika überfordert viele Laien bei der Urlaubsplanung, aber auch bei Fachleuten sorgt sie häufig für Verunsicherung beim Export von Maschinen und Anlagen. Das liegt mit daran, dass man häufig über unterschiedliche Spannungsangaben spricht (*Service Voltage* oder *Utilization Voltage*, *Nominal System Voltage* oder *Rated Voltage* und schließlich die *Motor Nameplate Voltage*), zwischen denen man in der IEC-Welt nicht unterscheidet. In der IEC-Welt spricht

man, von der Erzeugung bis zur Nutzung, über die Betriebsspannung und man setzt die Einhaltung der Toleranzen für den Spannungsfall voraus. Die Spannung ist in Deutschland ein elektrischer Parameter, über den man relativ wenig nachdenken muss.

Der Aufsatz beschäftigt sich ausschließlich mit Niederspannungen in öffentlichen Netzen und Industrienetzen sowie mit den daraus versorgten Betriebsmitteln im gewerblichen und industriellen Bereich. Er vermittelt auszugsweise wissenswerte Informationen für die Projektanten nach Amerika exportierender Firmen. Die verbindlichen Informationen vermittelt der „*American National Standard for Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings (60 Hertz)*, ANSI C84.1-2006“ oder für Kanada der CSA³ Standard „CAN-3-C235-83“.

Service Voltage und Utilization Voltage

Im Aufsatz soll nur der Niederspannungsbereich (*Low Voltage*) betrachtet werden, der auch in Nordamerika alle Spannungen mit Effektivwerten bis 1000 V umfasst (wurde mit ANSI C84.1-2006 angehoben auf 1200 V). Oberhalb von 1000 V (1200 V) spricht man von Mittel- und Hochspannungen. Im Folgenden werden ausschließlich Wechselspannungen betrachtet, die aber auch als Drehstromsysteme auftreten können. Die Nennfrequenz aller Spannungen beträgt einheitlich 60 Hz. Alle später beschriebenen Spannungsarten und Toleranzen beziehen sich auf den kontinuierlichen Betrieb, ohne die Betrachtung kurzfristiger Veränderungen durch Schaltvorgänge oder durch den Anlauf größerer Motoren. Schwer oder lange anlaufende Antriebe können im Einzelfall zur Einhaltung der festgelegten Toleranzen besondere Anlassarbeiten und besondere Dimensionierungen der Leitung erfordern.

Während man in der IEC-Welt einheitlich mit dem Begriff der Betriebsspannung (vergleichbar in Amerika: *Nominal System Voltage* oder *Rated voltage*) arbeitet, unterscheidet man in Nordamerika zwischen unterschiedlich benannten Spannungen, zum einen im Verteilungs- / Versorgungsnetz und zum anderen in den Verbrauchsanlagen. Die *Service Voltage* ist die Spannung im Versorgungsnetz. Ihre Toleranzen sind insbesondere am Übergabepunkt der Leitungen der Strom-

versorgungsunternehmen zu den Leitungen des Endverbrauchers, also am Hausanschlusskasten (*point of connection*, *point of common coupling*), einzuhalten. Für die Qualität dieser Spannung ist das Elektrizitätsversorgungsunternehmen verantwortlich. Die tatsächliche *Service Voltage* liegt normalerweise zwischen 95 ... 105 % ihrer Nominalspannung. Bei den Überlegungen zu den Spannungstoleranzen muss man berücksichtigen, dass in den amerikanischen großflächigen Bundesstaaten mehr Stickleitungsnetze anzutreffen sind, statt dichter Maschennetze, die eine höhere Versorgungssicherheit und eine höhere Spannungs Konstanz ermöglichen.

Die *Utilization Voltage* ist die Spannung im Verbrauchernetz, insbesondere die wirksame Spannung am Anschlusspunkt des Betriebsmittels. Die *Utilization Voltage* darf im ungünstigsten Fall zwischen 87 ... 106 % der Nennspannung schwanken. Die Differenz zwischen der minimalen *Service Voltage* und der minimalen *Utilization Voltage* ist der zulässige Wert des Spannungsfalls (*Voltage drop*) innerhalb der Verbraucheranlage. Für die Qualität dieser Spannung sind der Anlagenbetreiber und der Elektroinstallateur durch die richtige Leitungsdimensionierung verantwortlich. Der nach dem NEC⁴ zulässige Spannungsfall von maximal 5 % wird üblicherweise aufgeteilt, in einen Spannungsfall von 3 % bis zur Einspeisung und 2 % für die Verbraucher-Installation.

Bei den Toleranzen beider Spannungen unterscheidet man jeweils zwischen einem idealen Level (*Range A*) und einem noch tolerierbaren Level (*Range B*). Spannungen nach *Range B* sollen sowohl nach ihrer Häufigkeit, als auch der Dauer ihres Auftretens begrenzt sein. Es bestehen aber keine verbindlichen Festlegungen für diese Begrenzungen, sowie für das Auftreten von Spannungen außerhalb von *Range B*. Die Toleranzen können besonders in gering vermaschten Netzen, mit langen Stickleitungen, durch große Spannungsfälle oder starke Lastschwankungen kritisch werden.

