

Von Anfang bis Ende effizienter verdrahten



Mike Edelmann

1. Auflage

EATON

Powering Business Worldwide

Verdrahtung von Anfang bis Ende effizienter gestalten

Inhalt

Die Push-in-Anschlusstechnik bietet Vorteile über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage

1. Die wichtigsten Klemmsysteme im Überblick	3
1.1 Schraubklemmen	3
1.2 Federzugklemmen	4
1.3 Push-in	4
2. Push-in-Anschlüsse – Vorteile von der Projektierung bis zur Demontage	4
2.1. Planung und Projektierung	4
2.2. Approbationen für den Export	5
2.3 Platzbedarf	5
2.4. Montage	6
2.5. Verdrahtung	6
2.5.1 Hoher Aufwand bei Schraubklemmen.....	6
2.5.2 Federzugklemmen erleichtern die Montage	6
2.5.3 Einfachste Handhabung mit Push-in.....	6
2.5.4 Verdrahtungszeiten in der Praxis	7
2.6 Transport und Inbetriebnahme.....	8
2.7 Betrieb und Wartung	8
2.7.1 Geprüfte Zuverlässigkeit.....	8
2.7.2 Vorteile auch beim Gerätetausch.....	10
3. Ausblick	10

Autor



Mike Edelmann
Dipl. Ing. (BA)
Produktmanager
Industrial Controls
& Protection Division
Eaton Industries GmbH



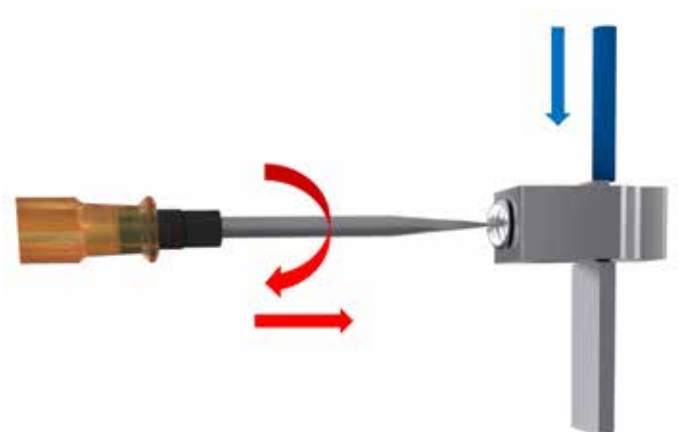
Die Push-in-Anschlussstechnik bietet Vorteile über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage

Zeit ist Geld – im Schaltanlagenbau wie in der Automatisierungs- oder Gebäudetechnik. Der Kostendruck für Hersteller und Monteure steigt kontinuierlich und stößt dabei gleichzeitig auf die Herausforderungen des Fachkräftemangels. Eine Antwort darauf liefert die Anschlussstechnik: Sie ermöglicht nicht nur eine schnellere, sondern auch eine einfache aber sichere Verdrahtung der Anlagen. Dabei bestimmt die Wahl der Anschluss- bzw. der Klemmtechnik entscheidend mit, wie effizient die mit dem Anschließen von Leitern verbundenen Prozesse über alle Phasen des Lebenszyklus tatsächlich gestaltet werden können: von der Projektierung über Montage, Transport und Inbetriebnahme bis hin zur Wartung und schließlich Demontage. Denn im Schaltschrankbau verursachen die Prozesse die höchsten Kosten, nicht das Material: In Bezug auf einen Anschlusspunkt überwiegt der Anteil der Prozesskosten deutlich.

1. Die wichtigsten Klemmsysteme im Überblick

Klemmen sind nach DIN VDE-Bestimmungen wieder lösbare Anschlüsse und Verbindungen, die elektrische Leiter untereinander oder mit anderen Betriebsmitteln dauerhaft mechanisch und elektrisch verbinden. Heute existieren Klemmen in den unterschiedlichsten Bauarten als Schraub- oder schraubenlose Klemmverbindungen.

1.1 Schraubklemmen



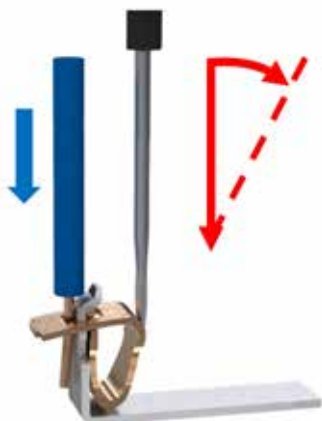
Die älteste Anschlussstechnik ist die Schraubklemme: Geräteklemmen bestanden früher gewöhnlich aus Schrauben mit freiliegendem, breitem Kopf, unter dem der Leiter eingeklemmt wurde. Daraus entstanden bis heute eine Vielzahl von verschiedenen Bauformen, wie zum Beispiel Tunnelklemmen, Rahmenklemmen oder Klemmkombischrauben.

Allen gemein ist, dass der Klemmmechanismus über eine einfach- oder kreuzgeschlitzte Stiftschraube betätigt wird. Dabei wird der Leiter fest gegen einen Riegel aus einer Kupferlegierung gedrückt bzw. geklemmt. Unter Berücksichtigung des zulässigen Querschnittbereichs können so bei Schraubklemmen auch zwei Adern in einem Klemmenkanal angeschlossen werden. Der Leiter wird dazu senkrecht zur Schraube in die Klemme eingeführt – also in der Regel von oben oder unten. Dafür ist entsprechend Platz erforderlich. Schraubklemmen sind in den Schutzarten IP20 oder IP00 auf dem Markt erhältlich. Wichtig zu beachten ist also, ob die gewählte Klemme bzw. die elektrische Verbindung gegen den Zugang mit einem Finger geschützt ist (die erste Kennziffer des International-Protection-Codes gibt an, ob ein Schutz gegen Berührung besteht: 0 = kein Schutz, 2 = Schutz gegen den Zugang mit einem Finger).

Schraubklemmen decken einen großen Leiterklemmbereich ab – der Markt bietet Schraubklemmen, mit denen Leiterquerschnitte bis zu 300 mm² und mehr angeschlossen werden können. Gerade bei großen Querschnitten und den damit verbundenen hohen Leistungen bieten Schraubklemmen durch eine große Kontaktauflage, eine hohe Kontaktkraft und einen relativ geringeren Übergangswiderstand hohe Sicherheit. Von Vorteil ist auch, dass sich die Handhabung der Schraubklemmen für die meisten Anwender intuitiv ergibt.

