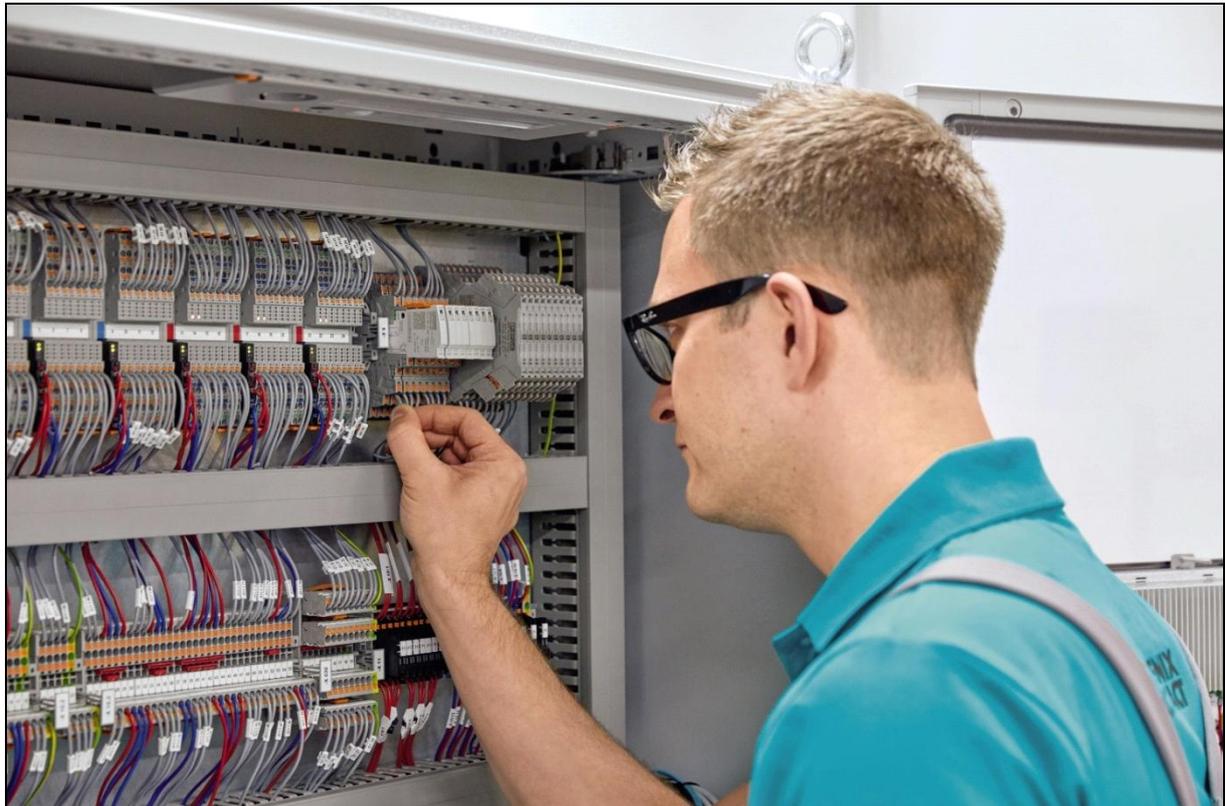


Worauf Sie bei der Realisierung elektrischer Anschlüsse achten sollten



Inhalt

Vorwort	3
Anschlussstechniken, die häufig in der Praxis anzutreffen sind	4
Schraubanschlüsse (Fahrstuhlprinzip)	4
Schraubanschlüsse (Dachscheibenprinzip)	8
Bolzenanschlüsse	10
Zugfederanschlüsse	12
Push-in-Direktsteckanschlüsse (Prinzip mit Betätigungsdrücker)	16
Push-in-Direktsteckanschlüsse (Prinzip ohne Betätigungsdrücker)	20
Schneidanschlüsse (IDC-Prinzip)	22
Worauf beim Anschluss im Zusammenhang mit dem Leiter zu achten ist	25
Begriffserklärung zum vorbehandelten/vorbereiteten Leiter	25
Fehlerbilder zum Anschlussquerschnitt	26
Fehlerbilder zum Mehrleiteranschluss	27
Fehlerbilder zum Prozess des Abisolierens	28
Fehlerbilder zum Prozess der Leitervorbereitung	30
Ultraschallverdichtete Litzen	31
Fehlerbilder zum Leiteranschluss ohne Leitervorbehandlung	32
Worauf im Speziellen bei den Anschlussstechniken zu achten ist	33
Worauf im Speziellen bei Schraubanschlüssen zu achten ist	33
Worauf im Speziellen bei Bolzenanschlüssen zu achten ist	34
Worauf im Speziellen bei Zugfederanschlüssen zu achten ist	35
Worauf im Speziellen bei Push-in-Anschlüssen zu achten ist	35
Worauf im Speziellen bei Schneidanschlüssen zu achten ist	36
Worauf beim Anschluss von Aluminiumleitern zu achten ist	37
Fehlerbilder beim direkten Anschluss von Aluminiumleitern	38
Der direkte Anschluss von Aluminiumleitern an Phoenix Contact Reihenklemmen	38
Die menschliche und zeitliche Komponente	39
Fazit	40
Quellennachweis	41
Autor	41

Vorwort

Das Herz einer elektrischen Installation ist neben einer gewissenhaft geplanten und konfigurierten Hardware vor allem betriebssichere Anschlüsse. Wer schon einmal nach Wackelkontakten suchen musste wird das sicherlich gut nachvollziehen können. Aber bei der Vielzahl der Anschlüsse, die in einer Anlage zu realisieren sind, kann sich schon mal der eine oder andere Fehler bei der Kontaktierung einschleichen. Dabei können ganz bestimmte Fehler auch nur bei ganz bestimmten Anschlusstechniken auftreten.

Dieser Guide soll helfen, die am häufigsten anzutreffenden Hürden bei der elektrischen Kontaktierung sicher zu umgehen.

Hier schon einmal vorab:

Der Autor empfiehlt ausdrücklich immer die Herstellerangaben zum richtigen Anschluss zu befolgen und auch in Abhängigkeit der Anschlusstechnik auf die richtige Bedienung zu achten. Leider wird diese Grundvoraussetzung oft in der Praxis nicht beherzigt, sodass viele Fehler erst bei der Inbetriebnahme oder im Betrieb selbst auffallen, manchmal auch erst bei Service- oder Wartungsarbeiten. In diesen Phasen ist die Fehlerbehebung jedoch sehr viel zeitaufwendiger und kostenintensiver als bereits während der Montagephase darauf zu achten.

Der Autor weist ausdrücklich darauf hin, dass in diesem Guide nicht alle Anschlusstechniken oder Fehlerbilder Berücksichtigung finden können.

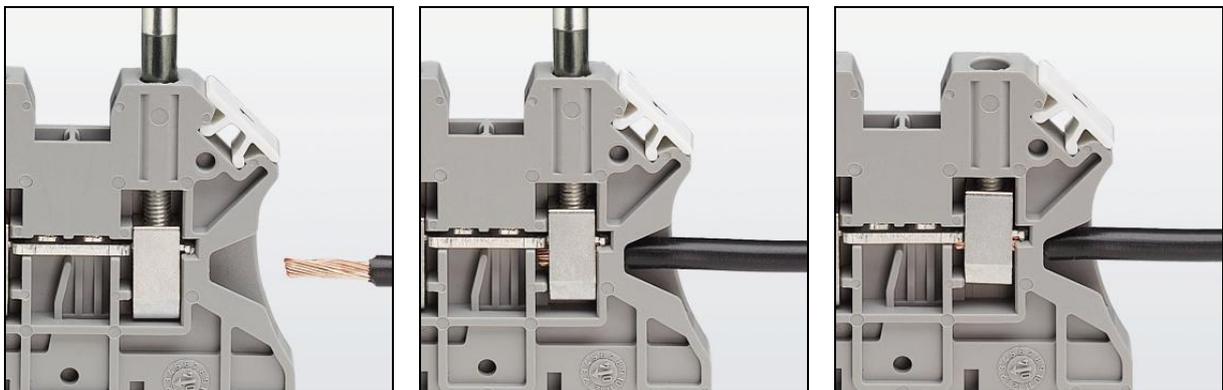
Anschlussstechniken, die häufig in der Praxis anzutreffen sind

Zunächst folgt eine Sammlung der am häufigsten anzutreffenden Anschlussstechniken. In diesem Kapitel werden vor allem das Funktionsprinzip, oft anzutreffende Verwendungen sowie systemspezifische Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Schraubanschlüsse (Fahrstuhlprinzip)

Anschlussprinzip:

Beim Festdrehen wird der Klemmkörper durch die im Anschluss höhenmäßig fest stehende Schraube nach oben bewegt (Fahrstuhlprinzip). Der elektrische Kontakt wird hergestellt, indem ein eingebrachter Leiter gegen die Stromschiene gepresst wird. Am Markt wird hierfür auch oft der Name Zughülsenanschluss verwendet.