Bei Drehstromsystemen kann zusätzlich zur Toleranz der Spannungshöhe eine Spannungsungleichheit (*Voltage Unbalance*) zwischen den einzelnen Phasen oder den Phasen und einem u. U. vorhandenen Neutralleiter auftreten. Die Spannungsungleichheit ohne Last soll nach ANSI C84.1 nicht mehr als 3 % betragen. Sie ist u. U. mit einem Dering-Faktor auf die Motorleistung, nach

¹ ANSI = American National Standards Institute, Inc, <http://www.ansi.org/>

² OEM = Original Equipment Manufacturer

³ CSA = Canadian Standards Association, <http://www.csa.org/>

⁴ NEC = National Electrical Code

Anhang D der ANSI C84.1 zu berücksichtigen, der beispielsweise bei 3 % Spannungsungleichheit mit 0,9 festgelegt wurde. Die Spannungsungleichheit wird ermittelt:

$$\text{Spannungsgleichheit [\%]} = 100 \times \frac{(\text{max. Abweichung von der durchschnittlichen Spannung})}{(\text{durchschnittliche Spannung})}$$

Beispiel:
Die gemessenen Spannungen (Phase zu Phase) betragen 230 V, 232 V und 225 V. Der Durchschnitt ergibt sich mit 229 V und die größte Abweichung vom Durchschnitt mit 4 V. Die Spannungsungleichheit beträgt in diesem Beispiel 1,75 %.

Eine Spannungsungleichheit führt bei Motoren auch zu einer Stromungleichheit. Hier bietet sich der Schutz der Motoren mit den vielfältigen Schutzgeräten die eine IEC-Phasenausfallempfindlichkeit aufweisen besonders an. Die **Tabelle 1** zeigt die grundsätzlichen Auswirkungen von Abweichungen der tatsächlich anliegenden Betriebsspannung von der Bemessungsspannung bei Drehstrommotoren.

Eine Untersuchung des EPRI⁵ zeigte, dass die meisten der typischen Endabnehmer mit täglichen Spannungsschwankungen von $\leq 3\%$ rechnen müssen. Immerhin mehr als 10 % der Endverbraucher müssen auch mit Spannungsschwankungen von $\geq 7\%$ rechnen, die dann auch außerhalb von *Range B* liegen können [1]. In 98 % der Netze liegt die Spannungsungleichheit bei $\leq 3\%$ und bei 66 % der Netze bei $\leq 1\%$.

Der Endverbraucher kann, außer durch sein Energiebewusstsein, auf die Qualität der Elektrizitätsversorgung kaum Einfluss nehmen. Lastschwankungen, lange Versorgungsleitungen und Eigenstromerzeugung außerhalb der Einflussmöglichkeiten der Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen gestalten die Spannungsregelung auch für die Versorgungsunternehmen zu einer täglichen Herausforderung. Häufige und längere Abweichungen sollten den Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen gemeldet werden, damit diese einen besseren Überblick erhalten und auf die Abweichungen reagieren können. Die Stromversorgungsunternehmen müssen erschwerend bei ihren Ausbauplanungen und regelnden Maßnahmen von sich immer verändernden Planungszielen ausgehen. Private Spannungsregeleinrichtungen

	Auswirkungen von Abweichung der Betriebsspannung U_e von der Bemessungsspannung des Motors	
	Betrieb bei 90 % U_n	Betrieb bei 110 % U_n
Anzug- und Kippmoment	ca. - 20 %	ca. + 20 %
Schlupf in %	zunehmend	abnehmend
Volllast-Drehzahl	leicht abnehmend	leicht zunehmend
Anzugsstrom	- 10 %	+ 10 %
Volllaststrom	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung
Leerlaufstrom	abnehmend (~ 10 bis 30 %)	zunehmend (~ 10 bis 30 %)
Temperaturanstieg im Motor	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung
Volllast-Wirkungsgrad	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung	unterschiedlich je nach Motorgröße und Auslegung
Volllast-Leistungsfaktor	leichte Zunahme	leichte Abnahme
Magnetisch verursachte Geräusche	leichte Abnahme	leichte Zunahme

Tabelle 1: Allgemeine Einflüsse von Abweichungen der Betriebsspannung von der Bemessungsspannung bei Drehstrommotoren. Weder eine Unter-, noch eine Überspannung hat besonders positive Einflüsse, daher sind möglichst geringe Toleranzen anzustreben.

gen in Verbraucheranlagen mit empfindlichen Betriebsmitteln sind in Nordamerika häufig notwendig. Die in Amerika übliche Aufteilung in Service Voltage und Utilization Voltage ist also sehr stark eine Frage der Zuständigkeit und der Verantwortung für die Qualität der Spannungen.

Leistungsschild-Spannung

Auch in Nordamerika ist es üblich, bei Motoren und bei den Schalt- und Schutzgeräten für Motoren auf dem Leistungsschild die Bemessungsspannung anzugeben, für die diese Betriebsmittel dimensioniert wurden. Diese Bemessungsspannung wird bei Motoren *Nameplate Voltage* genannt. Auffällig und verwirrend ist, dass diese Spannung aber nicht mit der nominalen Netzspannung übereinstimmt. An ein 480 V Netz wird z.B. ein für 460 V gewickelter Motor angeschlossen. Die *Nameplate Voltage* entspricht in etwa der minimalen Service-Spannung und sie berücksichtigt, dass diese motorischen Betriebsmittel fast nie mit der Nominal-Spannung des Netzes betrieben werden. So lassen sich die Betriebsströme für die Einstellung der Schutzgeräte genauer bestimmen und die zulässigen Spannungstoleranzen der Motoren besser ausnutzen. In den Katalogen von verschiedenen Schaltgeräthherstellern und auf den Leistungsschildern von Schalt- und Schutzgeräten werden uneinheitlich entweder die *Nameplate Voltage* (einfacher für den Anwender) oder die nominale Systemspannung (Netzspannung) angegeben. **Bild 1** zeigt ein Leistungsschild von

einem Eaton Leistungsschutz. Hier wird sowohl die Nominal-Netzspannung, als auch die Motor-Nameplate-Voltage angegeben. Die Leistungsangaben entsprechen NEMA-Leistungen von Motoren. Die elektrischen Prüfungen an den Schaltgeräten werden mit den höheren Nominal-Netzspannungen = Bemessungsbetriebsspannungen, zuzüglich der vorgeschriebenen Toleranzen, durchgeführt. Eine gewisse Hilfe bei der Geräteauswahl bieten die in Amerika üblichen NEMA-Größen der Betriebsmittel und Schaltgerätekombinationen. Die **Tabelle 2** gibt die Toleranzen der beschriebenen Spannungen der Netze an.

