

## Klauke Fachwissen



Verbindungstechnik  
und Pressformen

## Vorwort

### IHR ZIEL UND UNSER ANSPRUCH: SICHERE VERBINDUNGEN

Dieses umfassende Kompendium wurde von den Klauke-Experten für Elektrotechnik erstellt und soll Ihnen nützliche Informationen rund um die Themen sicheres Verpressen, Pressformen und Verbindungstechnik geben. Sie erhalten detaillierte Erklärungen, Anleitungen der Arbeitsschritte und praktische Tipps für Ihre Anwendungen in der Elektrotechnik.

Unter anderem zeigen wir ausführlich, welche Pressformen es gibt, welche sich für die unterschiedlichen Kabelschuhe und Leiter am besten eignen und gehen der Frage nach, ob die klassische Kerbpressung immer noch eine zulässige Art der Verpressung ist.

Darüber hinaus erklären wir nicht nur die Anwendung von Standardrohrkabelschuhen, sondern informieren auch, was es mit Rohrkabelschuhen für Sonderanwendungen auf sich hat.

Wir hoffen, dass Ihnen die Lektüre eine Hilfe bei Ihrer Arbeit ist. Vielleicht können Sie auch die eine oder andere neue Information sammeln, um Ihr fachliches Know-how zu erweitern.

*Ihre Klauke-Experten für Elektrotechnik*



## Inhalt

1. Sauber und sicher: Tipps zum richtigen Verpressen
2. Breite Palette: Die Wahl des passenden Kabelschuhs
  - 2.1 Kabel und Kabelschuh
  - 2.2 Presskabelschuhe nach DIN 46235
  - 2.3 Rohrkabelschuhe
  - 2.4 Quetschkabelschuhe nach DIN 46234
  - 2.5 Qualität und Beständigkeit
3. Die Speziellen: Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen
  - 3.1 F-Kabelschuhe
  - 3.2 Rohrkabelschuhe für eindrähtige Leiter
  - 3.3 Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse
  - 3.4 Edelstahl und Nickel-Rohrkabelschuhe für aggressive oder hoch temperierte Umgebungen
4. Leicht im Gewicht, speziell in der Verarbeitung: Kabelschuhe und Verbinder aus Aluminium
5. Aluminium und Kupfer: So gelingt die Verbindung
  - 5.1 Al/Cu-Presskabelschuhe
  - 5.2 Al/Cu-Verbinder
6. Gut verpresst ist perfekt verbunden: Pressformen im Überblick
  - 6.1 Die Sechskantpressung
  - 6.2 Die Dornpressung für Kupfer und Aluminium
  - 6.3 Die Dornpressung für Kupfer und isolierte Materialien
  - 6.4 Die Vierdornpressung
  - 6.5 Die Kerbpressung
  - 6.6 Sicher ist sicher: Fehlerhafte Verpressungen vermeiden
7. Tipps zum richtigen Verarbeiten von Aderendhülsen
  - 7.1 Verwendung
  - 7.2 Pressformen und Werkzeuge
  - 7.3 Prüfungen
  - 7.4 Fazit
8. Abisolieren – schnell, einfach und sicher
  - 8.1 Die besten Tipps für effizientes Schneiden von Leitungen
  - 8.2 Überflüssig und risikoreich: das Kürzen überstehender Litzen
  - 8.3 Werkzeuge für komplexe Anforderungen und hohen Bedienkomfort
  - 8.4 Werkzeugwahl: Qualität ist ausschlaggebend



# 1. SAUBER UND SICHER: TIPPS ZUM RICHTIGEN VERPRESSEN



Bild 1: Abisolierter Leiter mit Kabelschuh

Bevor wir in die Tiefen der Verbindungstechnik einsteigen, wollen wir einige Tipps für den Vorgang des Verpressens vorstellen, damit Ihre Verbindungen sicher und langlebig ausfallen.

**FÜR SAUBERE ERGEBNISSE**

Vor der eigentlichen Verpressung sollten Sie sicherstellen, dass die Komponenten sauber sind. Das heißt, dass die Leiter durch Bürsten metallisch rein sind und Aluminiumkabel auf eine eventuelle sichtbare Oxidationsschicht überprüft werden, die entfernt werden muss. Generell sollten Sie darauf achten, dass keine Metallspuren auf dem Leiter zurückbleiben, da es ansonsten zu einer Kontaktkorrosion kommen kann.

Mit dem Einsatz einer guten Abisolierzange gelingt ein sauberes Abisolieren des Kabels. Hierbei sollten keine Beschädigungen am Leiter auftreten und die Länge des abisolierten Teils sollte etwa zehn Prozent länger als das Einschubmaß des Kabelschuhs oder Verbinders sein. Dies hat den Hintergrund, dass sich der Kabelschuh bzw. Verbinder durch das Verpressen um circa zehn Prozent verlängert. Das Abisolieren darf also nicht zu knapp ausfallen.

Achten Sie auch darauf, dass die Presseinsätze keine Beschädigung oder Verschmutzung aufweisen. Diese sollten im Profil metallisch blank sein.

**SO GEHT DAS VERPRESSEN LEICHT VON DER HAND**

Sind die Verbinder und Leiter vorbereitet, kann das eigentliche Verpressen beginnen. Kabelschuhe lassen sich nur dann ohne Über- oder Unterpressung fachgerecht und sauber verarbeiten, wenn man dazu geeignetes Werkzeug verwendet. Das heißt, die Wahl von Kabelschuh und Presswerkzeug sollte innerhalb eines Systems erfolgen: derselbe Hersteller für Kabelschuh, Verbinder und Werkzeug.

Aufeinander abgestimmte Werkzeugkomponenten und eine fachmännische Verpressung verhindern erhöhte Übergangswiderstände und daraus resultierende Temperaturerhöhungen, die im schlimmsten Fall Brände auslösen können.

Die erste Pressung erfolgt beim Kabelschuh immer anschlussseitig und folgt dann in Richtung Kabel, beim Verbinder hingegen erfolgt die erste Pressung mittig. Ansonsten kann das Material sich nicht längen und es kann zur Bildung von Rissen kommen.



Bild 2: Ablauf Pressvorgang (Sechskantpressung)



Bild 3: Das Klauke System (Rohrkabelschuh 9R10, Einsatz R22120 und Werkzeug EKM 6022)

Die Anzahl der notwendigen Pressungen ist zum Beispiel bei den Presskabelschuhen nach DIN 46235 über Markierungen auf dem Kabelschuh und Verbinder angegeben. Bei Rohrkabelschuhen kann die Anzahl der Pressungen im Katalog nachgesehen werden.

Achten Sie auch darauf, dass der Pressvorgang bis zum Ende ausgeführt wird. Eine vollständig durchgeführte Verpressung ist wichtig, da die erforderliche Komprimierung des Pressmaterials erst zum Ende der Pressphase erreicht wird. Nur so kann eine korrekte Verpressung sichergestellt werden.

**MECHANISCHE ODER HYDRAULISCHE PRESSEN?**

Das Presswerkzeug ist das Schlüsselement eines jeden Pressvorgangs. Ganz gleich, ob dieser hydraulisch oder mit Muskelkraft durchgeführt wird: Bei der Verpressung des Kabelschuhs werden Grad und Art der Verformung durch das Werkzeug bzw. die kontaktspezifischen Verschleißteile der Presse bestimmt. Nur optimal auf den Kontakt abgestimmte Werkzeuge ermöglichen eine hohe Qualität der Verbindung.

Ob für Sie eine mechanische Presse oder eine elektrohydraulische Presse die richtige Wahl ist, hängt vom jeweiligen Einsatzgebiet ab.

Mechanische Presszangen in Kompaktform eignen sich für kleine bis mittlere Querschnitte. Für größere Querschnitte hingegen sind Sie in der Regel mit einem hydraulischen Werkzeug, bei dem Einsätze wechselbar sind, besser beraten. Zusätzlich sollte die Anzahl der Pressungen bedacht werden. Für größere Stückzahlen eignen sich natürlich hydraulische Werkzeuge besser als mechanische. Die mechanischen Presswerkzeuge von Klauke zeichnen sich unter anderem durch Synchron-Profilescheiben aus, die auf beiden Seiten parallel bequem per Einhandbedienung eingestellt werden können. Zusätzlich kann auf dem Stellrad der jeweilige passende Querschnitt abgelesen werden. Das erleichtert den Arbeitsaufwand enorm.

Während Sie bei kleinen und einfachen Pressungen mit einer mechanischen Zange genügend Druck aufbringen können, gehört das Verpressen von großen Leitern mit elektrohydraulischen Pressen heutzutage zum Standard.

Elektrohydraulische Werkzeuge der aktuellen Generation warnen zudem optisch und akustisch, wenn der nötige Pressdruck nicht erreicht wurde. Hochwertige mechanische Presswerkzeuge haben integrierte Mechanismen, die eine vollständige Pressung garantieren.

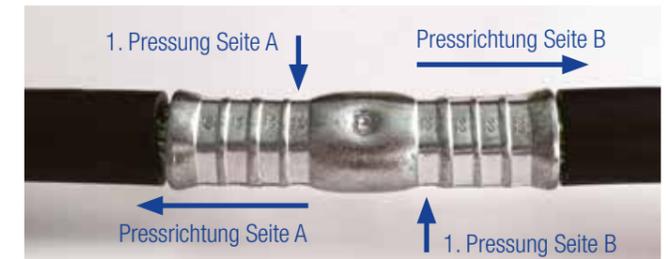


Bild 4: Darstellung Pressrichtung (Kabelschuh und Verbinder)



Bild 5: K05 & EK354



Bild 6: K05 Detail Stellrad (hier 25 mm<sup>2</sup> gewählt)



Bild 7: Warnmeldung Fehlpressung



## 2. BREITE PALETTE: DIE WAHL DES PASSENDEN KABELSCHUHS

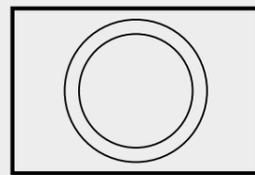
2.1 Kabel und Kabelschuh

2.2 Presskabelschuhe nach DIN 46235

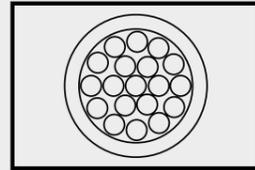
2.3 Rohrkabelschuhe

2.4 Quetschkabelschuhe nach DIN 46234

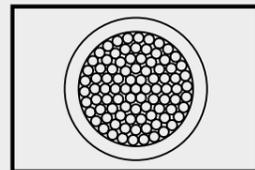
2.5 Qualität und Beständigkeit



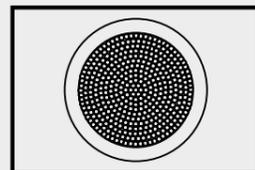
**Klasse 1**  
Massivleiter



**Klasse 2**  
mehrdrähtiger Leiter



**Klasse 5**  
feindrähtiger Leiter



**Klasse 6**  
feinstdrähtiger Leiter

Bild 1: Leiterklassen nach DIN EN 60228



Bild 2: Presskabelschuh nach DIN, Rohrkabelschuh und Quetschkabelschuh nach DIN

- Presskabelschuhe nach DIN 46235 für die Pressverbindung von ein-, mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern
- Standard-Rohrkabelschuhe aus Elektrolyt-Kupfer (EN 13600) vorwiegend für mehrdrähtige Kupferleiter
- Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 für die Pressverbindung von mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern
- Die Auswahl des richtigen Kabelschuhs hängt entscheidend von der zu verarbeitenden Leiterklasse und den Kundenanforderungen ab.

Die verfügbare Auswahl an Kabelschuhen für unterschiedlichste Anwendungen im Elektrobereich ist groß. Hier die richtige Wahl zu treffen, kann schwieriger ausfallen, als man denkt. Aber die Wahl eines passenden Kabelschuhs ist von entscheidender Bedeutung für ein sauberes und sicheres Pressergebnis. In dieser Übersicht schauen wir uns die gängigsten Kabelschuhe für Kupferleiter genauer an und erklären Ihnen, was es bei der Auswahl zu beachten gibt, damit Ihre Verbindung auch wirklich sicher und langlebig ausfällt.

Kabelschuhe für Kupferleiter, welche durch eine sogenannte Kaltverformung mit dem Leiter verbunden werden, gehören zu den gängigsten Verbindern der Elektrotechnik.

Sie lassen sich grob in drei Gruppen unterteilen:

- Presskabelschuhe nach DIN 46235
- Rohrkabelschuhe als handelsübliche Normalausführungen
- Quetschkabelschuhe nach DIN 46234

## 2.1 KABEL UND KABELSCHUH: EIN PERFEKTES PAAR

Die Wahl des richtigen Kabelschuhs hängt auch von der Leiterklasse ab, welche verarbeitet werden soll. Beispielsweise bieten sich für Kabel nach DIN EN 60228 folgende Kabelschuh-Typen an:

- Leiter der Klassen 1, 2, 5 und 6:  
Presskabelschuhe nach DIN 46235
- Leiter der Klasse 2:  
Rohrkabelschuhe Normalausführung
- Leiter der Klassen 2, 5 und 6:  
Quetschkabelschuhe nach DIN 46234

Für die sichere Verpressung von Leitern mit DIN-Presskabelschuhen werden in der Norm Presswerkzeuge mit Kennzifferein-sätzen nach DIN 48083 Teil 4 empfohlen. Bei Rohrkabelschuhen sind die Vorgaben des jeweiligen Herstellers zu beachten. Die Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 werden mit einer Dornpressung verarbeitet.

## 2.2 PRESSKABELSCHUHE NACH DIN 46235: MIT PRÄGENDEN INFORMATIONEN

Die DIN 46235 ist eine Norm, die Anwendungsbereiche, Abmessungen und die Kennzeichnung von Presskabelschuhen definiert. Presskabelschuhe nach dieser Norm können für ein-, mehr-, fein- und feinstdrähtige Leiter genutzt werden. Der Aufbau der Leiter ist in der DIN EN 60228 (IEC 60228) definiert. Vormalig wurde der Leiteraufbau in der VDE 0295 beschrieben. Außerdem können Kupferseile nach der DIN 48201 Teil 1 mit diesen Kabelschuhen verarbeitet werden.