Entscheidend für das sichere Klemmen des Leiters mit Schraubklemmen ist das Anzugs-Drehmoment: Ist die Klemmkraft der Schraube zu hoch, besteht die Gefahr, dass das weiche Kupfer des Leiterdrahtes beschädigt wird. Zudem kann das Gewinde reißen oder der Schraubenkopf beschädigt werden, so dass die Klemme irreparabel beschädigt wird, sich nicht mehr öffnen lässt und nicht erneut beschaltet werden kann. Ist das Drehmoment zu gering, reicht die Klemmkraft nicht aus und der Leiter kann sich lösen. Dabei droht zum einen die elektrische Verbindung verloren zu gehen. Mit abnehmender Klemmwirkung steigt zunächst auch der Übergangswiderstand, die Klemme erwärmt sich und kann im schlechtesten Fall „ausbrennen“. Dieser Vorgang kann umso schneller geschehen, je mehr Strom über die Klemme fließt und je öfter die Klemme einem Temperaturwechsel ausgesetzt ist.

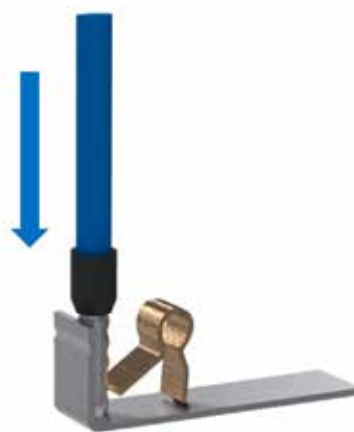
1.2 Federzugklemmen



Als Alternative und Ergänzung zu Schraubklemmen haben sich Federzugklemmen oder Cage-Klemme etabliert. Bei ihnen wird der Leiter nicht durch eine Schraube, sondern durch eine Feder in einem Halteprofil fixiert. Dabei wird die Feder mit Hilfe eines Werkzeugs geöffnet, dass in eine Betätigungsöffnung eingeführt wird. So können sowohl flexible Leiter mit oder ohne Aderendhülsen als auch eindrängige Leiter angeschlossen

werden. Die Feder sichert den erforderlichen Anpressdruck und verhindert ein Herausrutschen des Leiters. Die Verbindung nutzt das Prinzip der Selbsthemmung und ist so mechanisch dauerhaft und elektrisch sicher. Auch bei Vibrationen und Schocks lösen sich Federzugklemmen nicht von allein. Eine regelmäßige Wartung, wie bei Schraubklemmen, ist nicht erforderlich. Auch eine Fehlbedienung durch ein zu geringes oder zu hohes Anzugsmoment ist ausgeschlossen, da einzig die Eigenschaft der Feder den Anpressdruck bestimmt. Klassische Federzugklemmen sind für Querschnitte bis 35 mm² ausgelegt und für kleinere Ströme in großer Bandbreite am Markt verfügbar.

1.3 Push-in



Eine Weiterentwicklung der Federzugklemme ist die Push-in-Klemme: Auch hier wird der elektrische Kontakt durch eine Feder hergestellt und der Leiter fixiert. Allerdings wird die Feder bei der Push-in-Technologie durch das Einschleiben des Leiters selbst geöffnet: Starre oder mit Aderendhülse bestückte Leiter ab 0,2 mm² – abhängig vom Schaltgerät – können so direkt und ohne Werkzeug angeschlossen werden. Zum Öffnen der Feder und zum Anschluss von flexiblen Leitern ohne Aderendhülse verfügen Push-in-Klemmen über einen Entrastungsmechanismus, der mit Hilfe von gängigen Schraubendrehern bedient werden kann. Die Push-in-Anschlusstechnik stellt, wie auch die Federzugtechnik, eine gasdichte elektrische Verbindung zwischen Leiter und Gerät her.

Die Push-in-Klemme bietet die gleichen Vorteile wie eine Federzugklemme: Die Leiterklemmkraft ist unabhängig vom Anwender, eine Fehlbedienung ist ausgeschlossen. Die Klemmen sind sehr gut für den Einsatz mit Vibrations- und Schockbelastungen geeignet und bieten immer die Schutzart IP20.

2. Push-in-Anschlüsse – Vorteile von der Projektierung bis zur Demontage

Die Vorteile der Push-in-Technologie kommen nicht nur bei der Verdrahtung zum Tragen, sondern entlang des gesamten Lebenszyklus. Das wird im Folgenden am Beispiel der von Eaton angebotenen Motorschutzschalter und Leistungsschütze veranschaulicht.

2.1 Planung und Projektierung

Die Auswahl der erforderlichen Automatisierungsgeräte ist von der benötigten Funktion der Anlage oder Maschine abhängig. Heute kann der Maschinen- und Anlagenbauer bzw. Schaltschrank- und Schaltanlagenbauer dabei immer öfter frei wählen, welche Anschlusstechnik er einsetzen will – die großen Gerätehersteller bieten ihre Komponenten zunehmend in Varianten mit verschiedenen Klemmentechnologien an.

Wie zum Beispiel beim Leistungsschutz- und Motorstarter-Portfolio von Eaton: Es umfasst sowohl Varianten mit Federzug- als auch mit Schraub- und Push-in-Anschlüssen. Dabei bieten beide Produktreihen das gleiche umfassende Zubehör und die gleichen Funktionen an.



Im Bereich der Motorschutzschalter sind aktuell die Baureihen PKZM0, Bi-Metall-Motorschutzschalter, und PKE mit elektronischem Auslöser (bis 32 A) auch mit Push-in-Anschlüssen erhältlich. Bei den Schützen sind zurzeit die Leistungsschütze DIL M (bis 38 A) und die Hilfsschütze DIL A mit Push-in-Technologie verfügbar. Eaton bietet im gleichen Leistungsbereich auch entsprechende Motorstarter-Kombinationen MSC mit der Push-in-Anschluss-Technik. Sie bestehen aus einem Motorschutzschalter PKZ und einem oder mehreren Leistungsschützen DILM.

Bei der Wahl der Anschlusstechnik von Eaton Motorschutzschaltern hat der Anwender größtmögliche Freiheit: Gleich, ob er sich für Schraubanschlüsse oder Push-in-Technik entscheidet, beide Varianten sind für Nennströme von bis zu 32 A erhältlich. Die bisherige Baureihen der Motorschutzschalter mit Federzugklemmen ist dagegen nur bis Nennströmen von 16 A verfügbar. Ähnliches gilt für die Eaton Leistungsschütze: Während sowohl die Geräte mit Schraubklemmen als auch die Schütze mit Push-in-Klemmen für Nennströme bis zu 38 A verfügbar sind, sind die Varianten mit Federzugklemmen nur für Nennströme bis 15,5 A erhältlich.