Die *Utilization Voltage* (zulässige Spannung am Anschlusspunkt der Betriebsmittel) ist, nach **Tabelle 3**, weder identisch mit den üblichen Bemessungsspannungen der Motoren (*Nameplate Voltages*), noch mit den nach NEMA⁶ zulässigen Spannungstoleranzen an den Betriebsmitteln. Besonders bei kleinen und empfindlichen Wechselstrom-Betriebsmitteln (Rasierapparate, Computer usw.) sind in Nordamerika Weitbereichsnetzteile besonders sinnvoll. Häufig sind für die Datensicherheit bei Computern und Automatisierungssystemen unterbrechungsfreie Stromversorgungsgeräte (USV) erforderlich.

⁵ EPRI = Electric Power Research Institute

⁶ NEMA = National Electrical Manufacturers Association, <http://www.nema.org/>

Bild 1: Beispiel für Spannungsangaben für Nordamerika auf dem Leistungsschild eines Leistungsschützes von Eaton. Es werden die Normal-Netzspannungen und die Motor-Nameplate-Voltages angegeben.

Hinweis zur Abnahme europäischer Schaltanlagen beim Export nach Nordamerika:

Beim Export werden häufig Motoren eingesetzt, die in kW dimensioniert wurden. Hier kann es sein, dass der Inspektor die kW-Werte in HP umrechnet und dann für die Leitungsdimensionierung die Ströme des nächst größeren Norm-HP-Motors berücksichtigt. Dieses Vorgehen kann dazu führen, dass größere Leitungsquerschnitte zu verwenden sind, als sie nach den tatsächlich fließenden Strömen erforderlich wären.

Kurzschlussleistungen und Kurzschlussströme in Nordamerika

Die nordamerikanischen Netze sind meistens weicher, als europäische Netze, da die Transformatoren häufig eine höhere Kurzschlussleistung von bis zu 7 % besitzen. Bei Berechnungen für größere Verbrauchsanlagen sollte die abweichende Kurzschlussleistung bei der Kurzschlussstromberechnung berücksichtigt werden. Bei einer höheren Kurzschlussleistung des Leistungstransformators ist der maximale Kurzschlussstrom, den er bereitstellt, geringer als bei kleinen Kurzschlussleistungen. Im IEC-Bereich findet man in Kurzschlussleistungstabellen für Transformatoren üblicherweise nur die Kurzschlussströme, die die Transformatoren auf der Sekundärseite bereitstellen. In amerikanischen Tabellen werden z.T. höhere Ströme angegeben, da zusätzlich Anteile der Rückspeiseströme von Motoren berücksichtigt werden, die ebenfalls vom kurzgeschlossenen Netz gespeist werden. Üblich ist durchaus auch die Angabe von Werten für unterschiedliche, potenzielle Kurzschlussströme, die auf der Trafo-Primärseite auftreten können. Die amerikanischen Tabellen sind komplexer und beinhalten mehr Auswahlkriterien. Die **Tabelle 4** zeigt, auf IEC-Basis, Anhaltswerte für Kurzschlussströme bei amerikanischen Spannungen und bei unbegrenzter primärseitiger Kurzschlussleistung.

Netzformen in Nordamerika

Normalerweise sind die Netzformen für den Elektrizitätsanwender nicht ganz so wichtig, wie die Höhe der Spannungen. Die Netzformen können allerdings die Einsatzmöglichkeit verschiedener Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag ausschließen und sie entscheiden, ob überhaupt ein Neutraleiter im Netz zur Verfügung steht und ob dieser geerdet oder ungeerdet ist. Dadurch entscheiden die Netzformen auch über die Spannung

	Range B Minimum	Range A Minimum	Nominal System Voltage	Range A Maximum	Range B Maximum
Utilization Voltage	87 %	90 %		104 %	105,8 %
	418 V	432 V	480 V	499 V	508 V
Service Voltage	85 %				
	86				
	87				
	88				
	89				
	90				
	91				
	92				
	93				
	94				
95					
96					
97					
98					
99					
100 %					
101					
102					
103					
104					
105					
106 %					
	92 %	95 %		105 %	105,8 %
	442 V	456 V	480 V	504 V	508 V

Tabelle 2: Toleranzen von Service Voltage und Utilization Voltage, mit Beispielen für die, in den USA, wichtige Spannung 480 V, 60 Hz.

Nominal-Netzspannung Rated voltage	Service Voltage	Utilization Voltage		Nameplate Voltage Bemessungsspannung des Motors	NEMA Anforderung
		Range B	Range A		
Toleranz →	- 5 %, + 5 %	- 13 %, + 6 %	- 10 %, + 4 %		- 10 %, + 10 %
120 V	114 – 126 V	104,4 – 127,2 V	108 – 124,8 V	115 V	103,5 – 126,5 V
208 V	197,6 – 218,4 V	181 – 220,5 V	187,2 – 216,3 V	200 V	180 – 220 V
240 V	228 – 218,4 V	208,9 – 254,4 V	216 – 249,6 V	230 V	207 – 253 V
277 V	263,2 – 290,9 V	241 – 293,6 V	249,3 – 288 V	–	
480 V	456 – 504 V	417,6 – 508,8 V	432 – 499,2 V	460 V	414 – 506 V
Bandbreite	10 %	19 %	14 %		20 %

Tabelle 3: Die wichtigsten Nominal-Netzspannungen und die zugeordneten Nameplate Voltages (Betriebsspannungen) der Betriebsmittel. Zusätzlich werden die Bandbreiten der Toleranzen und die zulässigen absoluten Werte der Spannungen angegeben.

