



Kompetenz in Verbindungstechnik

CLIPLINE quality

Qualität steht bei uns ganz oben

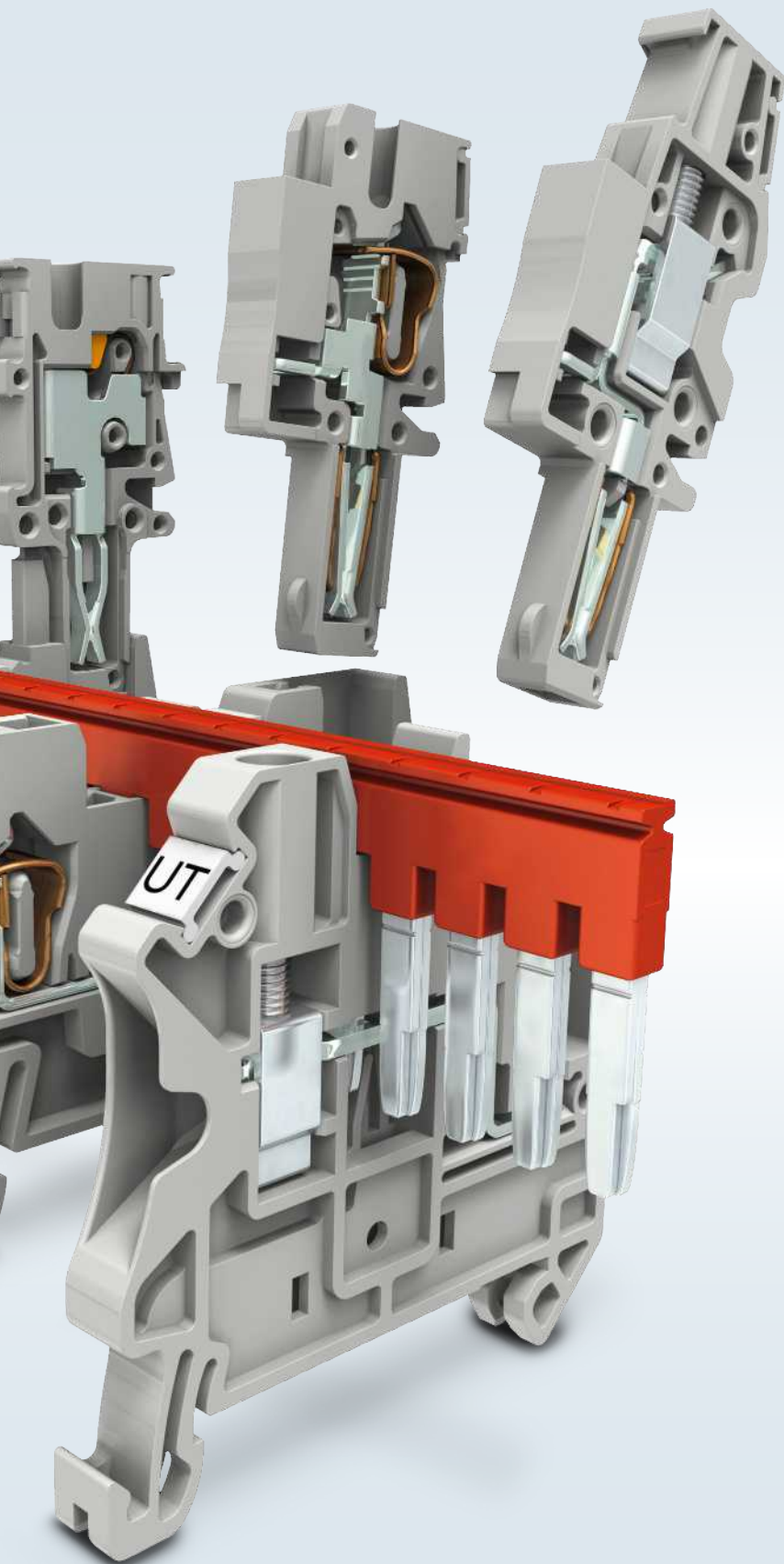
Die Qualität unserer Produkte steht bei uns ganz oben. Sie wird nicht nur nachträglich an fertigen Produkten geprüft, sondern verantwortungsbewusst in jedem Schritt unserer Produktion und Logistik erzeugt. Um den zuverlässigen Einsatz unserer Reihenklemmen in allen relevanten Branchen zu gewährleisten, unterliegen unsere Produkte einer Vielzahl von Prüfverfahren. Neben den Standardprüfverfahren nach Norm IEC 60947-7-1/-2/-3 werden unsere Produkte auch spezifischen Prüfungen unterzogen, wodurch sie nach zahlreichen Zulassungen qualifiziert sind.



DIN EN ISO 9001/14001 und BS OHSAS 18001

Ein prozessorientiertes, integriertes Managementsystem auf Grundlage der internationalen Normen ISO 9001 und 14001 sowie der Norm BS OHSAS 18001 stellt sicher, dass Gesetze, Normen sowie Kundenwünsche bei der Herstellung unserer Produkte berücksichtigt werden.





Inhalt

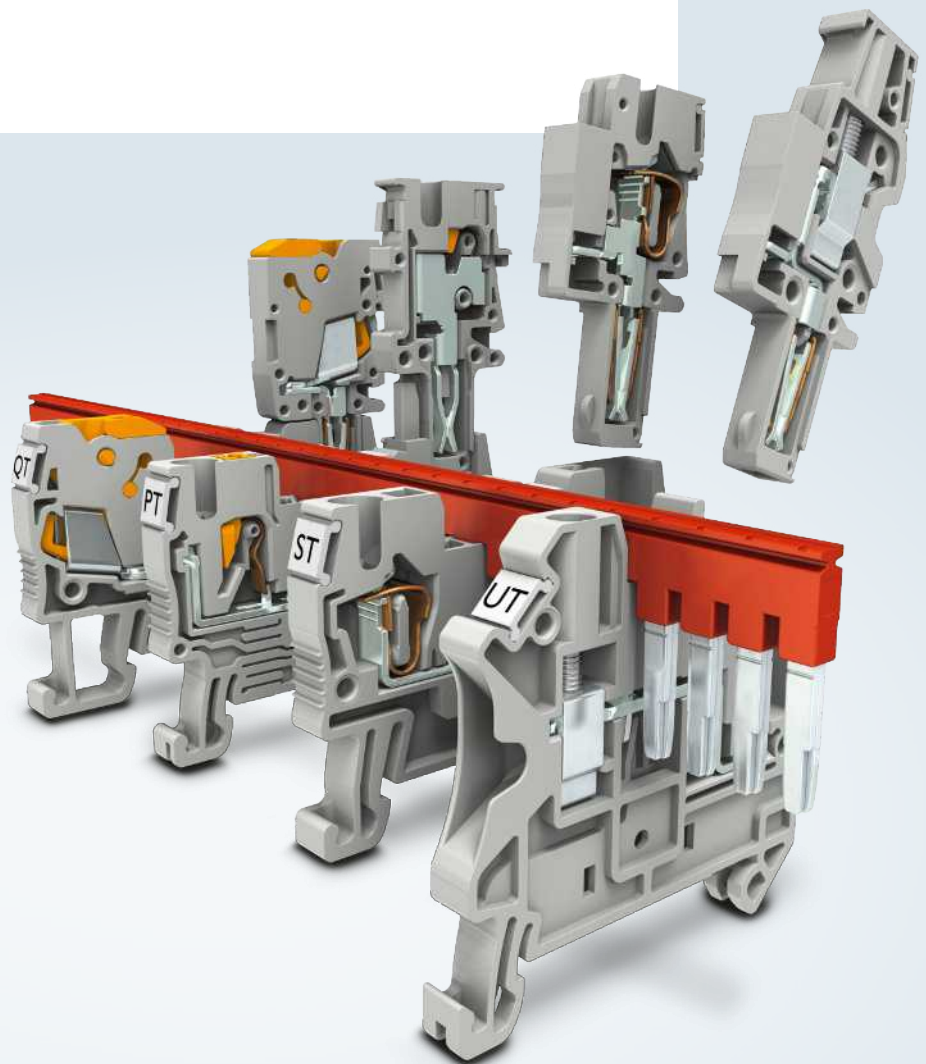
Alle Anschlusstechniken – ein System	4
Übersichtsseite der Prüfungen	6
Grundlagen	8
Mechanische Prüfungen	12
Elektrische Prüfungen	22
Werkstoffprüfungen	30
Zulassungen	44
Zertifizierungsstellen und -zeichen	52
Digitale Qualität	54

CLIPLINE complete

Alle Anschlusstechniken – ein System

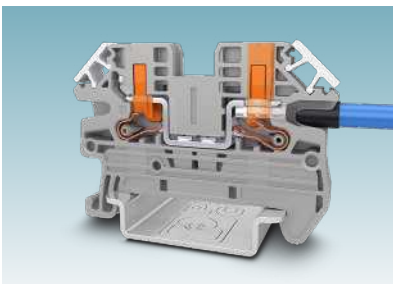
Mit CLIPLINE complete, dem einzigartigen Reihenklammersystem von Phoenix Contact, haben Sie die freie Wahl der Anschlusstechnik.

Diese Variation gibt Ihnen die Möglichkeit, weltweit flexibel auf alle Wünsche und Anforderungen zu reagieren. Alle Anschlusstechniken sind bei gleichem Zubehör frei untereinander kombinierbar.

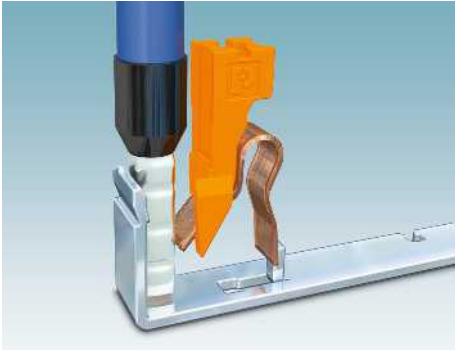


PTV-Anschlusstechnik

Die PTV-Anschlusstechnik im CLIPLINE complete-System verfügt über einen Push-in-Anschluss mit seitlicher Leiterführung. Durch diese Positionierung der Leiteranschlüsse wird eine übersichtliche Verdrahtung und gute Erkennbarkeit der Leiter- und Klemmenmarkierung gewährleistet.

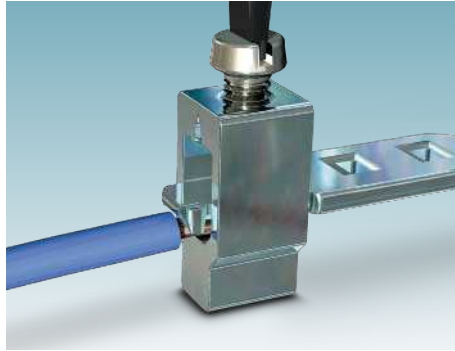


Anschlussstechniken CLIPLINE complete



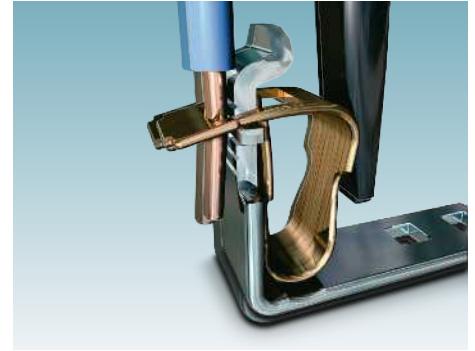
PT-Push-in-Anschluss

Mit der Push-in-Anschlussstechnik kontaktieren Sie auf einfache Art und Weise Leiter ab 0,25 mm², direkt und ohne Werkzeug. Die spezielle Kontaktfeder erlaubt das einfache Stecken mit bis zu 50 % geringeren Einsteckkräften. Außerdem überzeugt die Anschlussstechnik durch eine hohe Kontaktqualität.



UT-Schraubanschluss

Die UT-Anschlussstechnik ist universell in jeder Applikation. Dieses Kennzeichen der Schraubanschlussstechnik wird geprägt durch den Mehrleiteranschluss und die hohen Kontaktkräfte. Weltweit bekannt und akzeptiert ist die Schraubanschlussstechnik überall einsetzbar.



ST-Zugfederanschluss

ST ist die bewährte Anschlussstechnik für vibrationsempfindliche Applikationen. Unabhängig vom Einfluss des Bedieners übt die Zugfeder immer die gleiche, konstante Kraft auf den Leiter aus. Die einfache Verdrahtung erfolgt über den platzsparenden Frontanschluss.



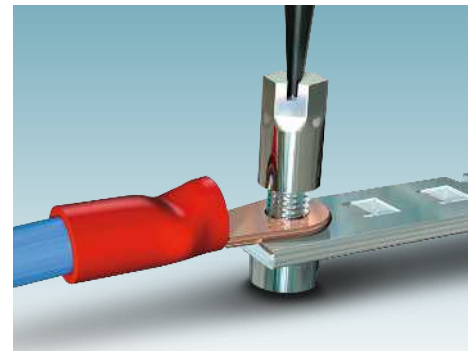
QT-Schnellanschluss

Leiter anschließen, ohne abzuisolieren. Die Schnellanschlussstechnik steht für eine bis zu 60 % verkürzte Verdrahtungszeit. Der Leiteranschluss erfolgt einfach, sicher und schnell durch den Dreh mit einem Standardschraubendreher.



COMBI-Steckanschlüsse







Steckanschlüsse für hohe und universelle Ansprüche. Der Nennstrom des angeschlossenen Leiters wird über den Steckkontakt geführt. Steckverbinder und Grundklemmen in vier Anschlussstechniken lassen sich durch die einheitliche Steckzone frei miteinander kombinieren.



RT-Bolzenanschluss

Der RT-Anschluss ist ein robuster Anschluss für Leiter mit Ringkabelschuhen. RT kombiniert den Bolzenanschluss mit den Vorzügen des CLIPLINE complete-Systems, wie einfache Potenzialverteilung über Steckbrücken, große Markierungsflächen und einheitliches Prüfzubehör.

Übersicht und Zuordnung der einzelnen Prüfungen und Zertifizierungen

Prüfung	Standardprüfung	Prozessindustrie	Maschinenbau	Energiebranche	Schiffbau	Schieneverkehr	Seite
							
Grundlagen							
Akkreditierung Labor CE		•	•	•	•	•	9
Akkreditierung Labor UL (UL 1059)		•	•	•	•	•	9
CENELEC Certification Agreement (CCA)		•	•	•	•	•	10
IECEE CB Scheme	•						10
Prüffolge IEC (IEC 60947-7-1/2/3)	•						10
Prüffolge UL 1059	•						11
Type Test Report	•						11
Mechanische Prüfungen							
Anschlussvermögen (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	13
Berührschutz (IEC 60529)			•	•		•	14
Biegeprüfung Flexion Test (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	14
Falltrommeltest (IEC 60068-2-32)		•	•	•	•	•	15
Festsitz der Reihenklemme (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	15
Leiterauszugsprüfung (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	16
Mechanische Festigkeit (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	16
Schlagtest (IK-Wert)			•	•	•	•	17
Schockprüfung (IEC 60068-2-27)			•	•	•	•	18
Temperaturschockprüfung (DIN EN 60352 T4)	(•)	•	•	•	•	•	19
Vibrationsprüfung Rauschsignal (IEC 60068-2-64)			•			•	20
Vibrationsprüfung Sinus (IEC 60068-2-6)			•	•	•		21
Elektrische Prüfungen							
Derating Steckverbinder (IEC 60512-5-2)	•	•	•	•	•	•	23
Erwärmungsprüfung (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	23
Isolationsprüfung (IEC 60947-7-1/2 und UL 1059)	•	•	•	•	•	•	24
Kurzzeitstromfestigkeit (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	24
Luft- und Kriechstrecken (IEC 60947-7-1)	•	•	•	•	•	•	25
Luft- und Kriechstrecken (UL 1059)	•	•	•	•	•	•	26
SCCR-Rating (NEC und UL 508A)			•	•			27
Spannungsfallprüfung (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	28
Steckzyklen (IEC 61984)			•	•			28
Stoßspannungsprüfung (IEC 60947-7-1/2)	•	•	•	•	•	•	29

Werkstoffprüfungen							
Alterungsprüfung (IEC 60947-7-1/2)	(●)	●	●	●	●	●	31
Brandschutz (EN 45545-2)				●			31
Brennbarkeitsklassifizierung (UL 94)	●	●	●	●	●	●	32
Brennwert (DIN 51900 / ASTM E 1354)		●	●	●	●	●	32
Glühdrahtprüfung (IEC 60695-2-11)		●	●	●	●	●	33
Halogenfreier Flammschutz (DIN EN ISO 1043-4)		●	●	●	●	●	33
Isolierstoffeigenschaften TI (IEC 60216-1)		●	●	●	●	●	34
Isolierstoffeigenschaften RTI (UL 746B)		●	●	●	●	●	34
Klimaprüfung: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2)		●	●	●	●	●	35
Klimaprüfung: Feuchte Wärme (IEC 60068-2-30)		●	●	●	●	●	35
Korrosionsprüfung (DIN 50018)		●		●			36
Korrosionsprüfung Salzsprühnebel (IEC 60068-2-11/52)		●		●	●		36
Kriechwegbildung CTI (IEC 60112)		●	●	●	●	●	37
Nadelflammentest (IEC 60947-7-1/2)	●	●	●	●	●	●	37
Oberflächen und Korrosionsschutz (WN 17)		●		●	●		38
Oberflächenbrennbarkeit ASTM E 162 (NFPA 130)					●	●	38
Rauchgasentwicklung (EN ISO 5659-2)						●	39
Rauchgasentwicklung ASTM E 662 (NFPA 130)		●	●	●	●	●	39
Rauchgastoxizität (NF X70-100-2 (600 °C))						●	40
Rauchgastoxizität SMP 800 C (NFPA 130)						●	40
Sauerstoffindex (DIN EN ISO 4589-2)						●	41
Vertikale Kleinbrennerprüfung (EN 60695-11-10)		●	●	●	●	●	42
Zertifizierungen, Zulassungen und Statistische Q-Werte							
CCC			●				45
CE- und Konformitätsbescheinigung (2004/35/EU)		●	●	●	●	●	45
EAC		●	●	●	●	●	46
IECEX (IEC 60079)		●					47
JIS C 2811		●	●	●	●	●	48
NEC (ANSI/NFPA 70, Art 409)			●	●			48
RoHS (EU-Richtlinie 2011/65/EU)		●	●	●	●	●	49
Schiffbauregister (GL/LR/ABS/NV/KR/NK/RS)				●	●		49
UL 486A und UL 486 B		●	●	●	●	●	50
VDE	●			●			50
Statistische Q-Werte							51

Grundlagen

Um die Qualität unserer Produkte grundlegend sicherzustellen, legen wir bei Phoenix Contact höchsten Wert darauf, eine hohe Qualität in alle Fertigungsbereiche zu tragen. Sehr wichtige Faktoren zur Qualitätssicherstellung sind hierbei unsere Labore, die die Produkte über den gesamten Fertigungsprozess begleiten. Aus diesem Grund sind unsere Labore im Fokus unserer fortlaufenden Optimierungen und besitzen eine Vielzahl an Akkreditierungen und Zertifizierungen.