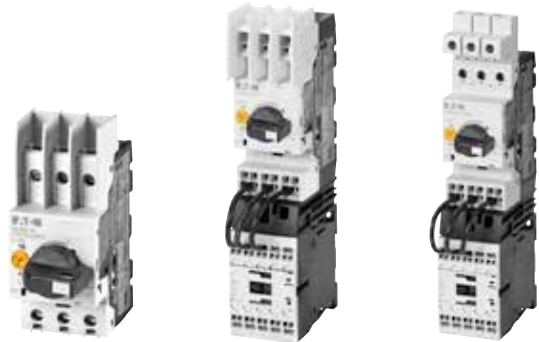
2.2 Approbationen für den Export

In der Regel fertigen Maschinen- und Anlagenbauer ihre Produkte für den weltweiten Export. Daher wird besonders im Serien-Maschinenbau erwartet, dass die Komponenten für die Steuerung sowohl über eine Zulassung nach internationaler IEC- als auch nach nordamerikanischer UL-Norm verfügen. So kann die Schaltanlage immer gleich aufgebaut werden – ein derartiger „Weltmarkt-Schaltschrank“ mit einheitlichem Layout vereinfacht Einkauf, Projektierung, Montage und auch die spätere Ersatzteillogistik erheblich.

Für Leistungsschütze ist bei Anwendungen im IEC/EN-Raum in der Regel die Gebrauchskategorie (zum Beispiel AC-1, AC-3, AC-4) des Schaltgerätes ausschlaggebend. Sie beschreibt den typischen Strom-Spannungsverlauf für ausgewählte Lasten. Bei Anwendungen in Nordamerika gelten hingegen die UL- beziehungsweise CSA-Regularien. Hier erfolgt die Auswahl anhand approbierter Lasten (zum Beispiel elektrische Heizungen, Aufzüge, Kompressoren), die auf dem Typenschild des Gerätes vermerkt sein müssen.

Bei Motorstarter und Motorschutzschaltern ist zu beachten, dass Geräte, die nur über die „einfache“ UL-Zulassung verfügen, für den Einsatz in Nordamerika zusätzlich eine separate Schmelzsicherung zum Leitungsschutz benötigen. Somit unterscheidet sich der elektrische und mechanische Schaltschrankaufbau je nachdem, ob die Anlage im IEC- oder UL-Raum eingesetzt wird. Daher bietet Eaton für seine Motorstarter als Zubehör Luft- und Kriechstreckenvergrößerungen an. Damit ist ein zusätzlicher Kurzschlusschutz nicht erforderlich, das so ergänzte Gerät

ist nach UL Type E approbiert. Alle Komponenten für einen kompletten Motorstarter, einschließlich eines vollwertigen Kurzschlusschutzes, sind also in einem einzigen Gerät enthalten. Dadurch verringert sich der Platzbedarf und die Verdrahtungsarbeiten zwischen den Komponenten entfallen. Vor allem aber ist damit ein einheitliches Schaltschrank-Design unabhängig von der Einsatz-Region möglich.



Eaton bietet Luft- und Kriechstreckenerweiterungen an, um sicherzustellen, dass Motorstarter UL-Typ-E-zugelassen sind.

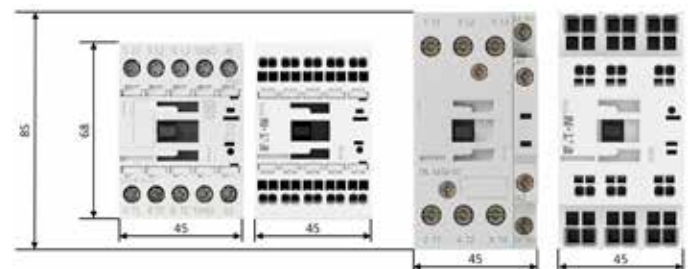
Die Motorschutzschalter und Leistungsschütze von Eaton entsprechen grundsätzlich den Approbationen und Zertifizierungen gemäß IEC und UL (bzw. UL Type E), unabhängig von der Anschlusstechnik. Ob der Anwender ein Gerät mit Schraub-, Federzug- oder Push-in-Klemmen wählt, hat keinen Einfluss auf die weltweiten Einsatzmöglichkeiten.

2.3 Platzbedarf

Der Trend geht seit einigen Jahren hin zu immer kompakteren Schaltschränken, unter anderem angetrieben von der Dezentralisierung der Automatisierungstechnik – der Schaltschrank rückt immer näher an die Maschine, bzw. ist in die Maschine integriert, wo der zur Verfügung stehende Platz in der Regel begrenzt ist. Dabei haben die Abmessungen der im Schaltschrank zu verbauenden Geräte sowie die erforderliche elektrische Energieverteilung maßgeblichen Einfluss auf das Design.

Die Baubreite der Komponenten bestimmt im Wesentlichen die maximale Anzahl der nebeneinander platzierten Geräte. Die Gerätehöhe ist hingegen entscheidend für die Platzierung weiterer Bestandteile des Schaltschranks, wie beispielsweise die Lage von Kabelkanälen, und beeinflusst so den Platzbedarf der restlichen elektrischen Komponenten.

In punkto Gerätehöhe können Schaltgeräte mit Schraubanschlusstechnik von Vorteil sein, da sie in der Regel hier geringere Abmessungen aufweisen. Sollen in vorhandenen Schaltschrank-Designs Geräte mit Schraubanschlüssen durch Push-in-Geräte ersetzt werden, kann also eine komplett neue Schaltschrankplanung erforderlich sein.



Bei Eaton haben alle Schütze die gleichen Grundmaße und damit den gleichen Pplatzbedarf im Schaltschrank, egal ob es sie mit Schraubklemmen oder Push-in Technik ausgestattet sind.

Das Design der Eaton Leistungsschütze und Motorstarter weist allerdings keinen Unterschied zwischen dem Platzbedarf bei unterschiedlichen Anschlusstechnologien auf. Bis 32 A Nennstrom haben alle Motorschutzschalter die identische Baubreite von 45 mm. So haben alle Varianten unabhängig von der Anschlussstechnik dieselben Abmessungen in der Grundfläche (Footprint) – damit können bisher eingesetzte Geräte mit Schraub- oder Federzugklemmen problemlos durch Push-in-Geräte ausgetauscht werden, ohne dass Hutschiene oder Schaltschrank neu dimensioniert werden müssen.



Push-in Motorschutzschalter ((Lesitungsschalter sagt Siemens)) PKZ oder PKE können auch über Drehstromschienen oder Sammelschienensysteme mit Energie versorgt werden.