Anhaltswerte für Kurzschlussströme von amerikanischen Transformatoren, 3-phasig							
Nennleistung kVA	Kurzschluss- spannung u_k %	240 V, 60 Hz		480 V, 60 Hz		600 V, 60 Hz	
		Nenn- strom A	Kurzschluss- strom I_k'' kA	Nenn- strom A	Kurzschluss- strom I_k'' kA	Nenn- strom A	Kurzschluss- strom I_k'' kA
300	5	722	14,4	361	7,2	289	5,8
500	5	1203	24,1	601	12,0	481	9,6
750	5,75	1804	31,4	902	15,7	722	12,6
1000	5,75	2406	41,8	1203	20,9	962	16,7
1500	5,75	3609	62,8	1804	31,4	1444	25,1
2000	5,75	–	–	2406	41,8	1924	33,5
2500	5,75	–	–	3008	52,3	2405	41,8
3000	5,75	–	–	3609	62,8	2886	50,2

Tabelle 4: Nennströme und Anhaltswerte für Kurzschlussströme nordamerikanischer Leistungstransformatoren.

I_k'' = Transformator-Anfangskurzschlusswechselstrom beim Anschluss an ein Netz mit unbegrenzter Kurzschlussleistung.

an einphasigen Betriebsmitteln, die notfalls zwischen zwei Phasen angeschlossen werden müssen. Für den Export von elektrischen Anlagenausrüstungen ist es oft sinnvoll, besonders wenn man die vorhandenen Netzverhältnisse nicht sicher klären kann (z.B. bei Serienmaschinen), sich durch den Einbau eines Eingangstransformators (*Power Transformer*) in die Schaltanlage von dem Vorhandensein eines Neutralleiters im örtlichen Netz unabhängig zu machen. Dann kann man Einphasen-Betriebsmittel an einem eigenen Einphasennetz mit Neutralleiter anschließen. Auch bei der Auswahl von Schalt- und Schutzgeräten für Drehstrombetriebsmittel ist, wie später beschrieben, zu beachten, dass Schalt- und Schutzgeräte die nach IEC oder EN konstruiert wurden, aufgrund ihrer Luft- und Kriechstrecken z.T. nur für den Einsatz in starr geerdeten Netzen mit oder ohne Neutralleiter approbiert sind (z.B. UL 508 Type E Motorstarter, UL 508 Type F Motorstarter). Auch in Drehstromnetzen kann man mit einem Anpasstransformator in der Zuleitung zur Maschine arbeiten. Der Transformator ermöglicht dann zum Beispiel den Aufbau eines geerdeten Sternnetzes für diese Maschine, um Geräte einsetzen zu können, die ein solches Netz voraussetzen. Dies wird aber aus wirtschaftlichen Gründen nur bis zu einer bestimmten Leistung realisierbar sein.

Die Netzformen, nach **Bild 2**, werden auch gezeigt, um deutlich zu machen, dass man in Nordamerika auf verkettete Spannungen treffen kann, die nicht um den in den meisten Ländern üblichen Faktor $\sqrt{3}$, für eine Phasenverschiebung von 120° , verknüpft sind. Einige Netzformen sind ausschließlich in Nordamerika im Gebrauch. Das **Bild 1** bewertet die quantitative Verteilung der dargestellten Netzformen nicht, man trifft heute aber überwiegend geerdete Netze an. (Man muss damit rechnen, dass das Erdpo-

tenzial nicht zentral verteilt wird, sondern dass die Erdung dezentral erfolgt. Dann kann es zu Spannungsunterschieden zwischen mehreren dezentralen Erden kommen.) Häufig bilden die Conduits (Installationsrohre) gleichzeitig den Schutzleiter oder es wird ein blanker Kupferdraht eingezogen.

① stellt die heute überwiegende Form von Einphasennetzen dar. Gelegentlich kommen noch ungeerdete Einphasennetze vor. Die Nominal-Netzspannung im Einphasennetz ist meistens 120 V und die angeschlossenen Betriebsmittel sol-

len eine Bemessungsspannung oder Nameplate Voltage von 115 V aufweisen. Das Netz ② stellt zwei Einphasensysteme ohne gegenseitige Phasenverschiebung zur Verfügung, mit üblicherweise zweimal 120 V bzw. mit 240 V zwischen den beiden Phasen.

Geerdete Netze erleichtern generell die Anwendung von Schutzmaßnahmen, deren Wirkung auf der Abschaltung der Energie beruht (abschaltende Schutzmaßnahmen). In Verbrauchsanlagen z. B. der Automobilindustrie trifft man auch in Nordamerika auf ungeerdete IT-Netze, die es ermöglichen, dass ein erster Isolationsfehler nicht zur Abschaltung durch die Schutzorgane führt (höhere Energie- und Anlagenverfügbarkeit in überschaubaren Elektroinstallationen). Der erste Fehler wird im IT-System über einen Isolationswächter gemeldet und er soll in einer Betriebspause beseitigt werden. Ein zusätzlicher, zweiter Fehler führt zur normalen Abschaltung der Stromversorgung. Eine Variante dieses Netzes sieht eine Erdung des Sternpunktes über eine manchmal einstellbare, hochohmige Impedanz dar, die Höhe des Erdschlussstromes begrenzt. Das Vorhandensein und die Höhe eines Erdschlussstromes kann u. U. mit einem Stromwandler für Melde- oder Schutzfunktionen überwacht werden.