Akkreditierung Labor CE

Die Entwicklungslabore von Phoenix Contact sind von unabhängigen Akkreditierungsstellen zur Durchführung von umwelt- und elektromechanischen Prüfungen nach diversen Umwelt- und Produktnormen akkreditiert. Die aus diesen

Laboren stammenden Prüfberichte finden internationale Anerkennung, z. B. bei Kunden, Zertifizierungsstellen und staatlichen Behörden.



Fachbereich	Norm / Hausverfahren / Versionen	Titel der Norm oder des Hausverfahrens (ggf. Abweichungen / Modifizierungen von Normverfahren angeben)
Elektrotechnik	DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2015-09 EN 60947-1:2007-07 + A1:2011 + A2:2014 IEC 60947-1:2007-06 + A1:2010 + A2:2014	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules
Elektrotechnik	DIN EN 60947-7-2 (VDE 0611-1):2010-03 EN 60947-7-1:2009-06 IEC 60947-7-1:2009-04	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 7-1: Hilfseinrichtungen – Reihenklammern für Kupferleiter Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors
Elektrotechnik	DIN EN 60947-7-2 (VDE 0611-3):2010-03 EN 60947-7-2:2009-06 IEC 60947-7-2:2009-04	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 7-2: Hilfseinrichtungen – Schutzleiter-Reihen- klammern für Kupferleiter Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Protective conductor terminal blocks for copper conductors
Elektrotechnik	DIN EN 60947-7-3 (VDE 0611-6):2010-05 EN 60947-7-3:2009-11 IEC 60947-7-3:2009-04	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 7-3: Hilfs- einrichtungen – Sicherheitsanforderungen für Sicherungsreihenklammern Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Safety requirements for fuse terminal blocks

Akkreditierung Labor UL (1059)

Die Entwicklungslabore von Phoenix Contact sind von der UL LLC als Herstellerlabore gelistet. Dadurch sind sie zur Durchführung anerkannter UL-Prüfungen im Rahmen der Teilnahme am

Client-Test-Data-Programm akkreditiert. Die hauseigenen Prüfergebnisse werden damit für Zertifizierungsvorgänge verwendet und anerkannt.



CENELEC Certification Agreement (CCA) Protokoll

Die Dokumentationen der Testergebnisse sind das Ergebnis von Prüfungen an Prüflingen des eingereichten Produkts.

Für eine gegenseitige Anerkennung der unterschiedlichen Behörden und Organisationen auf europäischer Ebene muss die Dokumentation in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der entsprechenden Standards durch ein akkreditiertes Institut erfolgen.

Grundlage für die Reihenklemmen ist die IEC 60947-7-1/-2/-3. Die CENELEC hat ein CENELEC Certification Agreement (CCA) am 11.9.1973 verabschiedet, das zuletzt am 29.03.1983 überarbeitet wurde und so bis heute gilt. In dem Agreement werden die Prüfergebnisse in einem standardisierten Protokoll (CCA-Protokoll) dokumentiert, das wiederum zur Erlangung zahlreicher Zulassungen und nationaler Konformitätszeichen als Unterlage

eingereicht werden kann.

Phoenix Contact nutzt das CCA-Protokoll im Rahmen von Produktzulassungen und Zertifizierungen.

IECEE (CB Scheme)

Hersteller elektrotechnischer Produkte führen zur Markteinführung zahlreiche Tests durch. Diese Prüfungen werden durch zertifizierte Labore ausgeführt und dokumentiert. Hierbei greifen zahlreiche Zulassungen und Freigaben auf weltweit gültige Normen und Prüfungen zurück. Das CB Scheme (CB = Certified Body) ist



ein internationales Programm, das von der IECEE geschaffen wurde. Innerhalb dieses Programms verpflichten sich alle teilnehmenden Laboratorien und Zertifizierungsorganisationen gegenseitig die Ergebnisse der Prüfungen und Tests weltweit anzuerkennen. Somit bietet das Programm allen teilnehmenden Herstellern die Möglichkeit, mehrere nationale Zertifikate und Zulassungen in einem vereinfachten Verfahren für ihre Produkte zu erhalten. Die Dokumentation erfolgt in einem CB Scheme konformen Testprotokoll (TRF) auf Basis der angefrag-

ten Prüfungen mit einem einfachen „bestanden, nicht bestanden“ oder Einzelwerten. Die Phoenix Contact-Entwicklungslabore sind entsprechend zertifiziert.

Prüffolge (IEC 60947-7-1/-2/-3)

Die Reihenklemmennorm IEC 60947-7-1/-2/-3 beschreibt die Prüfungen an Reihenklemmen für Kupferleiter. Die Prüfungen dienen zur Sicherstellung der mechanischen (§8.3), der elektrischen (§8.4) und der thermischen (§8.5) Merkmale. Alle Prüfungen werden als Einzelprüfungen an neuwertigen Reihenklemmen durchgeführt. Lediglich die Biege- und Zugprüfung erfolgt im direkten Zusammenhang. Die Alterungsprüfung erfolgt nur bei schraubenlosen Klemmstellen. Die Norm gliedert sich wie folgt:

1. Durchgangsreihenklemmen
2. Schutzleiter-Reihenklemmen
3. Sicherungsreihenklemmen

Schutzleiter-Reihenklemmen werden dreimal in Folge auf Kurzzeitstromfestigkeit geprüft.



Prüfablauf für Reihenklemmen nach IEC

Kapitel	Thema	Kategorie
8.3.2	Festsitz der Reihenklemme	Mechanische Prüfungen
8.3.3.1	Mechanische Festigkeit (Beschaltung)	
8.3.3.2	Biegeprüfung Flexion Test	
8.3.3.3	Leiterauszugsprüfung	
8.3.3.4/5	Anschlussvermögen	
8.4.2.2	Luftstrecken	Elektrische Prüfungen
8.4.2.3	Kriechstrecken	
8.4.3	Stoß- und Stehwechsel-Spannungsprüfung	
8.4.4	Spannungsfallprüfung	
8.4.5	Erwärmungsprüfung	
8.4.6	Kurzzeitstromfestigkeit	Werkstoffprüfungen
8.4.7	Alterungsprüfung	
8.5	Nadelflammentest	

Prüffolge (UL 1059)

Die UL 1059 unterscheidet Reihenklemmen nach Anwendung (Usegroup) und Nennspannung.

Part I – bis zu 600 V

Part II – 601 V bis 1500 V

Part III – Federkraftklemmen

Part IV – Schneid- oder Piercingklemmen

Part V – Schutzleiterklemmen

Der Prüfaufbau für Reihenklemmen ist in der UL 486A-486B beschrieben. Federkraftklemmen sowie auch IDC- oder Piercingkontakte müssen eine erweiterte Erwärmungsprüfung (30 Tage) direkt gefolgt von einem Stehwechsel-Spannungstest bestehen.

Ebenso gilt für sie ein erweiterter zyklischer Stromerwärmungstest mit 150 % des Nennstroms (Alterung).

Ansonsten werden noch gefordert:

Schutzleiterklemmen müssen korrosionsfrei auf der Tragschiene kontaktieren. Sie dürfen nur mit Werkzeug demontierbar sein. Eine grün-gelbe Kennzeichnung ist verpflichtend. Zudem gelten besondere Werte für den Spannungsfall und die Kurzzeitstromfestigkeit.

Weitere Prüfungen nach UL 1059

Kapitel	Thema
11	Erwärmungsprüfung
12	Stehwechsel-Spannungsprüfung
13	Beschaltungsprüfung gebogene Öse
14	Kabelschuh-Auszugsprüfung
15	Mechanische Festigkeit (Wiederbeschaltung)
16	Kunststoff-Wärme-Verformungstest
17	Anschlussvermögen



Prüffolge nach UL 486A-486B

Kapitel	Thema
7.1	Generelle Anforderungen
7.2	Zyklische Stromerwärmung
7.3	Statische Stromerwärmung
7.4	Leiterauszugs- und Biegeprüfung
7.5	Stoß- und Stehwechsel-Spannungsprüfung
7.6	Leiterauszugsprüfung
7.7	Fallprüfung (Höhe 914 mm)
7.8	Isolationsprüfung im Verbund zur Fallprüfung
7.9	Biegeprüfung für bewegliche Reihenklemmen
7.10	Kältebeschaltung (nur für Kanada)
7.11	Feuchtigkeitsaufnahme
7.12/7.13	Spannungsriß-Korrosionstest

Type Test Report (IEC 60947-7-1/2)

Der Produktentwicklungsprozess in der Phoenix Contact-Gruppe wird mit Laborprüfungen und einer Produktfreigabe abgeschlossen. Die Freigabe erfolgt nach dem erfolgreichen Durchlaufen der für das Produkt relevanten Prüfungen. Die Prüfungen werden anhand des Produkts im Lasten- und Pflichtenheft beschrieben und in einem Prüfplan niedergeschrieben. Zuständig für die Prüfung sind unsere akkreditierten Labore.

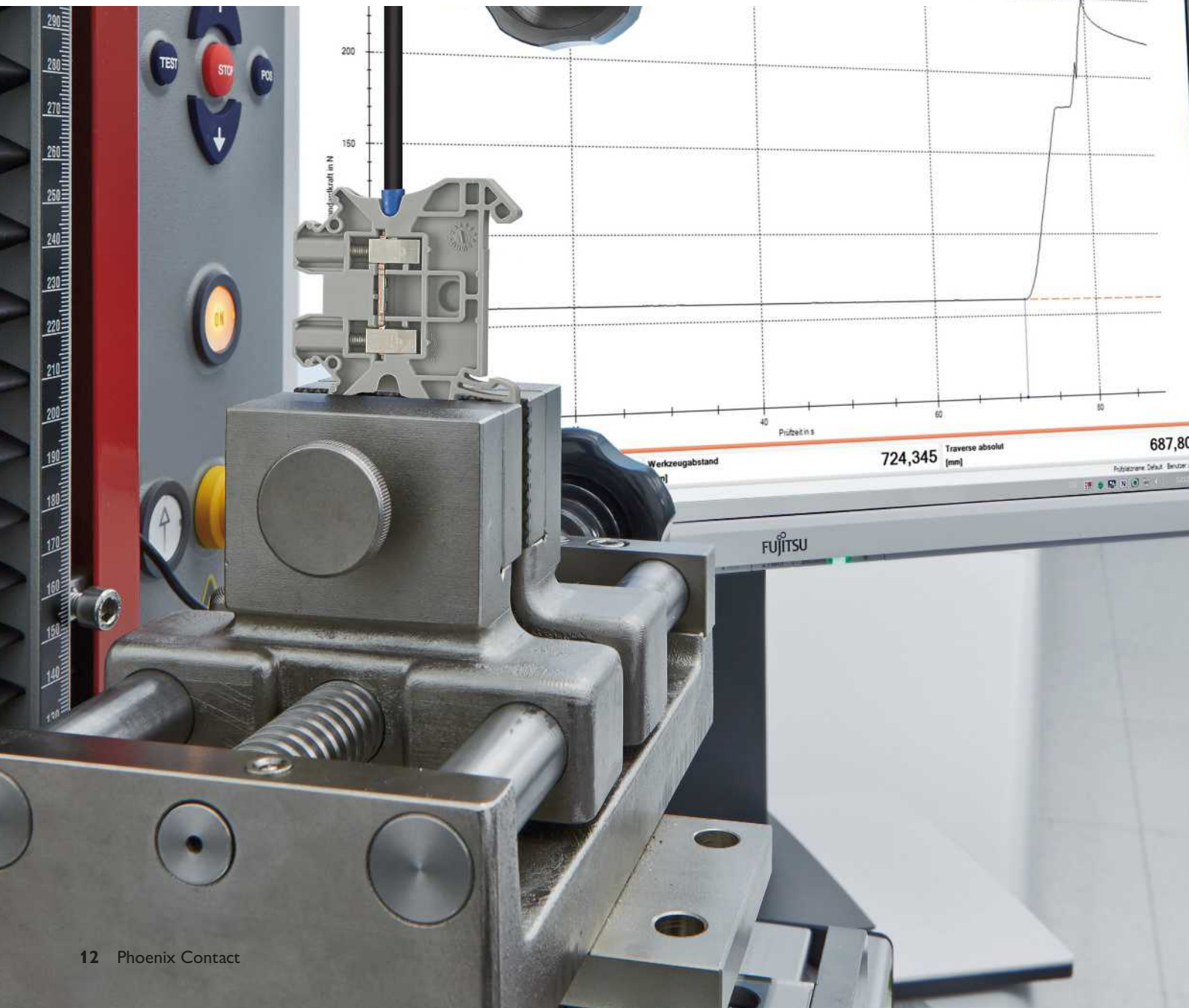


Im europäischen Kontext werden z. B. Reihenklemmen anhand der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU und der IEC 60947-7-1/-2/-3 geprüft. Der UL-Kontext anhand der UL 1059 und der NEC 508. Diese Prüfergebnisse werden in einem Type Test Report in vollem Umfang dokumentiert. Der Bericht selber enthält umfassende Informationen zu dem prüfenden Labor, dem zur Prüfung verwendeten Equipment und den Prüfergebnissen. Daher werden Type Test Reports immer mit einer gewissen Sensibilität behandelt, denn die enthaltenen Informationen gelten als vertraulich. Basierend auf dem Type Test Report lassen sich weiterreichende Zulassungen beantragen.

Der Type Test Report gilt auch als rechtsverbindlicher Nachweis der Produkteigenschaften. Phoenix Contact verwendet Type Test Reports zur rechtlichen Absicherung der Produkteigenschaften und zur Produktfreigabe.

Mechanische Prüfungen

Mit den mechanischen Prüfungen werden in erster Linie die Klemmkörper der Reihenklemmen sowie die Isoliergehäuse geprüft. Die Tests fokussieren ein sicheres Anschlussvermögen und die Beständigkeit der Reihenklemme in Bezug auf Leiterbewegung und Leiterauszug. Außerdem werden die mechanische Festigkeit der Klemmen sowie der Einfluss von Umgebungsbedingungen getestet. Durch diese Tests können wir Ihnen hohe Qualitätsstandards im Bereich der mechanischen Eigenschaften gewährleisten.



Anschlussvermögen (IEC 60947-7-1/-2)

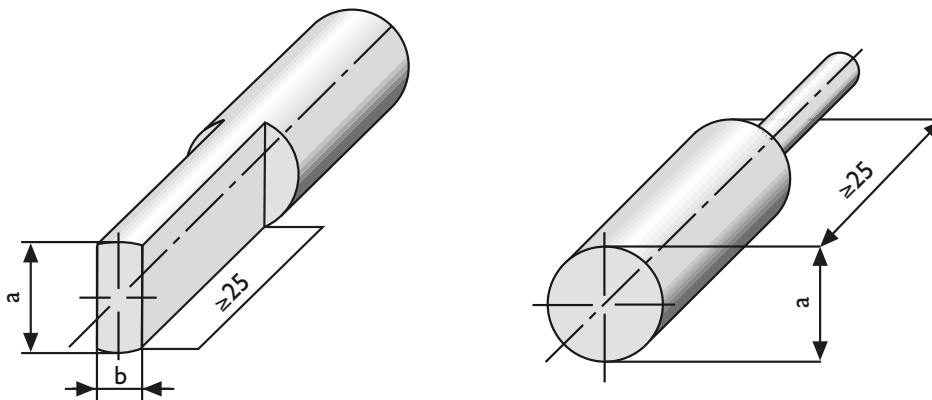
Diese mechanische Prüfung definiert den Anschluss von handelsüblichen Leitern nach Herstellerangaben. Reihenklemmen müssen so konstruiert sein, dass Leiter des dokumentierten Bemessungsquerschnitts mit dem Bemessungsanschlussvermögen angeschlossen werden können. Die Angaben werden von dem Hersteller in metrischen (mm^2) sowie angloamerikanischen Werten (AWG) dokumentiert.

Bemessungsquerschnitt bedeutet: Wert des größtmöglichen Querschnitts aller anschließbaren Leiter (flexible, ein- und mehrdrähtig), auf den sich bestimmte, thermische, mechanische und elektrische Anforderungen beziehen.

Bemessungsanschlussvermögen bedeutet: Bereich des größten bis zum kleinsten anschließbaren Querschnitt (min. 2 Stufen reduziert) sowie Anzahl der anschließbaren Leiter, für die die Reihenklemme konstruiert wurde.

