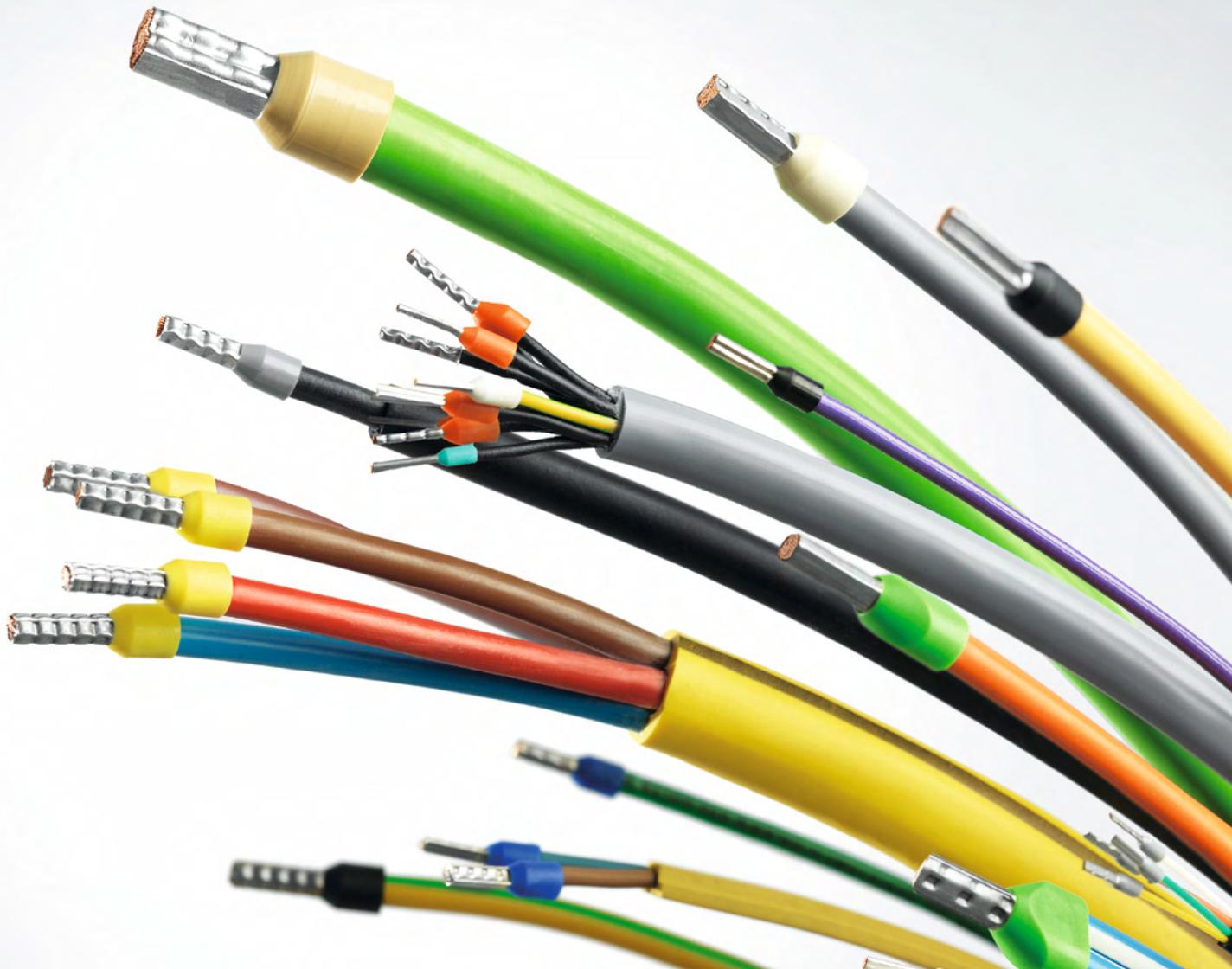


Workplace Solutions

Crimpen

Eine auf Dauer angelegte Verbindung

Whitepaper



Inhaltsverzeichnis

- 1** Einleitung
- 2** Komponenten einer Crimpverbindung
 - 2.1** Leitung
 - 2.2** Kontakt
 - 2.2.1.** Aderendhülsen
 - 2.3** Verarbeitungswerkzeuge
 - 2.3.1** Handwerkzeuge
- 3** Crimpprozess und vorbereitende Maßnahmen
 - 3.1** Schneiden
 - 3.2** Abisolieren
 - 3.3** Crimpen
- 4** Typische Pressformen bei Aderendhülsen
 - 4.1** Kontaktstelle
- 5** Betätigungskräfte
 - 5.1** Ermittlung der Betätigungskraft nach DIN 41641-1
- 6** Fehlerlexikon und Prüfmethoden
 - 6.1** Fehler, die beim Crimpen entstehen können
 - 6.2** Prüfung einer Crimpverbindung mit Aderendhülse
- 7** Glossary Normen
- 8** Fazit

1 Einleitung

Das Crimpen ist ein Fügeverfahren, welches zwei Komponenten durch einen definierten Pressvorgang miteinander verbindet. Das Verfahren ist eine sichere Verbindung zwischen Leiter und Kontakt und hat die Methode des Lötens weitestgehend abgelöst.

Crimpen bezeichnet das Erstellen einer homogenen, nicht lösbaren Verbindung zwischen Leiter und Verbindungselement. Eine solche Verbindung wird durch hochwertige Präzisionswerkzeuge erreicht.

Wesentliche Anforderungen an Crimpverbindungen sind in der DIN EN 60352-2 definiert. In dieser Norm sind auch die Prüfverfahren und die Anwendungshinweise für Crimpverbindungen enthalten. Zudem beschreibt diese Norm einige Vorteile einer Crimpverbindung.

Mögliche Vorteile von Crimpverbindungen sind:

- Rationelle Herstellung von Verbindungen bei jedem Fertigungsumfang,
- Verarbeitung mittels voll- oder halbautomatischer Crimpmaschinen oder Hand-Crimpwerkzeuge,
- Keine kalten Lötstellen,
- Keine Beeinträchtigung der Federcharakteristik der federnden Kontakte durch die Lötwärme,
- Keine gesundheitliche Beeinträchtigung durch Schwermetall- und Lötmitteldämpfe,
- Erhaltung der Leiterflexibilität hinter der Crimpverbindung,
- Keine verbrannten, verfärbten und überhitzten Leiterisolierungen,
- Gute Verbindungen mit reproduzierbaren elektrischen und mechanischen Werten,
- Leichte Fertigungsüberwachung.