Bild 3: Sechskant- und Dornpresseinsatz im Vergleich



Bild 4: Einsatz mit Kennziffer für Presskabelschuhe nach DIN 46235



Bild 5: Einsatz mit Querschnitt für Rohrkabelschuh



Bild 6: Ablauf Rundpressen

Beim Verarbeiten von Sektorleitern muss beachtet werden, dass Sektorleiter mit dem entsprechenden Werkzeug rundgedrückt werden müssen. Hierfür eignen sich zum Beispiel Runddrückeinsätze mit den passenden Sektorhülsen.

Die Markierungen auf dem Produkt geben hilfreiche Auskünfte über Herkunft und Einsatz des Presskabelschuhs – gleiches gilt übrigens auch für Rohrkabelschuhe. So bedeutet zum Beispiel die Prägung »KL 20 12 - 120«:

- KL: Herstellerkennung (in diesem Fall Klauke)
- 20: Werkzeugkennziffer (nur bei Kabelschuhen nach DIN 46235)
- 12: Größe der genormten metrischen Schraubenabmessung für den Anschlussbolzen – hier also Schrauben M 12
- 120: Vorgesehener Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup>

Zudem verfügen Presskabelschuhe über Markierungen, die Informationen bezüglich Anzahl und Breite der Pressungen. Für die Verarbeitung empfiehlt die Norm Sechskant-Pressesätze nach DIN 48083, Teil 4. In dieser Norm sind die Maße der Sechskante beschrieben. So können Sie sich sicher sein, dass es sich um eine Verbindung ganz nach DIN handelt. Die Leiter-Nennquerschnitte der Presskabelschuhe reichen von 6 mm<sup>2</sup> bis 1000 mm<sup>2</sup>, die Bohrungsdurchmesser für die Anschlussbolzen betragen zwischen M5 und M20.

Presskabelschuhe werden aus Elektrolyt-Kupfer gefertigt: Ein Kupferrohr wird durch Pressen und Beschneiden zum Kabelschuh geformt. Zum Schutz vor Korrosion sind Presskabelschuhe standardmäßig verzinkt – ebenso wie Rohr- und Quetschkabelschuhe. Zusätzlich sind aber auch blanke Ausführungen erhältlich. Der dazugehörige Pressverbinder ist in der DIN 46267 Teil 1 definiert. Die Eigenschaften und die Verarbeitung sind jedoch identisch.



Bild 7: Detail DIN-Kabelschuh



Bild 8: Pressverbinder DIN 46267 Teil 1

## 2.3 ROHRKABELSCHUHE: EIN KLASSIKER IN NORMALAUSFÜHRUNG

Häufiger im Einsatz als die DIN-Presskabelschuhe sind so genannte Standard-Rohrkabelschuhe, die ebenfalls aus Elektrolyt-Kupfer bestehen und von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Rohrkabelschuhe unterscheiden sich in Abmessungen und Länge von den DIN-Kabelschuhen – in der Regel sind sie kürzer als die DIN-Presskabelschuhe und haben andere Rohr-abmessungen.

Die Haltbarkeit der elektrischen und mechanischen Verbindung wird durch das kürzere Rohr aber nicht beeinträchtigt. Durch die angepassten Rohr-abmessungen ist es in der Regel nicht möglich, alle Leiterklassen nach der DIN EN 60228 darin zu verarbeiten. Mit der Sechskantpressung können in der Regel mit dem Rohrkabelschuh nur mehrdrätige Leiter verarbeitet werden. Dies hängt mit den Eigenschaften von feindrätigen Leitern zusammen. Mit dornähnlichen Pressformen ist es zusätzlich möglich auch feindrätige Leiter zu verpressen. Es sind noch weitere Pressformen anwendbar, welche wir im Kapitel „Pressformen im Überblick“ genauer beschreiben. Natürlich ist es auch möglich, mehrdrätige sektorförmige Leiter in diesen Kabelschuhen zu verarbeiten. Hierfür muss der Leiter mit den passenden Hülsen und Rundpresseinsätzen rundgedrückt werden. Der Vorteil der Rohrkabelschuhe liegt, im Gegensatz zu den DIN-Presskabelschuhen, in den Herstellungskosten. Es wird weniger Kupfer bei den Rohrkabelschuhen benötigt, was sich in den Anschaffungskosten widerspiegelt.

Aufgrund der verschiedenen Pressformen haben Rohrkabelschuhe, im Gegensatz zu DIN-Presskabelschuhen, keine Pressmarkierungen. Die benötigte Anzahl der Pressungen erfahren Sie von dem jeweiligen Hersteller. Bei Klauke können Sie die erforderliche Anzahl der Pressungen zum Beispiel im technischen Anhang im Katalog finden. Natürlich gibt es den Rohrkabelschuh auch als 45° und 90° abgewinkelte Version und als Verbinder, welcher die gleichen Eigenschaften in der Verarbeitung aufweisen.



Bild 9: Rohrkabelschuh und DIN-Presskabelschuh im Vergleich



Bild 10: Die gängigsten Pressformen im Vergleich



Bild 11: Wandstärke eines Rohrkabelschuhs und eines DIN Kabelschuhs im Vergleich (Innenansicht)



Bild 12: Quetschkabelschuhe

## 2.4 QUETSCHKABELSCHUHE NACH DIN 46234: FÜR SCHALTSCHRANK & CO.

Auch Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 unterliegen den Vorgaben der Norm in puncto Anwendungsbereich, Abmessungen und Kennzeichnung. Anwendung finden Quetschkabelschuhe in der Verpressung mit mehr-, fein- und feinstdrähtigen Leitern. Allerdings eignen sich Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 nicht für eindrätige Massivleiter - im Gegensatz zu Presskabelschuhen nach DIN 46235.

Die Leiter-Nennquerschnitte von Quetschkabelschuhen nach DIN reichen von 0,5 mm<sup>2</sup> bis 240 mm<sup>2</sup>; die Bohrungsdurchmesser für die Anschlussbolzen von M2 bis M16. Verwendung finden Quetschkabelschuhe zum Beispiel im Schaltschrankbau oder auch im Bau von Schienenfahrzeugen.

Im Wesentlichen bestehen Quetschkabelschuhe wie Press- und Rohrkabelschuhe aus Elektrolyt-Kupfer.

Für die Fertigung wird allerdings ein anderes Ausgangsmaterial verwendet: Während die Herstellung von Presskabelschuhen aus Rohren erfolgt, werden Quetschkabelschuhe aus Kupferblechen hergestellt. Dadurch weisen sie konstruktionsbedingt eine charakteristische Lötnaht auf, da sie aus dem Blechstück rundgebogen und verlötet werden.

Die Qualität der Lötnaht ist für das Pressergebnis entscheidend. Bei qualitativ minderwertigen Lötnahten besteht die Gefahr, dass sich diese während der Pressung öffnen. Im Gegensatz zum Presskabelschuh nach 46235 werden Quetschkabelschuhe nicht mit einer Sechskantpressung, sondern ausschließlich mit einer Dornpressung verarbeitet. Hierfür stehen Ihnen bei Klauke verschiedene Werkzeuge zur Auswahl. Die entsprechende Werkzeugempfehlung können Sie im Katalog am jeweiligen Ende des Kapitels finden.



Bild 13: Quetschkabelschuh mit Dornpressung verpresst



Bild 14: Quetschkabelschuh mit Dornpresseinsatz Q22 verpresst

## 2.5 QUALITÄT UND BESTÄNDIGKEIT: AUF DEM PRÜFSTAND

Auch für die elektrischen und mechanischen Eigenschaften von Kabelschuhen gelten Normen. In diesem Fall handelt es sich um die internationale Norm IEC 61238 Teil 1. Sie legt die Prüfungen fest, die eine elektrische Verbindung für einen dauerhaft sicheren Betrieb in der vorgesehenen Anwendung erfüllen muss. Dafür müssen die elektrischen Verbindungen verschiedene Prüfungen unterlaufen. Neben einer mechanischen Zugprüfung ist auch eine elektrische Haltbarkeitsprüfung vorgeschrieben. In dieser simuliert ein Prüfzyklus den Praxiseinsatz.

Die Verbindung wird dabei mittels Strom 1000 Mal auf ca. 120 °C erwärmt, um eine künstliche Alterung herbeizuführen. Zwischen diesen Prüfungen erfolgt in regelmäßigen Abständen eine Überprüfung des Übergangswiderstandes. Weiterhin erfolgen sechs Hochstromprüfungen bei denen der Leiter in einer Sekunde, durch einen Kurzschluss, auf ca. 250°C erwärmt wird. Diese Hochstromprüfung ist vorgeschrieben, wenn der Verbinder als kurzschlussfest geprüft werden soll. Das Klauke Verbindungsmaterial hat auch diese Prüfung bestanden. Die Pressverbindung hat die Prüfung dann bestanden, wenn der Übergangswiderstand durchgängig konstant geblieben ist.

Hersteller stehen in der Verantwortung, für die Sicherheit ihrer Verbindungen garantieren zu können. Durch diese zusätzlich durchgeführten Prüfungen können Sie sicher sein, dass unser Verbindungsmaterial den höchsten Ansprüchen genügt. Zusätzlich ist ein großer Teil unserer Materialien auch von der UL getestet und zertifiziert worden. Dies ist besonders interessant, wenn beispielsweise Schaltschränke später nach Nordamerika geliefert werden sollen.

Über die normativen Vorgaben hinaus stellen wir aber noch weitere Anforderungen an die Qualität unserer Produkte. Kabelschuhe von Klauke werden in einem zusätzlichen Fertigungsschritt gegläht. Dadurch können wir Verhärtungen und Spannungen im Material reduzieren und verringern die Bruchgefahr beim Verpressen.

Die Qualität von Kabelschuhen wird schon durch optische Merkmale ersichtlich. Eine gratfreie Fertigung und ein gleichmäßig ebener Flansch weisen auf ein hochwertiges Produkt hin – ebenso eine saubere Endenbearbeitung des Rohrstücks.



Bild 15: Zugprüfung (Anwendungstechnik)



### 3. DIE SPEZIELLEN: ROHRKABEL- SCHUHE FÜR SONDER- ANWENDUNGEN

- 3.1 F-Kabelschuhe
- 3.2 Rohrkabelschuhe für eindrängige Leiter
- 3.3 Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse
- 3.4 Edelstahl- und Nickel-Rohrkabelschuhe für aggressive oder hoch temperierte Umgebungen



Bild 1: F-Kabelschuh (zu erkennen an der Aufweitung)



Bild 2: Edelstahl-Rohrkabelschuh

- F-Kabelschuhe für fein- und feinstdrähtige Leiter vereinfachen das Einführen von aufgespleißten Leitern der Klassen 5 und 6 nach DIN EN 60288.
- Rohrkabelschuhe für eindräftige Leiter zeichnen sich durch einen angepassten Rohrdurchmesser aus
- Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse verfügen über einen wesentlich schmaleren Flansch
- Edelstahl-Rohrkabelschuhe eignen sich speziell für den Einsatz unter aggressiven Umgebungsbedingungen
- Nickel-Rohrkabelschuhe eignen sich für den Einsatz unter sehr hohen Temperaturen

Viele Elektrotechniker kennen aus der Praxis sicherlich das Problem, dass Standardkabelschuhe nicht verwendet werden können, weil sie zum Beispiel nicht exakt mit den Leitern zusammenpassen. Beim Versuch, einen fein- oder feinstdrähtigen Leiter in einen Kabelschuh zu schieben, kommt es dann zum Problem: Das Kabel spleißt auf und die Drähte finden nicht den vorgesehenen Weg in den Kabelschuh. Um solche ärgerlichen Fälle von vornherein zu vermeiden, bietet Klauke eine große Auswahl an Sonderkabelschuhen an. Falls Sie doch mal keine Lösung in unserem Katalog finden, sprechen Sie uns an.

Mit diesen speziellen Kabelschuhen lassen sich alle Leiterklassen problemlos verbinden. Ihre Bauart orientiert sich an den besonderen Eigenschaften der unterschiedlichen Klassen von Leitern, die in der DIN EN 60228 definiert sind. Das sind im Einzelnen:

- Runde eindräftige Leiter (re) der Klasse 1 (auch Massivleiter genannt)
- runde mehrdräftige Leiter (rm) der Klasse 2
- feindräftige Leiter der Klasse 5 (auch als flexible Leiter bezeichnet)
- feinstdräftige Leiter der Klasse 6 (auch hochflexible Leiter genannt)

### 3.1

## F-KABELSCHUHE: SPEZIALISTEN FÜR FEIN- UND FEINSTDRÄHTIGE LEITER

Mit dem Einsatz von Rohrkabelschuhen der Baureihe »F« lässt sich das häufig auftretende Problem des Aufspleißens bei fein- und feinstdrähtigen Leitern der Klassen 5 und 6 nach DIN EN 60228 vermeiden. Sie eignen sich z.B. für die Verarbeitung größerer Leitungsquerschnitte im Schaltschrankbau, in Galvanisierungsbetrieben oder für den Einsatz in Schienenfahrzeugen. F-Rohrkabelschuhe verfügen im Vergleich zum normalen Kabelschuh über einen größeren Rohrdurchmesser. Außerdem werden sie in aufwändigen Herstellungsverfahren trichterförmig aufgeweitet, was eine bessere Kabeleinführung gewährleistet. So ermöglichen F-Rohrkabelschuhe ein leichtes und sicheres Einführen des Leiters.

Das hat natürlich auch sicherheitstechnische Auswirkungen: Eine Querschnittsverjüngung durch abgeknickte und nicht eingeführte Litzen wird verhindert, so dass der volle Querschnitt des Leiters erhalten bleibt.

Auch F-Rohrkabelschuhe verfügen über Markierungen. Diese fallen wie folgt aus:

Die Prägung » 710F12 K12-150f« steht für

- K: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 12: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M 12)
- 150: Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup>
- f: Rohrkabelschuh der Baureihe »F« (feindräftig)
- 710F12: Artikelnummer des Kabelschuhs

Als fachgerechte Pressverfahren für F-Kabelschuhe bieten sich z.B. die Dorn- und die Vierdornpressung bzw. die Kerbung mit den jeweils geeigneten Werkzeugen an.