Häufig anzutreffen als/in/an:

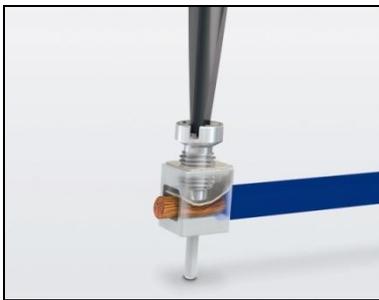
- Reihenklemmen
- Leiterplattenklemmen



- Schalt- und Reiheneinbaugeräten



Eine ebenfalls gebräuchliche Schraubanschlusstechnik ist die Variante nach dem sogenannten Taschenprinzip. Dabei ist der Klemmkörper auch gleichzeitig mit der Stromübertragung betraut. Die Befestigung des Leiters erfolgt natürlich auch hier per Schraube. Ein Drahtschutz ist entweder vorhanden oder auch nicht.



Typische Vertreter dieser Schraubanschlüsse sind:

- Kontakteinsätze für Steckverbinder



- Europaklemmen



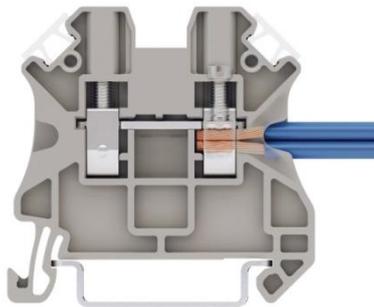
Viele der hier beschriebenen systemspezifischen Vor- und Nachteile sowie Fehlerbilder gelten natürlich gleichermaßen für diese Anschlüsse. Im Folgenden gehen wir jedoch nur auf das häufiger anzutreffende Fahrstuhlprinzip ein.

Typischer maximaler Querschnitt:

- 240 mm²

Systemspezifische Vorteile:

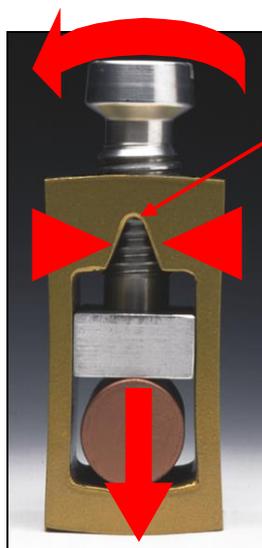
- Die Bedienung ist bekannt.
- Fast immer ist ein Mehrleiteranschluss möglich (Herstellerangaben beachten).



In Phoenix Contact Schraubklemmen können zwei Leiter gleicher Art in einem Klemmraum angeschlossen werden.

Der Mehrleiteranschluss wird jedoch nicht überall akzeptiert. Daher sollte vor der Errichtung die Freigabe des Betreibers eingeholt werden.

- Diese Art des Anschlusses bietet höchste Kontaktkräfte.
- Die im Gehäuse fest stehende Schraube erleichtert die Arbeit mit elektrischen und pneumatischen Drehmomentschraubern. Ein Nachführen des Werkzeugs ist nicht erforderlich, da die Schraube im Betätigungsschacht ihre Höhe nicht verändert.
- Fast immer liegt ein wartungsfreier Anschluss durch Schraubensicherung oder Schraubenbremsung vor. Bei Phoenix Contact Schraubanschlüssen wird die Schraube überwiegend durch das Reakdyn-Prinzip gebremst.



Reakdyn-Rille

Reakdyn-Prinzip:

Herzstück dieses Prinzips ist die sogenannte Reakdynrinne an der Oberseite des Klemmkörpers. Diese führt beim Anziehen der Schraube zu einer elastischen Verformung im Gewindebereich des Klemmkörpers. Die Verformung bewirkt zusammen mit der Gewindereibung und der Elastizität des Klemmkörpermaterials die Schraubenbremse.

- Schraubanschlüsse bieten nach dem Kenntnisstand des Autors z. Z. die einzige Möglichkeit, Aluminiumleiter direkt anzuschließen.

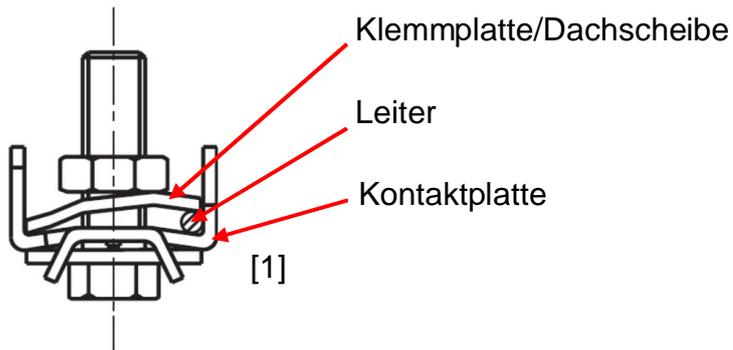
Systemspezifische Nachteile:

- Für eine sichere Kontaktierung ist das herstellerseitig vorgegebene Drehmoment einzuhalten.
- Damit das angegebene Drehmoment aufgebracht werden kann, muss in jedem Fall passendes Werkzeug verwendet werden. Dies gilt vor allem in Bezug auf die Form (Schlitz, Kreuzschlitz, Innensechskant ...) und die Größe für den Schraubenkopf.

Schraubanschlüsse (Dachscheibenprinzip)

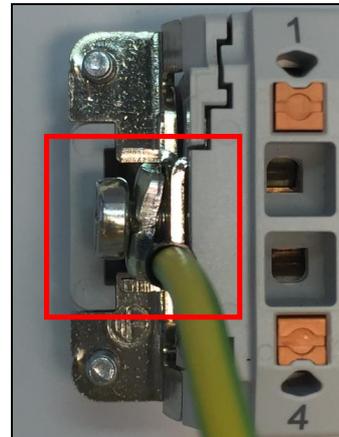
Anschlussprinzip:

Diese Art von Schraubanschlüssen wird auch oft als Kopfkontakt-Klemmstelle bezeichnet. Dabei wird der Leiter unter den Kopf der Schraube geklemmt. Der Kontaktdruck wird durch den Schraubenkopf direkt oder durch ein Zwischenstück, wie z. B. eine Unterlegscheibe, Klemmplatte oder eine Vorrichtung, die das Spreizen des Leiters verhindert, übertragen. Die elektrische Kontaktierung erfolgt an der fest stehenden Kontaktplatte.



Häufig anzutreffen als/in/an:

- PE-Anschluss an Kontakteinsätzen von Steckverbindern
- Schaltgeräten (Schützen), jedoch eher historisch
- Drehschaltern



[2]



[3]

- Sogenannte Barrier Strips, vor allem in asiatischen Installationen



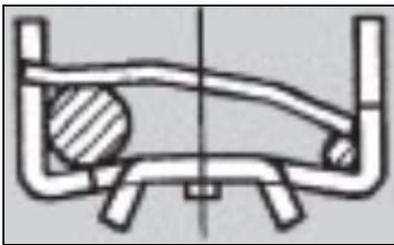
[4]

Typischer maximaler Querschnitt:

- 50 mm²

Systemspezifische Vorteile:

- Die Bedienung ist bekannt.
- Fast immer ist ein Mehrleiteranschluss möglich (Herstellerangaben beachten).



[5]

Je nach Herstellerangabe lässt diese Anschlusstechnik sogar zwei verschiedene Querschnitte an einem Anschluss zu.

Der Mehrleiteranschluss und vor allem der Anschluss von zwei verschiedenen Querschnitten an einem Kontaktpunkt werden jedoch nicht überall akzeptiert. Daher sollte vor der Errichtung die Freigabe des Betreibers eingeholt werden.

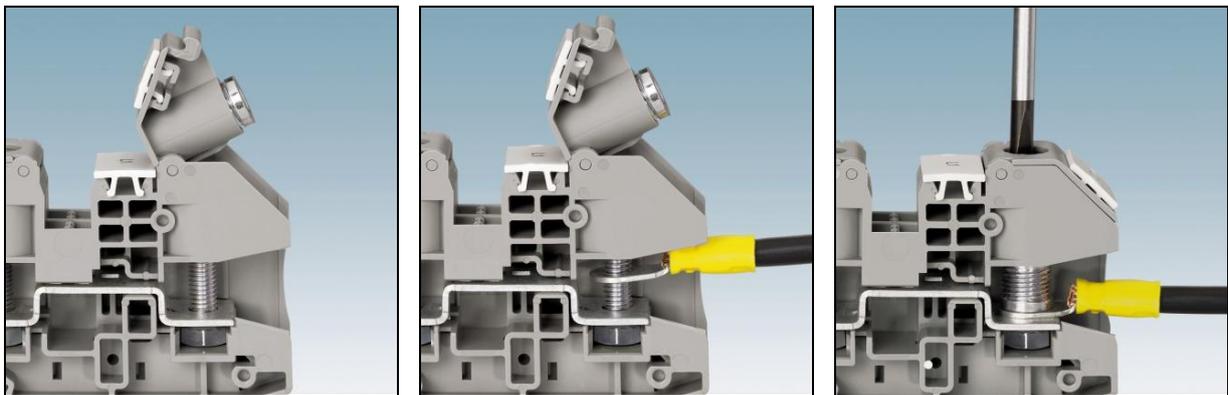
Systemspezifische Nachteile:

- In der Regel ist der Anschluss nicht wartungsfrei.
- Bei den PE-Anschlüssen der Steckverbinder-Kontakteinsätze ist zu beachten: Mehrleiteranschluss ist nur möglich, wenn die Adern elektromechanisch miteinander verbunden sind, z. B. die gemeinsame Verpressung der Adern in einer Doppeladerendhülse.
Stichwort: Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1), Kapitel 8.2.3.
- Für eine sichere Kontaktierung ist das herstellerseitig vorgegebene Drehmoment einzuhalten.
- Damit das angegebene Drehmoment aufgebracht werden kann, muss in jedem Fall passendes Werkzeug verwendet werden. Dies gilt vor allem in Bezug auf die Form (Schlitz, Kreuzschlitz, Sechskant ...) und die Größe für den Schraubenkopf oder die Mutter.