Um einen optimalen Crimp zu erhalten ist die Voraussetzung, dass das Werkzeug, der Leiter und der jeweilige Crimpkontakt aufeinander abgestimmt sind. Dies führt dazu, dass eine UL -zugelassene Crimpverbindung geschaffen wird. In dem folgenden Whitepaper soll der Hintergrund des Crimpens und die wesentlichen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Vorgängen bis zu einem optimalen Crimp erklärt werden. Schwerpunktmäßig werden hier die Crimpverbindungen von Aderendhülsen betrachtet, die mittels Handwerkzeugen hergestellt.

2 Komponenten einer Crimpverbindung

Eine Crimpverbindung lässt sich in verschiedenen Gruppen an Komponenten unterteilen. Die Leitung stellt dabei eine Grundvoraussetzung für den Crimpprozess dar. Weiter wird für einen Crimp ein Kontakt benötigt. Dort gibt es zum einen die Aderendhülsen und zum anderen eine Vielzahl an verschiedenen Kontakten, wie die isolierten und gedrehten Kontakte und die Flachsteckhülsen. Um den Crimp zu fertigen werden zudem noch die entsprechenden Verarbeitungswerkzeuge benötigt.

2.1 Leitung

Der Hauptbestandteil einer Leitung ist der Leiter, welcher ein elektrisch leitendes Übertragungsmedium, meist bestehend aus Kupfer, darstellt. Der Leiter kann dabei in verschiedene Leiterklassen unterteilt werden. Die Leiterklassen sind in der IEC/DIN EN 60228 (VDE 0295) genormt.

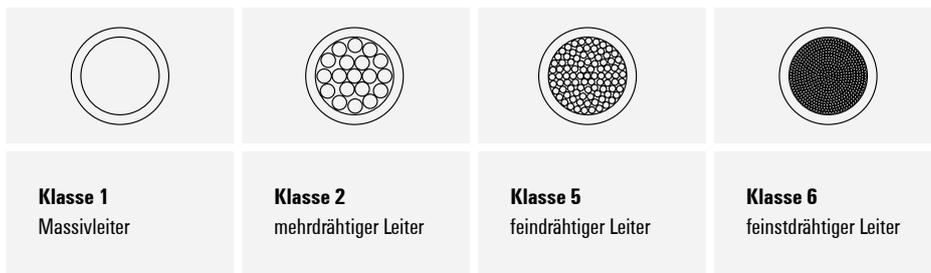


Abbildung 1: Übersicht der Leiterklassen

Ein weiterer Bestandteil einer Leitung ist die Isolation. Die Isolation besteht aus einem nichtleitenden Kunststoff, der zum Schutz gegen Fehlerströme, Berührungen, Umwelteinflüsse oder aber auch Beschädigungen dient. Die Art der jeweiligen Isolation wird nach dem Einsatzbereich unterschieden.

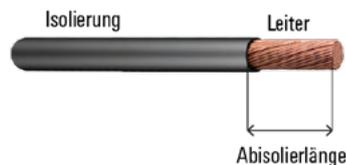


Abbildung 2: Aufbau einer Leitung

Grundlegend gibt es Unterschiede in der Maßangabe des Drahtquerschnittes. In Europa werden die Drahtquerschnitte in Quadratmillimeter (mm²) angegeben. In der USA werden die Drahtquerschnitte in der Einheit American Wire Gauge (AWG) angegeben. Diese Einheit ist ein Eichmaß für Kupferdrähte. Ein niedriger AWG-Wert entspricht einer Leitung mit einem größeren Querschnitt. In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über den Zusammenhang der gängigsten Querschnittsgrößen gegeben. Allerdings gilt es zu beachten, dass die AWG-Größen nicht zu Einhundert Prozent der Größen des Bemessungsquerschnittes entsprechen.

Bemessungsquerschnitt mm ²	AWG	Entsprechender metrischer Querschnitt mm ²
0,2	24	0,205
0,34	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	-	-
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5

Tabelle 1: Umrechnung der gängigen amerikanischen Leiter
[Nach Norm DIN EN 60947-1]

2.2 Kontakt

Es gibt eine Vielzahl an Aderendhülsen und verschiedenen Crimpkontakten. Manche dieser Kontakte werden an dem Leiter gecrimpt, andere wiederum an dem Leiter und der Isolation. Nachfolgend ist eine Auswahl an Crimpkontakten dargestellt:

- Gestanzte Kontakte
- Gedrehte Kontakte
- Koaxial-Verbinder
- Isolierte/ nicht isolierte Verbinder
- Modulare Steckverbinder
- ...

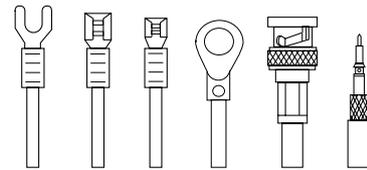


Abbildung 3: Auswahl an möglichen Crimpkontakten

Weitergehend wird hier nur die Crimpverbindung mit Aderendhülsen berücksichtigt und näher erläutert.

2.2.1 Aderendhülsen

Aderendhülsen gibt es in verschiedenen Querschnitten und in verschiedenen Ausführungen. Es gibt sie mit und ohne Kunststoffkragen, sowie als offene oder geschlossene Variante. Auf dem Markt hat sich die geschlossene Variante durchgesetzt. Eine spezielle Form der Aderendhülsen sind die Zwillingaderendhülsen. Diese sind für zwei Leiter geeignet.

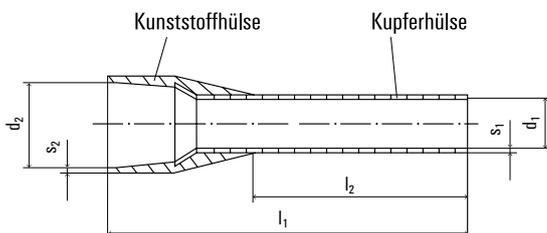


Abbildung 4: Geschlossene Variante einer Aderendhülse

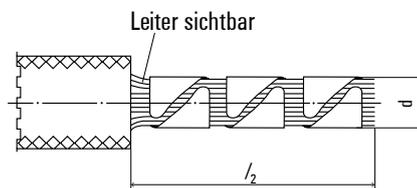


Abbildung 5: Offene Variante einer Aderendhülse

Mit den Aderendhülsen sollen die Einzellitzen eines Leiters geschützt werden, indem zum Beispiel ein Abtrennen von einzelnen Litzen oder aber Beschädigungen vermieden werden. Aderendhülsen mit einem zusätzlichen Kunststoffkragen bieten aufgrund der konischen Form im Innendurchmesser des Kragens eine zusätzliche Einführhilfe. Ferner wird ein Verhaken der eckigen Leiterisolationskanten in den Einführtrichter der Klemmstelle vermieden. Die verschiedenen Farbvarianten bieten eine optische Hilfe zur Querschnittserkennung. Die Aderendhülsen besitzen zudem die Anforderung Leiter der Klasse 2, 5 und 6 aufnehmen zu können (siehe Kapitel 2.1.).