Passend zu den Rohrkabelschuhen der Baureihe »F« bietet Klauke auch entsprechende Stoßverbinder für Leitungverlängerungen oder Reparaturzwecke an. Die empfohlenen Verpressungsarten entsprechen denen der F-Rohrkabelschuhe. Kabelschuhe und Stoßverbinder der Baureihe »F« bestehen aus Elektrolyt-Kupferrohr.



Bild 3: Pressformen für F-Kabelschuhe



Bild 4: Detail F-Kabelschuh

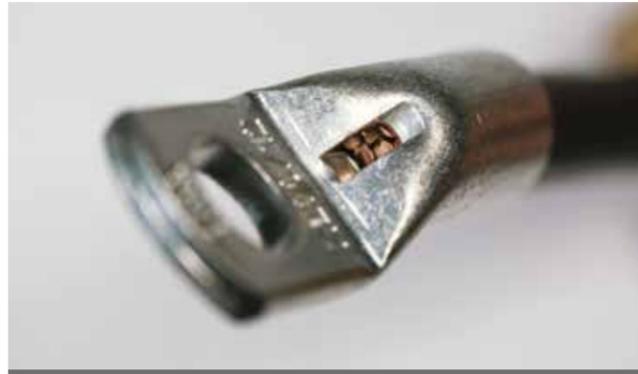


Bild 5: Kabelschuh mit Sichtloch zur Einschub-Kontrolle

Um einen Schutz vor Korrosion sicherzustellen, sind auch diese Kabelschuh-Typen galvanisch verzinkt. Die handelsüblichen Leitungsquerschnitte liegen zwischen 10 mm<sup>2</sup> und 300 mm<sup>2</sup>. Ebenfalls erhältlich sind neben geraden Ausführungen auch abgewinkelte Ausführungen von 45° oder 90° sowie Modelle mit Sichtloch, bei denen man praktischerweise erkennen kann, ob der Leiter komplett in den Kabelschuh eingeschoben wurde.

Kabelschuhe aus dem Hause Klauke werden in einem besonderen Herstellungsverfahren gegläht. Dadurch werden Spannungen aus dem Material entfernt und die Bruchgefahr wird deutlich reduziert, was zusätzliche Sicherheit gibt.

### 3.2 ROHRKABELSCHUHE FÜR EINDRÄHTIGE LEITER (RE)

Eindrähtige Leiter der Klasse 1 nach DIN EN 60228 lassen sich am besten mit Rohrkabelschuhen der Baureihe »E« (Kabelschuhe für Massivleiter) verpressen. Diese bestehen ebenfalls aus verzinktem Elektrolyt-Kupfer. Die Besonderheit dieser Rohrkabelschuh-Reihe liegt im angepassten Rohrdurchmesser, durch den eine optimale Pressung von massiven Leitern gewährleistet wird. Zu den Einsatzgebieten zählen Bereiche, in denen mit massiven Einzeldrähten gearbeitet wird – beispielsweise im Trafo- und Motorenbau. Für diese Kabelschuhe empfehlen wir die Doppeldorn- und die Sechskantpressung.

Rohrkabelschuhe für eindrähtige Leiter sind neben dem geringeren Durchmesser an ihrer Markierung zu erkennen: An letzter Stelle der Prägung steht ein »E« für eindrähtig. Also zum Beispiel: KL 10 50 E.

Zu den Rohrkabelschuhen der Baureihe »E« gibt es passende Stoßverbinder sowie T- und Kreuzverbinder mit entsprechendem Innendurchmesser für eindrähtige Leiter.



Bild 6: Doppeldornpressung

### 3.3 ROHRKABELSCHUHE FÜR SCHMALE SCHALT- GERÄTEANSCHLÜSSE

Im Schaltschrankbau stehen Monteure vor mehreren Herausforderungen. Abgesehen davon, dass üblicherweise beengte Platzverhältnisse die Arbeit erschweren, erweisen sich die Anschlüsse von Leitern an leistungsstarken Schaltgeräten als besonders knifflig – ab einem gewissen Leitungsquerschnitt passen herkömmliche Rohrkabelschuhe nicht mehr in die dafür vorgesehene Anschlussklemme. Für diese schwierigen Anwendungen wurden spezielle Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse (»SG-Kabelschuhe«) entwickelt, die über einen wesentlich schmaleren Flansch verfügen, der problemlos mit dem Schaltgeräteanschluss kompatibel ist.

Der Flansch solcher Kabelschuhe ist nicht nur viel schmaler als es bei einem herkömmlichen Kabelschuh der Fall ist, sondern auch etwas dicker. Der Grund liegt in der Herstellung, bei der die gleiche Menge an Elektrolyt-Kupfer verwendet wird wie für einen herkömmlichen Rohrkabelschuh.

Diese Form der Rohrkabelschuhe ist damit bestens für den Einsatz im Schaltschrankbau geeignet. Diese lassen sich genau wie die Rohrkabelschuhe „Normalausführung“ verarbeiten. Hierfür geeignete Pressformen wären zum Beispiel die Sechskantpressung, die Dornpressung oder die Kerbung.

Die Bohrungen sind an die Abmessungen von Anschlussklemmen gängiger Schaltgeräte angepasst. Auch hier gibt es Ausführungen mit praktischem Sichtloch.

Wir raten dringend davon ab, den Flansch von Rohrkabelschuhen der Normalausführung seitlich abzuschneiden, damit er in die Anschlussklemme des Schaltgeräts passt. Solche Manipulationen können sehr gefährlich werden. Im schlimmsten Fall droht Brandgefahr, da der Querschnitt des Kabelschuhs verringert wird.



Bild 7: Größenvergleich R und SG Kabelschuh



Bild 8: Flanschvergleich R und SG Kabelschuh



Bild 9: Rohrkabelschuhe Nickel und Edelstahl

### 3.4

## EDELSTAHL UND NICKEL-ROHRKABELSCHUHE FÜR AGGRESSIVE ODER HOCH TEMPERIERTE UMGEBUNGEN

Widrige Umgebungen verlangen ebenfalls nach speziellen Kabelschuhen. Rohrkabelschuhe aus Edelstahl und Nickel halten so ziemlich allem Stand und eignen sich hervorragend für die Verpressung mit Kupferleitern.

Edelstahl-Rohrkabelschuhe sind besonders säure- und korrosionsbeständig, wodurch sie für den Einsatz in der chemischen Industrie und im Lebensmittelbereich prädestiniert sind oder für Bereiche, in denen das Material Meerwasser ausgesetzt ist. Edelstahl ist nicht nur sehr resistent gegen Säure, sondern auch beständig bei hohen Temperaturen. Deshalb können Kabelschuhe aus Edelstahl problemlos bei Umgebungstemperaturen von bis zu 400°C eingesetzt werden.

Wenn es noch heißer hergeht und Kabelschuhe für besonders hohe Temperaturen erforderlich sind, beispielsweise im Heißleiterbereich von Glüh- oder Heizöfen, ist man mit Rohrkabelschuhen aus Nickel gut bedient. Diese vertragen Maximaltemperaturen von bis zu 650 °C.

Edelstahl- und Nickel-Rohrkabelschuhe sind für mehrdrähtige und feindrähtige Leiter der Klassen 2 und 5 geeignet, sowie für rundgedrückte Sektorleiter.

Für Kabelschuhe dieser resistenten Materialien empfehlen wir die Dornpressung, ebenso für die dazugehörigen Stoßverbinder mit Mitteneindruck.



## 4. LEICHT IM GEWICHT, SPEZIELL IN DER VERARBEITUNG: KABELSCHUHE UND VERBINDER AUS ALUMINIUM



Bild 1: Aluminium-Presskabelschuh

- Der Vorteil von Aluminiumleitern: Das geringe Gewicht und die vergleichsweise einfache Handhabung.
- Aluminiumleiter gibt es nach Norm in vier verschiedenen Bauarten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden verlangen.
- Kontaktfett in Aluminium-Verbindungsmaterialien verbessert die Kontakteigenschaften und ermöglicht eine einwandfreie elektrische Verbindung.

Während Sonderkabelschuhe auch unter härteren Bedingungen perfekte Verbindungen liefern, gibt es auch Umstände, die die Wahl auf besonders leichtes Material fallen lassen. Aluminium-Kabelschuhe zeichnen sich durch ein niedriges Gewicht aus. Doch im Vergleich zu Kupfer erfordert Aluminium eine noch höhere Sorgfalt in der Verarbeitung: Bedenken Sie, dass Aluminium eine geringere Leitfähigkeit aufweist.

Aluminium findet in immer mehr Branchen Verwendung. Zum Beispiel im Bereich der Energieverteilung. Auf Grund des geringen Gewichts, der einfachen Biegsamkeit und der daraus resultierenden einfachen Handhabung von Kabeln setzen Versorgungsnetzbetreiber immer häufiger Aluminiumkabel ein – zum Beispiel bei Ringleitungen zur Stadtversorgung.

Aluminium-Presskabelschuhe mit Rohrabmessungen nach DIN 46329 sowie Verbinder aus Aluminium mit Rohrabmessungen entsprechend DIN 46267 Teil 2 sind eine gute Wahl, wenn Sie sich für die Verarbeitung von Aluminium-Leitern entscheiden. Die Aluminium-Presskabelschuhe und Verbinder mit einem Rohr nach Norm sind alle mit ein- und mehrdrähtigen Rund- und Sektorleitern der DIN EN 60228 und mit Leitungsseilen aus Aluminium nach DIN EN 50182 kompatibel. Für fein- und feinstdrähtige Leiter sind die Presskabelschuhe und Verbinder nicht ausgelegt, da diese Leiterarten nicht genormt sind.

Eine konstante Materialstärke, exakte Durchmesser und eine genaue Passform machen Aluminium-Verbinder zu stabilen und sicheren Verbindern.

Aluminium-Presskabelschuhe werden entsprechend der DIN 46329 längsdicht gefertigt – dadurch lassen sich auch ölgetränkte und papierisolierte Kabel verarbeiten, ohne dass Öl austritt.



Bild 2: Aluminium-Presskabelschuh verpresst mit ausgequollendem Kontaktfett



Bild 3: Vergleich AL-Kabelschuh längsdicht und aus Rohr

Es gibt aber auch einfachere Variationen, welche aus einem Rohr gefertigt werden und dadurch keine Längsdichtigkeit aufweisen. Die Qualität der Verbindung ist jedoch in beiden Fällen dieselbe. Die Rohrabmessungen orientieren sich aber in jedem Fall an denen der DIN 46329. Somit können immer dieselben Presseinsätze genutzt werden.

#### ALUMINIUMLEITER IM ÜBERBLICK

Aluminiumleiter werden in vier verschiedenen Varianten angeboten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden erforderlich machen:

- eindrätige Rundleiter der Klasse 1 (re)
- eindrätige Sektorleiter der Klasse 1 (se)
- mehrdrätige Rundleiter der Klasse 2 (rm)
- mehrdrätige Sektorleiter der Klasse 2 (sm)

Die Abkürzungen finden Sie neben anderen Angaben auf den Verbindern und Kabelschuhen. Sie erkennen an diesen, welcher Aluminiumleiter für welchen Verbinder bzw. Kabelschuh geeignet ist.

Die Markierungen der Aluminium-Presskabelschuhe entsprechen im Groben denen, die auch auf Kupfer-Kabelschuhen zu finden sind.

Als Beispiel: »KL22 12-120 rm/ sm 150 re/se«

- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 22: Werkzeug-Kennziffer
- 12: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M12)
- 120: Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup> (rm/sm)
- rm/sm: für mehrdrätige Rundleiter und mehrdrätige rundgedrückte Sektorleiter
- 150: Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup> (re/se)
- re/se: für eindrätige Rundleiter und eindrätige rundgedrückte Sektorleiter

Vielleicht ist Ihnen schon einmal aufgefallen, dass die Nennquerschnitte der Leiter se und re immer um eine Maßeinheit höher als die Nennquerschnitte der Leiter sm und rm sind. Der Grund dafür ist ganz einfach: Eindrätige Leiter beanspruchen weniger Volumen als mehrdrätige Leiter. Um eine sichere Verbindung zu erhalten, empfehlen wir, bei der Bearbeitung von Presskabelschuhen Sechskant-Presseinsätze nach DIN 48083 Teil 4 oder das Dornpresswerkzeug EKM60ID zu verwenden.