In der Prüfung werden Reihenklemmen mit dem Bemessungsquerschnitt und dem Bemessungsanschlussvermögen beschaltet. Alternativ lässt sich der Bemessungsquerschnitt auch mit Lehren nachweisen. (siehe Abb.) Leiter oder Lehren müssen ungehindert in die geöffnete Klemmstelle einführbar bzw. anschließbar sein. Phoenix Contact-Klemmen bieten deutlich über der Norm liegende Maße für den

ausgewiesenen Bemessungsquerschnitt. Aufgrund entsprechender konstruktiver Maßnahmen lassen sich in allen Reihenklemmen des CLIPLINE complete-Systems die Bemessungsquerschnitte auch mit Aderendhülse und Isolierkragen anschließen.



Leiterauszugskräfte nach IEC 60999/EN 60999/VDE 0609-1

Leiter	Form	Durchmesser „a“	Breite „b“	Form	Durchmesser „a“
1,5 mm^2	A1	2,4 mm	1,5 mm	B1	1,9 mm
2,5 mm^2	A2	2,8 mm	2,0 mm	B2	2,4 mm
4 mm^2	A4	3,6 mm	3,1 mm	B4	3,5 mm
6 mm^2	A5	4,3 mm	4,0 mm	B5	4,4 mm
10 mm^2	A6	5,4 mm	5,1 mm	B6	5,3 mm
16 mm^2	A7	7,1 mm	6,3 mm	B7	6,9 mm
35 mm^2	A9	10,2 mm	9,2 mm	B9	10,0 mm
50 mm^2	A10	12,3 mm	11,0 mm	B10	12,0 mm
70 mm^2	A11	14,2 mm	13,1 mm	B11	14,0 mm
95 mm^2	A12	16,2 mm	15,1 mm	B12	16,0 mm
150 mm^2	A14	22,2 mm	19,0 mm	B14	20,0 mm
240 mm^2	A16	26,5 mm	24,0 mm	B16	26,0 mm



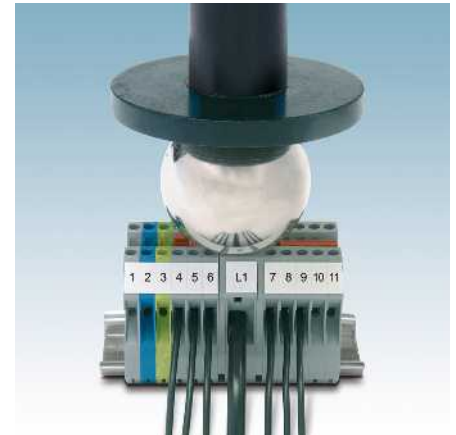
Berührungsschutz (IEC 60529)

Elektrische Installationen und Anlagen müssen auch im Servicefall oder bei Mess- und Prüfaufgaben ein hohes Maß an Sicherheit aufweisen. Die BGV A3 schreibt für das generelle Arbeiten in der Nähe von aktiven Teilen den spannungsfreien Zustand der betroffenen Niederspannungs-Anlagenteile bis 1.000 V AC und 1.500 V DC vor. Zur Vorbeugung gegen elektrischen Schlag müssen aktive Teile durch Abdecken oder Abschränken gegen direktes Berühren gesichert sein.

Die Reihenklemmen von Phoenix Contact bieten den Elektrofachkräften und unterweisenden Personen deshalb einen Berührungsschutz in Anlehnung an die EN 50274. Bei den Prüfungen in Anlehnung an die EN 50274 werden die Prüfsonden aus Bedienrichtung an den Prüfling herangeführt. Ein elektrischer Kontakt zwischen den Prüfsonden und spannungsführenden Teilen darf nicht entstehen. Die Fingerberührungssicherheit wird mit einer Prüfkraft von 10 N getestet und die Handrücksensicherheit bei 50 N.



Fingersicherheit: Prüffinger Ø 12,5 mm



Handrücksensicherheit: Prüfkugel Ø 50 mm

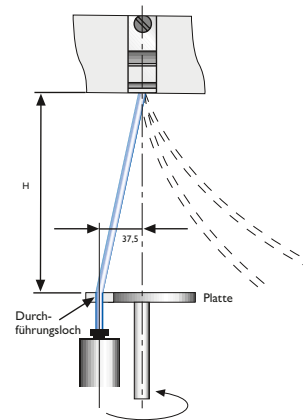
Phoenix Contact-Reihenklemmen sind überwiegend nach DIN EN 50274 ausgeführt. Genauere Informationen entnehmen Sie den Produktdokumentationen.



Biegeprüfung Flexion Test (IEC 60947-7-1/-2)

Fachgerecht verdrahtete Reihenklemmen müssen ein hohes Maß an mechanischer Sicherheit bieten. Dazu gehört die zuverlässige Klemmung des Leiters. Zu diesem Zweck werden Prüfungen mit starren und flexiblen Drähten des kleinsten Querschnitts, des Bemessungsquerschnitts und des maximalen Querschnitts durchgeführt. Eine senkrecht befestigte Klemme wird mit einem Leiter beschaltet. Am Ende des Leiters wird ein dem Querschnitt entsprechendes Prüfgewicht aufgehängt. Der Leiter wird durch eine 37,5 mm aus der Mitte liegende Öffnung einer rotierenden Scheibe geführt und 135 mal um die eigene Achse bewegt. Dabei dürfen keine Beschädigungen im Klemmbereich am Leiter auftreten. Der Kontakt muss anschließend eine Leiteraus-

zugsprüfung bestehen. Phoenix Contact-Reihenklemmen sind so konstruiert, dass der Leiter im Klemmbereich schonend kontaktiert. Somit bleiben Leiter und Kontaktstelle unversehrt und weisen die gleichen Eigenschaften auch nach der Mehrfachklemmung auf.



Prüfvorrichtung des Flexion Tests nach Norm



Querschnitt	AWG	Abstand H	Last
0,2 mm ²	24	260 mm	0,3 kg
4 mm ²	12	279 mm	0,9 kg
240 mm ²	500	464 mm	20,0 kg

Prüfparameter Biegeprüfung

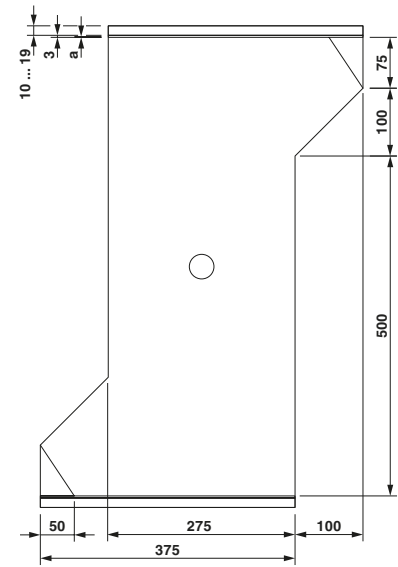
Falltrommeltest (IEC 60068-2-32)

Der Falltrommeltest ist eine Aufprallprüfung die in einer genormten, rotierenden Trommel das 50-fache Fallen eines Prüflings aus 500 mm Höhe simuliert. Diese Prüfung wird an einzelnen Reihenklemmen durchgeführt. Dabei dürfen keine Defekte auftreten, die den weiteren Gebrauch der Klemme behindern. Hierzu zählen alle Beschädigungen, die den Festsitz auf der Tragschiene beeinflussen sowie Absplitterungen und Brüche, die die Isolation oder die Luft- und Kriechstrecken beeinträchtigen.

Bei Phoenix Contact-Reihenklemmen wird durch diese Prüfung zudem der Festsitz der montierten Einzelteile im Gehäuse garantiert, mit dem Hintergrund teils langer Transportstrecken der verpackten Reihenklemmen bis zur Installation.



Falltrommeltest



Maßzeichnung einer Falltrommel

Festsitz der Reihenklemme (IEC 60947-7-1/-2)

Neben der zuverlässigen Kontaktierung des Leiters muss auch die Reihenklemme selbst Kräfte aufnehmen können. Zur Prüfung des Festsitzes wird eine Reihenklemme auf einer normgerechten Tragschiene nach Herstellerangaben montiert. Anschließend werden Stahlstäbe mit einer Länge von 150 mm in die Klemmstellen gespannt. Querschnittsabhängige Zug- und Druckkräfte werden über einen Hebelweg von 100 mm auf die Klemmstellen und die

Verrastung der Klemme ausgeübt. Dabei darf sich die Reihenklemme nicht von der Tragschiene lösen. Außerdem dürfen keine unzulässigen Beschädigungen am Gehäuse auftreten. Durch die konstruktive Auslegung der Phoenix Contact-Reihenklemmen ist der zuverlässige Festsitz auf verschiedenen Tragschienensystemen gewährleistet.



Querschnitt (mm ²)	Querschnitt (AWG)	Kraft (N)	Durchmesser des Stahlstabs (mm)
0,75	18	1	1,0
1		1	1,0
1,5	16	1	1,0
2,5	14	1	1,0
4	12	1	1,0
6	10	5	2,8
10	8	5	2,8
35	2	10	5,7
50	0	10	5,7
240	500 kcmil	20	20,5

Prüfparameter zum Festsitz der Reihenklemme

Leiterauszugsprüfung (IEC 60947-7-1/-2)

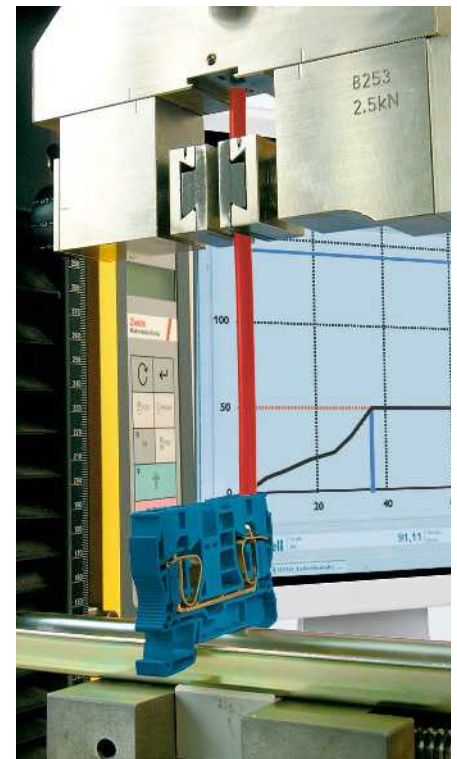
In der Praxis können während der Verdrahtung oder im Betrieb Zugkräfte auf die Klemmstelle einwirken. Deshalb müssen fachgerecht verdrahtete Reihenklemmen ein hohes Maß an mechanischer Sicherheit bieten. Zur Prüfung der Zugbelastbarkeit einer Klemmstelle muss die Klemmstelle über 60 s einer vorgegebenen, querschnittsabhängigen Zugkraft standhalten. Dieser Test wird im Anschluss an die Biegeprüfung durchgeführt. Die direkte Prüffolge ist dabei als Verschärfung der Anforderungen zu sehen. Durch die Zugkraft wird der Leiter in der Klemmstelle belastet. Der Leiter muss ohne Beschädigungen gehalten werden. Die AWG-Zugkraft richtet sich

nach dem zu prüfenden Querschnitt (siehe Tabelle). Die Ergebnisse der Prüfung für Phoenix Contact-Reihenklemmen liegen bis zu 150 % über den geforderten Mindestwerten.



Querschnitt	AWG	Zugkraft
0,2 mm ²	24	10 N
4 mm ²	12	60 N
300 mm ²	600	578 N

Leiterauszugskräfte nach IEC 60999 / EN 60999 / VDE 0609-1

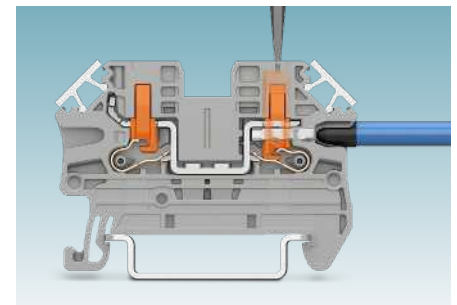


Aufnahme der Zugkraft an einer 10-mm²-Federkraftklemme

Mechanische Festigkeit (IEC 60947-7-1/-2)

Die mechanische Festigkeit der Klemmstelle wird in einem praxisorientierten Versuch geprüft. Dazu müssen die Klemmstellen der Reihenklemmen ohne qualitative Verluste in der Klemmverbindung mehrfach beschaltet werden können. Eine Klemme wird deshalb mit starren Leitern des Bemessungsquerschnitts fünfmal nach Herstellerangaben be- und entschaltet. Schaltungen erfolgen an der mittleren Klemme eines Fünferblocks. Vor und nach dem Test müssen die Klemmen eine Spannungsfallprüfung bestehen. Die Klemmstelle muss die Wiederbeschaltung ohne erkennbare Beschädigungen bestehen.

Der Spannungsfall darf vor der Prüfung 3,2 mV nicht überschreiten. Nach der Prüfung darf der Spannungsfall das 1,5-fache des Anfangsmesswerts nicht übersteigen. Phoenix Contact-Reihenklemmen eignen sich zum mehrmaligen Beschalten ohne erkennbare Qualitätsverluste. Die Bandbreite der möglichen Beschaltungen erreicht je nach Anschlussstechnik bis zu 5000 Zyklen.



PTV-Klemme



Schlagtest (IK-Wert) (IEC 62262)

Die IEC 62262 beschreibt ein Prüfverfahren zur Ermittlung eines Schutzgrads (IK-Wert) gegen mechanische Beanspruchung. Dieser Schutzgrad wird hauptsächlich im Zusammenhang mit Gehäusen und Boxen ermittelt. In der Prüfung trifft ein definiertes Schlagelement (Hammer) im senkrechten Fall fünfmal in Folge an verschiedenen Stellen auf dem waagrecht montierten Prüfling mit einer exakt bestimmten Energie auf. Der Aufprallbereich des Schlagelements ist halbkreisförmig.

Die Schlagelemente für die unterschiedlichen Schärfegrade sind in sechs Kategorien unterteilt. Die CLIPLINE complete-Steckergehäuse für die Push-in-COMBI-Baureihe weisen einen Schutzgrad von IK5 auf.

IK-Code	Beanspruchungsenergie Joule
IK00	0
IK01	0,15
IK02	0,2
IK03	0,35
IK04	0,5
IK05	0,7
IK06	1
IK07	2
IK08	5
IK09	10
IK10	20



Schlagtest

Beziehung zwischen IK-Code und Beanspruchungsenergie⁹⁾
nicht nach der vorliegenden Norm geschützt

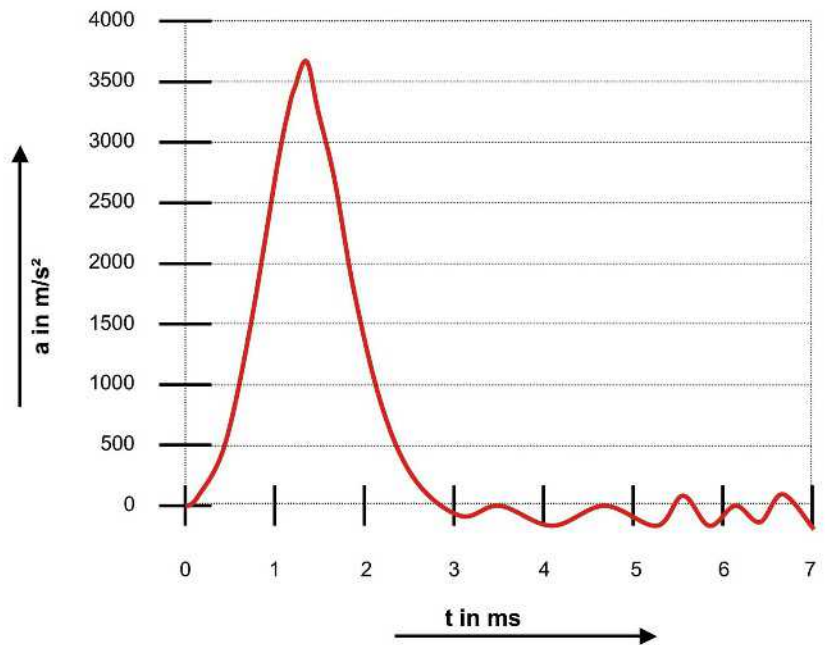
Kategorie	Gewicht	Durchmesser	Material	Fallhöhe
IK01 ... IK05	0,2 kg	Ø 10 mm	Polyamid	200 mm
IK06	0,5 kg	Ø 10 mm	Polyamid	200 mm
IK07	0,5 kg	Ø 25 mm	Stahl	400 mm
IK08	1,7 kg	Ø 25 mm	Stahl	295 mm
IK09	5,0 kg	Ø 25 mm	Stahl	200 mm
IK10	5,0 kg	Ø 25 mm	Stahl	400 mm

IK-Werte und die dazugehörigen Daten



Schockprüfung (IEC 60068-2-27)

Um die Beständigkeit einer Klemmverbindung gegen unregelmäßig auftretende Schocks (mit unterschiedlichem Energiegehalt) zu prüfen und zu dokumentieren, wird die Schockprüfung angewendet. Um die Belastung im Schienenverkehr simulieren zu können, werden Schärfegrade aus der DIN EN 50155 bzw. IEC 61373 (internationale Norm für Bahnanwendungen) herangezogen. Zur Definition des Schocks werden Beschleunigung und Zeitdauer vorgegeben. Nach IEC 60068-2-27 sind jeweils drei positive und negative Schocks in allen drei Raumachsen (X, Y, Z) vorgeschrieben. Die simulierten Beschleunigungen erreichen 50 m/s^2 bei einer Schockdauer von 30 ms . An der Klemmverbindung darf keine Beschädigung auftreten, die den weiteren Gebrauch beeinträchtigt. An den Prüflingen wird das Kontaktverhalten während der Prüfung überwacht. Bei Anwendung der Bahnnorm sind keine Kontaktunterbrechungen $>1 \mu\text{s}$ zulässig. Phoenix Contact-Reihenklemmen bestehen diese Schockbelastung, weshalb sie sich auch für Applikationen mit starken Erschütterungen eignen.