Bolzenanschlüsse

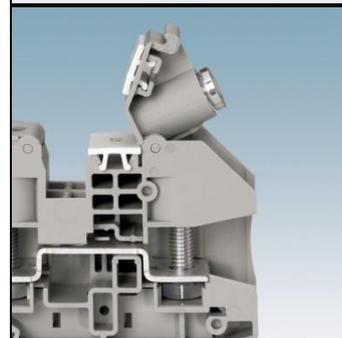
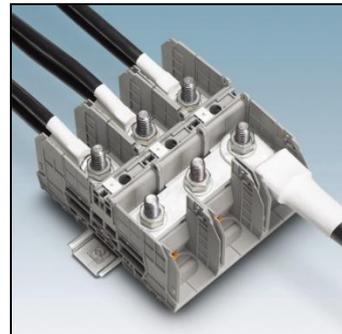
Anschlussprinzip:

Die Bolzenanschlüsse ähneln vom Aufbau her den Schraubanschlüssen mit Dachscheibe (Kopfkontakt-Klemmstelle). Dabei wird der Leiter, ein Ring- oder Gabelkabelschuh unter einer Mutter mit oder ohne Scheibe geklemmt. Die Kontaktübergabe findet entweder direkt zwischen Kabelschuhen oder an eine meist unten liegende Stromschiene statt.



Häufig anzutreffen als/in/an:

- Reihenklemmen für große Querschnitte und große Leistungen
- Reihenklemmen für USA-Anwendungen
- Schaltern und Trennern für große Leistungen sowie Sicherungsunterteilen



[6]

- Sogenannte Barrier Strips, vor allem in asiatischen Installationen



[7]

Typischer maximaler Querschnitt:

- 300 mm²

Systemspezifische Vorteile:

- Die Bedienung ist bekannt.
- Der Anschluss ist in der Regel wartungsfrei.
- Fast immer ist ein Mehrleiteranschluss möglich (Herstellerangaben beachten).



So lassen sich an einer Einbolzenklemme mehr als zwei Leiter anschließen. Die Kontaktübergabe findet direkt zwischen den Kabelschuhen statt.

Der Mehrleiteranschluss wird jedoch nicht überall akzeptiert. Daher sollte vor der Errichtung die Freigabe des Betreibers eingeholt werden.

- Bolzenanschlüsse sind bei großen Querschnitten sehr montagefreundlich.
 - Leiter, die mit einem Kabelschuh versehen sind, lassen sich einfach auf den Stehbolzen aufschwenken.
 - Findet die Befestigung per Schraube statt, wird der Leiter auch nur einfach auf die Stromschiene aufgeschwenkt und danach wird die Schraube durch das Auge des Kabelschuhs geführt und angezogen.
- Der Bolzenanschluss ist ein extrem robuster Kontakt. Die Auszugskraft ist dabei nur abhängig von der Qualität der Verpressung des Ringkabelschuhs.

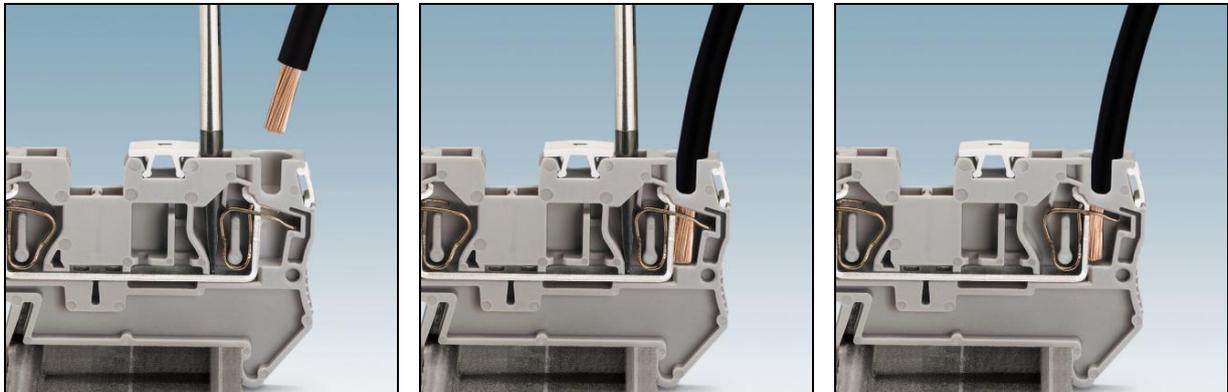
Systemspezifische Nachteile:

- Der Leiter muss immer vorbehandelt werden.
- Bei großen Querschnitten ist Spezialwerkzeug erforderlich. Dazu gehören z. B. pneumatische oder hydraulische Presswerkzeuge.

Zugfederanschlüsse

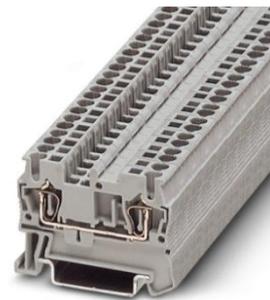
Wie es der Name schon sagt, diesen Anschlüssen liegt eine Federkrafttechnik zugrunde. Sie müssen vor der Verwendung mit einem vom Hersteller empfohlenen Werkzeug geöffnet werden. Meistens wird dafür ein Schlitzschraubendreher in den Betätigungsschacht eingeführt. Danach lässt sich der Leiter von oben in den Klemmraum einführen. Der bestückte Leiter befindet sich sodann in einer Art „Käfig“. Durch das Entfernen des Werkzeugs wird der Leiter gegen die Stromschiene gezogen und der Kontakt hergestellt. Gemäß den soeben genannten Eigenschaften werden hierfür am Markt auch oft die folgenden Namen verwendet:

- Käfigzugfederanschluss
- Federzuganschluss
- Steckanschluss, vermutlich, weil der Leiter von oben in den Anschlussraum gesteckt wird. Welche GEFAHR mit dieser Denkart jedoch verbunden ist, wird auf der Seite 15 nochmal aufgegriffen.

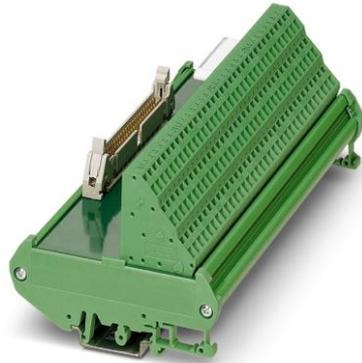


Häufig anzutreffen als/in/an:

- Reihenklemmen
- Leiterplattenklemmen



- Schalt- und Reiheneinbaugeräten



- I/O-Baugruppen



Typischer maximaler Querschnitt:

- 35 mm²

Systemspezifische Vorteile:

- Wie alle Federkrafttechniken weisen Zugfederanschlüsse eine hervorragende Schock- und Vibrationsfestigkeit auf.
- Die Anschlüsse lassen sich von vorne verdrahten. In diesem Fall spricht man davon, dass die Blick- und Bedienungsrichtung (Steckrichtung Schraubendreher) auf den Anschluss gleich der Verdrahtungsrichtung (Bestückungsrichtung Leiter) ist. „Man sieht, was man tut“.
- Ein gestecktes Werkzeug hält den Anschluss offen. So findet der Verdrahter den offenen Anschluss im Schaltschrank schnell wieder. Z. B. nach dem Abisolieren oder Herrichten einer Ader oder zum nachträglichen Umverdrahten.



Solange ein Schraubendreher im Betätigungsschacht steckt, bleibt der Anschluss geöffnet.

Systemspezifische Nachteile:

- Der Anschluss muss vor der Verdrahtung **immer** geöffnet werden
- Zum Bedienen muss **immer** ein passendes Werkzeug verwendet werden. Bei Nichtbeachtung kann der Anschluss zerstört werden.
- Ein zu kleines Werkzeug öffnet einen Anschluss nicht auf Nenngröße. Der Bemessungsquerschnitt lässt sich nicht beschalten.



Gut zu sehen. Erst mit dem richtigen Werkzeug lässt sich der Anschluss vollständig öffnen (rechte Seite).

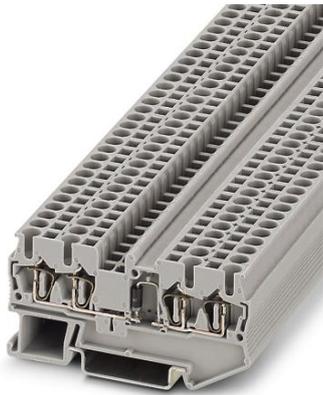
- Die Bedienung/Betätigung der Anschlüsse wird bei Querschnitten $> 10 \text{ mm}^2$ zunehmend kraftaufwendig. Zur Öffnung eines 35-mm^2 -Zugfederanschlusses sind fast schon Riesenkräfte erforderlich.
- Bei Federkraftanschlüssen ist grundsätzlich nur ein Leiter je Klemmstelle zugelassen.