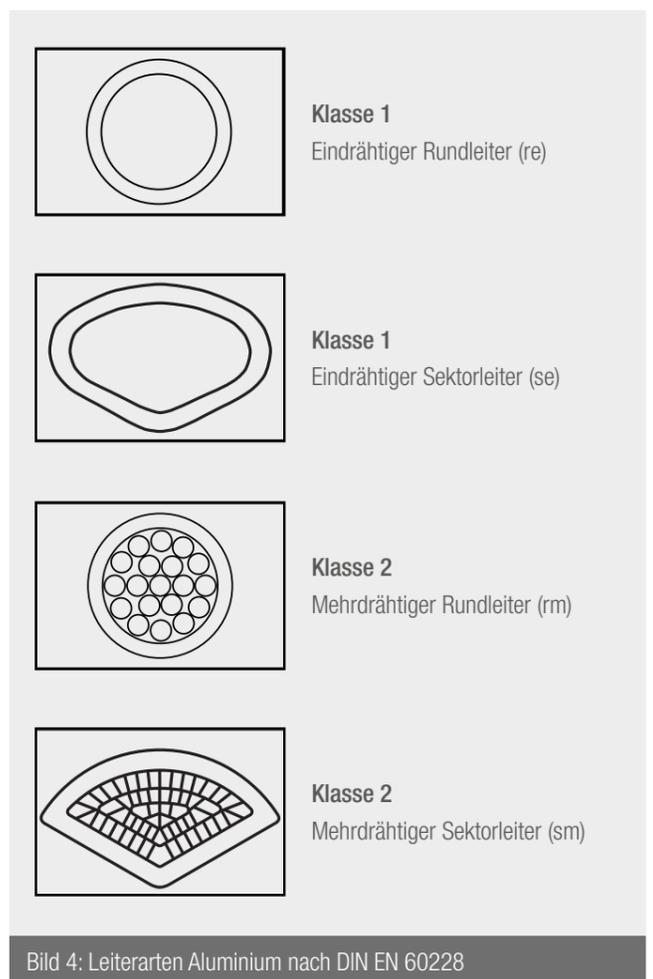


Bild 4: Leiterarten Aluminium nach DIN EN 60228



Bild 5: Aluminium Kabelschuh mit Prägungen

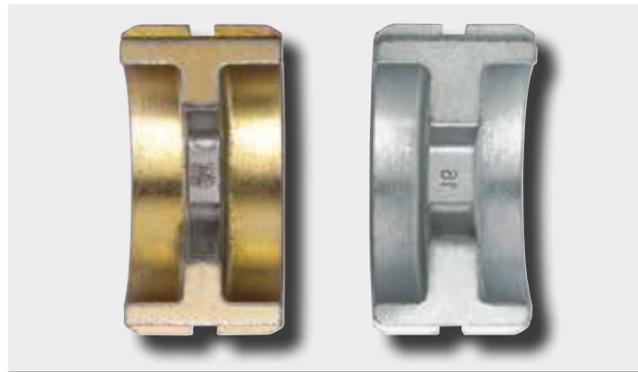


Bild 6: Vergleich Einsätze Kupfer und Aluminium von oben



Bild 7: Aluminium Kabelschuh mit Plastikcappe

Für Aluminium gibt es spezielle Presseinsätze, welche mit einer Pressbreite von 7mm um 2mm breiter sind als die der Presseinsätze für Verbindungsmaterialien aus Kupfer. Durch größere Pressbreiten wird eine größere Kontaktfläche geschaffen, wodurch die geringere Leiteigenschaft von Aluminium ausgeglichen wird.

#### KONTAKTFETT IN ALUMINIUM-VERBINDUNGSMATERIALIEN

Handelsübliche Verbindungsmaterialien für Aluminiumleiter sind bereits ab Werk mit einem speziellen Kontaktfett ausgestattet. Dieses zerstört beim Verpressen die nicht leitende Oxidschicht des Aluminiums, welche sich schon nach kurzer Zeit an der Oberfläche bildet. Das Fett dient der Verbesserung der Kontakteigenschaften. Darüber hinaus verhindert das Fett eine erneute Oxidation durch Sauerstoff, der an die Kontaktstellen gelangt. Das Resultat ist eine einwandfreie elektrische Verbindung. Die meisten Kabelschuhe sind mit einem Kunststoff-Stopfen versiegelt, der ein Austrocknen oder Auslaufen des Kontaktfetts verhindert und die Haltbarkeit des Fettes erhöht.

Kontaktfette für Aluminiumverbindungen bestehen zum Teil aus Korund, einem sandähnlichen Mineral, das sich durch hohe Festigkeit sowie durch hohe Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit, selbst bei hohen Temperaturen, auszeichnet. Während des Pressvorgangs entsteht eine Art Schmirgeleffekt, der die Oxidschicht aufreibt und zerstört. Außerdem ermöglicht das Fett eine bessere Gleitreibung zwischen Leiter und Hülse. Ein Festfressen der Materialien wird verhindert, was wiederum zu einer größtmöglichen Kontaktfläche führt. Bei mehrdrähtigen Leitern verteilt sich das Fett während des Pressvorgangs auch zwischen den Einzeldrähten und versiegelt diese – so wird das Eintreten von Sauerstoff und Feuchtigkeit verhindert.

Ein großer Vorteil ist auch, dass Aluminium-Pressverbindungen mit Kontaktfetten höheren Strombelastungen standhalten können als es ohne Zusatz von Kontaktfett der Fall ist. Deshalb empfehlen wir den grundsätzlichen Einsatz von Kabelschuhen und Verbindern mit Kontaktfetten – damit gehen Sie bei einer hohen Auslastung von Kabelleitungen auf Nummer sicher.

#### SCHRITT FÜR SCHRITT: DIE VERARBEITUNG VON ALUMINIUM-PRESS-KABELSCHUHEN UND -VERBINDERN

Da Aluminium besondere Eigenschaften hat, ist eine präzise Vorgehensweise bei der Verarbeitung wichtig. Sie sollten im Idealfall wie folgt vorgehen, um eine saubere Verbindung zu erhalten:

1. Entfernen Sie die Isolation des Aluminiumleiters.
2. Behandeln Sie die blanken Leiterenden zum Beispiel vorsichtig mit einem Messer oder einer Drahtbürste, um die Oxidschicht grob zu entfernen und eine saubere Kontaktfläche herzustellen. Achten Sie dabei unbedingt darauf, dass bei der Reinigung keine Metallrückstände auf dem Leiter verbleiben, da es ansonsten zu einer Kontaktkorrosion kommen kann.
3. Führen Sie den Leiter in den Kabelschuh bzw. in den Verbinder bis zur vollen Einschublänge der Hülse ein. Dabei quillt das Kontaktfett seitlich heraus und sorgt so für einen Luftabschluss, der eine erneute Oxidation verhindert.
4. Nun können Sie die Sechskantpressung oder die Dornpressung mit dem geeigneten Presswerkzeug durchführen. Ein- und mehrdrähtige Sektorleiter müssen vor der eigentlichen Pressung mit einem passenden Rundpresseinsatz rundgepresst werden.
5. Entfernen Sie zum Schluss das ausgetretene Kontaktfett.

Auf Aluminium- Kabelschuhen finden sich alternative Markierungen für schmale und breite Verpressungen. Der Vorteil der breiten Variante ist, dass sich die Zahl der Verpressungen um die Hälfte reduziert. Beachten Sie jedoch, dass entsprechend starkes Presswerkzeug zum Einsatz kommen sollte.

Bei Sektorleitungen können Sie die Klauke Rundrückeinsätze benutzen. Bei mehrdrähtigen Sektorleitern darf, im Gegensatz zu Leitern aus Kupfer, keine Hülse verwendet werden.



Bild 8: 1. Isolation entfernen, 2. Leiter reinigen, 3. Leiter einführen, 4. Sechskant Verpressung, 5. Kontaktfett entfernen

# 5. ALUMINIUM UND KUPFER: SO GELINGT DIE VERBINDUNG

5.1 Al/Cu-Presskabelschuhe

5.2 Al/Cu-Verbinder





Bild 1: 2 Al/Cu-Kabelschuhe

- Die Kombination aus Aluminium und Kupfer ist problematisch.
- Hochwertige Al/Cu-Presskabelschuhe eignen sich zum Verbinden von Aluminiumleitern mit Kupfer.
- Kontaktfett in Aluminium-Verbindungsmaterialien verbessert die Kontakteigenschaften.
- Aluminium-Kupfer-Verbinder sind notwendig für die fachgerechte Verbindung von Aluminium- und Kupferleitern.

Nun wollen wir uns der nicht ganz einfachen Verbindung von Aluminium und Kupfer widmen. Wie bereits erwähnt, wird Aluminium mittlerweile recht häufig verwendet, aber nicht immer kommt es allein zum Einsatz. Da Kupfer über Jahrzehnte hinweg das Material erster Wahl war und auch nach wie vor eingesetzt wird, ergeben sich Probleme bei der sicheren Verbindung beider Materialien. In der Praxis sieht sich der Elektrotechniker immer häufiger mit dieser Herausforderung konfrontiert.

Die Verbindung zwischen Aluminium und Kupfer ist öfter notwendig, als es zunächst den Anschein hat. Beispielsweise wird sie dann erforderlich, wenn in einem Industriegebiet eine Ringleitung aus Aluminium liegt, die Zuführung in die anliegenden Betriebe aber per Kupferleitungen erfolgt. Auch bei Transformatoren-Stationen kommt es zu dem Fall, dass Aluleitungen an Kupferschienen angeschlossen werden müssen.

Elektrotechniker werden hier vor das Problem gestellt, dass sich Aluminium und Kupfer nicht ohne weiteres miteinander verbinden lassen. Für eine dauerhaft sichere Verbindung sollten Sie deshalb auf jeden Fall von speziellen Al/Cu-Kabelschuhen und -Verbindern Gebrauch machen.

**ALUMINIUM-KUPFER: EINE BESONDERE VERBINDUNG**

Im praktischen Einsatz zeigt sich Aluminium als widerstandsfähig gegen Korrosionen. Grundsätzlich ist Aluminium aber ein sehr reaktionsfähiger und leicht oxidierender Werkstoff. Die Langlebigkeit verdankt das Material einer widerstandsfähigen Oxidschicht, die sich auf seiner Oberfläche unter der Einwirkung von Luftsauerstoff bildet – auch Selbstpassivierung genannt.

Wenn eine elektrisch leitende Flüssigkeit wie Kondenswasser auf eine Verbindung von Aluminium und Kupfer trifft, kommt es zu einer elektrochemischen Reaktion mit der Folge von Kontaktelementbildung. Bei diesem Prozess spielen die durch die elektro-

chemische Spannungsreihe gegebenen Potentialdifferenzen eine entscheidende Rolle. Das Kontaktelement wird gebildet durch die Kupferelektrode (Anode), den Elektrolyten (Wasser) und die Aluminiumelektrode (Katode).

Die dadurch erzeugte Spannung wird über den Kontakt von Kupfer und Aluminium kurzgeschlossen. Entsprechend des dabei auftretenden Stromflusses erfolgt eine Ablagerung bzw. Zersetzung des Aluminiums. Dieser Vorgang ist als blühende Oxidationsstelle sichtbar und setzt bereits bei kleinsten auf dem Aluminium befindlichen Kupferpartikeln ein – und zwar als permanente Reaktion, da sich das Kupfer dabei nicht zersetzt. Bei einer elektrischen Verbindung erhöht sich als Folge der Übergangswiderstand, was zu einem Temperaturanstieg und schlimmstenfalls zu einem Brand führen kann.

Deshalb gilt beim Zusammenbringen von Kupfer und Aluminium, dass Sie den Zutritt von Feuchtigkeit an der Verbindungsstelle der beiden Materialien unter allen Umständen vermeiden sollten. In Räumen mit Kondenswasserbildung müssen Sie die Berührungsstelle zwischen Kupfer und Aluminium deshalb durch besondere Verarbeitungsmethoden schützen.

Der Einsatz von Al/Cu-Kabelschuhen und -Verbindern ist hier der wichtigste Schritt. Diese verfügen über keine sogenannte Kriechstrecke, in der sich leitende Flüssigkeit ansammeln kann, durch die der Oxidationsprozess letztendlich in Gang gesetzt wird. Dadurch eignen sich Al/Cu-Presskabelschuhe und -Verbinder auch besonders für den Einsatz in Offshore-Windkraftanlagen. Weiterhin besteht die Möglichkeit verzinnzte Aluminiumkabelschuhe einzusetzen. Diese Lösung sollte nur in ständig trockenen Räumen Anwendung finden, da auch schon kleine Beschädigungen der Zinnschicht ausreichen, um die Kontaktkorrosion in Gang zu bringen.

5.1  
**AL/CU-PRESSKABELSCHUHE**

Presskabelschuhe, die für die spezielle Verbindung von Aluminiumleitern und Kupferschienen entwickelt wurden, bestehen im Anpressbereich aus Elektrolyt-Aluminium (E-Al) und einer angefügten Anschraubflasche aus Kupfer gemäß EN 13600.



Bild 3: Anwendung Kupferschiene mit Al/Cu Kabelschuh



Bild 4: Aluminium Leiter

### ALUMINIUMLEITER IM ÜBERBLICK

Aluminiumleiter gibt es nach der DIN EN 60228 in vier verschiedenen Ausführungen, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden benötigen. Erhältliche Leiter sind im Einzelnen:

- eindrätige Rundleiter Klasse 1 (re)
- eindrätige Sektorleiter Klasse 1 (se)
- mehrdrätige Rundleiter Klasse 2 (rm)
- mehrdrätige Sektorleiter Klasse 2 (sm)

Die Abkürzungen finden Sie neben anderen Angaben auf den Markierungen der Al/Cu-Presskabelschuhe. So können Sie erkennen, für welche Aluminiumleiter sich der jeweilige Kabelschuh eignet.

Die Prägung »8 KL16 50 rm 70 se« steht für

- 8: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M 8)
- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 16: Werkzeug-Kennziffer
- 50 rm/sm: Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup> bei der Verwendung eines runden oder sektorförmigen mehrdrätigen Leiters
- 70 re/se: Nennquerschnitt des Leiters in mm<sup>2</sup> bei der Verwendung eines runden oder sektorförmigen eindrätigen Leiters

Für das Verpressen von Al/Cu-Presskabelschuhen empfehlen wir die Verwendung von Sechskant-Presseneinsätzen nach DIN 48083 Teil 4 oder die EKM60ID.

Übrigens sind Alu-Presseneinsätze von Klauke silberfarbig, die Einsätze für Kupfer hingegen goldgelb – das macht die Unterscheidung besonders einfach.



Bild 5: Al/Cu Kabelschuh mit Prägungen



Bild 6: Presseinsatz HA 13

## 5.2 AL/CU-VERBINDER: SICHER VEREINT

Für eine sichere Verbindung von Aluminium- und Kupferleitern bietet Klauke Reduzierverbinder an.

Reduzierverbinder kommen häufig bei Netzsanierungen zum Einsatz, genauer bei der Herstellung zugentlasteter Verbindungen von Aluminiumleitern nach DIN EN 60228 und Kupferleitern nach DIN EN 60228. Die Verbinder sind aus zwei Komponenten gefertigt: Aluminium-(E-Al) und Kupferteile (gemäß EN 13600). In der Regel weist die Aluminiumseite einen größeren Durchmesser auf, da die geringere Leitfähigkeit durch einen entsprechend höheren Nennquerschnitt ausgeglichen wird.