Auch bei der Energie-Einspeisung unterscheiden sich die Push-in-Geräte von Eaton nicht von Geräten mit Federzug- oder Schraubanschlüssen. Neben der konventionellen Verdrahtung lassen sich die Geräte auch über Drehstromschienen oder über Sammelschienensysteme mit Energie versorgen. Dabei ist ein Drehstromschienenblock die ökonomischste Lösung – er ist für Geräte mit einer Einspeisung über Schraubklemmen und Schraub- oder Push-in-Klemmen beim Abgang designt. Mit einer Strombelastbarkeit von bis zu 125 A leistungsfähiger, aber auch mit höheren Kosten verbunden, ist ein Motorstarter-Feeder-System: Das offene System erlaubt eine flexible Gerätepositionierung und ist einfach und intuitiv in der Handhabung. Dabei bietet die Schutzart IP2X eine hohe Sicherheit. Die höchste Strombelastbarkeit (bis zu 160 A) weist das Sammelschienensystem SASY60i auf – es bietet eine sehr hohe Flexibilität für die Einspeisung und den Leistungsabgriff, hat jedoch den höchsten Platzbedarf von allen Lösungen.

2.4 Montage



Die Montage von Motorstarterkomponenten wie Leistungsschütze und Motorschutzschalter erfolgt in der Regel werkzeuglos auf einer DIN-Tragschiene. Für Schaltgeräte mit höheren Leistungsklassen ist eine Schraubmontage der Geräte notwendig. Auch hier gilt wieder: Die Art der mechanischen Installation ist unabhängig von der Anschlussstechnik der Geräte.

2.5 Verdrahtung

Die Verdrahtung der Geräte im Schaltschrank ist ein entscheidender Prozessschritt, der wesentlich die Kosten des Gesamtprozesses der Schaltschrankfertigung definiert. Dabei bestimmt die Wahl der Anschlussstechnik, über die die Reihenklemmen und Schaltgerät im Schaltschrank verfügen, wie effizient dieser Prozess ist.

2.5.1 Hoher Aufwand bei Schraubklemmen

Bei Motorstartern ist heute die Schraubanschlusstechnik die noch am häufigsten verwendete Klemmenart. Diese Anschlusstechnik ist international akzeptiert, die Handhabung dieser Anschlüsse intuitiv möglich und bekannt. Allerdings unterscheidet sich die Art der Schraubklemme sehr stark von Gerät zu Gerät und von Anbieter zu Anbieter. Denn verschiedene Schaltgeräte sind für unterschiedliche Leiterquerschnitte ausgelegt und lassen konstruktiv nur gewisse Klemmenarten zu. So unterscheiden sich die korrekten Anzugsdrehmomente bei verschiedenen Klemmen- bzw. Geräte-Herstellern. Daraus resultiert eine wesentliche Fehlerquelle bei Anschlüssen mit Schraubklemmen: Die Leiterklemmkraft und damit die Qualität der Verbindung ist letztendlich abhängig von der Gewissenhaftigkeit des Anwenders. Er muss für jeden Klemmentyp und jede Klemmen-Baugröße mit dem korrekten Anzugsdrehmoment arbeiten, also jedes Mal sein Werkzeug wechseln oder andere Werkzeugaufsätze verwenden.



2.5.2 Federzugklemmen erleichtern die Montage

Einen deutlich geringeren Aufwand bei der Verdrahtung ermöglichen Federzugklemmen. Sie benötigen zum Anschluss eines Leiters und zum Lösen nur ein einziges Werkzeug, in der Regel einen standardmäßigen Schraubendreher. Durch das Einführen in die entsprechende Öffnung der Klemme wird die Feder geöffnet und der Leiter kann angeschlossen werden. Laut der Norm IEC 60999 darf bei schraubenlosen Klemmen im Gegensatz zur Schraubklemme nur ein Leiter je Anschlusspunkt kontaktiert werden. Sollen zwei Leiter angeschlossen werden, muss auf eine Doppeladerendhülle zurückgegriffen werden. Sowohl das Werkzeug als auch der Leiter werden von vorne eingeführt – das erleichtert das Handling gegenüber der Schraubklemme deutlich. Die Bauart der Federzugklemmen verhindert dabei systemimmanent, dass stromführende Teile berührt werden können – Federzugklemmen haben so immer die Schutzart IP20. Insgesamt lassen sich die Anschlusszeiten mit Federzugklemmen verglichen zu denen mit Schraubklemmen deutlich reduzieren.

Nachteilig bei Federzugklemmen ist jedoch, dass sie nicht „intuitiv“ bedienbar sind: Anwender können Klemmstelle und die Öffnung für Betätigungswerkzeug verwechseln. Und auch wenn nicht jeder Klemmentyp ein eigenes Werkzeug erfordert, so kann dennoch auch hier ein falsches Werkzeug verwendet



Durch die werkzeuglose Montage hält der Monteur in einer Hand mehrere Kabel und kann mit der anderen Hand ein Kabel nach dem anderen einstecken – das bringt unter anderem den großen Zeitvorteil.

werden: Wird zum Beispiel ein Kreuzschraubendreher als Betätigungswerkzeug eingesetzt, kann die Feder irreparabel beschädigt werden. Ein zu kleiner Schraubendreher öffnet den Anschluss nicht vollständig, so dass der angegebene Nennquerschnitt nicht aufgenommen werden kann. Vor allem bei flexiblen Leitern ohne Aderendhülse kann es zu einem Problem führen, wenn einzelne Litzen abspleißen und so die elektrischen Kennwerte negativ beeinflusst werden.

2.5.3 Einfachste Handhabung mit Push-in

Für den elektrischen Anschluss von Motorstartern und Leistungsschützen ist die Push-in Anschluss Technik eine konsequente Weiterentwicklung der bisherigen Federzugtechnik. Sie bietet im Vergleich zu den Schraub- und Federzugklemmen als einzige die Option einer werkzeuglosen Montage – vorausgesetzt, die Aderenden der Leiter sind behandelt, zum Beispiel mit Aderendhülsen bestückt, oder es handelt sich um starre Leiter. Auch unbearbeitete, flexible Leitungen können mit Push-in-Klemmen angeschlossen werden, allerdings ist dann der Einsatz eines Werkzeugs wie einem Schraubendreher nötig – dann gleicht der Aufwand dem einer Federzugklemme. Für starre Leiter und solche mit Aderendhülsen kann dagegen der Zeitaufwand für die Verdrahtung im Vergleich zur Federzugklemme noch einmal erheblich gesenkt werden.



Wie bei der Federzugklemme erfolgen die Einführung des Leiters und gegebenenfalls die Betätigung von vorne, was ein kompaktes Gerätedesign ermöglicht und die Handhabung vereinfacht. Alleinstellungsmerkmal der Push-in-Technologie ist allerdings, dass sie das direkte, werkzeuglose Stecken eines Leiters ermöglicht. Eine Hand reicht aus, um den Leiter einzuführen und anzuschließen.

Alle drei Anschlusstechniken ermöglichen die Überprüfung der elektrischen Verdrahtung mittels handelsüblicher Prüfgeräte. Für Motorstarterkomponenten mit Federzug- oder Push-in Anschlusstechnik kann hierfür die Einführöffnung zum Einrasten der Klemme verwendet werden.