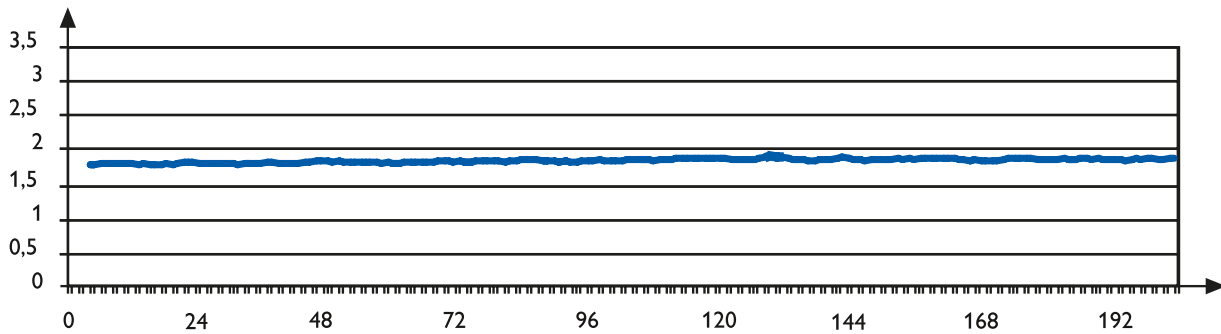
Schockdiagramm mit $3500 \text{ m/s}^2/3 \text{ ms}$



Temperaturschockprüfung (DIN EN 60352 T4)

In der Verfahrenstechnik treten in der Nähe von prozessbedingter Wärme- und Kältequellen oftmals rasche Temperaturwechsel auf. Anhand dieser Prüfung wird die gleichbleibend hochwertige Kontaktqualität der Klemmstellen auch unter raschem Temperaturwechsel belegt. Für die Prüfung werden fünf Reihenklemmen auf der Befestigungsaufgabe montiert und mit einem Leiter des Bemessungsquerschnitts verdrahtet. Der Aufbau wird in einem Zweikammerverfahren raschen Temperaturwechseln ausgesetzt. Die Temperaturen liegen an den oberen und unteren Grenztemperaturen der Reihenklemme. Das ist in der Regel ein Temperaturbereich von -60 °C bis $+100\text{ °C}$. Die Verweilzeit in der Klimakammer beträgt

jeweils 45 Minuten, wobei der Wechsel innerhalb weniger Sekunden geschieht. Dieser Wechsel wird über 100 Zyklen hinweg durchgeführt. Die Anforderungen werden erfüllt, wenn nach der Prüfung keine Beschädigungen der Einzelteile aufgetreten sind und der weitere Gebrauch gewährleistet ist.



Spannungsfallprüfung an über 200 Prüflingen nach dem Test

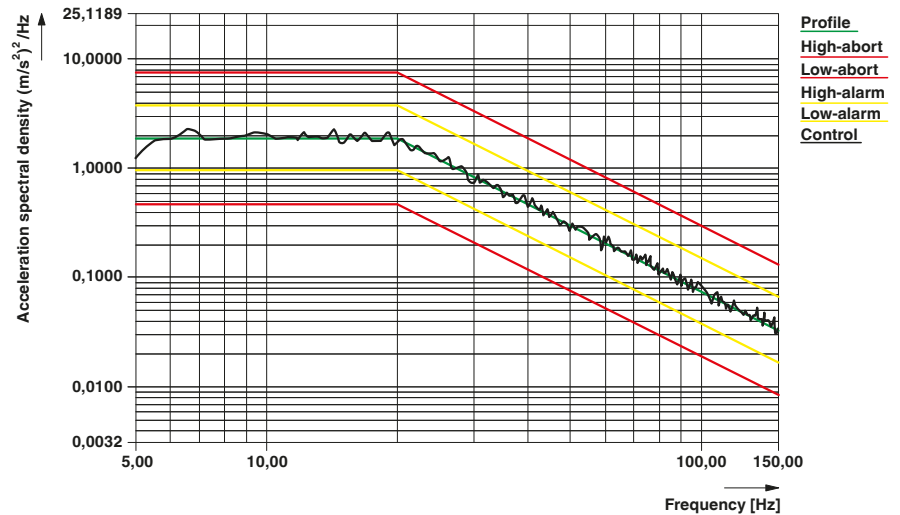


Vibrationsprüfung Rauschsignal (IEC 60068-2-64)

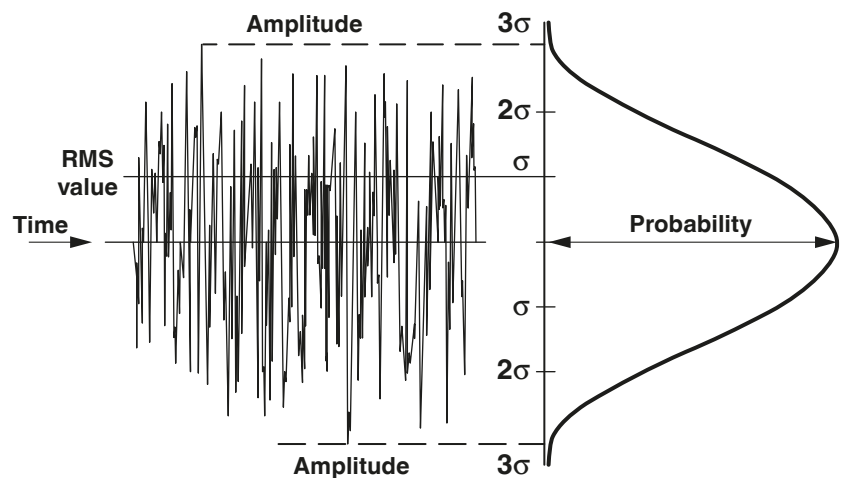
In zahlreichen Applikationen sind Reihenklemmen Vibrationen und Erschütterungen ausgesetzt. Diese Störbeeinflussungen sind nicht immer harmonisch, regelmäßig oder in der Frequenz gleichbleibend. Solche Vibrationen können z. B. durch die Montage in Verkehrsmitteln, wie Schienenfahrzeugen, hervorgerufen werden. Ebenso kommen derartige Belastungen in Produktionsmaschinen oder in der Bergbautechnik vor. Bahnanwendungen sind hier in der Definition des Schärfegrads für Vibrationstests führend. In der DIN EN 50155 steht geschrieben, dass wenn nichts anderes festgelegt ist die Anforderungen der EN 61373, Kategorie 1, Klasse B gelten. Daraus ergeben sich die folgenden Parameter (siehe Tabelle).

Zur praxisgerechten Nachbildung der Rüttelbelastungen im Labor werden die Prüflinge breitbandigen, rauschförmigen Schwingungen ausgesetzt. Dadurch entstehen in der Realität entsprechende Beschleunigungen an der Reihenklemme und am angeschlossenen Leiter. Damit der Signalmix real ist, müssen eine gewisse Verteilung der Beschleunigungen und Amplituden garantiert sein. Für die Prüfung der Kategorie 1 B wird ein Frequenzbereich 5 Hz bis 150 Hz durchlaufen. Der Effektivwert der Beschleunigung beträgt bis zu $5,72 \text{ m/s}^2$. Die Prüflinge werden in den drei Achsen (X, Y, Z) je 5 Stunden geprüft. Erschwerend zu den Erschütterungen wird der elektrische Kontakt während der Prüfung auf Unterbrechungen hin überwacht.

An den Reihenklemmen darf währenddessen keine Beschädigung auftreten, die den weiteren Gebrauch beeinträchtigt. Zusätzlich sind keine Kontaktunterbrechungen $>1 \mu\text{s}$ während der Prüfung zulässig. Der Übergangswiderstand wird vor und nach der Prüfung gemessen. Der Widerstand muss \leq dem 1,5-fachen des Anfangswerts liegen. Reihenklemmen aller Anschlusstechniken von Phoenix Contact erreichen diese Normforderung ohne unzulässige Kontaktunterbrechung. Sie eignen sich daher auch für anspruchsvolle Applikationen, in denen ein sicheres Funktionieren der Klemmverbindung, unter Erschütterung, gewährleistet sein muss.



Prüfungsdiagramm nach Kategorie 1B



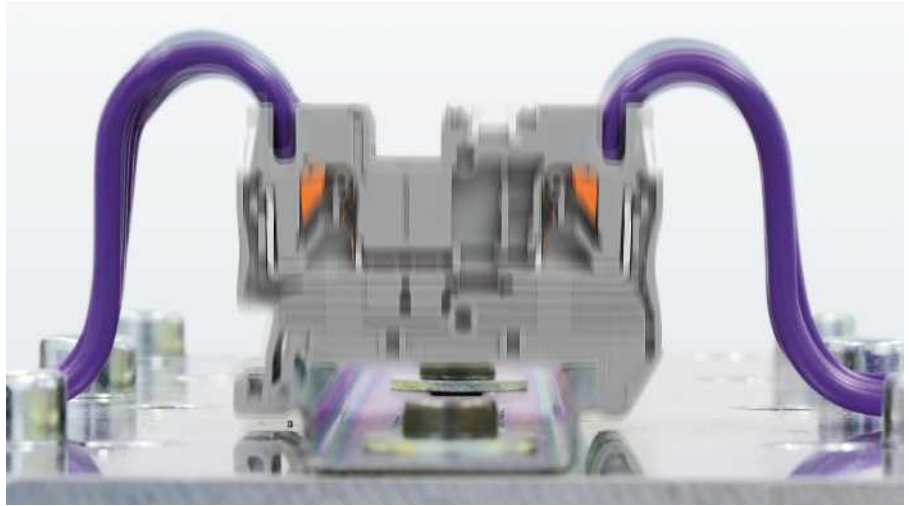
Kategorie	Orientierung	Effektivwert (m/s^2)
1B – Fahrzeugkasten	senkrecht	5,72
	quer	2,55
	längs	3,96
1B – Drehgestell	senkrecht	30,6
	quer	26,6
	längs	14,2



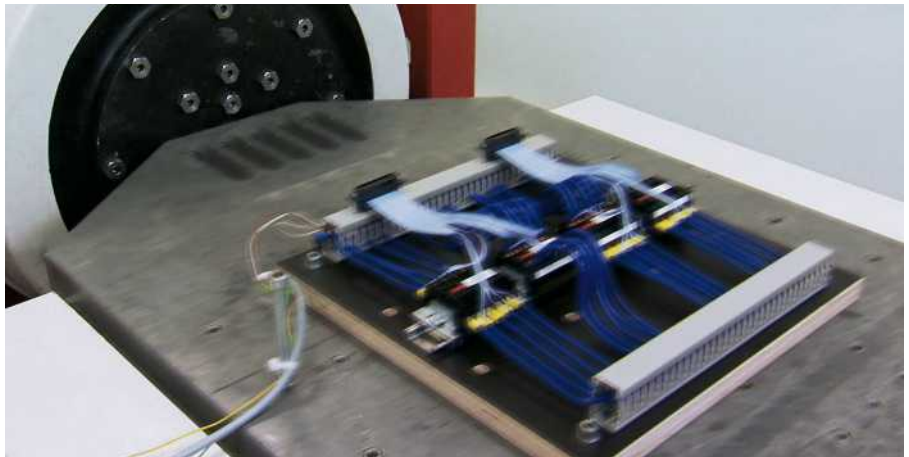
Vibrationsprüfung Sinus (IEC 60068-2-6)

Diese Prüfung dient dem Nachweis der Vibrationsfestigkeit einer Klemmverbindung unter Einfluss andauernder Vibrationen, wie sie z. B. durch rotierende Massen hervorgerufen werden können. Solche Schwingungen treten z. B. in Kraftwerksturbinen und -generatoren, in Windkraftanlagen und an Motoren oder Antrieben auf.

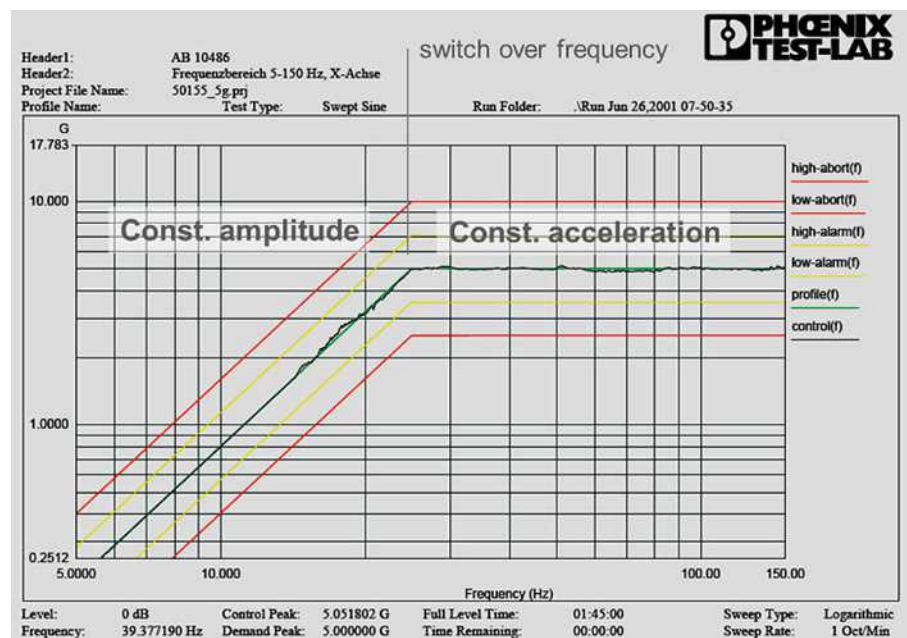
Auf dem Schwingprüfsystem (Rütteltisch) werden harmonische, sinusförmige Schwingungen zur Simulation von gleichmäßig, schwingenden Kräften auf den Prüfling übertragen. Die Prüfung durchläuft pro Zyklus einen Frequenzbereich von 5 Hz bis 150 Hz und dann wieder zurück auf 5 Hz. Dabei wird bis 25 Hz die Amplitude der Auslenkung auf dem Rütteltisch gleich gehalten. Über diesem Wert bleibt die Beschleunigung des Bauteils hingegen konstant. Der Effektivwert der Beschleunigung beträgt maximal 50 m/s². Die Frequenz ändert sich mit einer Oktave pro Minute d. h. alle 60 s verdoppelt oder halbiert sich die Frequenz. Die Prüflinge werden in den drei Achsen (X, Y, Z) je 2 Stunden geprüft. An den Reihenklemmen darf währenddessen keine Beschädigung auftreten, die den weiteren Gebrauch beeinträchtigt. Zusätzlich sind keine Kontaktunterbrechungen (>1 µs) während der Prüfung zulässig. Der Übergangswiderstand wird vor und nach der Prüfung gemessen. Der Widerstand muss ≤ dem 1,5-fachen des Anfangswerts liegen. Alle Anschlusstechniken erreichen diese Normenforderung ohne unzulässige Kontaktunterbrechung. Sie eignen sich daher auch für anspruchsvolle Applikationen, in denen ein sicheres Funktionieren der Klemmverbindung, unter Erschütterung, gewährleistet sein muss.



Vibrationsprüfung Push-in-Klemme

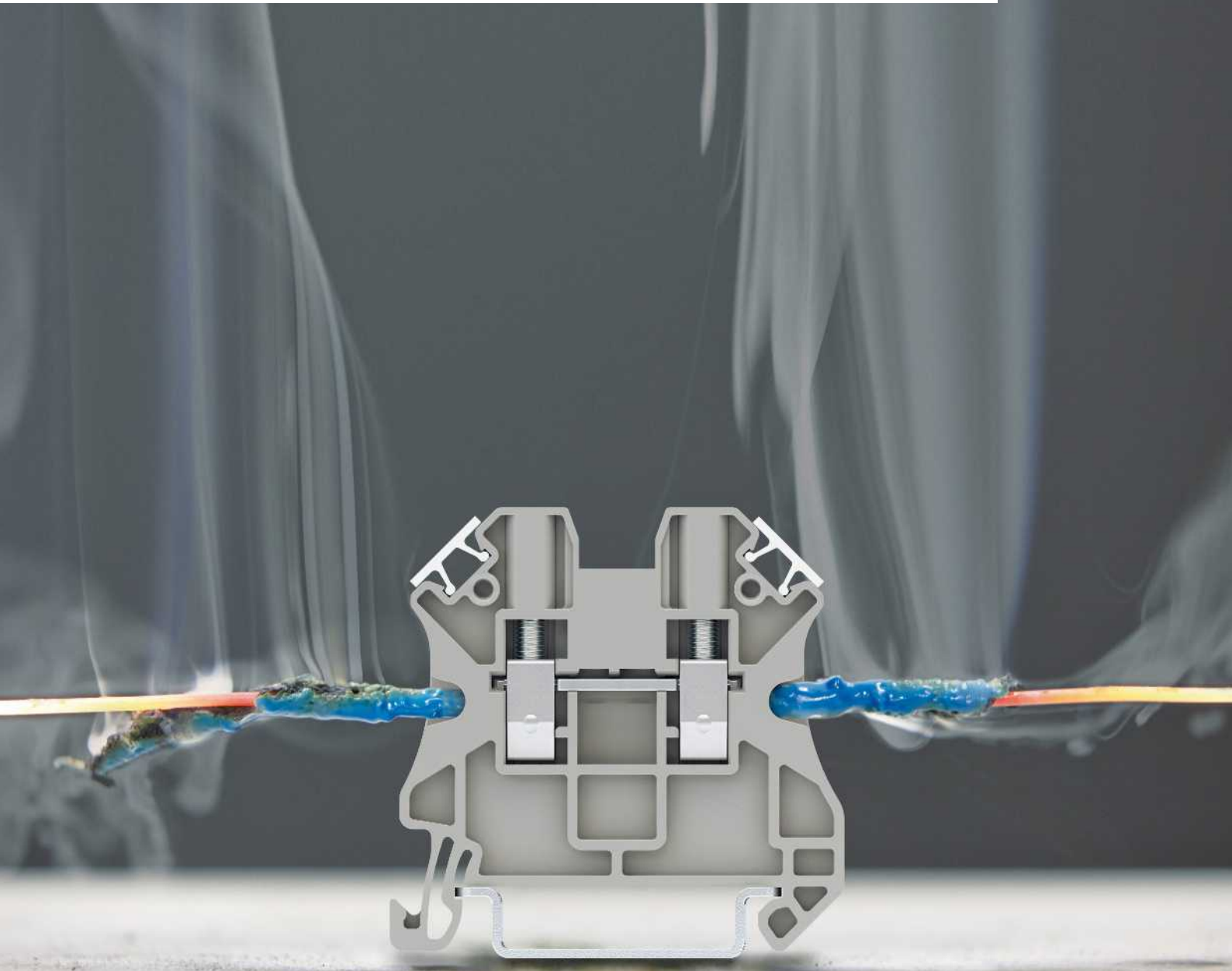


Vibrationsprüfung Schraubklemme



Elektrische Prüfungen

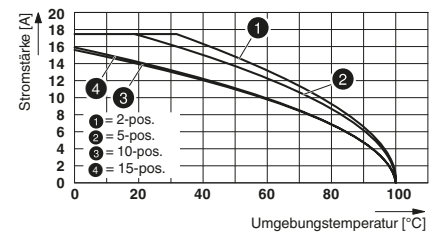
Die elektrischen Prüfungen beziehen sich überwiegend auf den Stromfluss in der Klemme. Hierzu werden verschiedene Szenarien imitiert, in denen die Klemmen auf maximal zulässige Kurzschlussströme oder auf die Erwärmung bei Nennstrom getestet werden. Damit die Effizienz der Klemmen gewährleistet werden kann, wird der Spannungsfall geprüft. Um ausreichende elektrische Isolation zu gewährleisten, werden die Klemmen außerdem auf elektrischen Durchschlag, Kriechstrecken und Isolationseigenschaften geprüft.