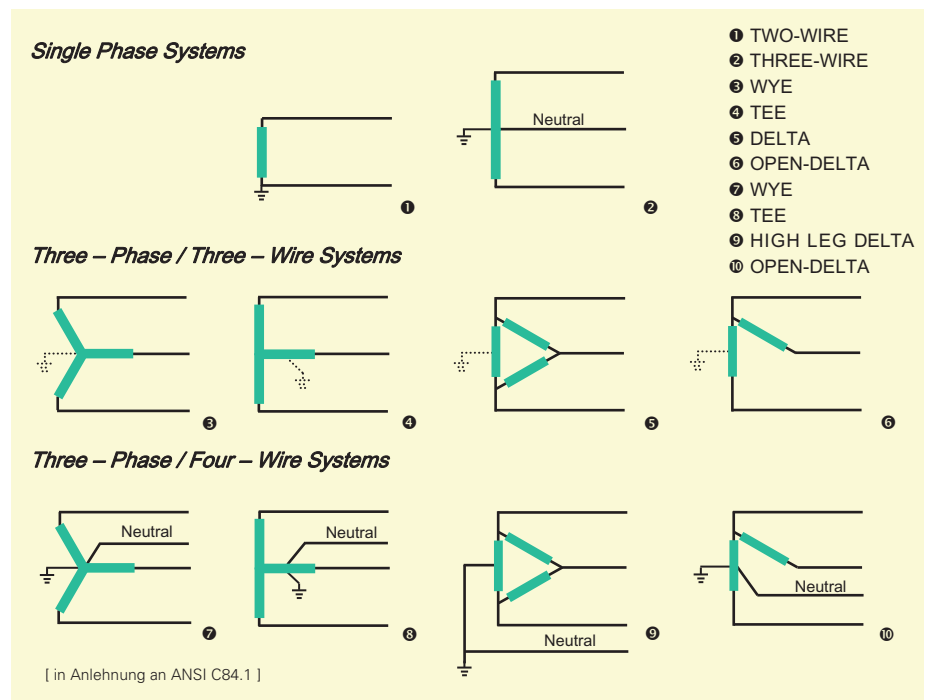


Bild 2: Netzformen in Nordamerika, ohne Bewertung der Häufigkeit ihres Einsatzes. Im Bild sind jeweils nur die Sekundärwicklungen der Transformatoren dargestellt. Bei den Schaltungen ⑤ und ⑥ kann die Erdung am Mittelpunkt einer Wicklung (siehe Zeichnung) oder alternativ an einer Ecke erfolgen. Einphasige Betriebsmittel können an Einphasensysteme angeschlossen werden oder an Dreiphasensysteme zwischen zwei Phasen oder, wenn vorhanden, zwischen Phase und Neutralleiter.

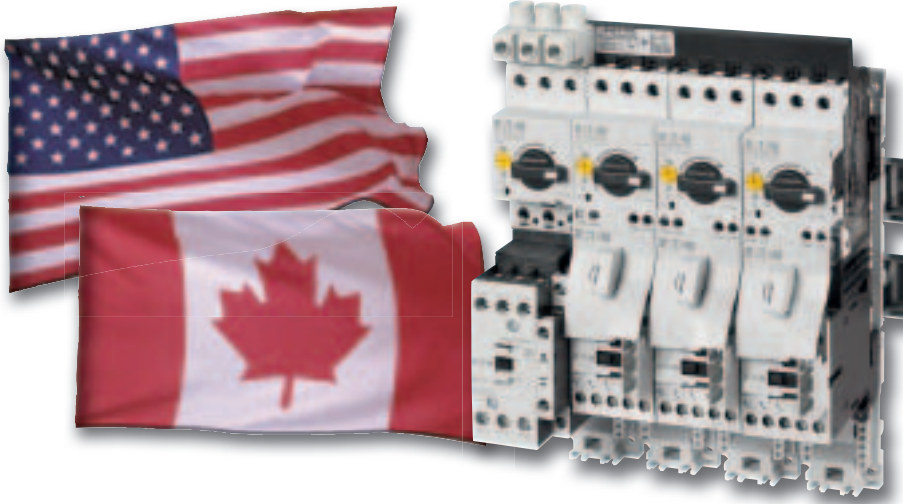


Bild 3: Viele Schalt- und Schutzgeräte von Eaton wurden speziell für die Anforderungen des amerikanischen Marktes entwickelt, sie lassen sich gleichzeitig aber auch in Ländern einsetzen, in denen nach den IEC-Normen projektiert wird. Eine wichtige Projektierungsinformation stellt die Höhe der im Einsatzgebiet üblichen Spannung und Netzform dar.

In den USA werden überwiegend Netzspannungen bis 480 V 60 Hz genutzt und in Kanada trifft man auf Netzspannungen bis 600 V 60 Hz. Für den Maschinen-Exporteur stellt die Ermittlung der Netzform am Betriebsort oft ein großes Problem dar. Bei einigen Schaltgerätearten, die im Eaton Hauptkatalog und in der Veröffentlichung [2] benannt werden, ist es wichtig, auf die Netzform zu achten, da diese Schalt- und Schutzgeräte ausschließlich für den Einsatz in starr geerdeten Stern-Netzen approbiert werden konnten. So können einige Geräte ausschließlich in Netzen mit 600Y / 347 V AC oder 480Y / 277 V AC (Netze mit Slash-Voltages⁷) betrieben werden (**Bild 3**). Informationen hierzu geben der Katalog und auch die Aufdrucke auf den Leistungsschildern der Produkte.