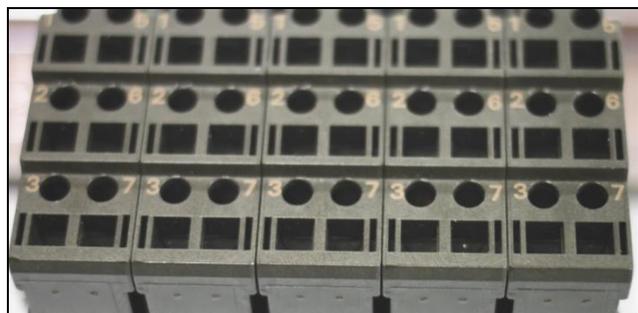
[8]

Sollen in Zugfederanschlüssen zwei Leiter an einem Anschluss kontaktiert werden, muss auf das Hilfskonstrukt Doppeladerendhülse zurück gegriffen werden.

- Diese Anschlusstechnik ist für Bediener nicht intuitiv (zu viele Löcher, wo muss der Leiter/das Werkzeug überhaupt hinein?).



Beispiele für „viel zu viele Löcher“:
Bei den Anschlüssen unten rechts ist zusätzlich der Betätigungsschacht für das Werkzeug rund und der Leiterzuführungsschacht ist eckig.



Dadurch besteht grundsätzlich die GEFAHR des direkten Steckens von Leitern, ohne dass zuvor die Feder geöffnet wird (Verwechslung mit Anschlüssen mit Direktstecktechnik).

Push-in-Direktsteckanschlüsse (Prinzip mit Betätigungsdrücker)

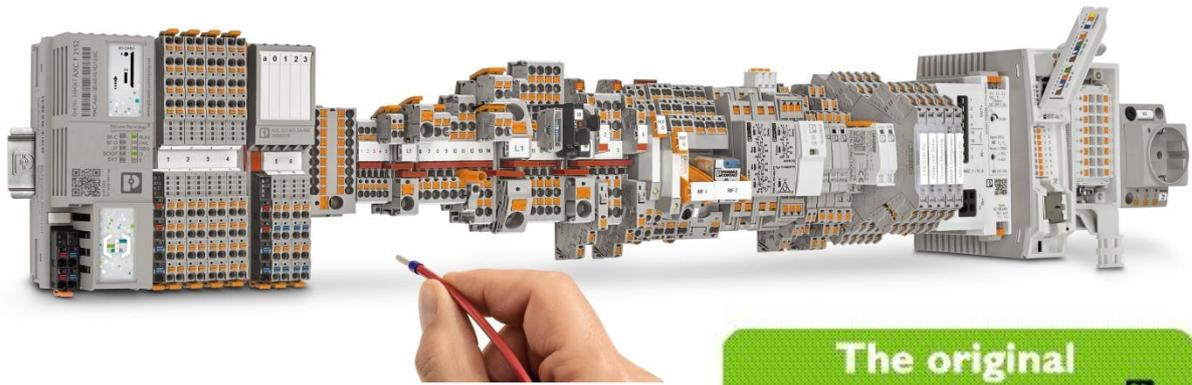
Auch in den Push-in-Anschlüssen wird der Kontaktdruck durch die Kraft einer Feder aufgebracht. Im Gegensatz zu den Zugfederanschlüssen ist in den Push-in-Anschlüssen eine Schenkelfeder verbaut. Diese drückt den Leiter zur Kontaktierung gegen die Stromschiene. In Push-in-Anschlüssen lassen sich Leiter, die ausreichend steif sind, direkt und ohne die Verwendung eines Werkzeugs anschließen. Dafür wird der Leiter einfach gegen den Druck der Feder in den Anschlussraum eingesteckt, daher auch die Namensgebung Direktsteckanschluss. Bei diesem Typ Anschluss ist außerdem ein Betätigungsdrücker verbaut. Der Anschluss wird geöffnet, indem der Drücker mit einem Werkzeug betätigt wird.



Häufig anzutreffen als/in/an:

- Reihenklammern
- **Und nur bei Phoenix Contact** in vielen weiteren Steckverbindern, Schalt- und Reiheneinbaugeräten, I/O-Baugruppen ...





Nur bei Phoenix Contact zu finden:

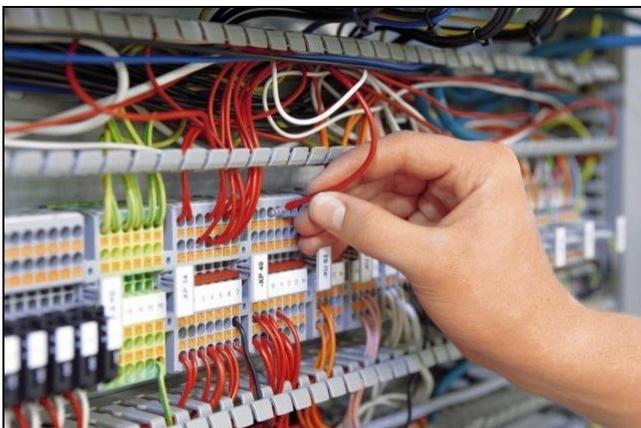
- Die Applikation lässt sich durchgängig vom Feld bis zur Steuerung mit der einfachen Push-in-Anschluss-technik verdrahten.
- Ein komplettes Produktprogramm, von der Steuerung über Relaismodule, Reihenklammern und Überspannungsschutz bis hin zur Sensor-/Aktor-Verkabelung im Feld und vieles mehr.

Typischer maximaler Querschnitt:

- 16 mm²

Systemspezifische Vorteile:

- Wie alle Federkrafttechniken weisen Push-in-Anschlüsse eine hervorragende Schock- und Vibrationsfestigkeit auf.
- Die Anschlüsse lassen sich von vorne verdrahten. In diesem Fall spricht man davon, dass die Blickrichtung auf den Anschluss gleich der Verdrahtungsrichtung (Bestückungsrichtung Leiter) ist. Prinzip: Man sieht, was man tut.
- Leiter mit ausreichender Knicksteifigkeit lassen sich werkzeuglos, einfach und schnell direkt einstecken. Für Leiter ohne ausreichende Knicksteifigkeit muss der Drücker betätigt werden.



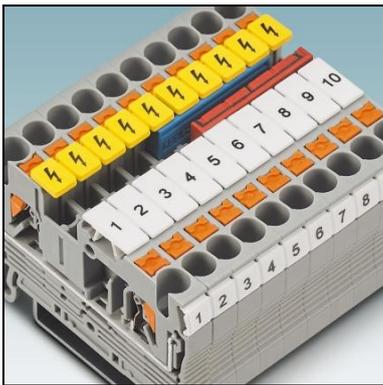
Den Leiter einfach einstecken.

- Die Betätigungsdrücker der Anschlusspunkte lassen sich mit einem beliebigen spitzen oder schraubendreherartigen Werkzeug öffnen.
- Anschlüsselemente nehmen keinen Schaden durch Verwendung eines falschen Werkzeugs.



Damit sich der Betätigungsdrücker mit spitzen Gegenständen bedienen lässt, sind die am Markt befindlichen Varianten vielfach mit entsprechenden Oberflächen ausgestattet. Hier im Bild die charakteristische Oberfläche des Phoenix Contact-Pushers.

- Dank des isolierenden Betätigungsdrückers besteht beim Arbeiten unter Spannung keine GEFAHR, mit spannungsführenden Teilen in Berührung zu geraten. Arbeiten unter Spannung kommt durchaus in der Praxis vor.



Die Betätigungsdrücker können vor gefährlichen Körperströmen schützen. Ausdrücklich zu erwähnen ist, dass dies kein Freibrief für das Arbeiten unter Spannung ist. Es gelten natürlich **immer und in jedem Fall** die Sicherheitsfachregeln der Elektrotechnik nach DIN VDE 0105-100.

Systemspezifische Nachteile:

- Der Anschluss bleibt nur geöffnet, solange der Drücker betätigt ist.



Dies ist ein klarer Nachteil gegenüber Varianten, die unter Zuhilfenahme eines Werkzeuges oder einer anderen Methodik geöffnet bleiben.

- Bei Federkraftanschlüssen ist grundsätzlich nur ein Leiter je Klemmstelle zugelassen.



Sollen in Push-in-Anschlüssen zwei Leiter an einem Anschluss kontaktiert werden, dann muss auf das Hilfskonstrukt Doppeladerendhülse zurück gegriffen werden.

Push-in-Direktsteckanschlüsse (Prinzip ohne Betätigungsdrücker)

Auch in den Push-in-Anschlüssen wird der Kontaktdruck durch die Kraft einer Feder aufgebracht. Im Gegensatz zu den Zugfederanschlüssen ist in den Push-in-Anschlüssen eine Schenkelfeder verbaut. Diese drückt den Leiter zur Kontaktierung gegen die Stromschiene. In Push-in-Anschlüssen lassen sich Leiter, die ausreichend steif sind direkt und ohne die Verwendung eines Werkzeugs anschließen. Dafür wird der Leiter einfach gegen den Druck der Feder in den Anschlussraum eingesteckt, daher auch die Namensgebung Direktsteckanschluss.