Wie bei den Presskabelschuhen enthält auch die Aluminiumseite des Verbinders Kontaktfett, das durch einen Verschluss vor Auslaufen und Vertrocknen geschützt ist.

Halten Sie sich bei der Verarbeitung von Al/Cu-Pressverbindern an die entsprechenden Verarbeitungsvorgaben von Kupfer und Aluminium, um sichere Ergebnisse zu erhalten.

Achten Sie beim Einsatz von Pressverbindungen im Erdreich unbedingt darauf, die Verbindungsstelle vor Feuchtigkeit zu schützen. Am besten greifen Sie zu diesem Zweck auf Gießharzmuffen zurück. Durch die Muffen werden die Verbindungen dauerhaft vor Feuchtigkeit, Staub und dem Eindringen von Fremdkörpern geschützt.

Zuletzt noch ein wichtiger Hinweis zu Kabelschuhen und Pressverbindern aus Aluminium und Kupfer: Setzen Sie diese Produkte keiner Biegespannung aus, sonst droht Bruchgefahr an der Kontaktstelle der beiden Materialien. Ein Einsatz im Freileitungsbereich ist daher nicht möglich.



Bild 7: Reduzierverbinder, vorbereitete Verbindung in einem Muffengehäuse



## 6. GUT VERPRESST IST PERFEKT VERBUNDEN: PRESSFORMEN IM ÜBERBLICK

- 6.1 Die Sechskantpressung
- 6.2 Die Dornpressung für Kupfer und Aluminium
- 6.3 Die Dornpressung für Kupfer und isolierte Materialien
- 6.4 Die Vierdornpressung
- 6.5 Die Kerbung
- 6.6 Sicher ist sicher: Fehlerhafte Verpressungen vermeiden



Bild 1: Pressformen R-Serie

- Die Sechskantpressung ist die häufigste Art der Verpressung von Kabelschuhen und Verbindern.
- Die Dornpressung schafft eine dauerhaft sichere und tiefwirkende Verbindung.
- Der Vorteil der Vierdornpressung liegt in der zentrischen Kräfteinwirkung sowie in der einfachen Verarbeitung.
- Die Kerbung: In der Anwendung altbewährt

Nachdem wir geklärt haben, welcher Kabelschuh zu welcher Anwendung passt, werfen wir nun einen Blick auf die unterschiedlichen Pressformen.

Das Thema erscheint auf den ersten Blick kompliziert, aber ein zweiter Blick wird zeigen, dass es das gar nicht ist. Der Elektrotechniker sieht sich in seiner täglichen Praxis mit vielen verschiedenen Leitungsarten konfrontiert, die für eine fachgerechte Verarbeitung jeweils unterschiedliche Kabelschuhe und Verbinder erfordern. Ist die Wahl von zueinander passenden Komponenten gefallen, stellt sich die Frage, welche Pressform am ehesten zu einer sicheren Verbindung führt. Je nach Material, Ausführung und Einsatzzweck eignen sich nämlich unterschiedliche Pressformen.

Prinzipiell kann zwischen weg- und kraftgesteuerten Systemen unterschieden werden.

Bei kraftgesteuerten Werkzeugen handelt es sich in der Regel um sogenannte Mehrbereichswerkzeuge mit fest eingebauten Gesenk. Bei weggesteuerten Werkzeugen werden verschiedene Presseinsätze abhängig vom zu verpressenden Querschnitt und Material benötigt. Ein weiterer Unterschied ist, dass die Presseinsätze bei weggesteuerten Systemen immer schließen müssen. Bei kraftgesteuerten Werkzeugen ist dies nicht der Fall. Deshalb es ist bei diesen Werkzeugen besonders wichtig, dass diese die korrekte Durchführung des Crimps überwachen und bei einem Fehler zum Beispiel mit akustischen und optischen Signal auf den Fehler aufmerksam machen.



Bild 2: Verpresster Kabelschuh Al-Serie (Sechskantpressung)



Bild 3: Verpresster Kabelschuh R-Serie (Sechskantpressung)

## 6.1 FÜR ALUMINIUM UND KUPFER: DIE SECHS- KANTPRESSUNG NACH DIN 48083 TEIL 4

Die Sechskantpressung gehört zu den Klassikern unter den Pressformen. Sie wird in der Praxis am häufigsten angewandt, da sie sich sowohl für Kupfer- als auch für Aluminiumleiter eignet. In dieser Pressform werden die Einzellitzen über einen großen horizontalen Bereich verformt. Zur Anwendung kommt die Sechskantpressung typischerweise bei Presskabelschuhen aus Kupfer nach DIN 46235 und Presskabelschuhen nach DIN 46329 aus Aluminium. Zusätzlich ist es mit dieser Pressform möglich, Seile zugfest zu verpressen.

Der klare Vorteil der Sechskantpressung liegt in der zentrischen Kräfteinwirkung beim Pressvorgang, der gleichmäßig von allen Seiten erfolgt und damit auf eine große Kontaktfläche einwirkt. Dabei werden die einzelnen Litzen des Leiters im Ganzen gleichmäßig verformt, ohne beschädigt zu werden. Das Resultat ist eine gute mechanische Stabilität und eine sichere Verbindung. Auf Grund der gleichmäßigen Verpressung eignet sich die Sechskantpressung auch für den Mittel- und Hochspannungsbereich.

### DIE ALTERNATIVE: HERSTELLERABHÄNGIGE SECHSKANTPRESSUNG

Neben der genormten Sechskantpressung sind im Kupferbereich für Leiterklassen nach DIN 60228 Klasse 2 auch so genannte herstellerabhängige Sechskantpressungen zulässig. Diese sind speziell für die angebotenen Rohrkabelschuhe entwickelt. Deshalb ist es sehr wichtig, dass immer auf ein hersteller-spezifisches System zurückgegriffen wird.

### WAHLFREIHEIT: BREIT- ODER SCHMALPRESSUNG

Je nach eingesetztem Werkzeug können Sie die Schmal- oder Breitpressung nutzen. Dies hängt maßgeblich vom Querschnitt und der Kraft des Werkzeuges ab. Durch die Schmalpressung ist es zum Beispiel möglich einen 300 mm<sup>2</sup> Rohrkabelschuh mit einer sechs Tonnen Akkuhydraulik zu verpressen. Dafür müssen aber mehr Pressungen durchgeführt werden, was natürlich mit einem zeitlichen Mehraufwand verbunden ist. Deshalb sollte die Anschaffung des Werkzeuges gut überlegt sein und zum Anwendungsbereich passen.



Bild 4: DIN-Kabelschuh schmal und breit verpresst



Bild 6: Detailansicht Kopf EKM 60 ID

## 6.2 DIE DORNPRESSUNG: FÜR KUPFER UND ALUMINIUM

Die Dornpressung ist eine der wenigen Pressformen, bei denen keine querschnittsabhängigen Presseinsätze nötig sind. Somit kann zum Beispiel mit der Klauke EKM 60 ID ein Pressbereich von 10-240 mm<sup>2</sup> bei Kupfer und von 50-240 mm<sup>2</sup> bei Aluminium verarbeitet werden. Dies wird durch zwei technische Innovationen ermöglicht. Zum einen handelt es sich beim Hydraulikzylinder um einen einfach wirkenden 2-stufigen Teleskopzylinder. Bedingt durch die unterschiedlichen Kolbendurchmesser und die patentgeschützte Bauart der beiden Hydraulikzylinder bringt der Presskopf im Anfangsbereich durch den größeren Hydraulikzylinder die doppelte Kraft auf als zum Ende hin, wenn nur noch der kleinere Hydraulikzylinder wirkt. Somit werden die größeren Querschnitte mit einer größeren Kraft verarbeitet als die kleineren. Dies garantiert, dass alle Querschnitte mit ausreichender Kraft verpresst werden und kleinere Querschnitte nicht durch zu große Kraft beschädigt werden. Zum anderen hat der Dorn eine spezielle Form, welche auf die jeweiligen Durchmesser der Querschnitte angepasst ist.

Dies hat neben der Ersparnis der Einsätze einen weiteren Vorteil für den Anwender. Auch sehr stark ausgedünnte bzw. verdichtete Leiter können mit dieser Pressform ohne Probleme verarbeitet werden, da das Gerät erst abschaltet, nachdem die gewünschte Verdichtung erreicht ist. Es ist mit dieser Pressform möglich Rohrkabelschuhe, Rohrkabelschuhe für fein- und feinstdrähtige Leiter, Quetschkabelschuhe und Aluminiumkabelschuhe zu verarbeiten. Zusätzlich ist es möglich mit dieser Pressform feindrähtige Leiter in den Rohrkabelschuhen zu verarbeiten.

Die Anzahl der Pressungen bei den Rohrkabelschuhen und Aluminiumkabelschuhen ist aufgrund der Eigenschaften gleich der Breitpressung. Bei der Verarbeitung von Aluminiumkabelschuhen muss darauf geachtet werden, dass das Werkzeug bei jeder Pressung um 180° versetzt angesetzt wird. Ansonsten kann es zu einer Verformung des Aluminiumkabelschuhs kommen. Bei den Quetschkabelschuhen muss immer einmal auf die Lötnaht gepresst werden. Bei Rohrkabelschuhen für feindrähtige Leiter muss bis 185 mm<sup>2</sup> einmal und ab 240 mm<sup>2</sup> zweimal gepresst werden.



Bild 7: Schliffbild Kupfer Klasse 5 und verpresster Kabelschuh R-Serie (Dornpressung)



Bild 8: Schliffbild Aluminium Klasse 1, 2 und verpresster Kabelschuh Al-Serie (Dornpressung)

### DIE VORTEILE DER DORNPRESSUNG IM ÜBERBLICK

- Sicher: Es ist kein Verwechseln oder falsches Zuordnen von Einsätzen möglich.
- Flexibel: Die Pressform ist flexibel für unterschiedliche Leiterklassen einsetzbar und auch für ausgedünnte bzw. verdichtete Leiter hervorragend geeignet.
- Sparsam: Es ist kein zusätzlicher Kauf von Einsätzen notwendig.

## 6.3 DIE DORNPRESSUNG: FÜR KUPFER UND ISO- LIERTE MATERIALIEN

Die Dornpressung wurde unter anderem für die Herstellung von Verbindungen mit Kabelschuhen nach DIN 46234 und Verbindern nach DIN 46341 Teil 1, Form A+B entwickelt, die wiederum für die Aufnahme von Leitungen der DIN EN 60228-Klassen 2, 5 und 6 geeignet sind.

Um alle Leiterklassen problemlos fassen zu können, verfügen Kabelschuhe und Verbinder dieser Normen über einen großen Innendurchmesser. Dornpressungen verformen die einzelnen Litzen so, dass ein sehr guter elektrischer und mechanischer Kontakt entsteht.

Die Dornpressung ähnelt im Querschnitt der Form eines Halbmondes. Diese Pressung wird auch als tiefwirkend bezeichnet, da die einzelnen Litzen beim Pressen gebündelt werden und sich nach außen hin verjüngen. Trotz des großen Innendurchmessers kann durch die mittig zentrierte Bündelung eine dauerhaft kompakte und sichere Verbindung gewährleistet werden.

Geeignet ist diese Pressform besonders für Rohrkabelschuhe, Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 mit und ohne Isolation und Kabelschuhe für feindrähtige Leiter. Eigentlich zählt die Dornpressung zu den nicht genormten Pressformen – sie kommt aber dennoch bei genormten Kabelschuhen zum Einsatz. Deshalb gilt auch hier: Unbedingt auf zusammenpassende Materialien und Presswerkzeuge achten, da sonst die Gefahr besteht, dass einzelne Litzen abgequetscht werden und hierdurch eine Beeinträchtigung der mechanischen und elektrischen Eigenschaften entstehen kann.



Bild 9: Dornpressung von oben und unten



Bild 10: Verpresster Quetschkabelschuh mit Q-Serie Dornpressung



Bild 11: Presseinsatz Dornpressung



Bild 12: Schliffbild Dornpressung Klasse 6 Leiter im F-Kabelschuh



Bild 13: Detailansicht Kopf EK 60 VP/FT

## 6.4 DIE VIERDORNPRESSUNG: FÜR KUPFER

Aus den USA hat die Vierdornpressung ihren Weg in den deutschen Schaltschrankbau gefunden. In diesem Bereich wird sie bis 1 kV eingesetzt. Aber auch bei anderen Verbindungen, beispielsweise in Antriebsaggregaten von Lokomotiven, konnte sie sich bereits bewähren. Diese Pressform eignet sich für Rohrkabelschuhe und Verbinder mit Querschnitten von 10 mm<sup>2</sup> bis 300 mm<sup>2</sup> in Kombination mit Leiterarten der DIN EN 60228-Klassen 2, 5 und 6.

Der Vorteil der Vierdornpressung gegenüber einer normalen Dornpressung liegt in der zentrischen Krafteinwirkung und in der einfachen Verarbeitung, für die keine unterschiedlichen Presseinsätze erforderlich sind. Sie können mit nur einem Presswerkzeug alle Größen im oben genannten Querschnittsbereich verarbeiten – das ist äußerst praktisch. Die Qualität der Verpressung hängt somit vom Kraftaufwand und dem verwendeten Werkzeug ab. Allerdings eignet sich die Vierdornpressung nicht für isolierte Verbinder, da die Isolation durch die Dorne beschädigt werden könnte.