Wenn man wegen der Netzform unsicher ist, muss man Alternativen nutzen, die auch in Dreieck-Netzen an der vollen Spannung betrieben werden können. Wenn die Einschränkung nur wenige Geräte betrifft, kann man zum Beispiel:

- größere Leistungsschalter *NZM* statt kleiner Leistungsschalter *FAZ-NA* einsetzen,
- **Motorschutzschalter** mit Gruppenschutz-Vorschaltorgane statt kompakter **Type E-** oder **Type F-Motorstarter** einsetzen, (dann können dann u.U. bei **Sammelschienensystemen** die Anforderungen an

den Einbau im Branchbereich genutzt werden)

- in bestimmten Strombereichen größere Leistungsschalter *NZM2* statt der kompakteren Leistungsschalter *NZM1* einsetzen.

Schaltgeräte für den Export und für nachträgliche Spannungsumstellungen

Zunehmend ergibt sich das Problem, dass der Standort von Maschinen oder ganzen Fertigungseinrichtungen an Orte mit anderen Spannungs- und / oder Frequenzverhältnissen verlagert werden. Eaton bietet bei Schützen verschiedenartige Spulen an, um nachträgliche Änderungen zur Spannungs- und Frequenzanpassung zu erleichtern oder um die lagerhaltigen Varianten für den Schaltgeräteverarbeiter zu reduzieren. Eaton wählte den Lösungsansatz, dass man bei einem Standortwechsel die Steuerspannung der gesamten Anlage mit einem Steuerspannungstransformator umstellt. Einmal werden Doppelfrequenzspulen angeboten, die bei der gleichen Spannungshöhe sowohl für 50, als auch für 60 Hz eingesetzt werden können. Dieser Kompromiss führt wegen einer kleinen Überenergie im Schützenantrieb, beim Betrieb in 50 Hz-Netzen, zu einer Lebensdauerreduzierung um ca. 30 %. Empfehlenswerter sind die Doppelspannungsspulen, die durchgängig für eine 50 Hz Normspannung und gleichzeitig für eine zweite 60 Hz Normspannung optimiert wurden. Bei einer Anlage, die für 230 V, 50 Hz projektiert wurde, wechselt man den Steuerspannungstransformator aus, und betreibt die Anlage dann mit der Steuerspannung 240 V, 60 Hz (beim Ein-

satz von Eaton Schützen mit Doppelspannungsspulen). Für den Einsatz in Nordamerika empfiehlt Eaton den Einsatz einer zentral erzeugten Steuerspannung von 120 V 60 Hz. Dafür werden Schütze mit den Doppelspannungsspulen 110 V 50 Hz / 120 V 60 Hz angeboten. Alternativ gibt es auch Einspannungsspulen für 115 V 60 Hz. Üblicherweise besitzen auch approbierte Steuerspannungstransformatoren zusätzliche, primärseitige Anzapfungen für eine Anpassungen der Steuerspannung an die örtlichen Spannungsverhältnisse. Eaton Schütze der Generation xStart [3] besitzen zudem mindestens einen sicheren Arbeitsbereich zwischen 0,8 und 1,1 x U_c . Neben der erwähnten Umstellung im Steuerspannungsbereich muss die ganze Maschinen-Schaltanlage auf notwendige Änderungen untersucht werden (geänderte Motorströme / Schutzorgane, Auswirkungen von geänderten Motordrehzahlen usw.).

Speziell nach den Vorstellungen der amerikanischen Halbleiter-Hersteller bietet Eaton eine Schützeihe nach der Norm SEMI F47⁸, mit erhöhter Spannungssicherheit für besonders ausfallkritische Schaltanlagen an. Diese Schütze fallen erst bei ca. 30 % der Steuerspannung ab (**Bild 4**) und sie können auch in anderen Branchen mit besonders hohen Ansprüchen an die Anlagenverfügbarkeit eingesetzt werden.

Die Spannungsumstellung ist allerdings nur ein Teilaspekt bei der Umrüstung einer Schaltanlage. Man muss auch beachten, dass eine 50 Hz IEC-Schaltanlage weitere Abweichungen von einer 60 Hz Nordamerika-Schaltanlage beinhaltet, die geändert werden müssen [2]. Es müssen alle Komponenten approbiert sein und es muss beispielsweise approbiertes Verdrahtungsmaterial verwendet werden. Die Übereinstimmung von Betriebsmittelströmen und den zugeordneten Einstellungen der Schutzgeräte muss überprüft werden. Mit dem Schutz der Steuerspannungstransformatoren und Steuerstromkreise befasst sich ein separater Aufsatz [5].

Empfehlungen für den Export

Wenn sich die Netzform nicht klären lässt, wird empfohlen im Angebot für eine Maschine oder Anlage deutlich darauf hinzuweisen, dass eine Maschine für ein starr geerdetes Sternnetz, z.B. 480 Y / 277 V geliefert wird.

⁷ Der Slash ist der Schrägstrich zwischen der Stern- und der Dreieckspannung, er gibt diesen Spannungen den Namen.