Häufig anzutreffen als/in/an:

- Reihenklennen



- Leiterplattenklennen



- Relaissockeln und I/O-Baugruppen



[9]

Typischer maximaler Querschnitt:

- 16 mm²

Systemspezifische Vorteile:

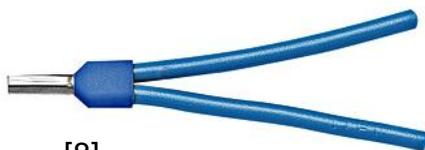
- Wie alle Federkrafttechniken weisen Push-in-Anschlüsse eine hervorragende Schock- und Vibrationsfestigkeit auf.
- Die Anschlüsse lassen sich von vorne verdrahten. In diesem Fall spricht man davon, dass die Blickrichtung auf den Anschluss gleich der Verdrahtungsrichtung (Bestückungsrichtung Leiter) ist. Prinzip: Man sieht, was man tut.
- Leiter mit ausreichender Knicksteifigkeit lassen sich werkzeuglos, einfach und schnell direkt einstecken. Für Leiter ohne ausreichende Knicksteifigkeit muss der Anschluss geöffnet werden.
- Ein gestecktes Werkzeug hält den Anschluss offen. So findet der Verdrahter den offenen Anschluss im Schaltschrank schnell wieder. Z. B. nach dem Abisolieren oder Herrichten einer Ader oder zum nachträglichen Umverdrahten.



Wie bei den Zugfederanschlüssen: solange ein Schraubendreher im Betätigungsschacht steckt, bleibt der Anschluss geöffnet.

Systemspezifische Nachteile:

- Zum Öffnen/Betätigen des Anschlusses muss **immer** passendes Werkzeug verwendet werden. Bei Nichtbeachtung kann der Anschluss zerstört werden.
- Diese Anschlusstechnik ist für Bediener nicht intuitiv (Zu viele Löcher, wo muss der Leiter/das Werkzeug überhaupt hinein?).
- Bei Federkraftanschlüssen ist grundsätzlich nur ein Leiter je Klemmstelle zugelassen.



[8]

Sollen in Push-in-Anschlüssen zwei Leiter an einem Anschluss kontaktiert werden, dann muss auf das Hilfskonstrukt Doppeladerendhülse zurück gegriffen werden.

Schneidanschlüsse (IDC-Prinzip)

Auch die Schneidanschlüsse basieren auf Federkrafttechnik. Zur Erinnerung, bei den bisher behandelten Federkrafttechniken drückt oder zieht die Feder den Leiter zur Kontaktübergabe gegen eine Stromschiene. In den Schneidanschlüssen jedoch sind die Aufgaben der Feder weiter greifend:

1. Die Feder verdrängt die Leiterisolation.
2. Die Feder dient der elektrischen Kontaktierung des Leiters.

IDC steht für Insulation Displacement Connection.

Der Leiter wird unter Zuhilfenahme eines Werkzeugs und/oder mit Hilfe von Mechanismen zur Verdrängung der Isolation und zur Kontaktierung in eine Feder getrieben.

Die Bilder zeigen Phoenix Contact Schneidanschluss-Reihenklammern. Sie lassen sich mit einem Standard Schlitzschraubendreher bedienen. Ein Spezialwerkzeug wird nicht benötigt. Diese einfache Art der Bedienung ist jedoch nicht systemspezifisch für Schneidanschlüsse.



Häufig anzutreffen als/in/an:

- Reihenklammern
- Steckverbindern
(Bild zeigt eine oft verwendete Kontaktgeometrie)

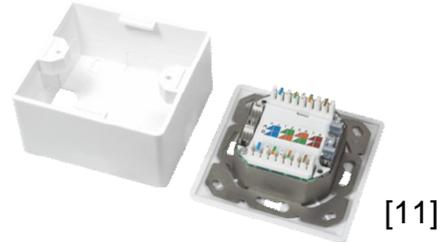


- Sogenannten LSA- oder LSA-Plus-Leisten für Telefon- oder für Datenverkabelungen



[10]

- Netzwerkdosen



[11]

Typischer maximaler Querschnitt:

- 6 mm²

Systemspezifische Vorteile:

- Wie alle Federkrafttechniken weisen auch die Schneidanschlüsse eine hervorragende Schock- und Vibrationsfestigkeit auf.
- Die Anschlüsse lassen sich von vorne verdrahten. In diesem Fall spricht man davon, dass die Blick- und Bedienungsrichtung (Bedienungsrichtung Schraubendreher) auf den Anschluss gleich der Verdrahtungsrichtung (Bestückungsrichtung Leiter) ist. Prinzip: Man sieht, was man tut.
- In der Regel lassen sich Leiter ohne weitere Vorbehandlung verdrahten. Die Leiter werden nur auf Länge geschnitten. Ein Abisolieren ist nicht notwendig. So gelangen sämtliche Litzen in die Kontaktschneide, da sie noch durch die Leiterisolation zusammen gehalten werden.

Systemspezifische Nachteile:

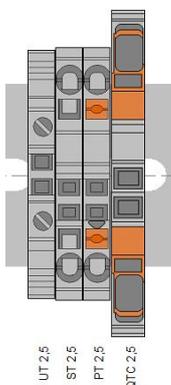
- Ein angeschlossener Leiter muss für den erneuten Anschluss neu abgelängt werden, damit eine unbehandelte/unbeschädigte Anschlussstelle für die Erzeugung einer gasdichten Kontaktierung bereit steht. Für solche Zwecke ist also eine gewisse Leiterreserve vorzuhalten.
- Bei Schneidanschlüssen ist in der Regel nur ein Leiter je Klemmstelle zugelassen.
- Vorbehandelte Leiter können in der Regel nicht angeschlossen werden.

- Die Querschnitts-Bandbreite (kleinster bis größter anschließbarer Querschnitt) ist bei Schneidanschlüssen stärker eingeschränkt als bei anderen Anschlusstechniken.
- Die Wiederbeschaltung eines Schneidanschlusses ist nur mit gleichem oder größerem Querschnitt erlaubt. Bei der Verwendung kleinerer Querschnitte kann die Güte der Kontaktierung nicht gewährleistet werden.
- Die Schneidanschlusstechnik kann nicht alle Leiter bezüglich Außendurchmesser, Litzenaufbau und Aderisolationen sauber kontaktieren. So lassen sich Gummischlauchleitungen oft nicht betriebssicher in Schneidanschlüssen kontaktieren. Grund dafür sind die in den Leitungen enthaltenen Talkumanteile, die die Kontaktstelle beim Schneiden der Isolation verschmutzen.

Anschlussart	Schnellanschluss
Anschluss gemäß Norm	IEC 60947-7-1
Leiterquerschnitt starr min	0,5 mm ²
Leiterquerschnitt starr max	2,5 mm ²
Leiterquerschnitt flexibel max.	2,5 mm ²
Material Aderisolation	PVC/PE
Litzenaufbau nach VDE 0295 / kleinster Drahtdurchmesser	VDE 0295 Kl.1-5
Aderdurchmesser inkl. Isolation max	3,8 mm

Diese Angaben für die Phoenix Contact-Reihenklemme QTC 2,5 zeigen es ganz treffend: Der Bereich minimaler bis maximaler Querschnitt ist kleiner als bei vergleichbaren 2,5 mm² Reihenklemmen, z. B. UT 2,5 oder PT 2,5. Weiterhin ist die Klemme auf den Anschluss von PVC- und PE-isolierten Leitungen eingeschränkt. Auch sind der Außendurchmesser und der Litzenaufbau zu beachten.

- Bezugnehmend auf Phoenix Contact Reihenklemmen: Bei gleichem Anschlussquerschnitt sind Schneidanschlussklemmen größer als die Reihenklemmen mit anderen Anschlusstechniken.



Dieser Größenvergleich von 2,5 mm² Phoenix Contact Reihenklemmen zeigt es auf. Die Schneidanschlussklemmen sind im Vergleich breiter und länger. Von links nach rechts:

- UT 2,5 – Schraubanschluss-Reihenklemme
- ST 2,5 – Zugfeder-Reihenklemme
- PT 2,5 – Push-in-Reihenklemme (mit Drücker)
- QTC 2,5 – Schneidanschluss-Reihenklemme

- Schneidanschlüsse an LSA-Leisten und an Netzwerkdozen bieten eine höhere Packungsdichte als Phoenix Contact Reihenklemmen. Dafür muss ein spezielles Anlegewerkzeug für den Anschluss verwendet werden.

Worauf beim Anschluss im Zusammenhang mit dem Leiter zu achten ist

Normativ unterliegen alle Schraub- und schraubenlosen Klemmverbindungen der DIN EN 60999-1 (VDE 0609-1:2000-12) - Verbindungsmaterial - Elektrische Kupferleiter Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen. Für Reihenklemmen hingegen kommen noch zusätzlich diese beiden Regularien hinzu:

- DIN EN 60947-7-1:2010-03;VDE 0611-1:2010-03 – Niederspannungsschaltgeräte - Teil 7-1: Hilfseinrichtungen - Reihenklemmen für Kupferleiter.
- DIN EN 60947-7-2:2010-03;VDE 0611-3:2010-03 - Niederspannungsschaltgeräte - Teil 7-2: Hilfseinrichtungen - Schutzleiter-Reihenklemmen für Kupferleiter.

In all diesen Regularien ist beschrieben, dass der Hersteller eines Geräts oder einer Reihenklemme gegenüber dem Anwender immer Folgendes anzugeben hat:

- Den minimal und maximal anschließbaren Leiterquerschnitt.
- Ob der Anschluss nur bestimmte Leiterarten aufnehmen kann.
- Ob der Leiter einer Vorbehandlung unterzogen werden muss. Dazu gehören das Aufbringen von Aderendhülsen oder andere Leitervorbereitungen. Dazu gehört jedoch nicht das Abisolieren eines Leiters.
- Ggf. die Abisolierlänge.
- Wie viele Leiter sich an dem Anschluss anklemmen lassen.