Abbildung 6: Aderendhülse

Die Anforderungen an die Aderendhülse mit und ohne Kunststoffkragen sind in der DIN 46228 definiert, womit diese Norm die wesentlichen Rahmenbedingungen und Kenngrößen vorgibt.

Wichtig ist, dass der Kunststoffkragen der Aderendhülse keinen Knickschutz bietet, wie er z.B. bei isolierten Kabelschuhen üblich ist. Der Kunststoffkragen bietet zudem auch keine mechanische Isolationsunterstützung und darf somit nicht zu stark auf Biegung oder Zug belastet werden. Aus diesem Grund sind bei der Montage die einschlägigen Normen zu beachten. So dürfen Leitungen nach DIN VDE 0298-300 nur in einem bestimmten Biegeradius verlegt werden. Dieser beträgt z.B. bei PVC isolierten Leitungen bei Leiterdurchmessern ≤ 20 mm das 6 fache des Leiterdurchmessers. In der Praxis bedeutet das, dass kein deutlicher Zug auf den AEH Kunststoffkragen gegeben werden darf.



Abbildung 7: Zwillingaderendhülse



Abbildung 8: Beispiel einer Aderendhülsenverbindung



Abbildung 9: Bruchgefahr durch Überlastung - zu kleiner Biegeradius

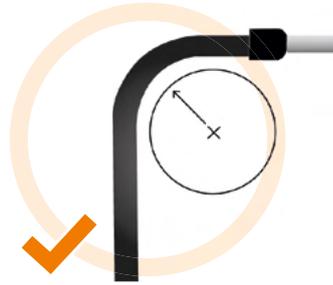


Abbildung 10: Richtiger Biegeradius

2.3 Verarbeitungswerkzeuge

Für die Verarbeitung von größeren Serien von Aderendhülle werden meist automatische oder aber auch halb-automatische Crimpautomaten genutzt. Die bekannteste Art eine Crimpverbindung durchzuführen liegt bei den Handwerkzeugen. Je nach Verarbeitungsquerschnitt und Art der Crimpkontakte werden dabei spezifische Werkzeuge verwendet.

2.3.1 Handwerkzeuge

Handwerkzeuge gibt es in verschiedenen Ausführungen. Zum einen gibt es sie mit festen Einsätzen bei denen die Crimpgesenke und die Crimprahmen optimal aufeinander eingestellt sind, zum anderen gibt es die Werkzeuge mit austauschbaren Gesenken. Diese Variante ist als ein Kompromiss zu den festen Einsätzen zu betrachten. Durch eine geschickte Konstruktion des Crimpgesenkes ist es möglich eine annähernd lineare Crimpbewegung zu erreichen. Es ist üblich, dass Crimpwerkzeuge eine integrierte Zwangssperre mit Entriegelungsmöglichkeit besitzen. Diese Zwangssperre sorgt dafür, dass ein Crimpvorgang komplett ausgeführt wird. Dabei wird die gesamte Crimpkraft des Werkzeuges auf die Aderendhülle und den Leiter übertragen. Danach öffnet sich das Werkzeug von selbst. Bei einer fehlerhaften Bedienung ist es möglich, dass Werkzeug vor dem Durchführen des gesamten Crimpvorgangs händisch zu entriegeln und die Aderendhülle zu entnehmen. Mechanische Crimpwerkzeuge werden typischerweise für kleine bis mittlere Querschnitte genutzt.

Handwerkzeuge lassen sich auch hinsichtlich der Crimpgesenke unterscheiden. So gibt es zum einen die Einstationswerkzeuge, zum anderen die Mehrstationswerkzeuge. Bei den Einstationswerkzeugen ist das Crimpgesenk so entwickelt, dass nur eine einzige Crimpstation vorhanden ist. In diesem Crimpgesenk können alle Querschnitte, die für das Werkzeug zugelassen sind, verarbeitet werden. Es müssen zudem keine weiteren Einstellungen am Werkzeug vorgenommen werden, da diese meist mit einem gefederten Rahmen ausgestattet sind. Die Mehrstationswerkzeuge bestehen aus mehreren Crimpstationen. Um sicherzustellen, dass in jedem Crimpvorgang das optimale Ergebnis erzielt wird, sind die Crimpstationen für die verschiedenen Querschnittsbereiche unterteilt. Bei dieser Ausführung von Werkzeugen ist darauf zu achten, dass die Aderendhüllen in der entsprechenden Crimpstation gecrimpt wird. Sonst ist eine sichere Verbindung nicht gewährleistet.

Nach DIN 41641-1 ist vorgeschrieben, dass die Lebensdauer von einem Crimpwerkzeug aus mindestens 50 000 Crimpzyklen bestehen muss. Nach dieser Anzahl an Crimpzyklen dürfen sich die Crimpparameter nicht wesentlich verändert haben.

3 Crimpprozess und vorbereitende Maßnahmen

3.1 Schneiden

Die Prozesskette der Kabelverarbeitung beginnt grundsätzlich mit dem Schneiden des Leiters bzw. der Leitung. Dabei ist drauf zu achten, dass eine gute Trennqualität der Leitung erreicht wird.

Dazu zählt:

- Ein gerader, glatter Schnitt ohne Verformung des Leiters (vgl. Abb. 12)
- Zu vermeiden gilt ein abgescherter oder herausgezogener Leiter, ebenso wie eine abgequetschte Leitung (vgl. Abb. 11)