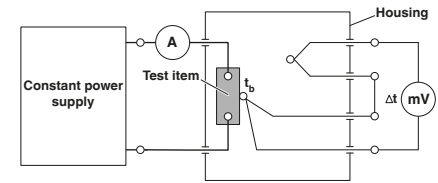
Derating Steckverbinder (DIN EN 60512-5-2)

Die Derating-Kurve stellt die Strombelastbarkeit eines Bauteils in Abhängigkeit zur Umgebungstemperatur und benachbarter Kontakte dar. Sie wird durch die Kontaktwerkstoffe und Isoliergehäuse beeinflusst. Zur Bestimmung der Strombelastbarkeit von steckbaren Reihenklemmen werden verschiedenpolige Anordnungen gewählt, die mit Leitern gleichen Querschnitts elektrisch in Reihe geschaltet sind. Für die praxisgerechte Ermittlung der Derating-Kurven wird die Strombelastbarkeit für die steckbaren Reihenklemmen gemäß DIN EN 60512-5-1 ermittelt. Hierbei wird bei Belastung mit unterschiedlichen Stromstärken und nach Einstellung des Temperaturgleichgewichts, die maximal an den Prüflingen auftretende Temperaturerhöhung gemessen.

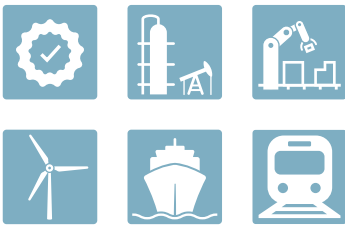
Unter Berücksichtigung der oberen Grenztemperatur des Isolierstoffs (hier und in der Regel mit 100 °C angenommen) ergibt sich eine von der Umgebungstemperatur abhängige Strombelastbarkeitskurve (die „Basiskurve“). Nach DIN EN 60512-5-2 wird eine korrigierte Belastbarkeitskurve, die „Derating-Kurve“, erstellt. In Übereinstimmung mit dieser Norm beträgt hierbei der zulässige Belastungsstrom das 0,8-fache des jeweiligen Basisstroms. Der Reduktionsfaktor „berücksichtigt Exemplarstreuungen im Kontaktsystem von Steckverbindern. Weiterhin berücksichtigt er Unsicherheiten bei der Temperaturmessung und in der Messanordnung“. Für steckbare Reihenklemmen von Phoenix Contact werden Derating-Kurven mit 2-, 5-, 10- und 15-poligen Anordnungen angegeben.



Derating-Kurve



Prüfaufbau zur Ermittlung der Strombelastbarkeitskurve am Beispiel der PP-H 2,5/5 COMBI-Stecker



Erwärmungsprüfung (IEC 60947-7-1/2 und UL 1059)

Die Erwärmung einer Reihenklemme durch Stromwärme ist so gering wie möglich zu halten. Dazu muss der Übergangswiderstand möglichst niedrig sein. In dieser Prüfung wird die Erwärmung bei Raumtemperatur unter Belastung mit Prüfstrom dokumentiert.

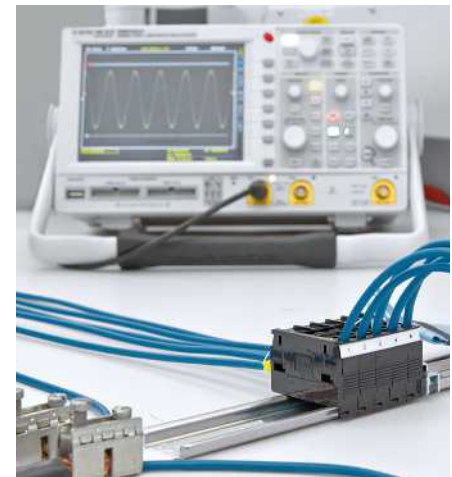
IEC 60947-7-1-2

Hierbei werden fünf Klemmen horizontal auf einer Schiene montiert und mit 1 m bzw. 2 m langen Leiterschleifen des Bemessungsquerschnitts in Reihe beschaltet. Die Reihenklemmen werden mit einem Prüfstrom in Höhe der Stromtragfähigkeit des Bemessungsquerschnitts belastet. Dokumentiert wird die Erwärmung an der mittleren Klemme (siehe Abb. Spannungsfallprüfung, S. 28). Ausgehend von ~20 °C Raumtemperatur, sind maximal 45 K (Kelvin) Erwärmung in der Klemme zulässig.

Abschließend ist eine Spannungsfallprüfung an der Klemme durchzuführen.

UL 1059

Der Ablauf entspricht im Wesentlichen der IEC-Prüfung, jedoch weichen die Leiterlängen ab. Bei der UL 1059 werden drei Klemmen horizontal nebeneinander montiert. Die Messung erfolgt bei 25 °C Umgebungstemperatur, wobei eine maximale Erwärmung von 30 K (gemessen möglichst nahe an der Klemmstelle) zulässig ist. Aufgrund der hochwertigen Kontaktwerkstoffe in den Phoenix Contact-Reihenklemmen bieten alle Anschlusstechniken geringere Erwärmungswerte als in den genannten Normen gefordert. Hochwertige Kupferwerkstoffe und zuverlässige Kontaktübergänge garantieren niedrige Übergangswiderstände in den Reihenklemmen.



Erwärmungsprüfung

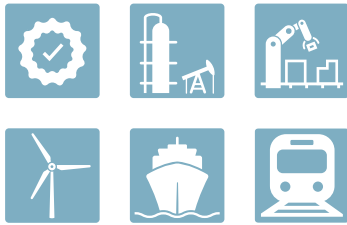


Isolationsprüfung mit Stehwechselfeldspannung (IEC 60947-7-1/2 und UL 1059)

Diese elektrische Prüfung dient zum Nachweis ausreichender Kriechstrecken. Die ausreichenden Strecken zwischen den Potenzialen zweier benachbarter Reihenklammern sowie zwischen Reihenklammer und Montageschiene werden durch Anlegen einer entsprechenden Prüfspannung getestet.

Definition:

Bemessungsisolationsspannung (U_i) ist der Effektiv- oder Gleichspannungswert, der höchstens dauerhaft bei bestimmungsgemäßem Gebrauch auftreten darf. Die Prüfspannung wird über 60 s gehalten. Als Basis gilt die Zuordnung gemäß abgebildeter Tabelle.



IEC 60947-7-1-2

Dabei darf kein Überschlag bzw. Durchschlag während der Prüfung erfolgen. Kriechströme müssen unter 100 mA bleiben.

UL 1059

Prüfspannung = 1.000 V plus zweimal Bemessungsisolationsspannung U_i . Die Phoenix Contact-Reihenklammern mit 800 V Bemessungsisolationsspannung bestehen durchgängig die Isolationsprüfung mit 2.000 V~.

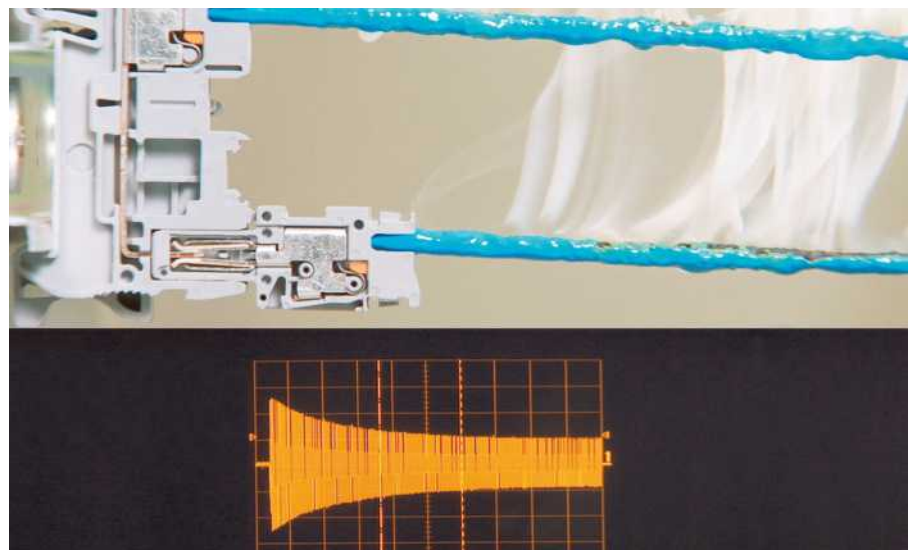
Bemessungsisolationsspannung U_i [V]	Prüfspannung (effektiv) [V]
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	1500
$300 < U_i \leq 690$	1890
$690 < U_i \leq 800$	2000
$800 < U_i \leq 1000$	2200
$1000 < U_i \leq 1500$	

Prüfwerte der Isolationsprüfung

Kurzzeitstromfestigkeit (IEC 60947-7-1/-2)

Reihenklammern müssen in der Praxis auch Kurzschlussströme unbeschadet überstehen, bis die jeweilige Schutzeinrichtung den Strom abschaltet. Dies kann einige zehntel Sekunden dauern und in Höhe des mehrfachen Nennstroms auftreten. Für die Prüfung wird eine Reihenklammer auf der Befestigungsaufgabe montiert und mit einem Leiter des Bemessungsquerschnitts verdrahtet. Schutzleiter-Reihenklammern werden in drei Durchgängen für 1 s mit einer Stromdichte von 120 A/mm² des Bemessungsquerschnitts belastet. Die Anforderungen werden erfüllt, wenn nach der Prüfung keine Beschädigung der Einzelteile aufgetreten und der weitere Gebrauch gewährleistet ist. Vor und nach der Prüfung muss die Reihenklammer die Spannungsfallprüfung bestehen. Dabei darf der Spannungsfall vor

und nach der Prüfung 3,2 mV je Reihenklammer sowie das 1,5-fache des vor der Prüfung gemessenen Werts nicht übersteigen. Im Fall einer 240-mm²-Hochstromklammer von Phoenix Contact wird ein Prüfstromstoß von 28.800 A eine Sekunde lang ohne Qualitätsverlust durch die Klammer geleitet.



Hohe Kontaktsicherheit, auch bei extremer Überlast



Luft- und Kriechstrecken (IEC 60664-1)

Die maßliche Kontrolle der Luft- und Kriechstrecken belegt ausreichende elektrische Isolationseigenschaften hinsichtlich

- Konstruktion
- Zu erwartender Verschmutzung
- Zu erwartender Umgebungsbedingungen

Der Nachweis wird zwischen zwei benachbarten Reihenklemmen sowie zwischen stromführenden Metallteilen und Befestigungsaufnahme unter Betrachtung der kürzesten Abstände durchgeführt. Dabei wird zum einen die Isolation der Luft als Luftstrecke betrachtet und zum anderen die Entfernung entlang der Oberfläche als Kriechstrecke. Festgelegt sind die Mindeststrecken in der IEC 60947-1.

Für die Luftstrecke gilt:

Sie ist der kürzeste Weg zwischen zwei elektrischen Potenzialen durch die Luft. Maßgebend für die Bemessung der Mindestluftstrecke ist die Bemessungsstoßspannung, die Überspannungskategorie der Reihen-klemme und der zu erwartende Verschmutzungsgrad. Die Bemessungsstoßspannung leitet sich aus der Neutralleiterspannung in Bezug auf die Überspannungskategorie ab. Wenn nicht anders dokumentiert, wird für Reihenklemmen die Überspannungskategorie III angenommen. Die Kategorie beschreibt Betriebsmittel in festen Installationen und für Fälle, in denen besondere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und die Verfügbarkeit gestellt werden. Die zugehörige Luftstrecke wird in der Tabelle 2 (Auszug) der IEC 60664-1 beschrieben. Weitere Vorgaben dabei sind das generell inhomogene Feld für die Anwendung und der Verschmutzungsgrad 3. (Leitfähige Verschmutzung tritt auf oder Tabelle 2 – IEC 60664-1 eine nicht leitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, da Betauung zu erwarten ist.)

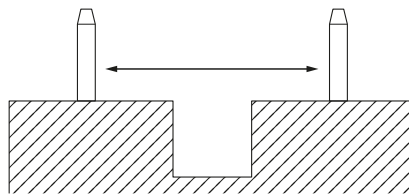
Für die Kriechstrecke gilt:

Sie ist der kürzeste Weg zwischen zwei Potenzialen entlang der Oberfläche der Isolation. Maßgebend für die Ermittlung der Mindestkriechstrecke ist der Effektivwert des Gleich- oder Wechselspannungssystems

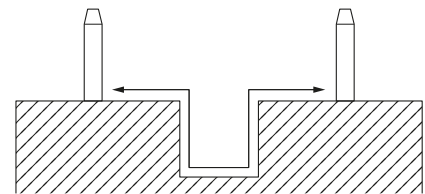
Neutralleiter-Leiterspannung (V)	Überspannungskategorie			
	I.	II.	III.	IV.
300	1500 V	2500 V	4000 V	6000 V
600	2500 V	4000 V	6000 V	8000 V
1000	4000 V	6000 V	8000 V	12000 V

Erforderliche Stehstoßspannung	Bedingung A: Inhomogenes Feld		
	Verschmutzungsgrad		
	1	2	3
4000 V	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
5000 V	4,0 mm	4,0 mm	4,0 mm
6000 V	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm
8000 V	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm

Effektivwert der Spannung	Verschmutzungsgrad 3		
	Isolierstoffgruppe		
	I.	II.	III.
500 V	6,3 mm	7,1 mm	8,0 mm
630 V	8,0 mm	9,0 mm	10,0 mm
800 V	10,0 mm	11,0 mm	12,5 mm
1000 V	12,5 mm	14,0 mm	16,0 mm



Luftstrecke



Kriechstrecke

(Leiter zu Leiter, Leiter zu Erde, Leiter zu Neutralleiter) (siehe Tabelle 3a und 3b der IEC 60664-1). Tabelle 4 der IEC 60664-1 zeigt den Zusammenhang vom Effektivwert der Spannung, dem Verschmutzungsgrad (3) und der Isolierstoffgruppe (I.) des Reihen-klemmgehäuses.



Luft- und Kriechstrecken (UL 1059)

Die UL 1059 beschreibt in der Zuordnung von Luft- und Kriechstrecken andere Wege. Wenn auch die Luft- und Kriechstreckendefinition physikalisch gleich sind, gelten hier

eigene Streckentabellen sowie eine Zuordnung nach Use groups und Spannungsbereichen. Bei der Use group C handelt es sich in diesem Fall um die Default-Einstellung.