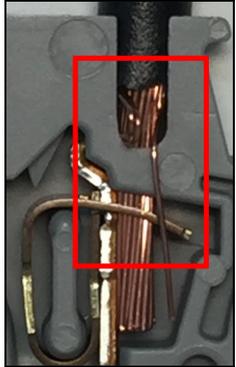
Der Anwender sollte diese Angaben **immer** beachten, damit die uneingeschränkte Betriebssicherheit eines Anschlusses gegeben ist. Die häufigsten Fehler bei elektrischen Anschlüssen treten jedoch schon in diesem Zusammenhang auf.

Begriffserklärung zum vorbehandelten/vorbereiteten Leiter

Gemäß DIN EN 60999-1 gehört zur Leitervorbereitung das Aufbringen einer Öse, eines Kabelschuhs oder einer Aderendhülse auf den Leiter. Auch das Verdichten eines Leiters per Ultraschall als Aufspießschutz gehört zur Leitervorbereitung. Ebenso fällt Verzinnen unter die Vorbereitung eines Leiters. Hingegen ist ein nur abisolierter Leiter als unbehandelte Leiter zu betrachten.

Tatsächlich können in Federkraftanschlüssen verzinnte Leiter angeschlossen werden. Für Schraubanschlüsse hingegen ist diese Art der Vorbehandlung grundsätzlich nicht zulässig. Grundsätzlich bieten verzinnte Leiter jedoch in den Anschlüssen denkbar schlechte elektrische Übergänge. Daher ist prinzipiell davon abzuraten.

Fehlerbilder zum Anschlussquerschnitt

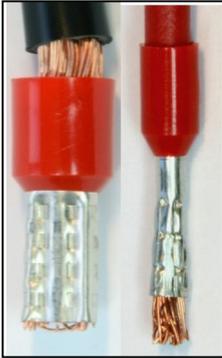
Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> Minimaler Anschlussquerschnitt ist unterschritten. Hier 35 mm², mindestens 70 mm² sind erforderlich. (Reihenklemme UKH 240). 	<ul style="list-style-type: none"> Der Anschluss ist potenziell unsicher. Es besteht die GEFAHR des Abbrands. 		<ul style="list-style-type: none"> Herstellerangaben zum minimalen Anschlussquerschnitt beachten. Evtl. können handelsübliche Erweiterungskabelschuhe verwendet werden.
<ul style="list-style-type: none"> Maximaler Anschlussquerschnitt ist überschritten. Hier 6 mm², maximal 4 mm² sind zugelassen. (Reihenklemme ST 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> Evtl. kommt es zu einer thermischen Überlastung des Anschlusses durch unzulässig hohen Strom. Einzelne Litzen gelangen nicht in den Anschluss hinein. Im Extremfall kann sogar die Feder zerstört werden. Die Isolationsstrecken sind verkürzt. Herstellerseitige Nennspannungsangaben sind nicht mehr gültig. Im Fall einer zerstörten Feder besteht nicht ausreichender Kontaktdruck. Es besteht die GEFAHR des Abbrands. 		<ul style="list-style-type: none"> Herstellerangaben zum maximalen Anschlussquerschnitt beachten. Evtl. können handelsübliche Reduzierhülsen oder Kabelschuhe verwendet werden.

Fehlerbilder zum Mehrleiteranschluss

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Unterschiedliche Leiterquerschnitte in einem Anschluss.</u> Hier sollen je 1 x 0,5 mm² und 1,5 mm² an einem Anschluss betrieben werden. (Reihenklemme UT 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> • Auch wenn der Betrieb eines solchen Anschlusses in der Praxis kaum zu Störungen führen dürfte, das Risiko für die Betriebssicherheit trägt alleine der Errichter oder der Betreiber. 		<ul style="list-style-type: none"> • Herstellerangaben zum Mehrleiteranschluss beachten. Grundsätzlich gleichartige Leiter in Bezug auf Leiterart und Querschnitt verwenden.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Zu viele Leiter in einem Anschluss.</u> Hier sollen gleich 3 x 0,5 mm² an einem Anschluss betrieben werden. (Reihenklemme UT 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> • Obgleich sich Schraubanschlüsse optimal für den Mehrleiteranschluss eignen, dieser Anschluss ist potenziell betriebsunsicher. Das Risiko für die Betriebssicherheit trägt alleine der Errichter oder der Betreiber. 		<ul style="list-style-type: none"> • Herstellerangaben zum Mehrleiteranschluss beachten. In der Regel sind maximal zwei gleichartige Leiter (siehe oben) je Anschluss zugelassen.

Fehlerbilder zum Prozess des Abisolierens

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Leiter zu kurz abisoliert bei Anschluss eines unbehandelten Leiters.</u> Der Fehler lässt sich optisch am besten an einem Zugfederanschluss darstellen. (Reihenklemme ST 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> · Da hier nur auf der Isolation geklemmt wurde, ist der Anschluss potenziell unsicher. Es drohen Wackelkontakte. · Bei höheren Strömen besteht die GEFAHR des Abbrands. · Der Fehler ist hier bildlich an einem Zugfederanschluss dokumentiert. Gleiche oder ähnliche Folgen werden sich aber auch bei anderen Anschlusstechniken einstellen, für die der Leiter zum Anschluss wenigstens abisoliert werden muss. 		<ul style="list-style-type: none"> · Herstellerangaben zur Abisolierlänge beachten.
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Leiter zu kurz abisoliert bei der Verwendung einer Aderendhülse.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> · Es besteht die GEFAHR einer hohen Kontakterwärmung bis hin zum Abbrand. · Unter Einwirkung mechanischer Kräfte verformt sich das nicht gefüllte Ende der Aderendhülse im Anschluss soweit, dass sich der Anschluss nicht mehr entschalten lässt. 		<ul style="list-style-type: none"> · Herstellerangaben zur Abisolierlänge beachten.

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Leiter zu lang abisoliert bei Anschluss eines unbehandelten Leiters..</u> (Reihenklemme PT 2,5) 	<ul style="list-style-type: none"> · Die Isolationsstrecken sind verkürzt. Herstellerseitige Nennspannungsangaben sind nicht mehr gültig. · Es besteht die GEFAHR eines elektrischen Überschlags. 		<ul style="list-style-type: none"> · Herstellerangaben zur Abisolierlänge beachten.
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Leiter zu lang abisoliert bei der Verwendung von Aderendhülsen.</u> oder Abisolierlänge nicht passend zur Hülsenlänge. 	<ul style="list-style-type: none"> · Auch hierdurch werden die Isolationsstrecken verkürzt. Herstellerseitige Nennspannungsangaben sind nicht mehr gültig. · Es besteht die GEFAHR eines elektrischen Überschlags. 		<ul style="list-style-type: none"> · Herstellerangaben zur Abisolierlänge beachten.

Fehlerbilder zum Prozess der Leitervorbereitung

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Unzureichendes Presswerkzeug verwendet.</u> Beim linken Leiter wurde die Aderendhülle mit einem Seitenschneider „befestigt“. Beim rechten Leiter mit einer Spitzzange. In beiden Fällen kann überhaupt nicht von einer Verpressung gesprochen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> · Die Leiter lassen sich im angeschlossenen Zustand mit wenig Kraftaufwand aus der Hülse herausziehen. · Beide Konstrukte führen zu hochgradig unsicheren Anschlüssen. · Es liegen potenzielle Wackelkontakte vor. · Bei Belastung mit Nennstrom besteht die GEFAHR des Abbrands. 		<ul style="list-style-type: none"> · Ausschließlich professionelle Presswerkzeuge mit Zwangssperre verwenden. Eine solche Presszange öffnet sich erst wieder, wenn der Pressvorgang vollständig abgeschlossen ist. Eine fachgerecht verpresste Aderendhülle muss eine Auszugsprüfung nach DIN EN 60352-2 bestehen.
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Aderendhülle und Leiterquerschnitt passen nicht zueinander.</u> Hülse 4 mm², Leiter 1,5 mm². 	<ul style="list-style-type: none"> · Der Leiter lässt sich im angeschlossenen Zustand mit wenig Kraftaufwand aus der Hülse herausziehen. · Das Konstrukt führt zu hochgradig unsicheren Anschlüssen. · Es liegt ein potenzieller Wackelkontakt vor. · Bei Belastung mit Nennstrom besteht die GEFAHR des Abbrands. 		<ul style="list-style-type: none"> · Aufeinander abgestimmte Komponenten verwenden.