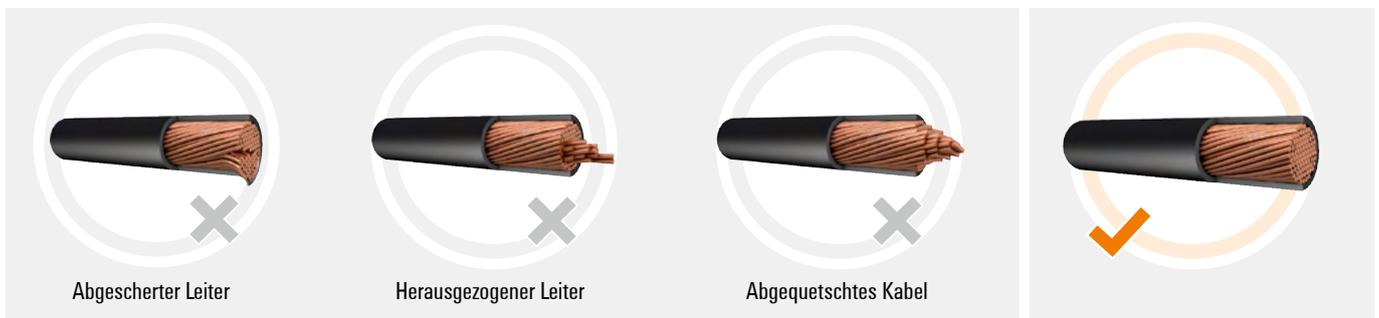


Abbildung 11: Mögliche Fehlerbilder beim Schneiden
sauberen Schnitt

Abbildung 12: Beispiel von einem

3.2 Abisolieren

Nach dem Schneiden des Leiters beginnt die Vorbereitung zu seiner Weiterverarbeitung, beziehungsweise die Vorbereitung für den Crimppvorgang. Zunächst ist die Leiterisolation in definierter Länge zu entfernen, ohne den Leiter zu beschädigen. Dabei gibt die spätere Klemmstelle oder die zu verarbeitende Aderendhülle vor, wie viel von der Leiterisolation zu entfernen ist. Auch hier muss auf eine gute Abisolierqualität der Leitung geachtet werden (vgl. Abb. 14). Abisolierfehler sind in der DIN IEC 60352-2 aufgeführt.

Dazu zählt:

- Der Leiter muss im abisolierten Bereich sauber und frei von Resten der Isolierhülle sein (vgl. Abb. 13-1),
- Keine Beschädigungen der Einzeldrähte des Drahtlitzleiters im abisolierten Bereich (teilweise oder vollständig durchtrennt) (vgl. Abb. 13-2),
- Die Verdrillung der Einzeldrähte muss in Ordnung sein. Wenn die Verdrillung durch den Abisoliervorgang etwas aufgespreizt ist, kann sie durch eine leichte Drehung bis zur Ursprungsform wiederhergestellt werden (vgl. Abb. 13-3).



Abbildung 13: Beispiele einiger Abisolierfehler

Abbildung 14: Beispiel von einer richtig abisolierten Leitung

3.3 Crimpen

Nach dem Abisolieren können die Kabelenden mit entsprechenden Kontakten oder Aderendhülsen vercrimpt werden. Nachfolgend wird das Crimpen von Aderendhülsen betrachtet.

Die Aderendhülse wird dabei soweit wie möglich auf den Leiter geschoben. Die Isolierung des Leiters stößt dabei entweder an die Hülse oder im Inneren des Kunststoffkragens an dessen konisches Ende. Das Rohr der Hülse muss vollständig vom Leiter ausgefüllt sein. In der DIN 46228-4 wird empfohlen, dass ein Leiterquerschnitt von mindestens 90% der Nenngröße verarbeitet wird.

Beim Crimpvorgang ist zu beachten, dass die Aderendhülse nur für feindrähtige Leiter nach VDE 0295 Klasse 5 ausgelegt sind. Abweichungen sind zu überprüfen. Bei Aderendhülsen Crimpverbindungen wird empfohlen, dass der Leiter bis zu einem Querschnitt von 6 mm² bis zu 1 mm nach vorne aus dem Hülsenrohr herausragt. Bei Querschnitten > 6 mm² beträgt der herausragende Leiterteil bis zu 2 mm. (Abb. 15)

Ist die Aderendhülse entsprechend der Vorgaben auf dem Leiter platziert, so wird die Verbindung zum Crimpen in das Werkzeug gelegt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Crimp bis kurz vor den Kunststoffkragen erfolgt. Ein Crimpvorgang ist vollständig ausgeführt, sobald die integrierte Zwangssperre mit Entriegelungsmöglichkeit des Werkzeuges sich selbstständig öffnet. Bei Hülsenlängen, die nicht in einem Arbeitsgang hergestellt werden können, erfolgt die Erstellung von der Anfangsseite zur Trichterseite.

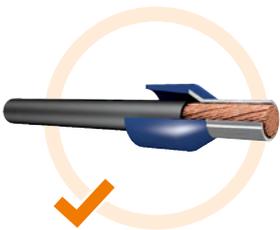


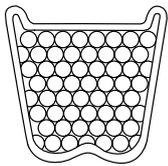
Abbildung 15: Aus dem Kupferrohr ragende Leiterlitzen

In der Norm DIN EN 60352-2 wird zudem empfohlen, dass die Werkzeuge und die Crimpkontakte eines Herstellers verwendet werden sollen. Nur so kann eine gleichbleibend hohe Verarbeitungsqualität gewährleistet werden. Andernfalls ist der Anwender für die Qualität verantwortlich.

4 Typische Pressformen bei Aderendhülsen

Bei der Verarbeitung von Aderendhülsen gibt es verschiedene Pressformen, die eine Anwendung finden. Die optimale Pressform kann nicht pauschal definiert werden. Vielmehr bietet jede Pressform ihre individuellen Vor- aber auch Nachteile. Diese müssen in Bezug auf die spätere Anwendung abgewogen werden.

• Trapez-Crimpform



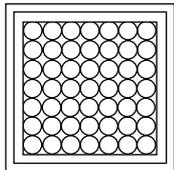
Vorteil:

- Stabiler Kontakt bei Belastung im Schraubklemmsystem, Weist eine geringe Verformung im Anschlussystem auf
- Eine durchgehend glatte Oberfläche nach dem Crimpvorgang
- Ein Crimpgesenk für den gesamten Querschnittsbereich

Nachteil:

- Keine neutrale Einführriechung in das Anschlussystem

• Vierkant-Crimpform



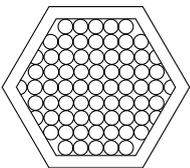
Vorteil:

- Neutrale Einführriechung beim Anschluss in die Kontaktstelle
- Maximale Anlagefläche
- Gut geeignet für quadratische Anschlussräume
- Ein Crimpgesenk für den gesamten Querschnittsbereich

Nachteil:

- Keine durchgehend glatte Oberfläche nach dem Crimpvorgang
- Starke Verformung nach dem Anschluss in der Klemme

• Hexagon (Sechskant-Crimpform)



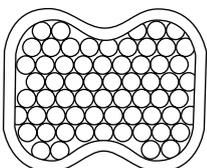
Vorteil:

- Neutrale Einführriechung beim Anschluss in die Kontaktstelle
- Gut geeignet für kreisförmige Anschlussräume
- Ein Crimpgesenk für den gesamten Querschnittsbereich

Nachteil:

- Keine durchgehend glatte Oberfläche nach dem Crimpvorgang
- Starke Verformung nach dem Anschluss in der Klemme

• WM-Crimpform



Vorteil:

- Stabiler Kontakt bei Belastung im Schraubklemmsystem, Weist die geringste Verformung im Anschlussystem auf
- Gilt als die kompakteste Crimpung für Aderendhülsen
- Eine durchgehend glatte Oberfläche nach dem Crimpvorgang
- Pressform entspricht der EN 60947-1

Nachteil:

- Keine neutrale Einführriechung in das Anschlussystem
- Nicht in Form eines Universalgesenks realisierbar, benötigt verschiedene Crimpstationen

4.1 Kontaktstelle

Für eine sichere Kontaktierung kommt es nicht nur auf die Pressform, sondern auch auf die Anschlussart an. Denn nicht jede Pressform ist für jede Klemmstelle geeignet. Teilweise werden die Pressformen, die genutzt werden sollen, auch von den Herstellern der Kontaktstellen vorgeschrieben. Am weitesten verbreitet ist nach wie vor der trapezförmige Crimp.