2.5.4. Verdrahtungszeiten in der Praxis: Ergebnisse eines Tests unter Realbedingungen

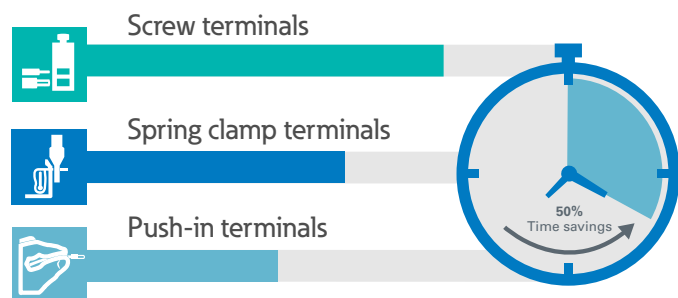
Wie groß die Produktivitäts-Vorteile im Verdrahtungsprozess sind und wieviel Zeit durch die Push-in-Technologie tatsächlich eingespart werden kann, hat Eaton mit einem Test bei der Firma Hanseatic Power Solutions (kurz HPS) verifiziert.



HPS plant und fertigt Schalt- und Steuerungsanlagen für die verschiedensten Branchen – von der Industrie über den Gebäudesektor bis zum Marine- und Off-Shore-Bereich. Das Lösungsportfolio reicht dabei von der einfachen Netzersatzsteuerung bis hin zur kompletten elektrischen Ausrüstung für Kraftstationen. Das norddeutsche Unternehmen ist mit seinen 70 Mitarbeitern dabei weltweit tätig. Bisher setzt das Unternehmen aus dem Eaton-Produktportfolio unter anderem Motorschutzschalter PKZ mit Schraubklemmen sowie Schütze DILA und DILM mit

Schraub- und Federzugklemmen ein. Allein bei der Verdrahtung dieser vier Schaltgeräte müssen bereits drei unterschiedliche Drehmomente berücksichtigt werden.

Um den Handhabungs- und damit Zeitvorteil bei einer Umstellung auf die Push-in-Anschlusstechnik zu ermitteln, realisierte das Unternehmen zusammen mit Eaton eine entsprechende Versuchsreihe. Der Versuchsaufbau bestand dabei aus je zehn Schützen mit Schraubanschlüssen, Federzugklemmen und Push-in-Anschlüssen. Insgesamt mussten pro Anschlusstechnik 100 Anschlusspunkte belegt werden. Anzuschließen waren gecrimpte Leitungen mit Durchmessern zwischen 1 und 2,5 mm². In sechs Durchläufen, jeweils mit einem anderen Mitarbeiter, wurde die Zeit zum Anschließen der Leitungen erfasst und gemittelt.



Das Ergebnis: Im Vergleich von Push-in-Technologie mit Schraubanschlüssen konnte ein Zeitvorteil von 50 % festgestellt werden. Auch im Vergleich zur Federzugklemme konnte HPS immer noch eine Zeitersparnis von 40 % durch die Push-in-Anschlusstechnik ermitteln.

2.6 Transport und Inbetriebnahme

Maschinen und Anlagen legen vor der eigentlichen Inbetriebnahme am Bestimmungsort oft mehrere tausend Kilometer Transportweg zurück. Sei es per See-, Luft- oder Landtransport – immer wirken dabei die unterschiedlichsten Stöße und Schwingungen auf die Komponenten im Schaltschrank ein. Dies kann unterschiedliche Auswirkungen auf die Anschlüsse haben und die Festigkeit der elektrischen Verbindung beeinflussen. Vor allem bei Schraubanschlüssen wird oftmals empfohlen, die Anschlüsse bei der Inbetriebnahme nachzuziehen - ein nicht unwesentlicher Zeit- und Kostenfaktor. Bei der Verwendung von Push-in Klemmen reduziert sich dieser Zeitanteil auf ein Minimum, da diese Art der Klemmentechnik noch höheren Leiterausziehkräfte als Federzugklemmen standhält und sich sehr stabil gegenüber Vibrations- und Schockbelastungen zeigt.



Bei Vibrationen sorgt die konstante Federkraft der Push-in Klemmen für einen dauerhaften Anschluss.

Dies zeigt auch ein Rütteltest, bei dem das unabhängige Prüflabor I²PS das Verhalten der verschiedenen Anschlusstechnologien von Eaton bei Vibrationen untersucht hat. Ergebnis: Die konstante Federkraft der Push-in-Klemmen sorgt dauerhaft für eine sichere Kontaktierung. Deshalb ist die Push-in-Anschlusstechnik auch für vibrations- und schockgefährdete Bereiche gemäß IEC 61373/10.2011 geeignet. Eine nachträgliche Kontrolle oder ein Nachsetzen des Anschlusses ist nicht erforderlich.