⁸ www.semi.org

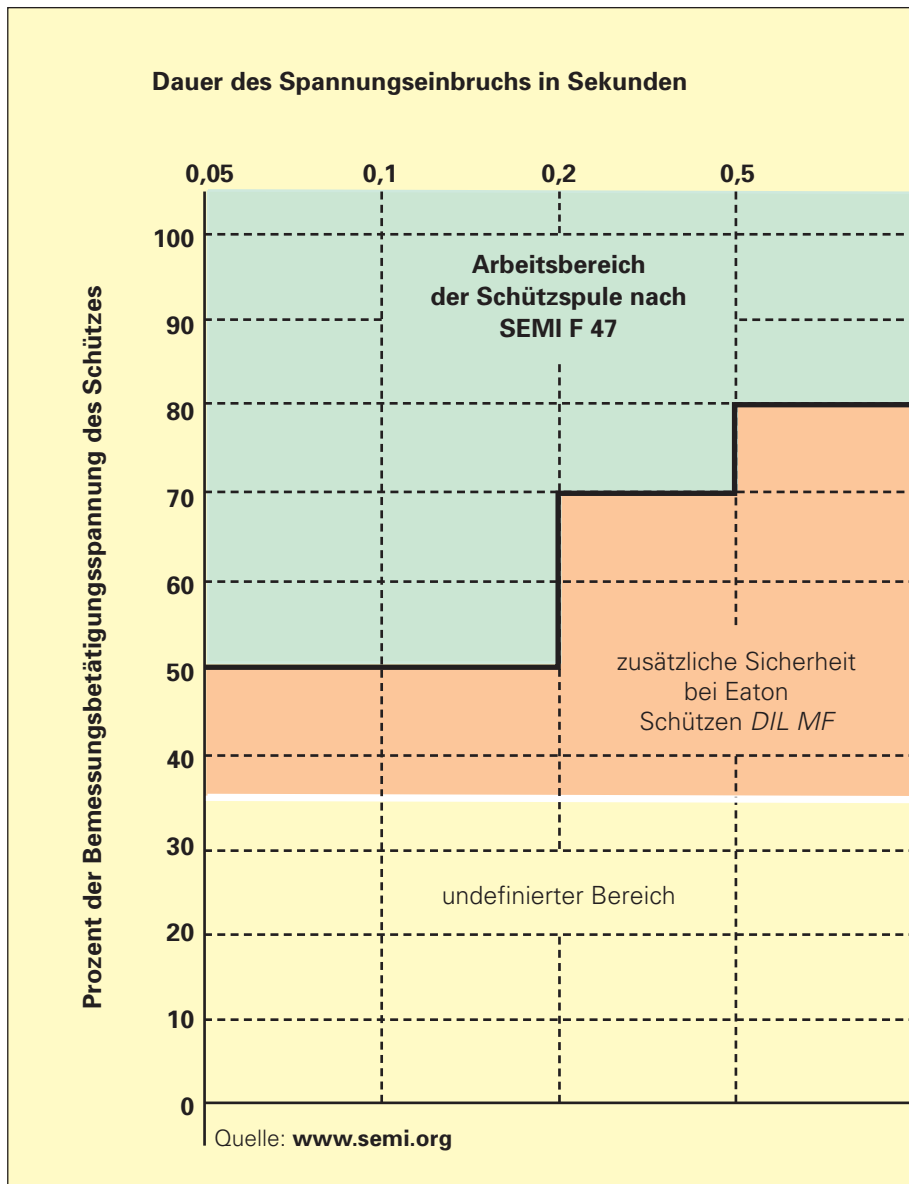


Bild 4: Die amerikanische Halbleiterindustrie verlangt eine erhöhte Abfallsicherheit bei Schützspulen nach der Richtlinie SEMI F47. Im grün gekennzeichneten Bereich dürfen die Schützkontakte nicht öffnen. Diese Forderung lässt sich mit speziellen Schützen DIL MF aus dem Eaton System xStart noch übertreffen [4].

Da nicht alle Schalt- und Schutzgeräte für die hohe Spannung 600 V zur Verfügung stehen, werden häufig Eingangstransformatoren mit einer Sekundärspannung von 480 Y / 277 V oder geerdete 400 Y / 230 V eingesetzt.

Literatur:

[1] Power Quality Notes, Ausgabe No. 7, Februar 2005 <http://www.ustpower.com>

[2] Wolfgang Esser „Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika“ Moeller GmbH, Bonn, 2004
VER1210-1280-928D, Article No.: 267951
Download: Quicklink ID: 928de auf www.moeller.net

Wolfgang Esser „Special considerations governing the application of Manual Motor Controllers and Motor Starters in North America“ Moeller GmbH, Bonn, 2004
VER1210-1280-928GB, Article No.:

267952
Download: Quicklink ID: 928en auf www.moeller.net

[3] Wolfgang Esser „xStart – Die neue Generation: 100 Jahre Moeller Schütze – konsequenter Fortschritt –“ Moeller GmbH, Bonn, 2004
VER2100-937D, Article No. 285551
Download: Quicklink ID: 937de auf www.moeller.net

Wolfgang Esser „xStart – The new Generation: 100 Years of Moeller contactors –“ Continuous Progress – Moeller GmbH, Bonn 2004
VER2100-937GB, Article No. 285552
Download: Quicklink ID: 937en auf www.moeller.net

[4] Wolfgang Esser „Motorstarter und ‚Special Purpose Ratings‘ für den nordamerikanischen Markt“ Moeller GmbH, Bonn 2006
VER1200+2100-953D
Download: Quicklink ID: 953de auf www.moeller.net

Wolfgang Esser „Motor starters and ‚Special Purpose Ratings‘ for the North American market“ Moeller GmbH, Bonn 2006
VER1200-2100-953GB
Download: Quicklink ID: 953en auf www.moeller.net

[5] Wolfgang Esser „Schutz von Steuertransformatoren und Stromversorgungsgeräten für den Einsatz in Nordamerika“ Moeller GmbH, Bonn 2005
VER1210-951D, Article No. 105221
Download: Quicklink ID: 951de auf www.moeller.net