Anschlussraumgröße ist der Raum einer Klemmstelle, der zur Verfügung steht, um einen Leiter aufzunehmen. Dabei gilt, dass eine Klemme nicht nur einen Leiter ihres eigenen Nennmaßes aufnehmen können muss, sondern auch einen um zwei Stufen kleineren Leiter sicher kontaktieren können muss. Es gibt zwei Formen an Lehren, die in Bezug auf die Anschlussraumgröße verwendet werden. Zum einen gibt es die Lehre mit der Form A, die einem annähernd rechteckigen Querschnitt entspricht. Zum anderen gibt es die Form B, die einen runden Querschnitt aufweist (vgl. Abb. 17). In Bezug auf die Lehre der Form A gibt es zwei Einführlagen in die Kontaktstelle. Es gibt die Einführlage „flach“ und die Einführlage „hochkant“. Meist wird die Einführlage „flach“ zuerst verwendet. Ist diese Einführlage nicht einführbar, so wird die Einführlage „hochkant“ gewählt (vgl. Abb. 16).

Die Anschlussraumgrößen werden minimal verschieden voneinander in zwei Normen beschrieben, der DIN EN 60999-1 und der DIN EN 60947-1. Am weitesten verbreitet ist die Beschreibung aus der DIN EN 60947-1, die nachfolgend dargestellt ist (vgl. Tabelle 2).

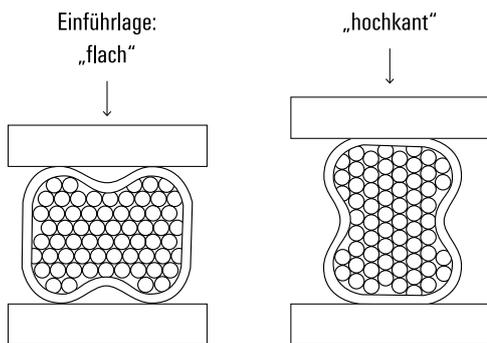


Abbildung 16: Darstellung der Belastungsrichtung

Die Anschlussraumgrößen werden minimal verschieden voneinander in zwei Normen beschrieben, der DIN EN 60999-1 und der DIN EN 60947-1. Am weitesten verbreitet ist die Beschreibung aus der DIN EN 60947-1, die nachfolgend dargestellt ist (vgl. Tabelle 2).

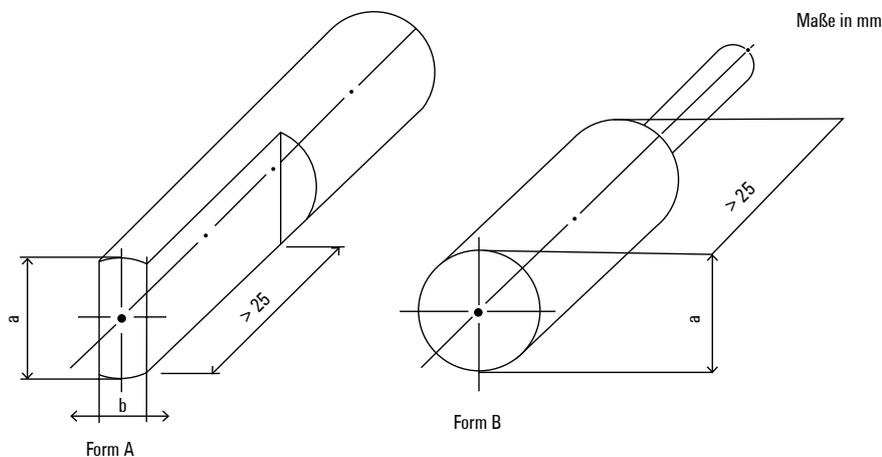


Abbildung 17: Lehren für die Anschlussraumgröße einer Klemmstelle

Leiterquerschnitt		Lehre					Zulässige Abweichungen für α und b mm ²
Flexible Leiter mm ²	Starre Leiter (ein- oder mehrdrähtig) mm ²	Form A			Form B		
		Bezeichnung	Durchmesser a mm	Breite b mm	Bezeichnung	Durchmesser α mm	
1,5	1,5	A1	2,4	1,5	B1	1,9	0 -0,05
2,5	2,5	A2	2,8	2,0	B2	2,4	
2,5	4	A3	2,8	2,4	B3	2,7	
4	6	A4	3,6	3,1	B4	3,5	0 -0,06
6	10	A5	4,3	4,0	B5	4,4	
10	16	A6	5,4	5,1	B6	5,3	
16	25	A7	7,1	6,3	B7	6,9	0 -0,07
25	35	A8	8,3	7,8	B8	8,2	
35	50	A9	10,2	9,2	B9	10,2	
50	70	A10	12,3	11,0	B10	12,0	0 -0,08
70	95	A11	14,2	13,1	B11	14,0	
95	120	A12	16,2	15,1	B12	16,0	
120	150	A13	18,2	17,0	B13	18,0	0 -0,09
150	185	A14	20,2	19,0	B14	20,0	
185	240	A15	22,2	21,0	B15	22,0	
240	300	A16	26,5	24,0	B16	26,0	

Hinweis: Für Leiterquerschnitte von anders geformten ein- oder mehrdrähtigen genormten Leitern, die nicht in der Tabelle enthalten sind, darf ein geeignetes Stück dieses unvorbereiteten Leiters als Lehre verwendet werden, wobei die Einführungskraft nicht größer als 5 N sein darf

5 Betätigungskräfte

Der Anwender kann grundsätzlich keinen Einfluss auf die Betätigungskräfte ausüben. Diese sind abhängig von dem Zusammenspiel zwischen der Kontaktart, dem jeweiligen Leiter und der inneren Hebelübersetzung des Crimpwerkzeuges. Die Kraft ist so ausgelegt, dass der Crimp ein optimales Ergebnis erzielt. Der Verlauf der Kraft ist von Betätigung zu Betätigung als konstant zu betrachten. Durch die Zwangssperre beim Crimpwerkzeug ist eine zu niedrige Crimpkraft ausgeschlossen. Weitere Erläuterungen zum Werkzeug finden sich in Kapitel 2.3.1. Handwerkzeuge. Die Betätigungskräfte sind kein Qualitätsindikator eines Crimps. Es lässt sich aber festhalten, dass sofern die Crimpqualität passend ist, auch die Betätigungskräfte ausreichend sind.