USE GROUP	Abstände in Inch (mm) zwischen unisolierten Potenzialen			
	Applikation	Nennspannung	Luftstrecke	
A	Bedienelemente, Konsolen, Service Ausrüstung u. ä.	51 V ... 150 V	1/2	(12,7 mm)
		151 V ... 300 V	3/4	(19,1 mm)
		301 V ... 600 V	1	(25,4 mm)
B	Handelsübliche Geräte, einschließlich Büro- und elektronische Datenverarbeitungsgeräte u. ä.	51 V ... 150 V	1/16	(1,6 mm)
		151 V ... 300 V	3/32	(2,4 mm)
		301 V ... 600 V	3/8	(9,5 mm)
C	Industrielle Anwendungen ohne Einschränkungen	51 V ... 150 V	1/8	(3,2 mm)
		151 V ... 300 V	1/4	(6,4 mm)
		301 V ... 600 V	3/8	(9,5 mm)
D	Industrielle Anwendungen, Betriebsmittel mit begrenzten Leistungsdaten (Limited Rating)	151 V ... 300 V (10A)	1/16	(1,6 mm)
		301 V ... 600 V (5A)	3/16	(4,8 mm)
E	Reihenklempen mit Nennspannung 601 V - 1500 V	601 V ... 1000 V	0,55	(14,0 mm)
		1001 V ... 1500 V	0,70	(17,8 mm)
F	Industrielle Geräte mit alternativem Ansatz für Abstände nutzen	51 V ... 1500 V	Wie durch Auswertung ermittelt	
G	LED-Beleuchtung	51 V ... 300 V	1/16	(1,6 mm)
		301 V ... 600 V	1/16 - 3/16	(1,6 - 4,8 mm)

USE GROUP	Abstände in Inch (mm) zwischen unisolierten Potenzialen			
	Applikation	Nennspannung	Kriechstrecke	
A	Bedienelemente, Konsolen, Service Ausrüstung u. ä.	51 V ... 150 V	3/4	(19,1 mm)
		151 V ... 300 V	1-1/4	(31,8 mm)
		301 V ... 600 V	2	(50,8 mm)
B	Handelsübliche Geräte, einschließlich Büro- und elektronische Datenverarbeitungsgeräte u. ä.	51 V ... 150 V	1/16	(1,6 mm)
		151 V ... 300 V	3/32	(2,4 mm)
		301 V ... 600 V	1/2	(12,7 mm)
C	Industrielle Anwendungen ohne Einschränkungen	51 V ... 150 V	1/4	(6,4 mm)
		151 V ... 300 V	3/8	(9,5 mm)
		301 V ... 600 V	1/2	(12,7 mm)
D	Industrielle Anwendungen, Betriebsmittel mit begrenzten Leistungsdaten (Limited Rating)	151 V ... 300 V (10 A)	1/8	(3,2 mm)
		301 V ... 600 V (5 A)	3/8	(9,5 mm)
E	Reihenklempen mit Nennspannung 601 V - 1500 V	601 V ... 1000 V	0,85	(21,6 mm)
		1001 V ... 1500 V	1,20	(30,5 mm)
F	Industrielle Geräte, die den alternativen Ansatz für Abstände nutzen	51 V ... 1500 V	Wie durch Auswertung ermittelt	
G	LED-Beleuchtung	51 V ... 300 V	1/8	(3,2 mm)
		301 V ... 600 V	1/8 - 3/8	(3,2 - 9,5 mm)



SCCR-Rating (NEC und UL 508 A)

Im NEC (National Electrical Code) wird seit April 2006 für Industriesteuerungen die Angabe der Kurzschlussfestigkeit gefordert. Die Berechnung dieser SCCR-Werte (Short Circuit Current Rating) kann mit Hilfe der UL 508 A erfolgen. Die Berechnung muss in den USA auf dem Leistungsschild jeder Industrieschaltanlage zusammenfassend angegeben sein, für alle Hauptstromkreise sowie für die Einspeisung der Spannungsversorgung. In der UL 508 A (Tabelle SB 4.1) werden Standardwerte für nicht spezifizierte Komponenten aufgeführt. Für Reihenklempen wird hier ein Standardwert von 10 kA angegeben. Dieser SCCR-Wert beschreibt den Kurzschlussbemessungsstrom einer Anlage oder Komponente unter Vorgabe einer Bemessungsspannung. Das ist der maximal zulässige, symmetrische Fehlerstrom, der zu keiner signifikanten Beschädigung führt die ggf. den Gebrauch beeinträchtigt oder zu einer gefährdenden Handhabung führt.

Seitens einer kompletten Anlage basiert der SCCR-Wert auf der schwächsten, verbauten Komponente in dem zugehörigen Verteiler- oder Einspeisestromkreis. Reihenklempen des CLIPLINE complete-Systems sind mit 100 kA SCCR in der UL-File XCFR2_E60425 dokumentiert. Sie helfen Ihnen leistungsfähige Anlagen mit höher bemessenen SCCR-Werten zu erstellen.



Überspannungslabor

Für Stromkreise, in denen der Einbau höher dokumentierter Komponenten nicht möglich ist, kann durch das Vorschalten einer entsprechenden hochstromig gelisteten Sicherungsklemme der gesamte Stromkreis aufgewertet werden. Die Sicherungsklemmen UK 10,3-CC HESI N ermöglichen die Aufwertung des SCCR für nachgeschaltete Stromkreise auf 200 kA.

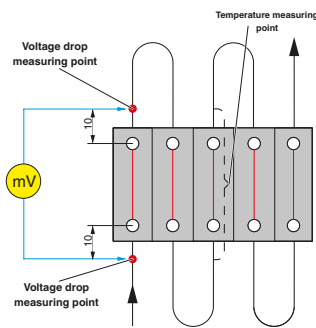
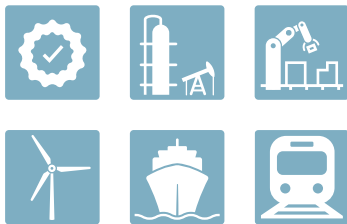


Spannungsfallprüfung (IEC 61984)

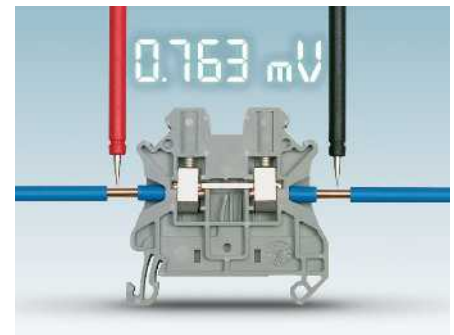
In jeder Klemmstelle einer Reihenklemme werden je nach Anschlussstechnik ein oder mehrere Leiter kontaktiert. Der Stromübertrag wird stark von dem elektrischen Widerstand zwischen Leiter und Strombalken beeinflusst. Hochwertige Kontakte erzeugen eine gasdichte Verbindung. Somit wird eine dauerhafte und zuverlässige Verbindung garantiert. Diese elektrische Prüfung ermittelt deshalb den Spannungsfall an einer Reihenklemme (zwei Klemmstellen), woraus Rückschlüsse auf den Übergangswiderstand und die Kontaktqualität gezogen werden. Die Reihenklemmen werden mit dem Bemessungsquerschnitt verdrahtet. Für die Messungen werden die Klemmen mit einem Prüfgleichstrom belastet, der dem 0,1-fachen der Stromtragfähigkeit des Bemessungsquerschnitts entspricht. Der Spannungsfall wird bei einem Abstand ≤ 10 mm von der Mitte der Klemmstelle abgegriffen (siehe Skizze).

Bei ~ 20 °C Raumtemperatur darf der Spannungsfall vor und nach der Prüfung 3,2 mV je Reihenklemme sowie das 1,5-fache des zum Prüfungsbeginn gemessenen Werts nicht überschreiten.

Phoenix Contact-Reihenklemmen unterschreiten die normativ geforderten Grenzwerte um bis zu 60 %.



Spannungsfallprüfung an Klemmstellen



Spannungsabgriff an einer Schraubklemme

Bemessungsquerschnitt [mm ²]	Stromtragfähigkeit [A]	Bemessungsquerschnitt AWG	Stromtragfähigkeit [A]
0,2	4	24	4
0,5	6	20	8
0,75	9	18	10
1	13,5	–	–
1,5	17,5	16	16
2,5	24	14	22
4	32	12	29
6	41	10	38
10	57	8	50
16	76	6	67
35	125	2	121
50	150	0	162
95	232	0000	217
150	309	00000	309
240	415	500 MCM	415

Prüfwerte der Spannungsfallprüfung

Steckzyklen (IEC 61984)

Die IEC 61984 liefert ein komplettes Prüfzenario für Steckverbinder im Leistungsreich 50 V - 1.000 V mit bis zu 500 A Stromtragfähigkeit. Dazu werden konstruktive Schutzigenschaften (z. B. IP-Klasse) sowie mechanische und elektrische Merkmale klassifiziert und je nach Anwendung vorgegeben. Geprüft wird in den Gruppen A-E (siehe Tabelle). Eine wesentliche Aussage aus der Prüfgruppe A ist die Angabe der Steckzyklen als Lebensdauerprüfung. Bevorzugte Zyklen

Prüfgruppe A	Prüfgruppe B	Prüfgruppe C	Prüfgruppe D	Prüfgruppe E
Mechanische Prüfungen	Lebensdauerprüfungen	Thermische Prüfungen	Klimatische Prüfungen	Schutzgrad Prüfungen

für Steckverbinder ohne Schaltleistung (COC) als auch mit Schaltleistung (CBC) sind 10, 50, 100, 500, 1.000, 5.000.

In der Prüfung mit Schaltleistung werden 3-4 Steckzyklen pro Minute absolviert. Die Geschwindigkeit ist auf $0,8 \pm 0,1$ m/s eingestellt. Nach der Prüfung ist darauf zu achten, dass keine Schädigung, die den weiteren Gebrauch beeinträchtigt, aufgetreten ist. Dazu gehört sowohl eine optische Kontrolle der Korrosionsschutzbeschichtung

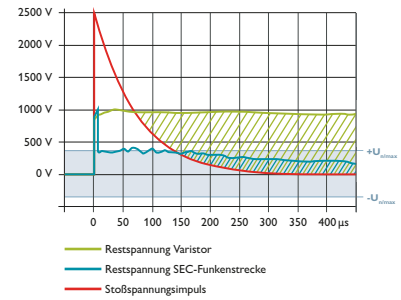
und ein Spannungsfalltest. Reihenklemmen und Stecker aus den CLIPLINE complete-COMBI-Baureihen sind generell für 100 Steckzyklen qualifiziert.



Stoßspannungsprüfung (IEC 60947-7-1/2)

Mittels Stoßspannungsprüfung werden ausreichend große Luftstrecken zwischen zwei benachbarten Potenzialen nachgewiesen. Dazu wird die Prüfung mit der Stoßspannung bei jeder Polarität in Abhängigkeit zur Bemessungsisolationsspannung fünfmal durchgeführt. Die Zeitabstände liegen dabei mindestens bei 1 s. Betrachtet wird die Strecke zwischen benachbarten Reihenklammern bzw. zwischen Reihenklammer und Schiene. Unbeabsichtigte Überschläge dürfen während der Prüfung nicht erfolgen.

Bemessungsstoßspannungen für Phoenix Contact-Reihenklammern liegen bei 6 bis 8 kV nach IEC 60664. Die jeweilige Höhe ist aus der Nennspannung abgeleitet. Die dokumentierten Betriebsspannungen der Klammern werden somit wirkungsvoll auf ihre betriebssichere Anwendung hin geprüft. Die Kategorie III der Überspannungskategorie bildet die Default-Einstellung ab.



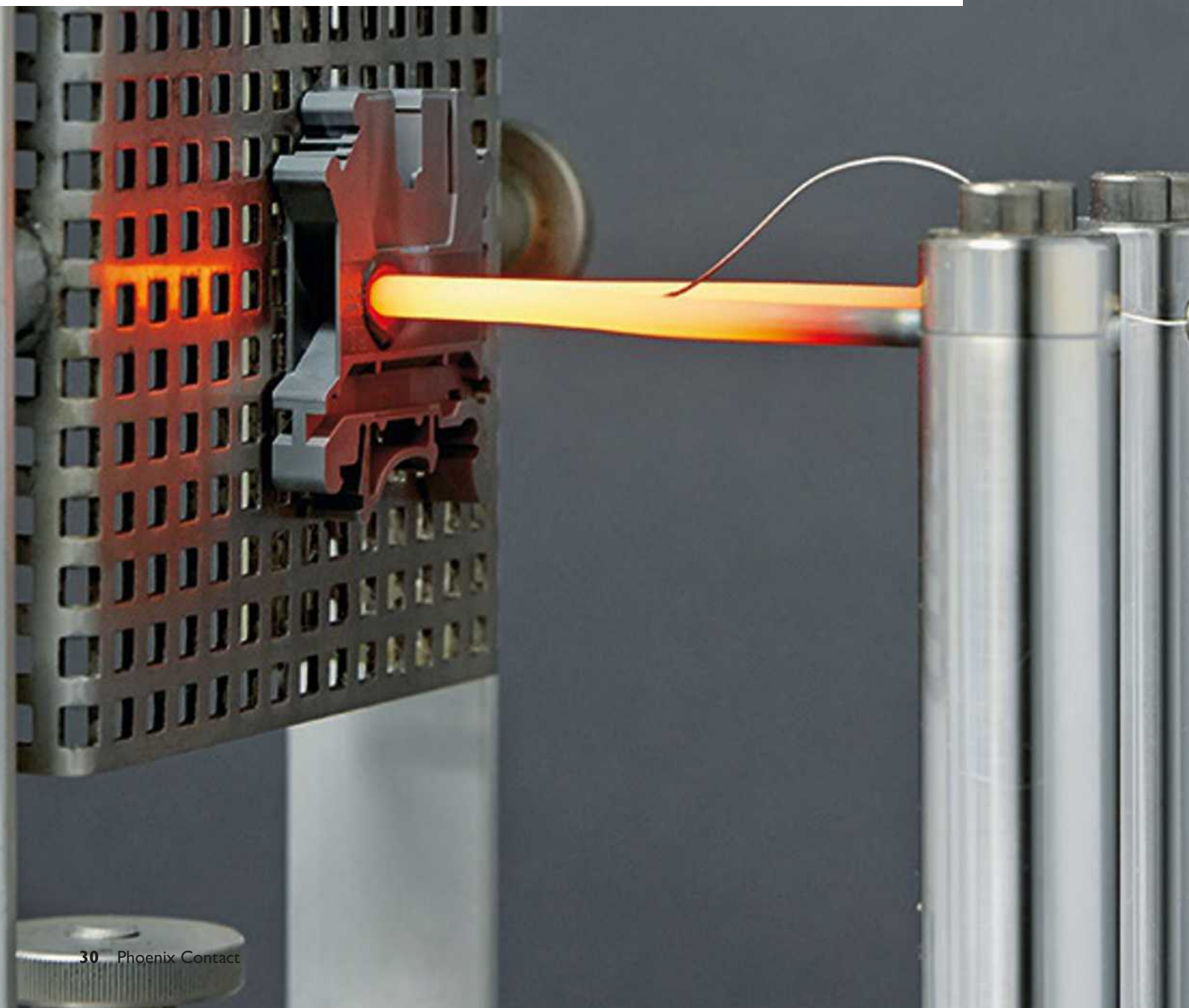
Zeitlicher Verlauf eines Stoßspannungsimpulses

Nennspannung des Stromversorgungssystems (Netz) nach IEC 60038		Spannung Leiter zu Neutraleiter abgeleitet von der Nennwechsel- oder Nenngleichspannung bis einschließlich	Bemessungsstoßspannung [V]			
Dreiphasig	Einphasig		Überspannungskategorie			
[V]	[V]	[V]	I	II	III	IV
	120 - 240	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
		150	800	1500	2500	4000
230/400		300	1500	2500	4000	6000
277/480		600	2500	4000	6000	8000
400/690		1000	4000	6000	8000	12000
1000						



Werkstoffprüfungen

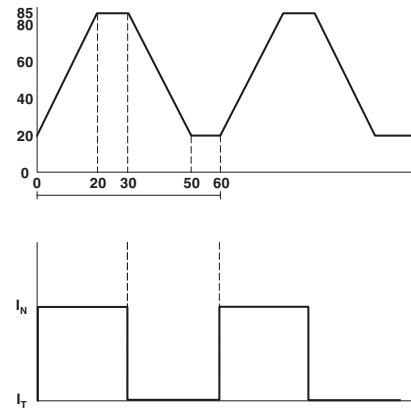
Im Bereich der Werkstoffprüfungen werden die Klemmen auf Materialveränderungen geprüft. Im Fokus der Materialprüfungen stehen längere Belastungstest in Form von konstant höheren Temperaturen, Kriechwegbildung durch Feuchtigkeit und Schmutz sowie einer simulierten Alterung der Materialien.



Alterungsprüfung (IEC 60947-7-1/-2)

Unter dem Gesichtspunkt langer Lebenszyklen von Reihenklemmen spielt auch das Alterungsverhalten eine wichtige Rolle. In dieser Prüfung wird die Kontaktqualität unter simulierter Alterung nachgewiesen. Zur Simulation eines mehrjährigen Einsatzes werden fünf Reihenklemmen horizontal auf einer Schiene montiert und mit Leitern des Bemessungsquerschnitts in Reihe geschaltet. Verbunden durch mindestens 300 mm lange Leiter wird an jeder Reihenklemme der Spannungsfall gemessen. Die untere Temperatur im Klimaschrank wird auf 20 °C eingestellt. Die obere Temperatur hingegen wird so eingestellt, dass während der 10-minütigen Haltephase die maximal zulässige Betriebstemperatur (max. 120 °C) des Prüflings erreicht wird. Während der Aufwärmphase und der Haltephase mit maximaler Temperatur fließt der Bemessungsstrom. Dadurch wird die maximal zulässige Betriebstemperatur des Prüflings (max. 130 °C) erreicht. Anschließend erfolgt die Abkühlphase. Der Spannungsfall

wird jeweils nach 24 Zyklen in abgekühltem Zustand (ca. 20 °C) gemessen. Die Prüfung beinhaltet insgesamt 192 Zyklen. Der Spannungsfall darf anfangs 3,2 mV und während bzw. nach der Prüfung 4,8 mV bzw. das 1,5-fache des nach dem 24. Zyklus gemessenen Werts nicht überschreiten. Phoenix Contact-Reihenklemmen sind auf extreme Langlebigkeit auch unter erschwerten Temperaturbedingungen konstruiert. Kunststoffe wie auch Metallteile bieten ausreichende Sicherheitsreserven.



Strom und Temperatur im Zeitbezug



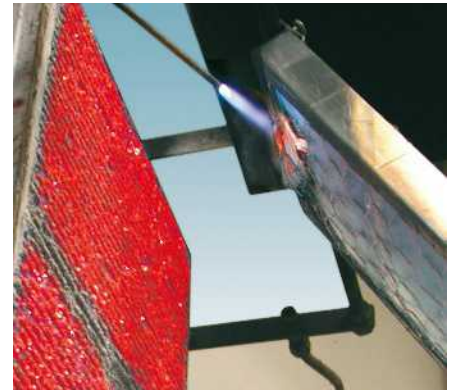
Brandschutz (EN 45545-2)

Seit März 2013 hat die EN 45545-2 die nationalen Brandschutznormen für Schienenfahrzeuge ersetzt. Der derzeitige Stand EN 45545-2:2013+A1:2015 legt die Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten dar. Um Kunststoffe für bestimmte Betriebs- und Bauartklassen von Schienenfahrzeugen zu qualifizieren, beschreibt die Norm auf Basis von Prüfmethoden zur Ermittlung von Gefährdungsstufen, sogenannte Hazard Levels (HL). Dabei entspricht HL 3 den höchsten Anforderungen.