Bild 14: Verpresster Kabelschuh (Vierdornpressung)

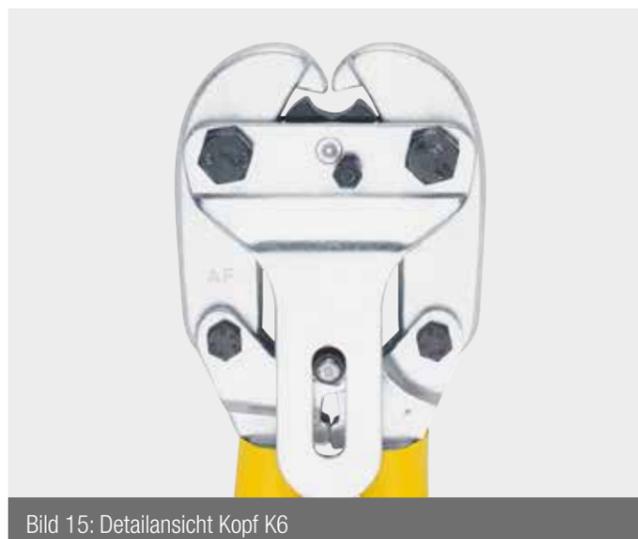


Bild 15: Detailansicht Kopf K6

## 6.5 DIE KERBPRESSUNG: IN DER ANWENDUNG ALTBEWÄHRT

Die Kerbpressung stellt die älteste und vermutlich auch die ursprünglich bekannteste Pressform im Bereich der Elektrotechnik dar. Bis heute wird sie im Schaltschrankbau bis 1 kV angewendet. Sie zeichnet sich durch eine starke punktuelle Verformung des Kabelschuhs aus. Allerdings eignet sie sich ausschließlich für die Verarbeitung von Kupfer. Die starke punktuelle Verformung mag vielleicht auch der Grund sein, weshalb sie in Fachkreisen etwas in Verruf geraten ist und der landläufig etablierten Sechskantpressung mehr und mehr weichen muss. Zu Unrecht, wie wir finden.

### EIN ALLROUND-TALENT IN ZWEI VARIANTEN

In der Praxis unterscheidet man zwei Arten von Kerbpressungen: Die klassische Kerb- und die Doppeldornpressung. Unsere Kerb-Werkzeuge ermöglichen Pressungen von Querschnitten bis 400 mm<sup>2</sup>.

Beide Varianten sind in gleicher Weise effektiv und in ihren Eigenschaften identisch. Bei allen Kerbpressungen handelt es sich immer um spezielle Verpressungen, die vor allem für fein- und feinstdrähtige Leiter geeignet sind, um dauerhafte und sichere Verbindungen herzustellen. Es können jedoch auch mehrdrähtige Leiter damit sicher verbunden werden.

Mit der Kerbpressung lässt sich ein großes Spektrum an Leitern verarbeiten: von mehrdrähtigen Kupferleitungen der Klasse 2 nach DIN EN 60228 bis zu fein- und feinstdrähtigen Typen der Klassen 5 und 6. Es muss natürlich darauf geachtet werden, dass der passende Kabelschuh zum Einsatz kommt.

Aus technischer Sicht zeichnet sich die Kerbpressung vor allem durch ihren hohen Verdichtungsgrad aus. Bedenken Sie aber, dass die Kerbung eine hohe Materialbeanspruchung verursacht, die aus der großen Krafteinwirkung beim Verpressen resultiert. Daher ist es wichtig, dass hochwertige Verbindungsmaterialien angewendet werden und die Verbindung zugentlastet ausfällt. Die Anzahl der erforderlichen Kerbungen entspricht denen einer schmalen Sechskantpressung.

### NACH WIE VOR ANWENDBAR

Zusammenfassend können wir sagen, dass die Kerbpressung eine normgerechte und sinnvolle Art der Verpressung ist – bei Querschnitten unter 6 mm<sup>2</sup> ohnehin, aber auch im Schaltschrankbau bis 1 kV. Schließen Sie die Kerbung aus Ihrer Wahl des Pressverfahrens nicht von vornherein aus – zulässig ist sie allemal und effizient noch dazu.

Es bleibt aber unbestritten, dass die Akzeptanz der Kerbpressung in Fachkreisen nachgelassen hat. Deshalb sollte bei konkreten Projekten vorab mit dem Auftraggeber geklärt werden, ob dieser die Kerbung in seinen technischen Einrichtungen und Anlagen zulässt.



Bild 16: Schliffbild Kerbpressung und verpresster Kabelschuh



Bild 17: Detailansicht Kopf K02



Bild 18: Kerbpressung (Doppeldorn) Schliffbild und verpresster Kabelschuh



Bild 19: Rohr Kabelschuh richtig verpresst



Bild 20: Presskabelschuh nach DIN richtig verpresst



Bild 21: Rohr Kabelschuh falsch verpresst (Unterpressung)

## 6.6 SICHER IST SICHER: FEHLERHAFT VERPRESSUNGEN VERMEIDEN

Die Sicherheit und damit die Qualität einer Kabelverbindung ist nur dann im erforderlichen Maß gewährleistet, wenn der Verpressvorgang optimal durchgeführt wird. Grundvoraussetzung dafür sind Einsatz des passenden Werkzeugs und der passenden Kabelschuhe. Entscheidend ist aber auch, dass Presseinsatz und Kabelschuh perfekt aufeinander abgestimmt sind. Ist dies nicht der Fall, kann es zu einer Unter- oder Überpressung kommen. Beide Formen der Fehlpressung können sich in erheblichem Maße negativ auf die Sicherheit auswirken.

Eine Unterpressung entsteht dadurch, dass ein zu kleiner Kabelschuh mit einem zu großen Presseinsatz verarbeitet wird. Ein Beispiel hierfür wäre die Verarbeitung eines Rohr Kabelschuhs mit einem Presseinsatz für Kabelschuhe nach DIN 46235. Dieser Presseinsatz hat wegen der größeren Wandstärke und des größeren Durchmessers des Presskabelschuhs nach DIN 46235 einen größeren Durchmesser, als dieser für den Rohr Kabelschuh passend wäre. Beim Verpressen dieser Presseinsatz-Kabelschuh-Kombination wird der Kabelschuh nicht ausreichend verformt. Eine Unterpressung kann auch entstehen, wenn das verwendete Werkzeug nicht genügend Kraft aufbringen konnte und deshalb beim Pressvorgang nicht richtig geschlossen hat. Die mechanische und damit auch die elektrische Verbindung kommen so nicht vollständig zustande. Sie können diese Form der Unterpressung daran erkennen, dass der Rohr Kabelschuh nahezu rund geblieben ist und dass die Kennzeichnung nur sehr schwach eingepreßt ist. Die Kennzeichnung ist generell ein gutes Mittel, um zu überprüfen, ob der richtige Presseinsatz verwendet wurde. Bei Rohr Kabelschuhen muss der eingepreßte Querschnitt im Sechskant mit der Querschnittsangabe auf dem Flansch übereinstimmen. Das gleiche gilt auch für die Kennzahlen von Presskabelschuhen.

Eine Überpressung tritt auf, wenn ein zu kleiner Presseinsatz für einen zu großen Kabelschuh benutzt wird. Ein Beispiel hierfür wäre die Verwendung eines Presseinsatzes für Rohr Kabelschuhe in Verbindung mit einem Presskabelschuh nach DIN 46235. Als Folge davon entsteht zum einen ein scharfer Pressgrat, der eine Verletzungsgefahr mit sich bringt und zum anderen den Schrumpfschlauch aufschneiden kann. Wenn der Pressgrat abgeschnitten wird, entsteht in der Konsequenz ein verjüngter Querschnitt, was ebenfalls vermieden werden muss. Darüber hinaus können die Litzen des Leiters durch die hohe Kräfteinwirkung beschädigt werden.

Im Zweifelsfall empfehlen wir Ihnen die Verbindung zu erneuern, da eine zerstörungsfreie Prüfung der Verbindung sehr schwer ist.

Grundsätzlich sind alle Arten der Fehlpressung mit Sicherheitsrisiken verbunden und stellen ein Gefahrenpotenzial dar, das nicht unterschätzt werden sollte. Um dem entgegenzuwirken empfiehlt es sich grundsätzlich, auf ein vom Hersteller geprüfetes System zurückzugreifen. Darüber hinaus ist es wichtig, dass eindeutige Arbeitsanweisungen zur Verwendung von Kabelschuhen, Presseinsätzen und Werkzeugen vorhanden sind und als Leitfaden genutzt werden. Im Falle von Unklarheiten – zum Beispiel bei der Wahl des richtigen Presseinsatzes – sollten Sie immer erwägen, Kontakt mit dem Hersteller aufzunehmen.

Im Klauke Katalog finden Sie im Anschluss an jedes Kapitel der Verbindungstechnik eine Tabelle mit Werkzeugempfehlungen, die Sie als erste Hilfestellung nutzen können. Wenn Sie darüber hinaus Fragen haben, stehen Ihnen unsere Anwendungstechniker gern zur Verfügung und unterstützen und beraten Sie.



Bild 22: Presskabelschuh nach DIN falsch verpresst (Überpressung)

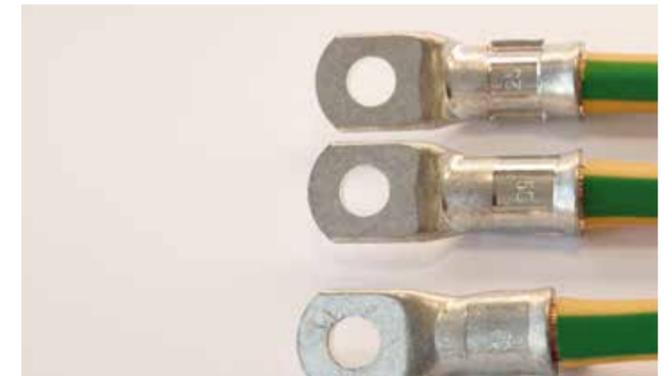


Bild 23: F-Kabelschuh mit Dornverpressung, Rückseite. Überpressung, richtige Verpressung, Unterpressung (v.o.)



Bild 24: F-Kabelschuh mit Dornverpressung, Vorderseite. Überpressung, richtige Verpressung, Unterpressung (v.o.)



## 7. TIPPS ZUM RICHTIGEN VERARBEITEN VON ADEREND- HÜLSEN

- 7.1 Verwendung
- 7.2 Pressformen und Werkzeuge
- 7.3 Prüfungen
- 7.4 Fazit



Bild 1: Vergleich Aderendhülle isoliert und nicht isoliert



Bild 2: Aderndhülle kurzschlussicher und normal im Vergleich

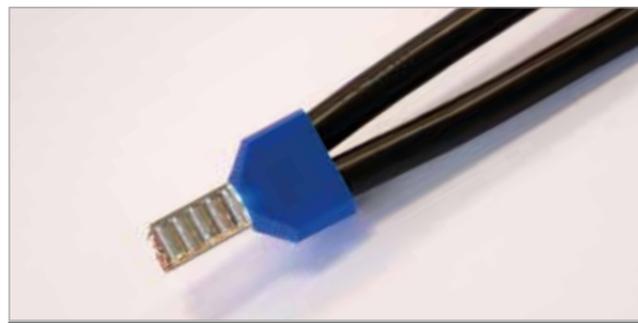


Bild 3: Zwillingsaderndhülle



Bild 4: Leiter mit und ohne Aderendhülle

Aderendhülsen sind in der DIN 46228 definiert. In diesem Artikel beziehen wir uns auf Aderendhülsen der DIN 46228-1 (Aderendhülsen ohne Kunststoffhülle) und der DIN 46228-4 (Aderendhülsen mit Kunststoffhülle). Zum großen Teil können die Informationen auch auf die Aderendhülsen für kurzschlussfeste Leiter und Zwillingsaderendhülsen übertragen werden. Da diese jedoch nicht genormt, können die Abmessungen von Hersteller zu Hersteller abweichen. In den Normen DIN 46228-1 und DIN 46228-4 sind nur Aderendhülsen von 0,5-50mm<sup>2</sup> definiert. Alle Größen außerhalb dieses Spektrums sind nicht von der Norm betroffen und die Abmessungen können vom Hersteller theoretisch frei gewählt werden. Die Normen DIN 46228-2 und DIN 46228-3 regeln die Anforderungen an nicht geschlossene Aderendhülsen, welche bei einer Verpressung zusammen gebogen werden müssen. Diese sind jedoch kein Bestandteil dieses Artikels.

Aufgrund dieser Normfreiheit existiert in diesem Bereich eine Vielfalt von Aderendhülsen, die besondere Sorgfalt bei der Wahl des passenden Werkzeugs erforderlich macht. In den oben erwähnten Normen werden die Abmessungen, Farben, Anwendungsbereiche und Prüfungen der Aderendhülsen definiert. Günstige Aderendhülsen unterscheiden sich häufig durch die Härte des Kupfers. Es kann deshalb vorkommen, dass sich günstige Fabrikate schlechter verarbeiten lassen und die Verpressung letztendlich nicht die vorgegebenen Anforderungen erfüllt. Deshalb sollte auch bei einem so simplen Bauteil auf eine hochwertige Verarbeitung geachtet werden.

## 7.1 VERWENDUNG

Laut Norm sind Aderendhülsen nach DIN 46228 mit mehr-, fein- und feinstdrähtigen Leitern kompatibel. Viele Hersteller geben die Aderendhülsen jedoch nur für Leiter der Klassen 5 und 6 frei. Der Hintergrund hierfür ist die Hauptfunktion von Aderendhülsen. Diese werden vorwiegend zum Verhindern des Aufspießens des Leiters verwendet. Das Aufspießen tritt bei Leitern der Klasse 2 allerdings faktisch nicht auf.

Der Einsatz von Aderendhülsen erleichtert das Einführen der Leiter in Klemmen. Ob eine Aderendhülle in einer Klemme verwendet werden muss oder die Verwendung nur optional ist, entscheidet der Klemmenhersteller. Generell empfehlen wir immer die Verwendung von Aderendhülsen, da dadurch viele Fehler vermieden werden und die Verarbeitung erheblich leichter ist, was am Ende bei der Montage Zeit und somit Geld spart. Zusätzlich ist eine spätere Änderung der Verdrahtung mit Aderendhülsen erheblich einfacher.

## 7.2 PRESSFORMEN UND WERKZEUGE

In der DIN 46228 sind weder Pressformen noch Werkzeuge vorgegeben. Daher ist prinzipiell jede Pressform anwendbar, sofern sie die im nächsten Kapitel aufgeführten Prüfungen besteht. Durch diese normative Freiheit hat sich im Laufe der Jahrzehnte eine große Breite an Presswerkzeugen und Pressformen entwickelt. Die Reichweite bei den Werkzeugen reicht von einfachen Handwerkzeugen bis hin zu hochentwickelten Hydrauliken.