5.1 Ermittlung der Betätigungskraft nach DIN 41641-1

Die Betätigungskraft ist die Ausgangsbelastung, die aus der Einstellung über die Federauslenkung des Werkzeuges resultiert. Sie wird anhand einer Prüfeinrichtung ermittelt. Dazu wird 32 ± 2 mm vom Griffende mit Griffschale ein Messpunkt im Winkel von $90 \pm 10^\circ$ zum Griffhebel angeordnet. Die Betätigungskraft wird dann mittels eines Messaufnehmers aufgenommen (siehe Abbildung 18). Die Kraft zur Betätigung des Werkzeuges darf nicht höher als 500 N sein. Spätestens bei diesem Wert muss nach DIN 41641-1 die Crimpkraft an den Crimpbacken erreicht werden.

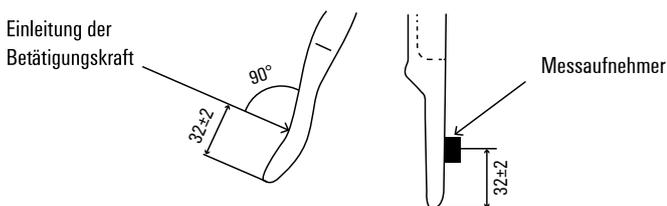


Abbildung 18: Anordnung des Werkzeuges in der Prüfeinrichtung des Werkzeugprüfstandes

6 Fehlerlexikon und Prüfmethode

Beim Crimpen von Aderendhülsen kann es zu einer Vielzahl an Fehlern kommen, sofern die Vorgaben aus den Normen und einzelne Vorgaben der Hersteller nicht berücksichtigt werden. Mögliche Ursachen, die zu Fehlern führen, ist eine unsachgemäße Handhabung, eine falsche Zuordnung der Aderendhülsen zur Crimpstation des Crimpwerkzeuges, eine falsche Auswahl des Leiter-Querschnittsbereichs für den die Aderendhülse geeignet ist, eine falsche Positionierung der Aderendhülse im Crimpprofil des Crimpwerkzeuges oder eine falsch gewählte Abisolierlänge. Wenn diese Vorgaben im Vorhinein berücksichtigt werden, können bereits viele Fehler vermieden werden.

6.1 Fehler, die beim Crimpen entstehen können³

- Rissbildung an Seitenkanten und Stempelabdrücken (vgl. Abb. 19 – 2,3),
- Aufplatzen der Aderendhülse (vgl. Abb. 19 – 3),
- Unsymmetrische Crimpform (vgl. Abb. 19 – 4),
- Starke Gratbildung an den Seitenkanten (vgl. Abb. 19 – 4),
- Einzeladern zurückgeschoben, stehen aus dem Kragen heraus (vgl. Abb. 19 – 5),
- Einzeladern abgequetscht (vgl. Abb. 19 – 1),
- Hülse vom Leiter nicht ausgefüllt,
- Kunststoffkragen durch Crimpstempel beschädigt,
- Leiterisolation nicht in den Kunststoffkragen geschoben,
- Aderendhülse nach Crimpen in Längsrichtung durchgebogen.



Abbildung 19: Überblick einiger Crimpfehler

6.2 Prüfung einer Crimpverbindung mit Aderendhülse

Die Prüfung der Crimpverbindung mit einer Aderendhülse lässt sich in verschiedene Aspekte unterteilen, die geprüft werden. Es gibt die Maßprüfung, die Sichtprüfung, die Leiter-Ausziehungskraft Prüfung, aber auch verschiedene Prüfungen in Bezug auf die Klemmstelle.

Für die Maßprüfung wird eine Aderendhülse mittels eines Crimpwerkzeuges auf einen feindrähtigen Leiter der Klasse 5 nach DIN EN 60228 verpresst. Das Hüllmaß der Verpressung für Aderendhülsen ab 2,5 mm² darf die Kontur des dem feindrähtigen Leiterquerschnitt zugeordneten Lehdornes nach DIN EN 60947-1 nicht überschreiten. Genauere Informationen zu den Lehren sind dem Kapitel 4.1. Kontaktstelle zu entnehmen.

Grundlegend wird bei der Prüfung der Aderendhülsenverbindung die Crimpform beurteilt und auf mögliche Rissbildung bewertet. Weitere Prüfmerkmale, die bei der Sichtprüfung untersucht werden, sind in der Fehlerliste im Kapitel 6.1. Fehler, die beim Crimpen entstehen können, enthalten.

Üblicherweise ist eine Prüfung der Crimpdichte oder auch dem Schliffbild nicht sinnvoll, da eine Aderendhülsenverbindung meist in einem Klemmsystem eingesetzt wird und somit im Einsatz nochmals verformt wird. Deshalb wird die vercrimpelte Aderendhülse auch auf ihr Verhalten im Klemmsystem geprüft.

Für die Prüfung im Klemmsystem wird der mit einer Aderendhülse vercrimpte Leiter in definierte Anschlussräume eingeführt und belastet. Dabei wird die Einführbarkeit in die Klemmstelle, die Veränderung bei Belastung bis zum 1,5- bzw. 1,8-fachen des IEC- Drehmomentes bei einer Schraubklemme, die Verformung und die Veränderungen nach der Biegeprüfung beurteilt. Es dürfen nach der Prüfung keine Beschädigungen, wie zum Beispiel eine aufgeplatzte Hülse sichtbar sein. Die geprüfte Aderendhülsenverbindung darf beim Entnehmen aus dem Klemmsystem seitlich nicht stark klemmen und muss in gleicher Lage wieder leicht in das System einführbar sein. Die Verbindung wird auf mehrfaches Anschließen geprüft und die Anschlussraumgröße wird sowohl vor der Belastung als auch nach der Belastung aufgenommen. Bei der Biegeprüfung (oder auch Drehtest genannt) wird die zu prüfende Verbindung mit dem maximalen Drehmoment nach IEC angezogen. Bei dieser Prüfung wird der Festsitz der Leitung geprüft. Der Aufbau einer solchen Prüfeinrichtung ist in Abbildung 18 dargestellt. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn nach zwei Zyklen der Biegeprüfung bei dem Crimp kein Leiterbruch auftritt oder aber die Lage der Adern in der Vercrimpung zu stark verändert wurde.