Folgende Prüfungen werden zur Qualifizierung von Kunststoffen für elektrotechnische Anwendungen durchgeführt:

- Sauerstoffindex nach DIN EN ISO 4589-2
- Rauchgasentwicklung nach EN ISO 5659-2 (25 kW/m²)
- Rauchgastoxizität NF X70-100-2 (600 °C) Vertikale Kleinbrennerprüfung nach EN 60695-11-10

Die in den Phoenix Contact-Reihenklemmen eingesetzten, unverstärkten Polyamide mit der Flammenschutzklasse UL 94 V0 erfüllen die höchsten Anforderungen. Sie erfüllen die Flammenschutzklasse HL3, entsprechend der in den Requirement Sets R22, R23, R24 und R26 beschriebenen Prüfungen.



Prüfung des Brandverhaltens von Kunststoff anhand genormter Probekörper

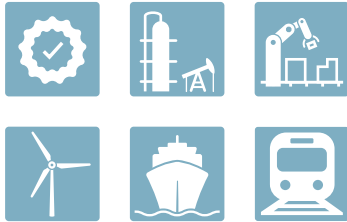


Brennbarkeitsklassifizierung (UL 94)

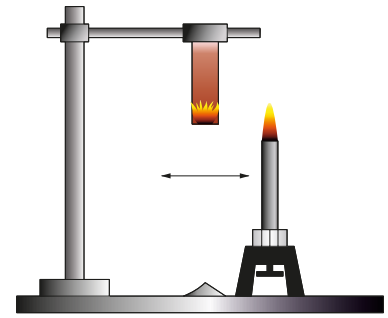
Der Standard UL 94 beschreibt Brennbarkeitsprüfungen, die für die Elektrotechnik besondere Bedeutung erlangt haben. Im Mittelpunkt steht dabei das Brandverhalten. Die Einstufung erfolgt in UL 94 HB (Horizontal-Burn) oder UL 94 V (Vertical Burn). Aus dem Prüfaufbau ergibt sich, dass die UL 94 V0/1/2-Einstufungen höherwertiger als die UL 94HB-Einstufung sind.

UL 94 V0/1/2

Nach einer Konditionierung wird der Prüfstab vertikal eingespannt und mehrmals je 10 s beflammt. Zwischen dem Beflammen wird die Zeit bis zum Verlöschen des Prüfstabs gemessen. Anschließend werden die Nachbrennzeiten und das Abtropfverhalten ausgewertet. Der für Phoenix Contact-Reihenklemmen



verwendete Kunststoff erfüllt die höherwertigen Kriterien für eine Einstufung als V0-Material.



Prüfaufbau nach UL 94

Kriterien	Werkstoffklassifikation		
	V0	V1	V2
Nachbrennzeit mit Flamme eines einzelnen Prüflings (t_1 und t_2)	≤10 s	≤30 s	≤30 s
Gesamt-Nachbrenndauer mit Flamme eines Satzes von Prüflingen nach jeweiliger Konditionierung (t_f)	≤50 s	≤250 s	≤250 s
Nachbrennzeit mit Flamme plus Nachglimmzeit eines jeden einzelnen Prüflings nach der zweiten Beflammung (t_2 plus t_3)	≤30 s	≤60 s	≤60 s
Nachbrennen und/oder Nachglimmen eines einzelnen Prüflings bis zur Halterung darf auftreten?	nein	nein	nein
Entzündung der Unterlage aus Baumwolle durch brennende Teilchen oder Tropfen dürfen auftreten?	nein	nein	ja

Einstufung

Brennwert (DIN 51900-2 /ASTME 1354)

Brandlast ist definiert als die bei einem Brand freigesetzte Energiemenge auf einer bestimmten Fläche. Der Wert für die Brandlast wird in MJ/m² ausgedrückt. Der Wert berechnet sich aus dem Brennwert einer Substanz und dem Abbrandfaktor (DIN 18230-1). Je höher der Brennwert und das Vorkommen eines Stoffs, desto größer ist die bei einem Brand freigesetzte Energiemenge. Daraus folgt, desto höher ist auch die mögliche Brandlast. Das betrifft alle verbauten Komponenten in der zu betrachtenden Applikation. Die Brennwerte von Polyamiden wie z. B. PA 6.6 sind relativ hoch. (zum Vergleich der Brennwert von Heizöl liegt bei ca. 45 MJ/kg) Daher werden zunehmend auch die Brennwerte von Reihenklemmen für die Brandlast-

ermittlung angefragt. Brennwerte der bei Phoenix Contact verwendeten Kunststoffe nach DIN 51900-2 und ASTM E 1354.

Zur Berechnung der Brandlast einzelner Bauteile wird der Brennwert des jeweiligen Polyamids mit dem Teilgewicht und der Anzahl der verbauten Artikel multipliziert.

Dokumentation der Wärmeabgabe erfolgt im Cone Calorimeter nach ISO 5660-1 für die Kunststoffmaterialien.



Häufig für Reihenklemmen verwendetes Polyamid Kunststoffgranulat PA 6.6



DIN 51900-2:		ASTM E 1354:	
Polyamid 6.6 V2	ca. 30 MJ/kg	Polyamid 66 V2	ca. 22 MJ/kg
Polyamid 6.6 V0	ca. 32 MJ/kg	Polyamid 66 V0	ca. 24 MJ/kg
		Zum Vergleich: Heizöl	ca. 44 MJ/kg

Übersicht der durchschnittlichen Heizwerte von häufig verwendeten Kunststofftypen

Glühdrahtprüfung (IEC 60695-2-11)

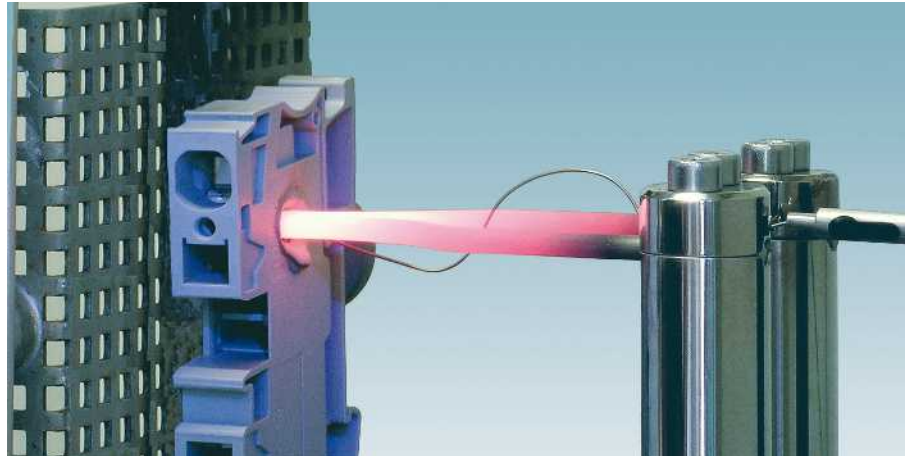
Bei Überlastung können sich stromführende Metallteile der Reihenklemme oder angeschlossene Leiter sehr stark erwärmen. Diese zusätzliche Wärme wirkt sich auch auf das Kunststoffgehäuse aus. Zur Simulation dieser Gefahrenquelle wird bei elektrotechnischen Bauteilen ein Glühdraht auf eine bestimmte Temperatur erhitzt (550 °C, 650 °C, 750 °C, 850 °C oder 960 °C).

Daraufhin wird der Draht, wie in der Abb. dargestellt, im rechten Winkel mit einer Kraft von 1 N auf die dünnste Gehäusestelle des Prüflings gedrückt. Die Prüfung gilt als bestanden,

- wenn während der Prüfung keine Flamme oder kein Glühvorgang entsteht
- wenn Flammen bzw. Glühvorgänge innerhalb von 30 s nach dem Entfernen des Glühdrahts verlöschen

- wenn die unter dem Glühdraht liegende Auflage aus Seidenpapier sich nicht durch herabfallende, brennende Tropfen entzündet.

Die bei Phoenix Contact als Gehäusewerkstoff eingesetzten Polyamide erfüllen durchgängig die Anforderung der Glühdrahtprüfung bei 960 °C (höchste Temperaturstufe).



Prüfaufbau Glühdrahtprüfung

Halogenfreier Flammschutz (DIN EN ISO 1043-4)

Ein großes Risiko beim Einsatz von Kunststoffen in der Verbindungstechnik ist die Entflammbarkeit. Speziell im elektrischen Fehlerfall besteht die Möglichkeit, dass die Entzündungstemperaturen von Polyamid (PA 6 und PA 6.6) oder Polycarbonat (PC) überschritten werden. Um einem Brand vorzubeugen, werden eine schwere Entflammbarkeit und ein selbstverlöschendes Verhalten des Kunststoffs vorgeschrieben. Erreichen kann man dies durch drei Arten von Flammschutzmittel:

- Organische Halogenverbindungen (Fluor, Chlor, Brom, Jod...)
- Anorganische Substanzen (z. B.: Aluminium-, Magnesiumoxihydrat, Zinkborat...)
- Phosphor- oder Melaminbasierter Flammschutz

Eine Eigenschaft von Halogenverbindungen ist die Fähigkeit Kettenreaktionen im Kunststoff abubrechen. Ohne diese Eigenschaft wird ein möglicher Brennprozess nicht aufgehalten.

Leider sind diese Stoffe aber hoch toxisch und erzeugen extrem giftige Dämpfe im Feuerfall. Daher sind sie auch für viele Anwendungen im Kontext der RoHS-Verordnung verboten.

Anorganische Substanzen wirken bei Hitze einwirkung eher dadurch, dass sie Wasser abspalten und damit die Oberfläche kühlen. Somit wird im Brandbereich die Entzündungstemperatur unterschritten und der Brandprozess gebremst. Zum effektiven Brandschutz müssen jedoch hohe Anteile in den Kunststoff gemischt werden. Dieser Umstand führt jedoch zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften. Bleiben somit noch die phosphor- oder melaminhaltigen Flammschutzzusätze.

Diese Zusätze können dem Brand durch ein Verkohlen der Oberfläche oder durch eine Art Aufschäumen entgegenwirken. Dadurch

wird die Zufuhr von Sauerstoff zum direkten Brandherd gebremst. Ein wirkungsvoller Effekt ist schon bei relativ geringen Anteilen im Polyamid möglich. Reihenklemmen des CLIPLINE complete-System aus Polyamid sind mit der Brandschutzklassifizierung UL 94 V0 gefertigt. Als Flammschutzmittel werden Melamincyanurate eingesetzt. Phoenix Contact-Reihenklemmen sind somit bezogen auf die eingesetzten Flammschutzsysteme durchgehend und ausnahmslos halogenfrei.



Isolierstoffeigenschaften TI (IEC 60216-1)

In dem zugehörigen Test wird eine erhöhte Wärmebelastung der Reihenklemme über einen längeren Zeitraum simuliert. Dazu wird das Verhalten von Kunststoffen bei konstant höheren Temperaturen in Bezug auf die Zugfestigkeit (mechanische Flexibilität) betrachtet. In der Norm werden mindestens drei, besser aber vier verschiedene Temperaturmessreihen an einem Probekörper gefordert.

Die Zugfestigkeit wird, je nach Vorgabe, vor und nach der Lagerung über 500 h - 5000 h gemessen und das Ergebnis auf 10.000 h (HCI) und 20.000 h (TI) hochgerechnet. Dadurch ermittelt man die Temperatur, bei der nach besagten 20.000 h die Zugfestigkeit auf die Hälfte gesunken ist.

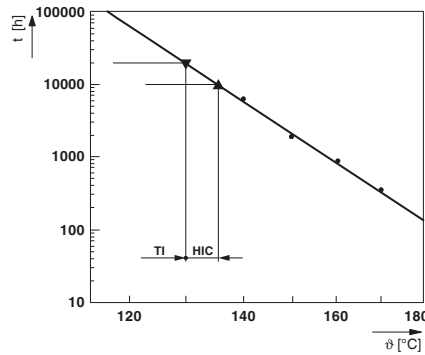


Diagramm zur Hochrechnung des TI und HCI-Werts

Die IEC 60216 gibt den TI als einen Temperaturindex an, der eine Aussage über die mechanische Lebensdauer von Kunststoffen unter Wärmebelastung zulässt.

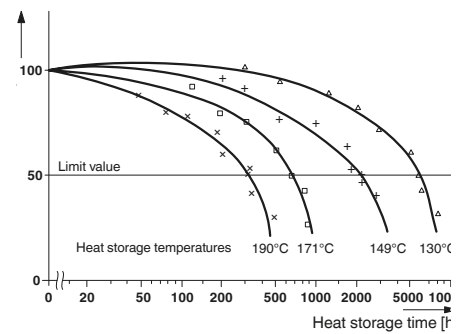


Diagramm zur Ermittlung der Temperatur

	UL 94 V2	UL 94 V0
TI	105 °C	125 °C

TI-Werte nach UL 94 V2 und V0



Isolierstoffeigenschaften RTI (UL 746 B)

In den folgenden Tests wird eine erhöhte Temperaturbelastung der Reihenklemme über einen längeren Zeitraum simuliert. Hierzu werden mehrere, unterschiedliche Prüftemperaturen in Bezug auf 50 % Isolationsfestigkeitsverlust bewertet (I. Quadrant: heiß, warm, kalt). Diese unterschiedlichen Lagerungszeiten bis der 50%ige Abfall auftrat, werden dann gegenüber den zugehörigen Lagertemperaturen aufgetragen (IV. Quadrant). Hierdurch entsteht eine Zeittemperaturkurve (III. Quadrant). Aus dieser Kurve kann dann ein isolationswiderstandsbezogener Temperaturwert (RTI) abgeleitet werden. Dieser Wert entspricht dann einer 20.000-h-Zeitspanne mit 50%igem Eigenschaftsverlust. Die UL 746 B gibt einen Temperaturindex für die ver-

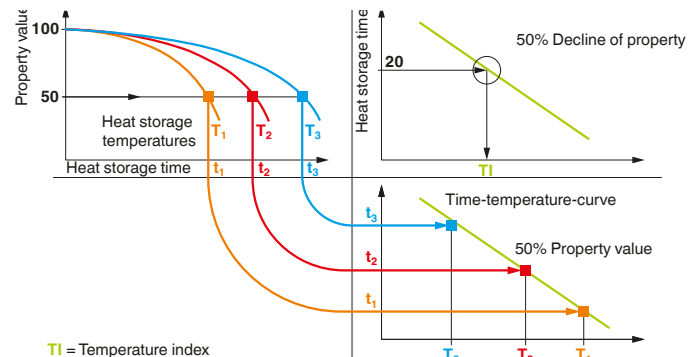


Diagramm zur Ableitung des isolationswiderstandsbezogenen Temperaturwerts

schiedenen Polyamidbrennbarkeitsklassen an. Dieser Index lässt eine Aussage über die elektrische Lebensdauer zu.

UL 746 B (RTI-Wert)

Der RTI gibt die höchste Gebrauchstemperatur an, bevor unter bestimmten Versuchsbedingungen ein elektrischer Durchschlag entsteht. Die von Phoenix Contact eingesetzten Polyamide sind wie folgt eingestuft: (siehe Tabelle).

	UL 94 V2	UL 94 V0
RTI	125 °C	130 °C

RTI-Werte nach UL 94 V2 und V0



Klimaprüfung: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2)

Die folgende Prüfung mit trockener Wärme dient zur Beurteilung der Eignung einer Komponente für den Betrieb, die Lagerung oder den Transport bei hoher Temperatur.

Dabei unterscheidet man zwischen wärmeabgebenden und nicht wärmeabgebenden Prüflingen. Reihenklemmen zählen zu letzteren und werden daher dem Prüfzenario Prüfung Bb (mit allmählicher Temperaturänderung) unterzogen. Die Schärfegrade werden über die Beanspruchungstemperatur und die Beanspruchungsdauer definiert.



+250 °C	+85 °C	+45 °C	
+200 °C	+70 °C	+40 °C	
+175 °C	+65 °C	+35 °C	
+155 °C	+60 °C	+30 °C	
+125 °C	+55 °C		
+100 °C	+50 °C		

2 h	72 h	168 h	336 h
16 h	96 h	240 h	1 000 h

■ Schärfegrad für Phoenix Contact-Reihenklemmen

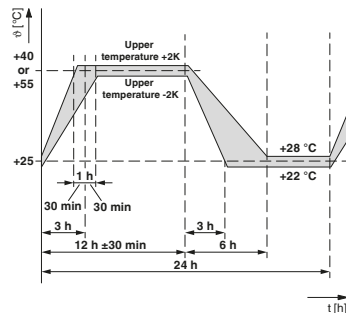


Klimaschrank

Bei Reihenklemmen muss im Nachgang der ordnungsgemäße Festzitz und die Funktion durch eine Isolationsprüfung und Prüfung des festen Sitzes des Leiters sichergestellt sein.