Ultraschallverdichtete Litzen

Prozess/Erklärung	Bilder
<ul style="list-style-type: none"> Der Prozess der Ultraschall-Verdichtung findet maschinell statt. Das Bild zeigt zwei Litzen im Schweißraum. Natürlich lassen sich auch einzelne Adern verdichten. So vorbehandelte Litzen lassen sich wie starre Leiter oder Leiter, die mit einer Aderendhülse versehen sind, weiterverarbeiten. Im Zusammenhang mit der Verdichtung sind keine Fehlerbilder bekannt. Das Verfahren kann grundsätzlich als prozesssicher bezeichnet werden. 	<div data-bbox="636 325 1986 960" style="text-align: center;"> <h3>Ultraschall-Schweißung</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vorbereitung</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>während des Prozesses</p> </div> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">[12]</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Bild zeigt eine ultraschallverdichtete Litze/Ader.</p> </div> </div> <div style="text-align: left; margin-top: 10px;">[13]</div>

Fehlerbilder zum Leiteranschluss ohne Leitervorbehandlung

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Unsaubere Verdrahtung.</u> Da haben es nicht alle Litzen in den Anschluss geschafft. (Reihenklemme ST 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> · Es besteht die GEFAHR eines Stromunfalls. · Die Isolationsstrecken sind verkürzt. Herstellerseitige Nennspannungsangaben sind nicht mehr gültig. · Es besteht die GEFAHR eines elektrischen Überschlags. · Betriebsstörungen sind vorprogrammiert. · Grundsätzlich kann dieser Fehler bei allen Anschlüssen auftreten, für die wenigstens abisoliert werden muss. 		<ul style="list-style-type: none"> · Verdrahtungspersonal schulen. · Sorgfältig arbeiten. · Einen Spleißschutz wie z. B. eine Aderendhülse aufbringen.
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Durchgesteckter dünner Leiter.</u> Hier wurde der Leiter 0,14 mm² auf Isolation geklemmt. Dabei hat sich der Leiter im Anschlussraum aufgerollt. (Reihenklemme ST 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> · Es liegt ein vorprogrammierter und schwer zu lokalisierender Wackelkontakt vor. · Der Fehler kann auch an Schraub- oder anderen Federkraftanschlüssen auftreten. 		<ul style="list-style-type: none"> · Sofern vom Hersteller bereitgestellt, sogenannte Isolierstopfhülsen im Anschlussraum verwenden. Diese verhindern, dass die Isolation in den Anschlussraum gelangt. 

Worauf im Speziellen bei den Anschlusstechniken zu achten ist

Systemspezifisch können ganz bestimmte Fehler auch nur in Abhängigkeit von der Beschaffenheit eines Anschlusses und der Anschlusstechnik vorkommen.

Worauf im Speziellen bei Schraubanschlüssen zu achten ist

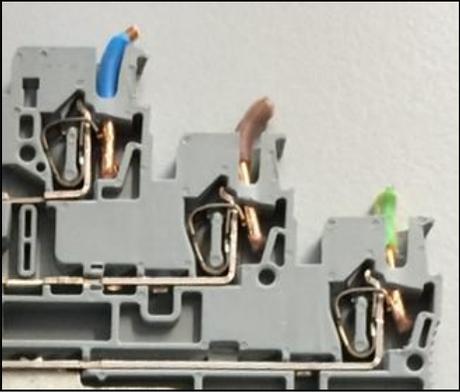
Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Falschbedienung.</u> Unterstecken an einer älteren Schraub-Reihenklemme. Der Klemmkörper/Fahrstuhl des Anschlusses ist hochgedreht. Trotzdem passt ein dünner Leiter zwischen Klemmkörperboden und Gehäuse. (Reihenklemme UK 5 N). 	<ul style="list-style-type: none"> · In dem Sinn hat gar kein elektrischer Anschluss stattgefunden. · Der Zustand ist nicht betriebssicher. 		<ul style="list-style-type: none"> · Verdrahtungspersonal schulen. · Sorgfältig arbeiten. · Anmerkung: Bei vielen modernen Schraubanschlüssen ist das meistens konstruktiv nicht mehr möglich.
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Falschbedienung.</u> Überstecken an der Dachscheibe eines PE-Kontaktes. Der Leiter befindet sich zwischen Schraube, seitlichem Spleißschutz und Dachscheibe. (HEAVYCON-Kontakteinsatz). 	<ul style="list-style-type: none"> · In dem Sinn hat gar kein elektrischer Anschluss stattgefunden. · Der Zustand ist nicht betriebssicher. · In dem Zustand ist der Anschluss nicht tragfähig für den Nennstrom. 		<ul style="list-style-type: none"> · Fehler tritt ausgeprägter bei Schaltern und Schützen auf. Ist dann leider nicht so offensichtlich zu erkennen, wie im Bild zu sehen. · Verdrahtungspersonal schulen. · Sorgfältig arbeiten.

Worauf im Speziellen bei Bolzenanschlüssen zu achten ist

Wie bereits ausgeführt: Der Bolzenanschluss ist ein extrem robuster Kontakt. Tatsächlich können die schwerwiegendsten Fehler beim Vorbereiten des Leiters/Aufbringen des Kabelschuhs auftreten. Bei Beachtung dieser Checkliste gelingt immer ein perfekter Anschluss:

- Sorgfältig arbeiten.
- Leiterart und Kabelschuh bezüglich des Materials passend zueinander wählen.
- Kabelschuhaue passend zum Bolzen wählen.
- Kabelschuh und Presswerkzeug passend zueinander wählen.
ACHTUNG, hierauf legen die Hersteller der Kabelschuhe besonderen Wert. Nicht geeignete Kombinationen sind potenziell betriebsunsicher. Dazu gehören unter Umständen auch eine Kombination aus Kabelschuh und Presswerkzeug von unterschiedlichen Herstellern.
- Leitung/Ader, Kabelschuh, Werkzeuggesenk maßlich passend zueinander wählen.
- Herstellerseitig vorgegebenes Drehmoment für den Anschluss verwenden. Dafür ist natürlich passendes Schraubwerkzeug einzusetzen.
- Bei Mehrleiteranschluss die Herstellerangaben für den Anschluss beachten. Z. B. die Ausrichtung der Kabelschuhe auf dem Bolzen.
- ACHTUNG, bei Verwendung von nicht isolierten Kabelschuhen. Diese können die Isolationsstrecken des Anschlusses derart verändern, dass die Nennspannungsangaben des Herstellers nicht mehr gültig sind. Evtl. müssen Zusatzmaßnahmen getroffen werden, wie z. B. nachträgliches Verschrumpfen oder die Montage von Abdeckungen oder Trennplatten.

Worauf im Speziellen bei Zugfederanschlüssen zu achten ist

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Falschbedienung.</u> Wie auch immer der Bediener es gleich drei Mal geschafft hat die Leiter in die Anschlüsse zu bekommen, ohne sie vorher zu öffnen... (Dreistock-Reihenklemme ST 2,5-3L). 	<ul style="list-style-type: none"> · In dem Sinne hat gar kein elektrischer Anschluss stattgefunden. · Der Zustand ist nicht betriebssicher. · Bei Belastung mit Nennstrom besteht die GEFAHR des Abbrands. · Die Anschlussstellen sind nachhaltig zerstört. 		<ul style="list-style-type: none"> · Der Anschluss muss zur Verdrahtung immer mit einem geeigneten Werkzeug geöffnet werden. · Verdrahtungspersonal schulen.

Worauf im Speziellen bei Push-in-Anschlüssen zu achten ist

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Falschbedienung.</u> Hier wurde versucht einen Leiter mit nicht ausreichender Knicksteifigkeit - 1 mm² unbehandelt - direkt in einen Push-in-Anschluss einzubringen. (Reihenklemme PT 2,5). 	<ul style="list-style-type: none"> · Der Zustand war nicht betriebssicher, da nur wenige Litzen in den Anschluss geraten sind. · Bei Belastung mit Nennstrom hätte die GEFAHR des Abbrands bestanden. 		<ul style="list-style-type: none"> · Beim Verdrahten nicht knicksteifer Leiter muss auch ein Push-in-Direktsteckanschluss geöffnet werden. Bei den Phoenix Contact PT-Anschlüssen kann dies durch Betätigen des Drückers mit einem beliebigen Werkzeug geschehen.

Worauf im Speziellen bei Schneidanschlüssen zu achten ist

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Falschbedienung.</u> Hier wurde ein Leiter zwei Mal ohne erneutes Ablängen am selben Anschluss kontaktiert. Beim zweiten Entschalten des Leiters ist der Rest der Leiterisolation im Klemmraum verblieben. (Reihenklemme QTC 1,5). 	<ul style="list-style-type: none"> · Durch das verbliebene Isolationsstück im Klemmraum lässt sich der Anschluss kein weiteres Mal beschalten. · Beim zweiten Anschluss ohne Ablängen liegt kein gasdichter, betriebssicherer Anschluss vor. · Eventuell liegt beim zweiten Anschluss ohne Ablängen eine Querschnittsreduzierung des Leiters vor, was zu einer erhöhten Erwärmung bis hin zum Abbrand des Anschlusses führen kann. 		<ul style="list-style-type: none"> · Bei Schneidanschlüssen muss der Leiter (Bild unten) vor dem Wiederbeschalten neu abgelängt werden.  <p>Es reicht, dafür das beschaltete Ende abzuschneiden.</p>

Worauf beim Anschluss von Aluminiumleitern zu achten ist

Für Aluminium als Leiterwerkstoff spricht der geringere Preis im Vergleich zu Kupferkabeln. Außerdem ist Aluminium circa 70 Prozent leichter als Kupfer. Jedoch erschweren drei physikalische Eigenschaften des Aluminiums die Nutzung als elektrischer Leiter.