2.7 Betrieb und Wartung

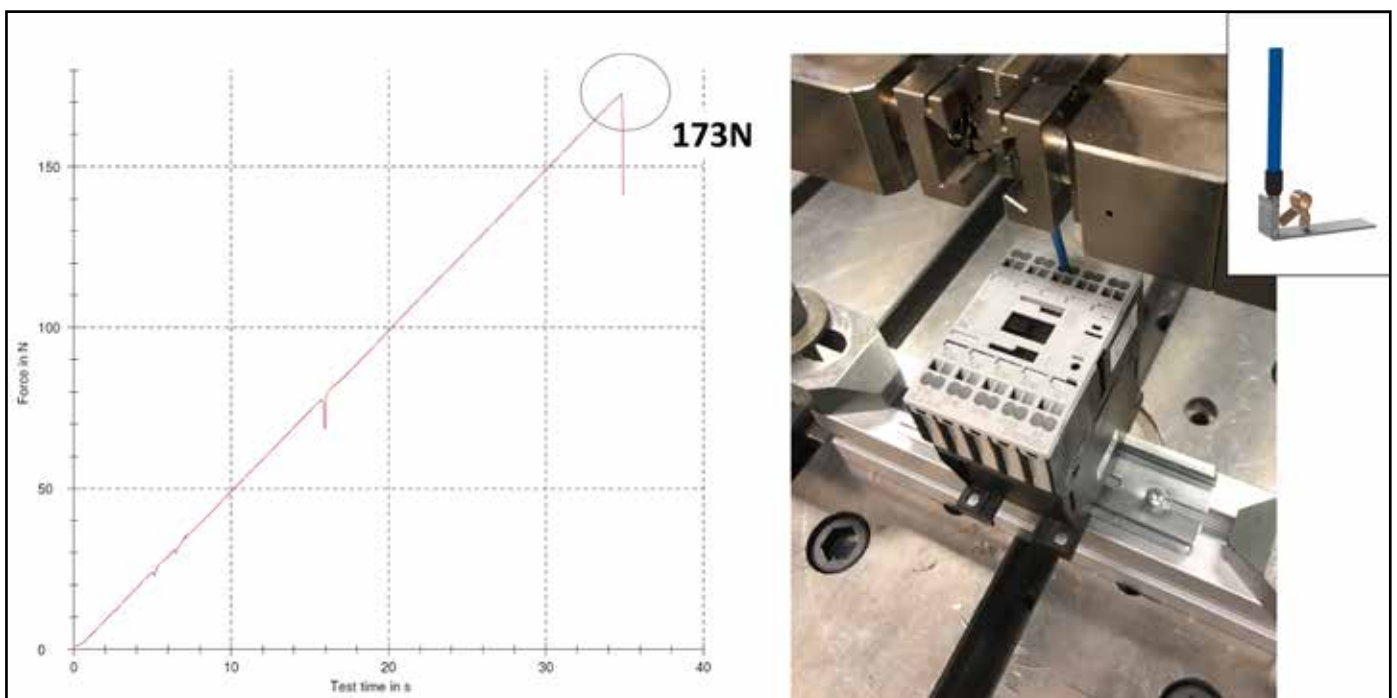
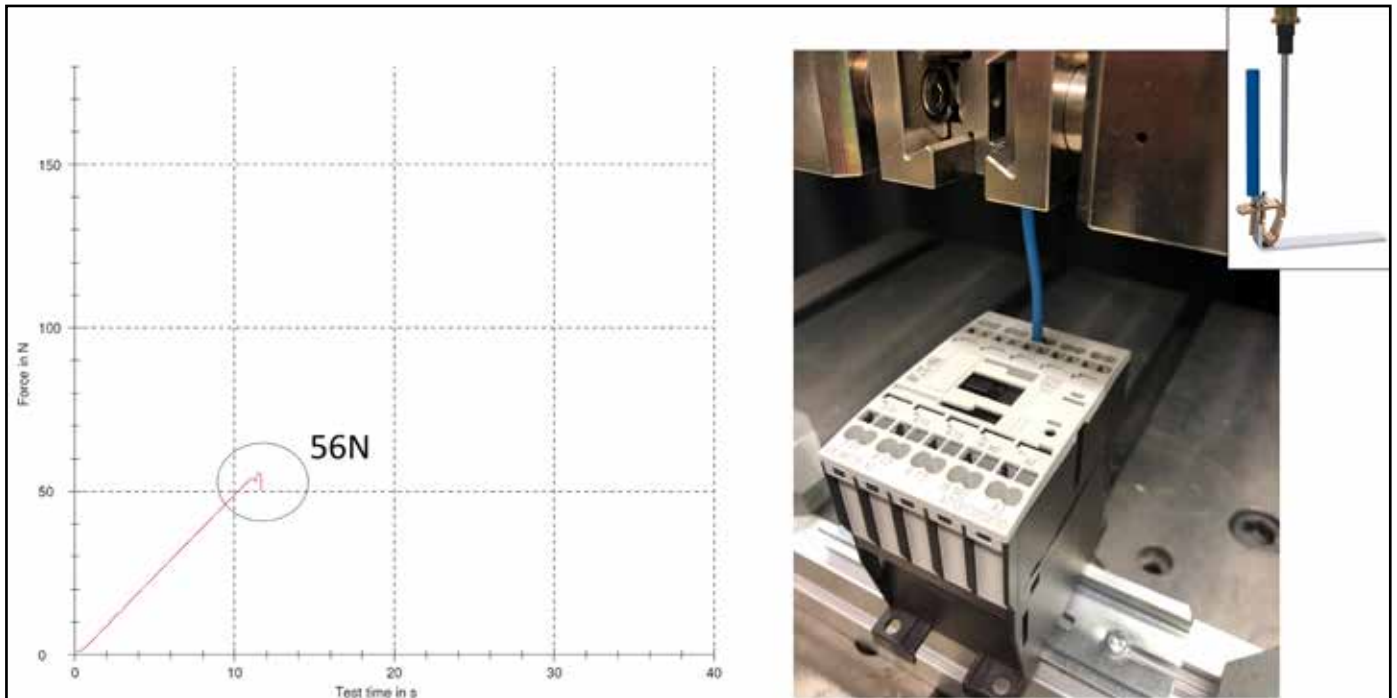
Beim Betrieb der Motorstarterkomponenten spielt die Art der Anschlusstechnik dann nur noch eine untergeordnete Rolle. Das ist im Wesentlichen durch die Einhaltung der entsprechenden Produktnormen EN60947-4-1 (Niederspannungsschaltgeräte, Teil 4-1: Schütze und Motorstarter – Elektromechanische Schütze und Motorstarter) bzw. EN 60947-5-1 (Niederspannungsschaltgeräte, Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte) sichergestellt. In den Normen ist für alle Klemmenarten eine einheitliche maximale Klemmenerwärmung festgelegt – das gewährleistet den thermischen Schutz der Isolation angeschlossener Leiter. Zudem sind durch die Produktnormen maximale Spannungsabfallgrenzen im Normbetrieb für schraubenlose Anschlussstellen definiert, also für Push-in- und Federzugklemmen. Die Einhaltung dieser Merkmale wird durch das CE Zeichen auf den Motorstarterkomponenten repräsentiert.

Allerdings unterscheidet sich der Wartungsaufwand bei den Klemmen: So empfiehlt es sich, Schraubklemmen regelmäßig nachzuziehen. Denn aufgrund des Fließverhaltens des Kupferleiters nimmt die Klemmkraft mit der Zeit ab. Schraubklemmen sollten auch öfters überprüft werden, wenn das Gerät in einem Bereich eingesetzt wird, der Vibrationen ausgesetzt ist. Denn löst sich durch die Erschütterung die Klemmverbindung, steigt der Übergangswiderstand und es kann zu Bränden kommen. Federzug- und Push-in-Anschlüsse dagegen gelten als wartungsfrei.

2.7.1. Geprüfte Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindung von Push-in-Anschlüssen konnte Eaton mit verschiedenen, vom unabhängigen Prüflabor I²PS durchgeführten Tests nachweisen:

Dazu gehörte auch die Überprüfung der Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindung unter einer stark korrosiven Atmosphäre. Dabei wurde ein Schaltgerät mit Push-in-Anschlussklemmen mehrtätig und dauerhaft einer Salznebelatmosphäre ausgesetzt. Vor und nach dem Test wurde der Kontaktwiderstand an sechs Klemmstellen in Reihe gemessen. Das Ergebnis zeigt, dass die extrem korrosive Umgebung keine nennenswerten Veränderungen des Kontaktübergangswiderstandes verursacht hat. Push-in-Anschlüsse ermöglichen also auch unter schwierigen Bedingungen eine zuverlässige, gasdichte elektrische Verbindung.