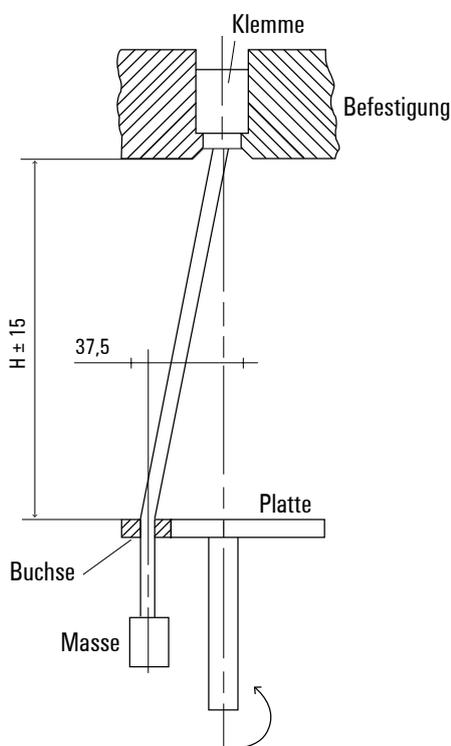


Abbildung 20: Aufbau der Prüfvorrichtung

Eine weitere Prüfung der Aderendhülsenverbindung ist die Zugprüfung. Die Prüfung der Verbindung erfolgt ohne die Kunststoffhülse. Sofern die Aderendhülse eine Kunststoffhülse besitzt, muss diese entfernt werden. Der Leiter wird durch eine Lochschablone geführt und mit beiden Enden in die Zugprüfmaschine eingespannt. Der Zug wird in axialer Richtung der Verbindung ausgeführt. Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 25 mm/min und wird 1 Minute lang nahezu ruckfrei ausgeübt. Die jeweiligen Leiter-Auszugswerte, die für die Aderendhülsen gelten, sind in der DIN 60999-1 festgehalten. Der Leiter darf sich während der Prüfung nicht wahrnehmbar in der Aderendhülse bewegen oder aber herausgezogen werden (DIN 46228-4). Nachfolgend ist eine Übersicht der Auszugswerte für verschiedene Kontaktarten, die in unterschiedlichen Normen behandelt werden, dargestellt.

AWG	mm ²	DIN 60999-1		
		DIN 60947-1 DIN 46228-1/4	UL 486 F	DIN 60352-2
24	0,2	10 N	20 N	28 N
22	0,34	15 N	20 N	40 N
20	0,5	20 N	20 N	60 N
18	0,75	30 N	30 N	85 N
-	1	35 N	35 N	108 N
16	1,5	40 N	40 N	150 N
14	2,5	50 N	50 N	230 N
12	4	60 N	60 N	310 N
10	6	80 N	80 N	360 N
8	10	90 N	90 N	380 N
6	16	100 N	100 N	
4	25	135 N	135 N	
2	35	190 N	190 N	

Tabelle 3: Leiter-Auszugskraftwerte verschiedener Normen

7 Glossary Normen

Nachfolgend werden die wichtigsten Normen in Bezug auf Crimpverbindungen mit Aderendhülsen dargestellt.

DIN EN 60352-2: Lötfreie Verbindungen – Teil 2: Crimpverbindungen – Allgemeine Anforderungen, Prüfverfahren und Anwendungshinweise

In dieser Norm werden die Grundlagen für eine Crimpverbindung erläutert. Dazu gehören sämtliche Vorbereitungen für das Crimpen und was es dabei zu beachten gibt, wie zum Beispiel bei dem Abisolieren. Ebenfalls werden der Crimpvorgang, die verschiedenen Prüfverfahren und Fehlerursachen erläutert. Diese Norm gibt somit eine allgemeine Übersicht über das Crimpen.

DIN 46228-1: Aderendhülsen – Rohrform ohne Kunststoffhülse

Diese Norm gilt für Aderendhülsen in Rohrform ohne Kunststoffhülse, die das Aufspießen der Einzeldrähte von mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern verhindern und deren Einführen in Klemmen erleichtern. Es werden allgemeine Inhalte zu den Maßen, den Anforderungen und den verschiedenen Prüfmöglichkeiten einer solchen Aderendhülse genannt.

DIN 46228-4: Aderendhülsen – Rohrform mit Kunststoffhülsen

Diese Norm gilt für Aderendhülsen in Rohrform mit Kunststoffhülsen, die das Aufspießen der Einzeldrähte von mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern verhindern und deren Einführen in Klemmen erleichtern. Thematisiert werden hier unter anderem die Maße, die Anforderungen, genauso wie die verschiedenen Prüfmöglichkeiten einer solchen Aderendhülse.

DIN EN 60947-1: Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen

Unter anderem gibt diese Norm Auskunft über die Anschlussraumgröße bei einer Klemme und sagt aus, was es dabei zu beachten gibt.

DIN EN 60999-1: Verbindungsmaterial – Elektrische Kupferleiter; Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und besondere Anforderungen für Klemmstellen für Leiter von 0,2 mm² bis einschließlich 35 mm²

Unter anderem wird in dieser Norm über den Anschluss der Leiter, sowie über die konstruktiven Anforderungen und verschiedenen Prüfungen informiert. Hier sind auch die Zugkräfte für eine Aderendhülsenverbindung festgelegt.

DIN 41641-1: Hand-Crimpwerkzeuge – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen

In dieser Norm sind einheitliche Anforderungen und Beurteilungskriterien für Hand-Crimpwerkzeuge festgelegt. Allgemeine Begrifflichkeiten werden erläutert und es werden die verschiedenen Prüfungen eines Werkzeuges festgelegt.

8 Fazit

Crimpen ist ein äußerst komplexes und vielfältiges Thema. Eine Vielzahl an Normen und Richtlinien müssen beachtet werden, die in diesem Whitepaper nur in groben Umrissen aufgezeigt werden konnten. Unter Beachtung aller Vorgaben und Richtlinien führt das Crimpen zu einer zuverlässigen, dauerhaften und sicheren Verbindung.

Weidmüller entwickelt und produziert seit über 40 Jahren Professionelle Werkzeuge für höchste Ansprüche. Bei der Entwicklung neuer Produkte hat Weidmüller stets ein Ziel vor Augen: Weidmüller möchte die Arbeit erleichtern, Arbeitsabläufe optimieren und dabei helfen, die Produktivität eines Unternehmens nachhaltig zu sichern. Weidmüller bietet eine breite Produktpalette an hochwertigen und praktikablen mechanischen Crimpwerkzeugen, sodass für jede Anschlussart die richtige Pressform dabei ist.