Bei der Wahl des Werkzeugs sollten Sie vor allem darauf achten, dass durch die Qualitätsmerkmale eine gleichbleibende Verpressung gewährleistet bzw. unterstützt wird. Das zweite wichtige Kriterium sollte immer sein, dass das Werkzeug zur Anwendung passt. Eine Akkuhydraulik ist zum Beispiel bei der Verarbeitung von kleinen Querschnitten nicht unbedingt empfehlenswert. Diese macht sich jedoch bei der häufigen Verarbeitung von großen Querschnitten schnell bezahlt. Es existiert somit nicht das perfekte Werkzeug für jeden – stattdessen muss das Werkzeug immer an die täglichen Herausforderungen angepasst sein. Als Pressform ist generell jede Form anwendbar, welche die Auszugswerte der DIN EN 60999-1 ermöglicht und in die Lehrdorne nach DIN EN 60947-1 passt. Diese Lehrdorne bieten die Grundlage für die Abmessungen der Anschlussklemmen bei elektrischen Betriebsmitteln.

In der DIN 46228 wird bezüglich der Auszugswerte auf die DIN EN 60999-1 verwiesen. Diese Norm deckt aber nur Querschnitte von bis zu 35 mm<sup>2</sup> ab. Deshalb nutzt Klauke für 50mm<sup>2</sup> zusätzlich die DIN EN 60999-2. Das Spektrum der Pressformen, die sich allgemein durchgesetzt haben, umfasst Dorn-, Trapez-, Vierkant- und Sechskantpressung. Häufig wird die Dorn- und Trapezpressung bei Werkzeugen mit fest vorgegebenen Pressensätzen genutzt. Bei kraft- und wegabhängigen Werkzeugen wird hingegen oft die Vier- und Sechskantpressung genutzt.

Der große Vorteil von kraft- und wegabhängigen Presswerkzeugen ist, dass die irrtümliche Nutzung des falschen Nestes automatisch vermieden wird. Darüber hinaus können diese Werkzeuge stark ausgedünnte Leiter besser ausgleichen. Deshalb gibt es bei formabhängigen Pressformen immer mehr abgewandelte Formen, wie zum Beispiel die Sondertrapezform. Falls Zweifel bezüglich der Kompatibilität der Pressform mit dem Anschluss bestehen sollten, empfehlen wir direkt beim Hersteller der Klemme nachzufragen. Im besten Fall ist diese Information auch in der Bedienungsanleitung aufgeführt.

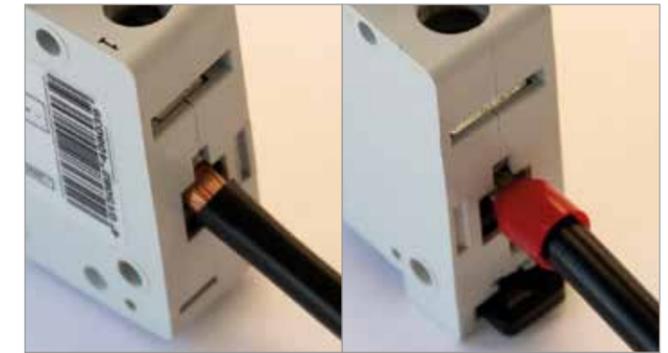


Bild 5: Leiter mit und ohne Aderendhülle in Klemmleiste

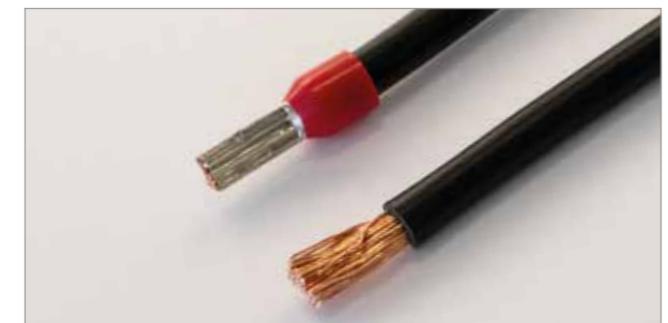


Bild 6: Leiter mit und ohne Aderendhülle nach Benutzung in Klemmleiste

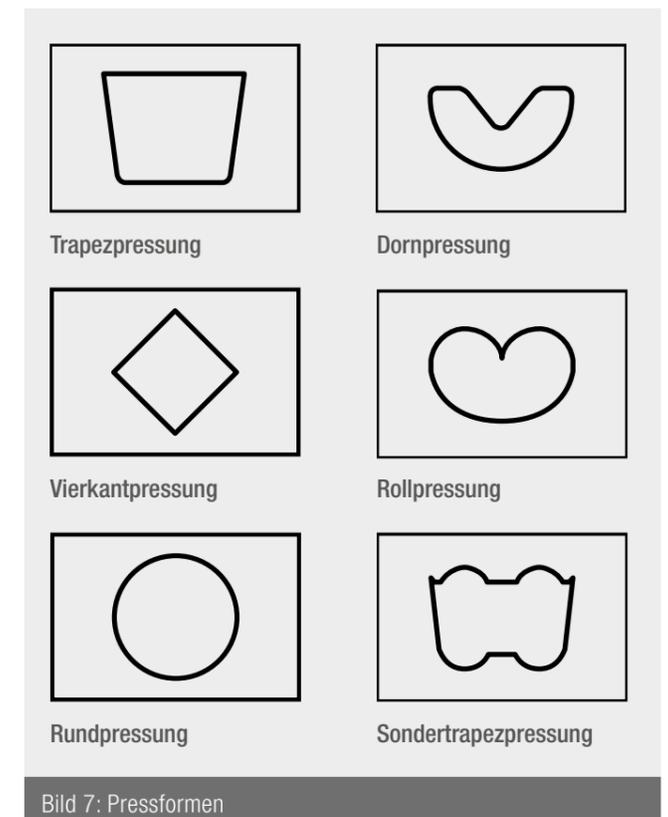


Bild 7: Pressformen



Bild 8: K3 & K306K

In letzter Zeit ist häufig von einer „gasdichten Verpressung“ die Rede. Dieser Ausdruck ist insofern problematisch, da es keine Prüfung nach Norm gibt, mit der eine Gasdichtigkeit nachgewiesen werden könnte. Technisch gesehen gibt es die Problematik, dass man zur Gewährleistung einer Gasdichtigkeit mit so viel Kraft arbeiten müsste, dass die einzelnen Litzen der Leitung miteinander verschweißt werden. Ansonsten besteht immer die Möglichkeit, dass Gase eintreten.

Aderendhülsen können die hohen benötigten Kräfte aufgrund der dünnen Wandstärke gar nicht bewältigen. Zusätzlich erschwert die offene Bauweise der Aderendhülsen eine Gasdichtigkeit. Tatsächlich kommt der Begriff „gasdicht“ aus der Automobilindustrie. Hier werden aber entweder vorne verlötete oder direkt tiefgezogene Kabelschuhe verwendet, welche dann mit mehreren Tonnen Kraft verpresst werden. Selbst diese Verbindungen sind nicht absolut gasdicht, obwohl hier mit erheblich dickeren Außenwänden und genau definierten Leitern gearbeitet wird. Hier wird die Gasdichtigkeit dann durch intern festgelegte Prüfungen definiert.

Zusätzlich stellt sich natürlich auch die Frage der Notwendigkeit einer „gasdichten“ Verpressung. An den Stellen, wo das Kupfer aufgrund der Kaltverformung einen elektrisch leitenden Kontakt hergestellt hat, kann keine Korrosion entstehen. Selbst wenn mit den Jahren eine leichte Korrosion zwischen den einzelnen Litzen auftreten sollte, wird sich dies nicht auf die Leitfähigkeit der Verbindung auswirken, da an der Stelle noch nie ein elektrisch leitender Kontakt bestand. Es bleibt also fraglich, ob hinter dem Schlagwort der „gasdichten Verpressung“ mehr steht als ein Marketingargument.

## 7.3 PRÜFUNGEN

In der DIN 46228-1 und DIN 46228-4 sind zwei verschiedene Prüfungen definiert: die Zugprüfung und die Maßprüfung.

In der Zugprüfung wird die mechanische Verbindung zwischen Leiter und Aderendhülse nachgewiesen. Die Norm verweist hier auf die DIN EN 60999-1, in welcher die Sicherheitsanforderungen an Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen beschrieben sind. Eine Aderendhülse muss die gleichen Zugkräfte aushalten wie der blanke Leiter einer Klemme. Dies macht auch Sinn, da Aderendhülsen fast ausschließlich in solchen Klemmen verarbeitet werden. Bei der Prüfung wird die verpresste Aderendhülse in eine Zugmaschine eingespannt. Anschließend wird in axialer Richtung zur Aderendhülse mit einer vom Querschnitt abhängigen Kraft in einer definierten Geschwindigkeit gezogen, bis die Maximalkraft erreicht ist.



Bild 9: EK50ML



Bild 10: EKM6022 mit Aderendhülseinsatz

Diese Kraft muss dann eine Minute gehalten werden. Die Kräfte bewegen sich hier zwischen 10 und 190 Newton.

Die Maßprüfung soll sicherstellen, dass die verpresste Aderendhülse auch in die dafür vorgesehenen Anschlussklemmen passt. Hier verweist die DIN 46228 auf die DIN EN 60947-1. In dieser Norm sind die allgemeinen Festlegungen von Niederspannungsschaltgeräten definiert. Laut diesen muss die verpresste Aderendhülse ohne großen Kraftaufwand in die in der DIN EN 60947-1 definierten Lehrdorne passen. Es existieren dabei zwei verschiedene Formen. Die Form A definiert abgerundete rechteckige Anschlussstellen und die Form B runde Anschlussstellen. Vor der Prüfung sollte definiert sein, ob die Aderendhülse in beide Schablonen oder nur in eine passen soll.

Zusätzlich zu den in den DIN 46228-1 und DIN 46228-4 erwähnten Prüfungen gibt es zum Beispiel auch Prüfungen für den nordamerikanischen Markt. Diese sind in der UL 486F, beziehungsweise in der CSA-C22.2 No. 291-14 beschrieben. Diese beiden Normen wurden harmonisiert und sind daher inhaltlich identisch. Es handelt sich hier ausschließlich um eine Prüfnorm, so dass nur Prüfungen und keine Abmessungen der Aderendhülsen vorgegeben sind. Es gibt lediglich die Materialvorgabe, dass die Aderendhülse mindestens zu 80% aus Kupfer bestehen und verzinkt sein sollten.

Diese Prüfnormen sind um einiges ausführlicher als die DIN 46228-1 und DIN 46228-4. Hier wird neben den Auszugswerten auch eine Erwärmungsprüfung mit anschließender Durchschlagsprüfung der Isolation mit 1 kV und einem Flammwidrigkeitstest beschrieben. Die letzten beiden Tests sind natürlich nur bei der Prüfung von Aderendhülsen mit Isolierkragen relevant.

## 7.4 FAZIT

Obwohl Aderendhülsen in der Theorie genormt sind, gibt es in der Praxis viele Punkte zu beachten. Generell sollte natürlich immer auf hochwertiges Material und hochwertige Werkzeuge geachtet werden. Insbesondere bei Aderendhülsen, welche nicht durch die DIN 46228 abgedeckt sind, sollte darauf geachtet werden, dass Werkzeug und Aderendhülse kompatibel sind. Dies ist am einfachsten, wenn alles von dem selben Hersteller stammt. Auch bei Aderendhülsen, die genormt sind, sollte das vom Hersteller gegebene System genutzt werden. Zum Beispiel ist die UL-Zertifizierung nur gültig, wenn Aderendhülse und Werkzeug vom gelisteten Hersteller stammen. Falls es mal zu einem Fehlerfall kommen sollte, bietet der Bezug von einem Hersteller zusätzlich den Vorteil eines festen Ansprechpartners.



Bild 11: Zugprüfmaschine





## 8. ABISOLIEREN – SCHNELL, EINFACH UND SICHER

- 8.1 Die besten Tipps für effizientes Schneiden von Leitungen
- 8.2 Automatische Selbsteinstellung statt feststehender Klinge
- 8.3 Überflüssig und risikoreich: das Kürzen überstehender Litzen
- 8.4 Werkzeuge für komplexe Anforderungen und hohen Bedienkomfort
- 8.5 Werkzeugwahl: Qualität ist ausschlaggebend



Bild 1: Leicht zugängliche Schneideinheit für effiziente Prozessbeschleunigung

## 8.1 DIE BESTEN TIPPS FÜR EFFIZIENTES SCHNEIDEN VON LEITUNGEN

Um sichere Verbindungen herstellen zu können, ist bei der Bearbeitung von Leitungen ein glatter und gerader Schnitt besonders wichtig, der den Leiter weder verformt noch beschädigt. Jeder Anwender hat wohl seine eigene favorisierte Technik, um Leitungen abzuisolieren. Prinzipiell kann man aber zwischen zwei Schneidtechniken unterscheiden: Das Scherschneiden und das Beißschneiden, was auch als Keilschneiden bezeichnet wird. Beide Techniken richten sich nach der DIN-Norm 8588.

Beim Scherschneiden wird die Leitung durch zwei sich aneinander vorbeibewegende Schneiden zerteilt. Diese Technik kommt vor allem bei der Abisolierung von Kabeln, Leitungen und Leitern aus Kupfer und Aluminium zum Einsatz. Hochwertige Abisolierwerkzeuge sind mit einer integrierten Schneideinheit ausgestattet, die extra auf diese Materialien angepasst sind. Dadurch kann der Schnitt kraftsparend, effizient und werkzeugschonend ausgeführt werden.

Wenn es jedoch um das Zertrennen harter Metalle geht, eignet sich das Beißschneiden hervorragend. Bei dieser Technik wird das Kabel durch eine oder zwei keilförmige Schneiden auseinandergedrückt und getrennt.

Bei beiden Schneidtechniken gilt: Damit schnell und sicher gearbeitet werden kann, sollte die Schneideinheit ergonomisch optimal angepasst werden.