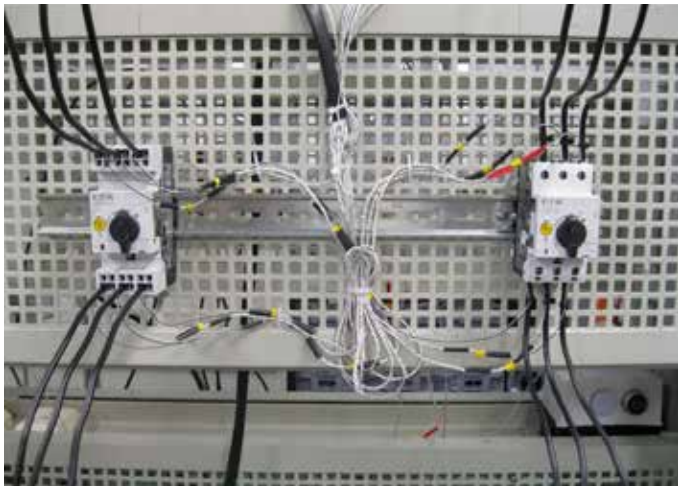


Die Leiter wurden einem kontinuierlichen Kraftanstieg unterworfen, bis sie aus der Klemme gerissen wurden. Aus der Federkraftklemme konnten sie bereits bei 56 N herausgezogen werden, bei der Push-in Klemme geschah dies bei 173 N. Das ist deutlich mehr als die in der Norm geforderten 35 N.



Die Qualität der gasdichten elektrischen Verbindung ändert sich nicht - auch nach mehrtägiger Einwirkung einer aggressiven Salznebelatmosphäre

Immer wieder ist von gewissen Vorbehalten gegenüber Push-in-Anschlüssen zu hören, da sie sich angeblich unter Last stärker erwärmen als Schraubanschlüsse. Um dieser Aussage die Grundlagen zu entziehen, hat I²PS die Erwärmung von Push-in-Klemmen und traditioneller Schraubanschlusstechnik gemessen. Die Vergleichsprüfung erfolgte im drei-phasigen Nennbetrieb bei gleichzeitiger Messung der Temperatur an den Hauptstromklemmen eines Motorschutzschalters. Dabei wurde nachgewiesen, dass die Push-in-Anschlusstechnik eine äquivalente, teilweise sogar geringere Klemmenerwärmung aufwies als Schraubanschlüsse.



Bei der Klemmenerwärmung wurden bei der Push-in-Klemme gleiche, teilweise etwas bessere Werte als bei der Schraubklemme erreicht.

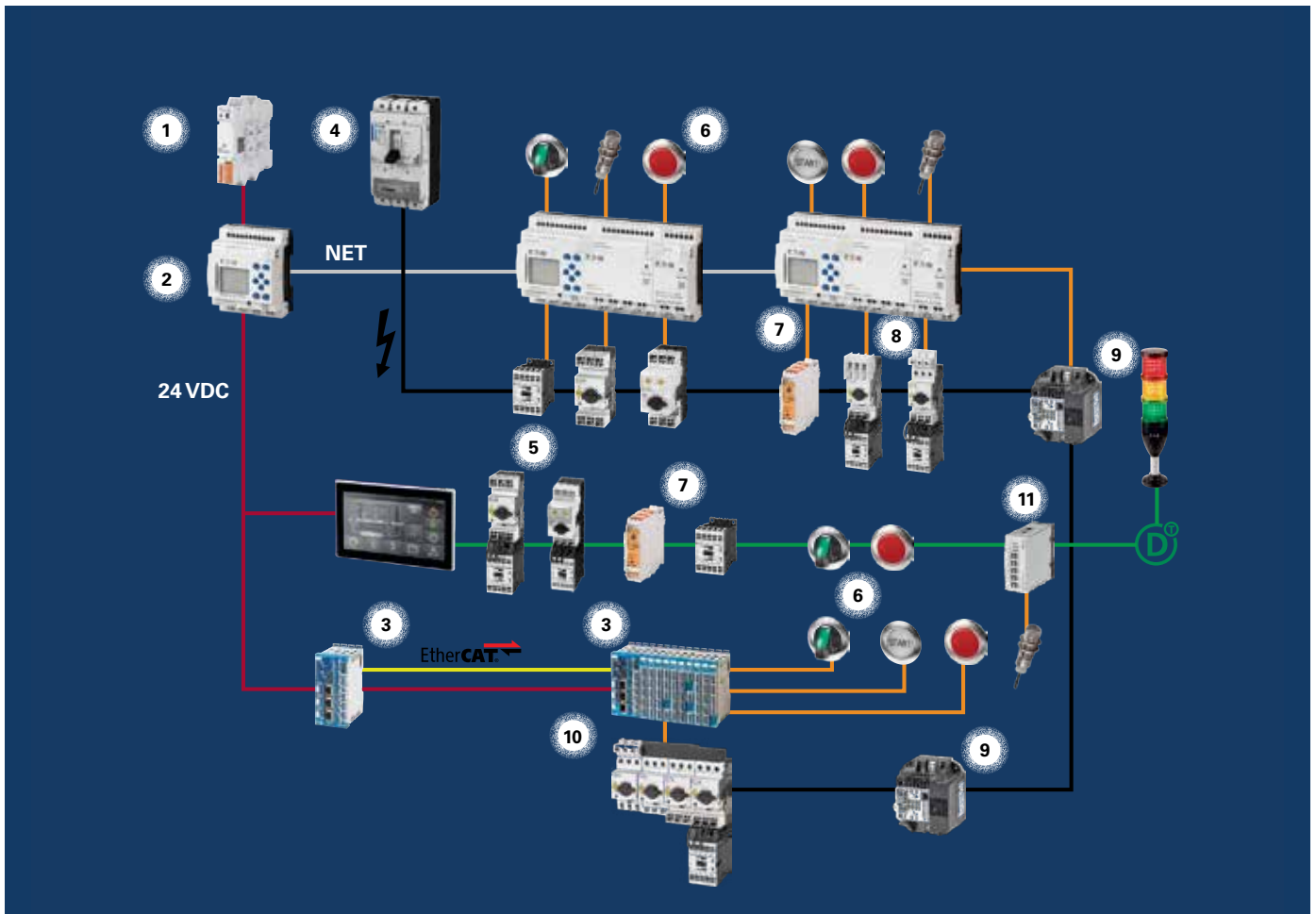
Ein dritter Test belegte die hohe mechanische Sicherheit der Push-in-Anschlusstechnik: Dazu wurden die Leiterauszugskräfte von Push-in-Klemmen und klassischer Federzugklemme gemessen. Die Überprüfung erfolgte an einem 1,5 mm² Leiter mit Aderendhülse, der an die Klemme eines Leistungsschützes angeschlossen wurde – einmal mit Push-in-Anschlusstechnik, einmal mit Federzug-Anschlusstechnik. Der Leiter wurde mit einer Kraft belastet, die sich kontinuierlich erhöhte – bis der Leiter aus der Klemme