Wolfgang Esser „Protection of Control Transformers for use in North America“ Moeller GmbH, Bonn 2005
VER1210-951GB, Article No. 105222
Download: Quicklink ID: 951en auf www.moeller.net

Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung

Die Informationen, Empfehlungen, Beschreibungen und Sicherheitshinweise in diesem Dokument basieren auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Eaton Corporation („Eaton“) und berücksichtigen möglicherweise nicht alle Eventualitäten. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an ein Verkaufsbüro von Eaton. Der Verkauf der in diesen Unterlagen dargestellten Produkte erfolgt zu den Bedingungen und Konditionen, die in den entsprechenden Verkaufsrichtlinien von Eaton oder sonstigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen Eaton und dem Käufer enthalten sind. Es existieren keine Abreden, Vereinbarungen, Gewährleistungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich einer Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck oder der Marktgängigkeit, außer soweit in einem bestehenden Vertrag zwischen den Parteien ausdrücklich vereinbart. Jeder solche Vertrag stellt die Verpflichtungen von Eaton abschließend dar. Der Inhalt dieses Dokumentes wird weder Bestandteil eines Vertrages zwischen den Parteien noch führt er zu dessen Änderung. Eaton übernimmt gegenüber dem Käufer oder Nutzer in keinem Fall eine vertragliche, deliktische (einschließlich Fahrlässigkeit), verschuldensunabhängige oder sonstige Haftung für außergewöhnliche, indirekte oder mittelbare Schäden, Folgeschäden bzw. -verluste irgendeiner Art – unter anderem einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schäden an bzw. Nutzungsausfälle von Geräten, Anlagen oder Stromanlagen, von Vermögensschäden, Stromausfällen, Zusatzkosten in Verbindung mit der Nutzung bestehender Stromanlagen, oder Schadensersatzforderungen gegenüber dem Käufer oder Nutzer durch deren Kunden – infolge der Verwendung der hierin enthaltenen Informationen, Empfehlungen und Beschreibungen. Wir behalten uns Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen vor. Fotos und Abbildungen dienen lediglich als Hinweis und begründen keine Verpflichtung oder Haftung seitens Eaton.

Eaton's Electrical Sector ist weltweit führend in den Bereichen Energieverteilung, unterbrechungsfreie Stromversorgung, Schalten, Schützen, Automatisieren und Visualisieren von industriellen Prozessen. Durch die Kombination der breiten Produktpalette und unseren Ingenieur-Dienstleistungen liefern wir weltweit Energiemanagement-Lösungen zur Realisierung höchster Anforderungen im Maschinenbau, in Industrieanlagen, öffentlichen Einrichtungen, Zweck- und Wohnbauten, Rechenzentren, der IT, der Energieversorgung sowie im Handel oder bei alternativen Energien.

Unsere Lösungen helfen Unternehmen nachhaltige Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Durch ein vorausschauendes Energiemanagement der elektrischen Infrastruktur über die gesamte Lebensdauer hinweg, bieten wir größere Sicherheit, höhere Zuverlässigkeit und Energieeffizienz. Weitere Informationen finden Sie unter www.eaton.com/electrical.

**Eaton Electric GmbH
Kunden-Service-Center
Postfach 1880
53105 Bonn**

Auftragsbearbeitung

Kaufmännische Abwicklung
Direktbezug
Tel. 0228 602-3702
Fax 0228 602-69402
E-Mail: Bestellungen-Bonn@eaton.com

Kaufmännische Abwicklung
Elektrogroßhandel
Tel. 0228 602-3701
Fax 0228 602-69401
E-Mail: Bestellungen-Handel-Bonn@eaton.com

Technik

Technische Auskünfte / Produktberatung
Tel. 0228 602-3704
Fax 0228 602-69404
E-Mail: Technik-Bonn@eaton.com

Anfragen / Angebotserstellung
Tel. 0228 602-3703
Fax 0228 602-69403
E-Mail: Anfragen-Bonn@eaton.com

Qualitätssicherung / Reklamationen
Tel. 0228 602-3705
Fax 0228 602-69405
E-Mail: Qualitaetsversicherung-Bonn@eaton.com

Zentrale

Tel. 0228 602-5600
Fax 0228 602-5601

Schweiz
Internet: www.moeller.ch

Lausanne

Eaton Industries II Sarl
Chemin du Vallon 26
1030 Bussigny
Tel. +41 58 458 14 68
Fax +41 58 458 14 69
E-Mail: lausanneswitzerland@eaton.com

Zürich

Eaton Industries II GmbH
Im Langhag 14
8307 Effretikon
Tel. +41 58 458 14 14
Fax +41 58 458 14 88
E-Mail: effretikonswitzerland@eaton.com

Österreich

Internet: www.moeller.at / www.eaton.com

Wien

Eaton GmbH
Scheydgasse 42
1215 Wien, Austria
Tel. +43 (0)50868-0
Fax: +43 (0)50868-3500
Email: InfoAustria@Eaton.com

After Sales Service

Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Straße 7-11
53115 Bonn
Tel. +49 (0) 228 602-3640
Fax +49 (0) 228 602-1789
Hotline +49 (0) 1805 223822
E-Mail: AfterSalesEGBonn@Eaton.com
www.moeller.net/aftersales

E-Mail: info-bonn@eaton.com
Internet: www.eaton.com/moellerproducts
www.eaton.com

Herausgeber:
Eaton Corporation
Electrical Sector – EMEA

Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Str. 7-11
D-53115 Bonn

© 2011 by Eaton Industries GmbH
Änderungen vorbehalten
VER4300-965de ip 06/11
Printed in Germany (06/11)
Artikelnr.: 116834



EATON

Powering Business Worldwide