- Einerseits gibt es das sogenannte Fließen. Aluminium gibt unter Druck aufgrund des geringen Elastizitätsmoduls stärker nach als Kupfer.
- Andererseits bildet sich nach dem Abisolieren eines Aluminiumleiters auf der Oberfläche sehr schnell eine Oxidschicht. Wird der oxidierte Leiter ohne weitere Vorbehandlung an einer Kontaktstelle angeschlossen, erhöht die Oxidschicht den Übergangswiderstand. Dies kann zu einer stärkeren Erwärmung der Klemmstelle führen.
- Ein weiterer Unterschied zwischen Alu- und Kupferleitern ist die reduzierte Strombelastbarkeit der Aluminiumleiter. Die elektrische Leitfähigkeit von Aluminium ist ein Drittel geringer als die von Kupfer. Insofern ist insbesondere beim Einsatz von Aluleitern die maximale Strombelastbarkeit zu beachten. In der Regel sollte der Aluleiter mindestens einen Querschnitt größer als ein Kupferleiter gewählt werden, um die gleiche Strombelastbarkeit zu erreichen.

Außerdem ist die überwiegende Anzahl der elektrischen Anschlüsse, die von den Herstellern in der Klein- und Niederspannungswelt eingesetzt werden, nur für Kupferleiter geeignet. Siehe hierzu die einleitenden Worte im Kapitel „Worauf beim Anschluss im Zusammenhang mit dem Leiter zu achten ist“. Für betriebssichere Anschlüsse gilt also auch hier wieder die goldene Regel:

- Es sind die Angaben des Herstellers in Bezug auf Querschnitt, Leiterform und Leiterart sowie eventuelle Vorbereitungsstufen zu beachten.

Kann der Hersteller keinen direkten Anschluss von Aluminiumleitern bestätigen, dann hilft es fast immer sogenannte bimetallische Kabelschuhe oder Stifthülsen am Aluleiter zu verpressen. Diese halten dann für den Anschluss am Gerät ein Kupferauge, eine Kupferfläche, -lasche oder einen Kupferstift bereit. Ein weiterer geläufiger Name für diese bimetallischen Hilfsmittel lautet:

- Al/Cu-Presskabelschuhe oder -Pressverbinder.

Natürlich sind auch hier wieder die herstellerspezifischen Empfehlungen zu beachten.

Fehlerbilder beim direkten Anschluss von Aluminiumleitern

Fehler	Mögliche Folgen	Bild	Maßnahme(n) zur Vermeidung
<ul style="list-style-type: none"> · <u>Herstellerangaben nicht beachtet.</u> Offensichtlich direkter Anschluss von Aluminiumleitern rund, mehrdrähtig an Hochstromklemme UKH. 	<ul style="list-style-type: none"> · Die Folgen sind offensichtlich. Durch die ungeeignete Kombination aus Leitermaterial, Leiterart und Anschluss ist es zu einem Totalabbrand gekommen. 		<ul style="list-style-type: none"> · Die Herstellerangaben zu Querschnitten, Leiterarten und eventuellen Leitervorbereitungen beachten. · Runde oder sektorförmige eindräftige Leiter mit entsprechender Vorbereitung wären in Ordnung gewesen. · Sogenannte Bimetall-Kabelschuhe verwenden, die zum Anschluss hin einen Kupferstift bereitstellen.

Der direkte Anschluss von Aluminiumleitern an Phoenix Contact Reihenklemmen

Trotz des zuvor beschriebenen Fehlers, lassen sich an den modernen Schraubklemmenbaureihen UT und UKH von Phoenix Contact eindräftige Aluminiumleiter direkt anschließen.

Geeignete Kombinationen aus Reihenklemme, Leiterart und Querschnitt sowie notwendige Vorbereitungen sind in einem Dokument mit dem Namen „Sicherer Anschluss von Aluminiumleitern“ zusammengefasst. Link siehe Quellennachweis. Im Zweifel bitte immer den Vertrieb von Phoenix Contact hinzuziehen.

Die menschliche und zeitliche Komponente

Bei vielen zuvor geschilderten Fehlerbildern wurde die Ursache mit Unkenntnis oder unterlassener Sorgfalt des ausführenden Personals in Verbindung gebracht. Dem ist natürlich nicht generell so.

Vielmehr ist heutzutage Zeitdruck eine nicht zu unterschätzende Situation, der sich viele Unternehmen, und deren Personal ausgesetzt sehen. Und gerade unter Zeitdruck schleichen sich auch bei erfahrenem und qualifiziertem Personal Fehler ein. Wie gelangt man nun also auch unter gewissen Stresssituationen zu betriebssicheren Anschlüssen? Die Antwort lautet, durch die Investition in Prozesssicherheit.

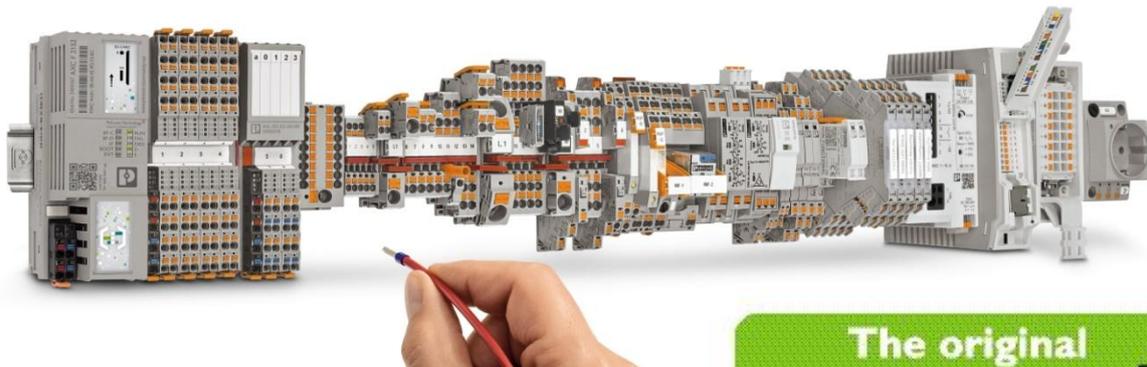
Phoenix Contact bietet hierfür ein fein aufeinander abgestimmtes Portfolio an, welches aus Werkzeugen und Baugruppen mit dem einfachen Push-in-Direktsteckanschluss besteht.



- Die erste Komponente ist das CRIMPHANDY. Mit dem CRIMPHANDY lässt sich binnen sehr kurzer Zeit der Leiter abisolieren und mit einer Aderendhülse versehen.
- Für noch schnelleres Arbeiten lässt sich an das CRIMPHANDY eine Schneidvorrichtung anbringen.
- Damit muss zum Ablängen des Leiters nicht zu einer weiteren Zange gegriffen werden.

Mit diesem halbautomatischen Werkzeug ist schon einmal sicher gestellt, dass jederzeit reproduzierbare Ergebnisse bei der Herstellung spleißgeschützter und sofort anschlussfertiger Leiter erzielt werden. Und das sogar unabhängig vom Qualifizierungsstand des Personals.

Die so vorbehandelten Leiter lassen sich nun einfach in die Push-in-Direktsteckanschlüsse einstecken. Phoenix Contact hält für sehr viele Baugruppen im Schaltschrank und für Anschlüsse im Feld diese moderne Anschlussstechnik bereit.



Egal, ob nun in der Elektrofertigung nach Verdrahtungsplan oder nach Schaltplan gearbeitet wird. Für die Herstellung von dauerhaft betriebssicheren Anschlüssen sind so nur wenige Handgriffe nötig. Das Personal kann sich dabei ganz auf seine Arbeit – nämlich das **richtige** Verdrahten – konzentrieren.

Es lassen sich also durchaus betriebssichere Ergebnisse in kürzester Zeit, quasi unter Ausblendung der menschlichen Komponente erzielen.

Fazit

Dieser Guide zeigt es auf. Es gibt nicht DIE Anschlussstechnik. Denn Licht und Schatten existieren überall. Es gibt aber immer eine optimale Lösung. Die Herstellerangaben sind grundsätzlich zu beachten.

Für die fachgerechte Leitervorbereitung stehen Werkzeuge wie zum Beispiel das CRIMPHANDY bereit. Im Zusammenspiel mit so vorbereiteten Leitern, führen Push-in-Direktsteckanschlüsse am schnellsten zu betriebssicheren Ergebnissen.

Weitere Informationen zum CRIMPHANDY und zu Push-in von Phoenix Contact siehe Quellennachweis.

Gerne finden wir auch für Ihre Elektrofertigung die optimale Lösung. Unser Vertriebsteam hilft Ihnen gerne dabei. Kontaktdaten siehe Quellennachweis.

Quellennachweis

Bild:	Quelle:
[1], [5]	Oez.com
[2]	Youtube.de
[3]	Krausnaimer.de
[4], [7]	Molex.com
[6]	Jeanmueller.de
[8]	Schrack.at
[9]	Omron.de
[10], [11]	Reichelt.de
[12], [13]	Lacon.de
Alle weiteren Bilder Phoenix Contact	

Download/Information/ Kontakt:	Link:
Dokument „Sicherer Anschluss von Aluminiumleitern“	https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads/local_de/web_dwl_promotion/DE_INT_Appl_IC_Aluminiumleiter_low.pdf
Informationen zum CRIMPHANDY	https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/dede/web/main/products/subcategory_pages/Mobile_hand-held_tool_P-25-02-11/a4ab3361-2a07-4582-8427-a2d137d6b9c3
Informationen zu Push-in	www.phoenixcontact.de/push-in
E-Mail-Kontakt zum Phoenix Contact Vertriebsteam	info@phoenixcontact.de

Autor

Olaf Isendahl
Vertriebsmarketing Elektromechanik

PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH
Flachsmarktstr. 8
32825 Blomberg

E-Mail: olaf.isendahl@phoenixcontact.de
Fon: 05235/314221