So ist es möglich für den jeweils gewünschten Querschnitt sichere, langlebige und stabile Crimpverbindungen in höchster Qualität zu erstellen. Crimpverbindungen, die mit Weidmüller Werkzeugen hergestellt werden, entsprechen zudem internationalen Normen und Vorschriften. Die Kombination aus den Crimpwerkzeugen und den Aderendhülsen von Weidmüller gewährleistet zudem auch eine UL-zertifizierte Verbindung.

Vorteile mit Weidmüller Werkzeugen auf einen Blick:

- Erhöhte Sicherheit durch Service der Werkzeugzertifizierung
- Zuverlässiges Crimpen – Selbsteinstellende Crimpeinsätze sorgen für Stabilität beim Crimpen und verhindern Anwenderfehler
- Perfekte Ergonomie – Kombination aus optimierter Mechanik und sorgfältig ausgewählten Geometrien gewährleistet eine mühelose Bedienung
- Hervorragende Crimpqualität – Weidmüllers hohen Qualitätsstandards gewährleisten beste Crimpverbindungen

Die Crimpwerkzeuge von Weidmüller sind für die Aderendhülsen mit und ohne Kunststoffkragen nach DIN 46228 Teil 1 und Teil 4 geeignet. Sie enthalten eine Zwangssperre, die einen Qualitätscrimp garantiert. Die Werkzeuge besitzen zudem eine Entriegelungsmöglichkeit bei einer eventuellen Fehlbedienung.

Die Besonderheit bei den Crimpwerkzeugen für Aderendhülsen liegt bei der PZ 10 HEX, der PZ 10 SQR und der PZ 6 Roto in dem gefederten Rahmen. Dieser macht es möglich kleine Abweichungen bei den Nennquerschnitten der Leiter bei einem Crimp auszugleichen. Zudem gibt es bei diesen Werkzeugen jeweils ein festes Crimpgesenk, welches für einen bestimmten Querschnittsbereich geeignet ist. Die PZ 10 HEX erzeugt eine Sechskant-Crimpform, die PZ 10 SQR eine Vierkant-Crimpform und die PZ 6 Roto eine Trapez-Crimpform. Eine zusätzliche Besonderheit der PZ 6 Roto ist das drehbare Crimpgesenk. Dadurch ist es möglich das Werkzeug der eigenen Arbeitsumgebung anzupassen. Bei der PZ 6/5 liegt die Besonderheit darin, dass die Anschlussraumgröße nach Norm erfüllt wird. Dieses Crimpwerkzeug besitzt ein Crimpgesenk mit verschiedenen Crimpstationen für die unterschiedlichen Querschnitte. Die Pressform, die dieses Werkzeug erzeugt ist die WM-Crimpform.

Mit Weidmüller haben Sie einen leistungsstarken Partner an Ihrer Seite, der Sie in allen Arbeitsphasen mit optimal aufeinander abgestimmten Lösungen für Ihre Werkstatt unterstützt. Auf Basis der langjährigen Praxiserfahrung rund um den Schaltschrankbau bietet Weidmüller Ihnen ein ganzheitliches Portfolio, mit dem Sie Ihre Prozesse wirksam beschleunigen und Ihre Qualität steigern.



Haftungsausschluss

Der Inhalt dieses Whitepapers schildert bestimmte techn. Probleme und skizziert mögl. Lösungen bzw. Lösungsansätze bei der Behebung dieser Probleme. Bei den in diesem Whitepaper skizzierten Lösungen bzw. Lösungsansätzen handelt es sich um Schätzungen bzw. Annahmen, die auf dem aktuellen technischen Kenntnisstand von Weidmüller beruhen und – sofern in diesem Dokument nicht explizit anders beschrieben – weder allumfassend sind noch auf historische Ereignisse beziehungsweise Fakten zurückführen. Die in diesem Whitepaper vorgetragenen Schätzungen und Annahmen können daher bestimmten Risiken sowie nicht berücksichtigten Faktoren unterliegen, die in der Realität zu Abweichungen führen können. Weidmüller übernimmt insoweit weder die Gewähr für die Vollständigkeit noch für die Aktualität der in diesem Whitepaper vorgetragenen Informationen. Jegliche Nutzung dieser Inhalte erfolgt auf eigenes Risiko, Weidmüller schließt insoweit jegliche Gewährleistung sowie Haftung in Folge der Verwendung der in diesem Dokument vorgetragenen Informationen aus.

Ferner weist Weidmüller ausdrücklich darauf hin, dass sich der vorliegende Inhalt ausschließlich der Lösung bestimmter technischer Probleme widmet und daher lediglich rein informativen Charakter hat. Der Inhalt dieses Dokumentes ist weder als öffentliches Verkaufsangebot zu verstehen, noch bekunden die in diesem Whitepaper geteilten Informationen die Absicht eine vertragliche Beziehung mit Weidmüller zu schaffen oder stillschweigend eine solche in Kraft zu setzen.

Die Inhalte dieses Dokumentes sind streng vertraulich zu behandeln.

Martin Limberg

Produktmanager / Product Manager

Martin Limberg (geb. 1990) verantwortet als Produktmanager einen Großteil der Handwerkzeuge innerhalb der Weidmüller Gruppe, darunter die Crimp- und Abisolierwerkzeuge. Durch LEAN Methoden inspiriert, richtet er seinen Fokus nicht nur auf Einzelprodukte, sondern entwickelt neue Ansätze zur ganzheitlichen Arbeitsplatzgestaltung. Seine Laufbahn bei Weidmüller begann er 2016 nach seinem Masterstudium zum Wirtschaftsingenieur an der RWTH Aachen.



Martin.Limberg@weidmueller.com

Luisa Hilker

Studentin Maschinenbau

Luisa Hilker studiert im Bachelor Allgemeinen Maschinenbau an der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe. Seit 2017 unterstützt sie als Werkstudentin das Produktmanagement-Team für Markierer und Werkzeuge. Hierbei arbeitet sie an Projekten aus dem Werkzeug- und Markierer-Bereich und beschäftigt sich mit Themen rund um das Datenmanagement.



Luisa.Hilker@weidmueller.com

Brütsch/Rüegger Werkzeuge AG
Heinrich Stutz-Strasse 20
Postfach · 8902 Urdorf · Schweiz
Tel. +41 44 736 63 63 · Fax +41 44 736 00
www.brw.ch · info@brw.ch



Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
Klingenbergstraße 26
32758 Detmold, Germany
T +49 5231 14-0
F +49 5231 14-292083
www.weidmueller.de

Persönlichen Support
finden Sie im Internet unter:
www.weidmueller.de/kontakt

Technische Änderungen vorbehalten 10/2022/TCWM