gerissen wurde. Während bei der klassischen Federzugklemme der Leiter bereits bei 56 N aus der Klemme gezogen werden konnte, geschah dies bei der Push-in-Klemme erst bei 173 N. Das ist erheblich mehr, als die relevante Norm mit 35 N fordert – entsprechend hoch ist die mechanische Sicherheit, die eine Push-in-Klemme bietet. Zu erklären ist dieser große Unterschied durch die Bauweise der Push-in-Klemme, bei der der Leiter – bis zu einer gewissen Grenze – stärker fixiert wird, je höher die auf ihn wirkende Kraft ist.

2.7.2. Vorteile auch beim Gerätetausch

Auch bei einem eventuell notwendigen Austausch eines Gerätes zeigen Push-in-Klemmen Vorteile gegenüber den anderen Klemmen: Die Klemmfeder wird einfach durch das Drücken des Betätigungsdrückers (in der Regel mit einem normalen Schraubendreher) geöffnet und der Leiter kann einfach entfernt werden. Geringfügig aufwendiger ist die Federzugklemme, hier muss der Schraubendreher in die entsprechende Öffnung eingeführt werden. Wie bei der Verdrahtung ist darauf zu achten, dass kein Kreuz-Schraubendreher eingesetzt wird, da er die Feder beschädigen würde. Am aufwendigsten ist das Lösen des Leiters bei der Schraubklemme: Auch wenn hier nicht auf das Drehmoment geachtet werden muss, so sollte dennoch ein passendes Werkzeug für die entsprechende Klemme eingesetzt werden. Falls die Verbindung häufiger geöffnet und geschlossen wird, kann unter Umständen der Schraubenkopf beschädigt werden. In diesem Fall ließe sich das Gerät nicht mehr sicher anschließen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass sich durch den Einsatz von Schaltgeräten mit Push-in-Anschlüssen eventuelle Stillstandszeiten bei dem Austausch defekter Geräte deutlich reduzieren lassen.



3. Ausblick

Die Push-in-Anschluss-Technik wird bisher hauptsächlich für Reihenklammern sowie Steuerungskomponenten eingesetzt. Bei der Verdrahtung wird noch immer häufig auf Lösungen zurückgegriffen, die einen Werkzeugeinsatz erfordern. Dennoch ist ein zunehmender Trend hin zu Push-in-Technik klar erkennbar. Zu groß sind die Vorteile in puncto Zeitersparnis, werkzeugloser Handhabung und Kontaktsicherheit. Gefördert wird diese Entwicklung durch den Trend, dass bei der Verdrahtung zunehmend flexible Leiter mit Aderendhülsen zum Einsatz kommen.

Durch die Zeit- und Kostenvorteile, welche die Push-in-Technologie in allen Phasen des Lebenszyklus eines Schaltgerätes bietet, amortisieren sich eventuelle Mehrkosten für Geräte mit dieser Anschluss-Technik sehr schnell. Eaton, aber auch die meisten anderen führenden Hersteller von Automatisierungs- und Schaltgeräten, bringen daher heute vermehrt neue Produkte mit Push-in-Klammern oder zumindest mit einer Variante mit Push-in-Technologie auf den Markt. Da die Push-in-Technologie gegenüber der Federzug-Technik keine Nachteile, aber wichtige Vorteile bietet, geht Eaton davon aus, dass die Push-in-Klamme die Federzugklemme schon in wenigen Jahren ablöst und auch von der Schraubklemme Marktanteile übernimmt.

Voraussetzung dafür ist ein großes Angebot an Automatisierungs- und Schaltgeräten mit Push-in-Technik, so dass Maschinen-, Steuerungs- und Schaltanlagenbauer möglichst durchgängig mit nur einer Anschluss-Technik arbeiten kann.

Eaton erweitert daher sein Produkt-Portfolio an Push-in-Lösungen kontinuierlich: Es beinhaltet heute bereits Varianten mit Push-in-Technologie bei den Motorschutzschaltern PKZM0 und PKE (5 / 10) im Leistungsbereich bis 32 A und bei den Leistungsschützern DIL M und DIL A bis 38 A (5) sowie Motorstartern bis 32 A (7 / 8). Das Portfolio umfasst daneben bereits speicherprogrammierbare Steuerungen (3), I/Os, Ein-/Ausgabemodule für das intelligente Kommunikationssystem SmartWire-DT (11), Kontaktelemente für die Befehls- und Meldegeräte der RMQ-Titan-Serie (6), Steuer-Relais (2), Schutzschalter (1 / 4) und Frequenzumrichter (9). Auch das Zubehör rund um die Push-in-Technologie wird weiter ausgebaut. So bietet Eaton rund um diese effiziente Anschluss-Technik ein umfassendes Portfolio an Automatisierungs-Lösungen aus einer Hand.

Mit der Entscheidung für Geräte mit Push-in-Anschluss-Technik erhalten Hersteller nicht nur einen wesentlichen Baustein für mehr Effizienz, sondern auch ein hohes Maß an Zukunftssicherheit – ein wichtiger Aspekt, setzen Maschinen- und Schaltanlagenbauer eine einmal eingeführte Anschluss-Technik doch in der Regel mehr als zehn Jahre ein: Die Möglichkeit, Leiter werkzeuglos durch einfaches Stecken direkt anzuschließen, und der gut zugängliche Anschluss von vorne prädestinieren die Push-in-Technologie als die Anschluss-Technik für Verfahren des automatisierten Verdrahtens, die bereits entwickelt werden und in absehbarer Zeit verstärkt auf den Markt kommen werden.

Wir bei Eaton sind angetrieben von Lösungen zur Energieversorgung einer Welt, die immer anspruchsvoller wird. Mit über 100 Jahren Kompetenz im Bereich des Energiemanagements sind wir bereit für die Zukunft. Kernbranchen rund um den Globus vertrauen auf Eaton und auf unsere wegweisenden Produkte, Komplettlösungen und Ingenieursleistungen.

Wir stärken Unternehmen mit zuverlässigen, effizienten und sicheren Energiemanagement-Lösungen. Kombiniert mit unserem persönlichen Service, Support und unserem anspruchsvollen Denken, erfüllen wir bereits heute die Anforderungen von morgen. Mit Energie in die Zukunft.
Besuchen Sie eaton.eu.