Bild 2: Professionelles Scherschneiden verringert die Handkräfte und sorgt für eine optimale Vorbereitung der weiteren Verarbeitungsschritte

## 8.2 AUTOMATISCHE SELBST- EINSTELLUNG STATT FESTSTEHENDER KLINGE

Nach wie vor sind in der Praxis Kabelmesser mit feststehender Klinge im Einsatz. Aus Sicherheitsgründen sollte vom Einsatz dieser Messer aber grundsätzlich Abstand genommen werden, da das Verletzungsrisiko nicht unerheblich ist. Als Alternative werden häufig Kabelentmantler oder auch Kabelmesser mit Einstellschrauben verwendet – doch auch diese Schneidwerkzeuge weisen deutliche Nachteile auf. Da der Querschnitt von Kabeln und Leitungen nicht physikalisch gemessen, sondern über den Leitwert berechnet und bestimmt wird, werden beim Abisolieren die Litzen oftmals abgetrennt und der Querschnitt reduziert. Das kann zu Übergangswiderständen und schlimmstenfalls zu Kabelbränden führen.

Solchen Risiken kann man entgegenwirken, indem moderne und anforderungsspezifische Werkzeuge gewählt werden. Diese stellen sich automatisch auf den jeweiligen Querschnitt und die Isolationsstärke ein, was ein optimales Abisolieren des Kabels ermöglicht. Für extrem dickwandige und sehr dünne Isolationen wurden überdies spezielle Zangen entwickelt, die neben der automatischen Selbsteinstellung auch die Möglichkeit einer manuellen Justierung des Querschnitts bieten. Dadurch wird höchste Sicherheit bei allen Eventualitäten und Anforderungen gewährleistet. Allerdings sollte bei extremen Isolationsdicken vorab an einem Probekabel ein Abisolierversuch durchgeführt werden.



Bild 3: Selbsteinstellende Querschnittsanpassung

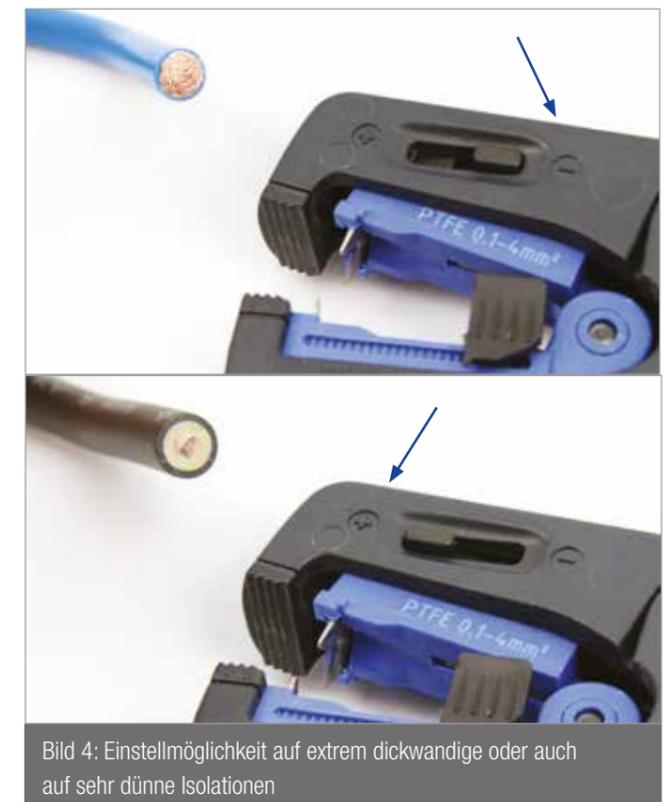


Bild 4: Einstellmöglichkeit auf extrem dickwandige oder auch auf sehr dünne Isolationen



Bild 5: Zoll-Bemaßung für AWG-Kabeltypen (American Wire Gauge)



Bild 6: Metrische Bemaßung mit Längenanschlag-Skala



Bild 7: Verschiedenen Hülsenlängen für unterschiedliche Anstecktechniken

### 8.3 ÜBERFLÜSSIG UND RISIKOREICH: DAS KÜRZEN ÜBER- STEHENDER LITZEN

Im praktischen Verarbeitungsprozess fällt das Abisolieren eines Kabels häufig umständlicher aus als es tatsächlich sein muss. Nachdem die Litzen abisoliert, eine Aderendhülse aufgesetzt und vercrimpt wurde, kommt es vor, dass überstehende Litzen im Nachgang gekürzt werden. Ein solcher nachträglicher Schneidvorgang ist nicht nur überflüssig, sondern auch gefährlich. Beispielsweise besteht das Risiko, dass im Schaltschrankbau einige der Litzen in bestehende Schaltungen gelangen und einen Kurzschluss hervorrufen.

Es ist daher ratsam, dass automatische Abisolierwerkzeuge genutzt werden, die über Einstellungsmöglichkeiten der Abisolierlänge verfügen. Optimalerweise handelt es sich dabei um eine Kombination aus verstellbarem Längenanschlag und einer Skala, die sowohl das metrische Maß als auch die Zoll-Bemaßung für AWG-Kabeltypen (American Wire Gauge) abbildet. Ein großer Vorteil liegt darin, dass der Anschlag eine immer gleichbleibende Abisolierlänge sicherstellt.

Damit optimale Ergebnisse erzielt werden können, sollte die abzuisolierende Länge immer der Hülsenlänge plus 2 mm entsprechen. Wird das Kabel in die Hülse eingeführt, sollten idealerweise nur bis zu 0,05 mm aus dem Hülsenschaft überstehen. Bei Zwillingsaderendhülsen entspricht die abzuisolierende Länge immer der Hülsenlänge plus 3 mm – Grund dafür ist der Einführtrichter.

Handelsübliche Push-In-Klemmen verfügen über einen Klemmmechanismus, der relativ weit vom Einführtrichter entfernt ist. Hier werden die besten Resultate erzielt, wenn Aderendhülsen verwendet werden, die eine größere Hülsenlänge besitzen. Beispielsweise werden bei Schraubklemmen mit einem Querschnitt von 1,5 mm² Aderendhülsen mit 8 mm Hülsenlänge benutzt. Bei Push-In-Klemmen ist es wichtig, die Angaben des Herstellers genau zu beachten. Aus Sicherheitsgründen ist man gut beraten, wenn eine Längengröße mehr gewählt wird. Das heißt: Bei einem Querschnitt von 1,5 mm² ist eine Hülsenlänge zwischen 10 mm und 12 mm am besten geeignet.

### 8.4 WERKZEUGE FÜR KOMPLEXE ANFORDE- RUNGEN UND HOHEN BEDIENKOMFORT

Applikationsspezifische Kabel mit hohen Isolationsanforderungen kommen in unterschiedlichsten Bereichen zur Anwendung. Zum Beispiel stellt die Schifffahrt mit internationalen Approbationen hohe Anforderungen an Kabel und Leitungen – und im Schaltschrank- und Anlagenbau sind halogenfreie Leitungen längst zum Standard geworden. Damit bei solchen Anforderungen gute Isoliereigenschaften erzielt werden können, werden häufig Isolierwerkstoffe aus PE oder TPE verwendet.

Durch eine Vielzahl an Materialbeschaffenheiten – von weich bis zäh und spröde – kann ein fachgerechtes Abisolieren zu einer besonderen Herausforderung werden. Die richtige Werkzeugwahl ist deshalb umso wichtiger, damit die Isolation sauber entfernt werden kann. Abisolierwerkzeuge von Klauke sind mit innovativen Messereigenschaften und speziellen Messergeometrien ausgestattet. Die Abisolierwerkzeuge 43/2V und K43/2U sind auf Querschnittsbereiche von 0,08 mm² bis 16 mm² ausgelegt und isolieren auch komplexe Isolationsmaterialien effizient und sauber ab. Selbst Mantelmaterialien aus Silikon und harte Isolationen, wie man sie bei UL-spezifizierten Kabeltypen findet, lassen sich mit Klauke Abisolierwerkzeugen spielend leicht bearbeiten.

Wenn nur PVC oder PVC ähnliche Materialien zum Einsatz kommen bietet Klauke ein professionelles Abisolierwerkzeug K43/3 mit einem extremen Querschnittsbereich von 0,08 mm² bis 16 mm² an.

Neben Effizienz und Sicherheit sollte ein gutes Abisolierwerkzeug vor allem eines bieten: Ergonomie. Da für den Anwender jedes Gramm zählt, um ausdauernd und problemlos arbeiten zu können, ist bei Werkzeugen ein geringes Gewicht besonders wichtig. Vor allem im Schaltschrank- und Maschinenbau sind mehrere hundert Abisolierzyklen pro Tag keine Seltenheit – das stellt eine echte Beanspruchung der Hand- und Armmuskulatur dar.

Klauke Abisolierwerkzeuge wie die K43/2V und K43/2U zeichnen sich durch besondere Ergonomie aus. Mit 140 Gramm Gewicht gewährleisten sie ausdauerndes Arbeiten mit hohem Komfort.



Bild 8: Parallele Abisoliermesser führen bei zähen Isolationsmaterialien zu unsauberen Abisoliererergebnissen



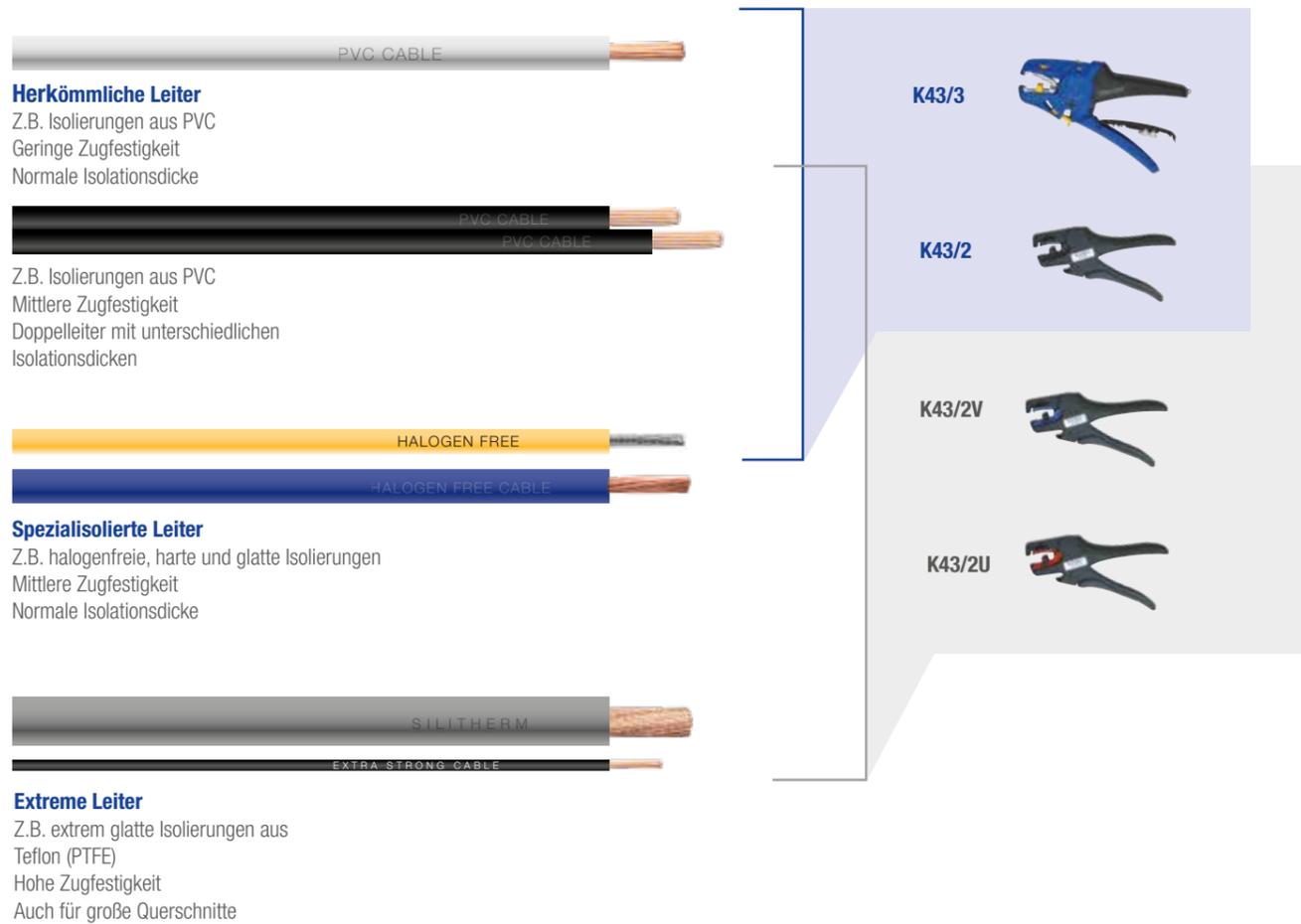
Bild 9: Isolationen werden mit der K43/2V rundherum eingeschnitten und verringern so die Abzugskräfte.



Bild 10: Ein perfektes Abisoliererergebnis dank K43/2V

## 8.5 WERKZEUGWAHL: QUALITÄT IST AUS- SCHLAGGEBEND

Um sicher abisolieren zu können, sollte vor allem die Wahl des richtigen Abisolierwerkzeugs beherzigt werden. In jedem Fall zählt, dass das Werkzeug qualitativ hochwertig ausfällt und den essentiellen Anforderungen an Flexibilität, Sicherheit und Bedienkomfort entspricht – denn eine gute Abisolierung ist Voraussetzung für sichere und langlebige Verbindungen.





Erhalten Sie aktuelle Informationen zu Produkten, Services und Aktionen.  
Melden Sie sich für unseren Newsletter an:

[KLAUKE.COM/NEWSLETTER](https://www.klauke.com/newsletter)

Folgen Sie uns!



**Gustav Klauke GmbH**  
Auf dem Knapp 46  
D-42855 Remscheid

Tel.: +49 (0) 2191 / 907 - 0  
Klauke-Info@Emerson.com  
Klauke.com