Klimaprüfung: Feuchte Wärme – zyklisch (IEC 60068-2-30)

Luftfeuchtigkeit ist abhängig von Temperatur und Luftdruck. Je wärmer die Luft, desto mehr Feuchte kann sie aufnehmen. Eine 100 % Luftfeuchte spiegelt die maximale Sättigung von Wasserdampf in der Luft bei der jeweiligen Temperatur wider. Die hier beschriebene Prüfung umfasst einen oder mehrere Temperaturzyklen bei hoher Luftfeuchte (>90 % - 100 % bei 40 °C oder 55 °C). Klemmgehäuse sind in der Regel aus Polyamid. Diese Kunststoffe nehmen anteilig Wasser auf und ändern damit auch ihre Elastizität. Polyamide PA6 und PA66 können Feuchtigkeitsgehalte von über acht Gewichtsprozent aufnehmen, wenn sie mehrere Tage bei ~80 °C in Wasser gelagert werden. Die Feuchtigkeitsaufnahme ist zudem mit einer Maßänderung durch „aufquellen“ verbunden. Unter realen klimatischen Bedingungen nimmt Polyamid ca. 2-4 % Feuchtigkeit bei einer Längenänderung von 0,6 bis 0,8 % auf. Bei Reihenklemmen muss nach Durchlaufen der Prüfzyklen der ordnungsgemäße feste Sitz, die Bedienbarkeit



Temperaturzyklus der Klimaprüfung

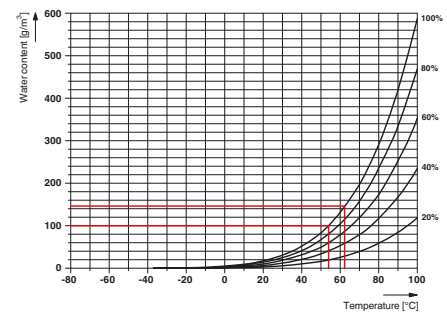


Diagramm zum Wassergehalt in Bezug auf die Temperatur

Glasfaseranteil	PA 6	PA 6.6
Kein Glasfaseranteil	3 %	2,5 %
15 %	2,6 %	2,2 %
25 %	2,2 %	2,1 %
30 %	2,1 %	1,7 %

Feuchteaufnahme von Polyamid bei Raumklima (23 °C, 50 % Luftfeuchte)

sowie die Funktion durch eine Isolationsprüfung und Prüfung des Leiterfestzites sichergestellt sein.

40 °C				
2	6	12	21	56
Zyklus	Zyklus	Zyklus	Zyklus	Zyklus

Prüfschärfegrad a

55 °C				
1	2	6		
Zyklus	Zyklus	Zyklus		

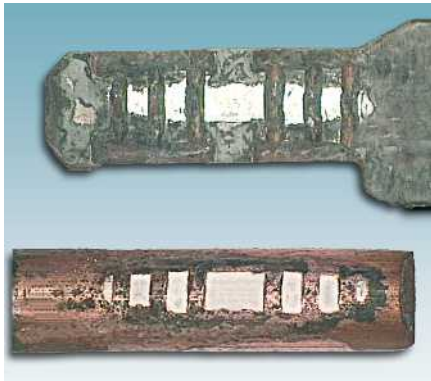
Prüfschärfegrad b



Korrosionsprüfung (DIN 50018)

Die Schlüsselrolle der Metalteile elektrischer Verbindungen wird besonders in aggressiver Umgebung deutlich. Korrosionsfreie Kontaktbereiche sind Voraussetzung für niederohmige und damit leistungsfähige Verbindungen.

Dieses Prüfverfahren beschreibt eine Korrosionsprüfung in einem Kondenswasserklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre. Dabei bilden sich saure Verbindungen <Ph 7, die Metalloberflächen angreifen. In die Prüfkammer werden zwei Liter destilliertes Wasser und ein Liter SO₂-Gas eingeleitet. Bei 40 °C Prüftemperatur bildet sich im Testverlauf schweflige Säure (H₂SO₃). Nach acht Stunden Testzeit trocknen die Prüflinge 16 Stunden bei geöffneter Tür. Nach Prüfungsende erfolgen neben der Sichtprüfung der Prüflinge noch Messungen des Übergangswiderstands, um den Einfluss dieser Korrosionsprüfung auf die Kontaktstelle näher darzustellen.



Kontaktzone einer Schraubklemme nach Testablauf



Prüfaufbau Korrosionsprüfung

Reihenklemmen von Phoenix Contact erzeugen hochwertige, gasdichte Verbindungen, die auch durch aggressive Medien nicht beeinträchtigt werden können.

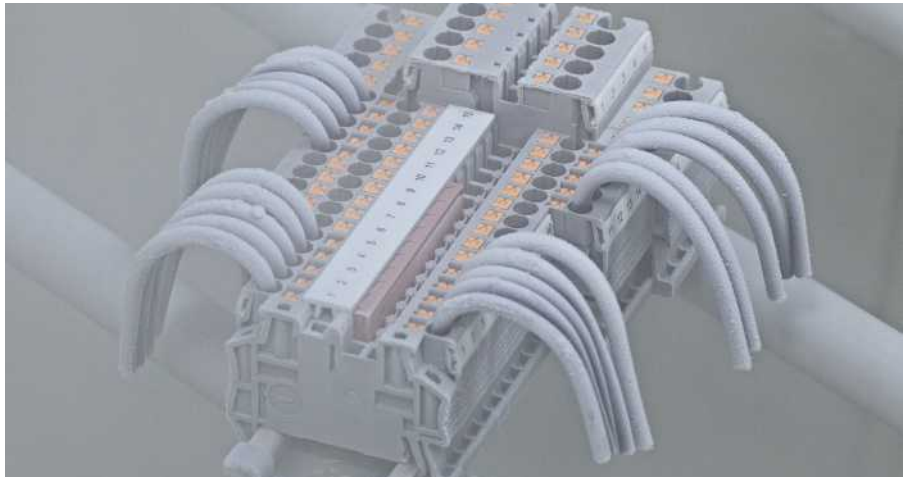


Korrosionsprüfung Salzsprühnebel (IEC 60068-2-11/-52)

Speziell im Schiffbau und für Offshore-Anwendungen müssen technische Komponenten permanent in korrosiver Atmosphäre funktionieren. Der Salzgehalt der Luft, verbunden mit der erhöhten Feuchtigkeit, stellen hohe Anforderungen an die verwendeten Metallteile.

Auf Basis der oben genannten Norm wird die Belastung bei Seeklima simuliert. Die Widerstandsfähigkeit der Metallteile und des Korrosionsschutzes wird mittels Salzsprühnebel in korrosiver Atmosphäre getestet. Hierzu werden die Prüflinge in die Prüfkammer eingebracht und mit einer 5%igen Natriumchloridlösung (NaCl: pH-Wert 6,5-7,2) bei einer Temperatur von 35 °C über 96 h fein dosiert besprüht.

Um den Einfluss auf die Kontaktstellen besser zu bewerten, erfolgt nach Prüfungsende neben der Sichtprüfung



Prüfung Salzsprühnebel PT-Klemme

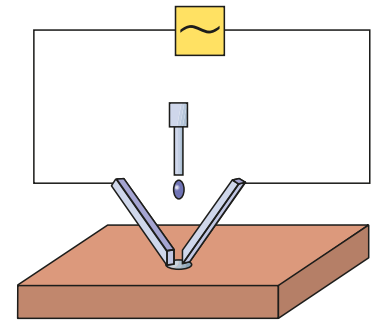
der Prüflinge eine elektrische Prüfung. Phoenix Contact-Reihenklemmen aller Anschlusstechniken erzeugen gasdichte Verbindungen, weshalb die Kontaktstellen auch unter extremen klimatischen Bedingungen vor Korrosion geschützt sind.



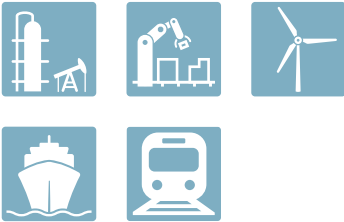
Kriechwegbildung (CTI) (IEC 60112)

Feuchtigkeit und Schmutz begünstigen die Kriechwegbildung auf der Kunststoffoberfläche. Kriechwegbildung ist die Ausbildung leitfähiger Verbindungen zwischen benachbarten Potenzialen. Berücksichtigung findet die Abhängigkeit der Potenziale zu ihrem Spannungsunterschied unter elektrolytischen Einflüssen. Der CTI-Wert eines Kunststoffs zeigt an, inwieweit diese Kriechwegbildung behindert wird.

Auf einem Probekörper 20 mm x 20 mm x 3 mm werden in 4-mm-Abstand zwei Platinelektroden eingerichtet. Eine Prüfspannung nach Normvorgabe wird an die beiden Elektroden angelegt. Anschließend beträufelt eine Vorrichtung mit Elektrolytlösung die Elektroden alle 30 Sekunden mit einem Tropfen. Der Versuch wertet den maximalen Spannungswert ohne einen Stromfluss >0,5 A aus. Die von Phoenix Contact verwendeten Kunststoffe sind mit einem CTI-Wert von 600 in der höchsten Prüfspannungskategorie eingestuft.



Schematischer Prüfaufbau

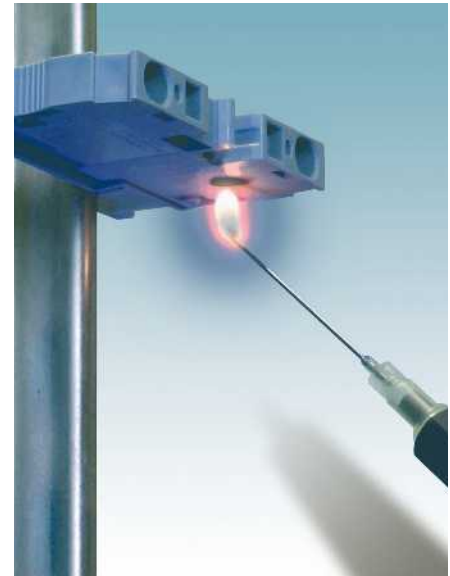


Nadelflammentest (IEC 60947-7-1/-2)

Für den Einsatz der Reihenklempen ist das Brandverhalten bei direktem Kontakt mit einer Zündquelle ein wichtiges Kriterium. Solche flammenden Zündquellen können z. B. Lichtbögen an einer Kriechstrecke sein. Klemmen dürfen Brände nicht begünstigen oder beschleunigen, die Kunststoffe müssen selbstverlöschend reagieren. Mit dieser Brandprüfung wird das Verhalten der Bauteile gegen eine externe Zündquelle simuliert, die von außen direkt auf sie einwirkt.

In dem Prüfverfahren wird eine offene Flamme mit Butangas gespeist und unter einem Winkel von 45° über 10 Sekunden an eine Kante oder Fläche des Prüflings angelegt (siehe Abb.). Anschließend wird das Verhalten des Prüflings ohne Zündquelle beobachtet. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn Flammen bzw. Glühvorgänge innerhalb von 30 Sekunden nach dem Entfernen der Flamme verlöschen und die unter dem Prüfling liegende Auflage aus Seidenpapier sich nicht durch herabfallende, brennende Tropfen entzündet hat.

Alle Reihenklempen von Phoenix Contact bestehen aufgrund der verwendeten hochwertigen Kunststoffe und aufgrund des konstruktiven Aufbaus die Prüfung mit der Nadelflamme.



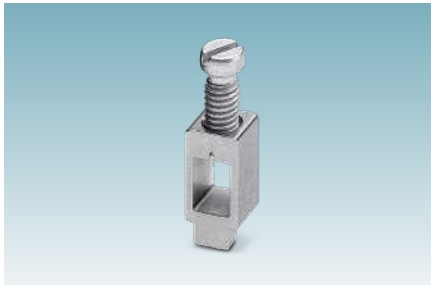
Prüfaufbau Nadelflammentest



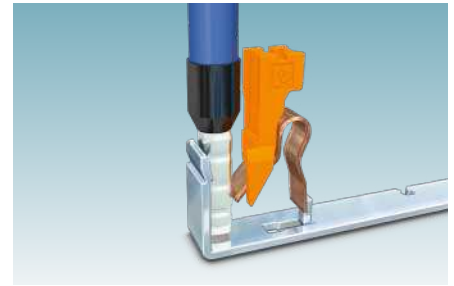
Oberflächenkorrosionsschutz (ISO 4042, EN 12450)

Um langzeitstabile elektrische oder mechanische Eigenschaften zu garantieren, benötigen metallische Oberflächen in der industriellen Verbindungstechnik einen guten Korrosionsschutz. Viele der Komponenten werden auch in aggressiven Klimata eingesetzt, z. B. in der Prozessindustrie oder bei Offshore-Applikationen. Auch im Bereich geschraubter Verbindungen spielen Reibwerte und die Vermeidung von Korrosion eine wichtige Rolle. Reihenklemmen sind langlebige Produkte mit Lebenszyklen von mehreren Jahrzehnten. Phoenix Contact schützt daher die in den Reihenklemmen eingebauten Metallteile gegen Korrosion. In allen Anschlusstechniken mit Kontaktfedern werden Federmaterialien aus korrosionsfreien, hochlegierten Federstählen verwendet. Oberflächen eisenhaltiger Bauteile werden nach DIN ISO 4042 dickschichtpassiviert. Besonders bei den Kupferwerkstoffen wird zudem der möglichen Zinn-Whisker-Bildung durch eine Unternickelung gemäß EN 12540 wirksam entgegengewirkt. Der elektrische Übergangswiderstand aller Reihenklemmen zwischen Leiter und Strombalken wird durch die Korrosionsschutzsysteme nicht negativ beeinflusst.

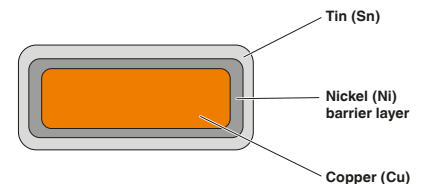
Material	Schutz	Norm	Schutzsystem	Schichtdicke
Eisen	Zink	DIN EN 12329	Dickschichtpassivierung	5 µm ... 8 µm
			Blauchromatierung	5 µm ... 8 µm
Kupfer	Nickel	DIN EN 12540	Sulfat Nickel	3 µm ... 5 µm
Kupfer	Zinn	DIN 50965	2 µm ... 3 µm Nickelsperrschicht + Zinnschicht	4 µm ... 8 µm



Zughülse mit Schraube



Strombalken mit den Anschlusstechniken Push-in und Schraube

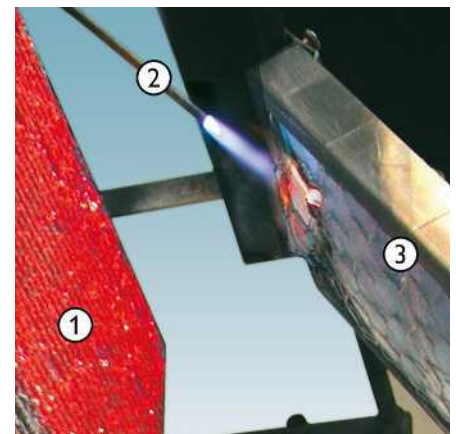


Strombalken im Schnitt

Oberflächenbrennbarkeit (ASTME 162 (NFPA 130))

Zur Bewertung der Oberflächenbrennbarkeit und der Flammenausbreitung von Kunststoff wird nach ASTM E 162 der sogenannte Flame-Spread-Index ermittelt. Hierzu wird eine Probe mit einer Wärmequelle bestrahlt und darüber hinaus mit einer offenen Flamme entzündet. Während der Prüfungsdauer wird die Zeit bestimmt, in der die Flammenfront zwei auseinanderliegende Messpunkte erreicht. Aus dem Produkt dieser Flammenausbreitungszeit und einem errechneten Wärmeentwicklungsfaktor ergibt sich der Flame-Spread-Index. Außerdem wird bei der Prüfung das Abtropfverhalten des Kunststoffs beobachtet und bewertet. In Amerika darf der maximale Flame-Spread-Index 35 betragen.

Die Reihenklemmen von Phoenix Contact erreichen einen Wert von 5 und tropfen nicht brennend ab. Somit liegt der Wert weit unter den zulässigen Maximalwerten der Federal Railroad Administration des U.S. Departments of Transportation (FRA).



1 Heizstrahler, 2 Flamme, 3 Kunststoffprobe



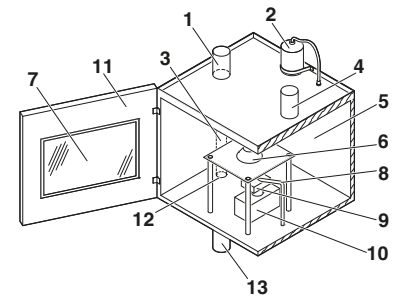
Rauchgasentwicklung (EN ISO 5659-2)

Die EN ISO 5659-2 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung der Rauchentwicklung eines Werkstoffs im Fall eines Brandes unter zusätzlicher Strahlungswärme. Die Prüfung geschieht an insgesamt sechs Probekörpern aber einzeln in einer luftdicht abschließbaren Prüfkammer. Die Probekörper müssen quadratisch sein (75 x 75 mm), mit ebener Oberfläche und nicht dicker als 25 mm. Sie werden so mit Alufolie umhüllt, das nur zur Oberseite eine Beanspruchungsfläche von 65 x 65 mm frei bleibt. Zur Prüfung wird der Probekörper horizontal in einer Aufnahme fixiert und an seiner Oberfläche einer Bestrahlung von 25 kW/m² für 10 Minuten ausgesetzt. Die Prüfung erfolgt an drei Proben ohne und an drei weiteren mit Zündflamme. Dabei wird die optische Rauchdichte photometrisch erfasst. Zunächst werden die Werteänderungen des gebündelten Lichtstrahls der auf einen Photosensor trifft in mV gemessen. (Volle Lichtmenge = 100 %, Dunkelheit = 0 %)

Die ermittelten Werte werden mittels der Formel:

$$D_{s,max} = 132 \frac{\log 10}{100 T_{min}}$$

umgerechnet und als Rauchdichte angegeben.



1. Optisches Messsystem
2. Druckregler
3. Lichtweg
4. Obere Lufteinlassöffnung (oberer Bereich) und untere Luftauslassöffnung, verbunden mit dem Absaugebläse (am Boden)
5. Kammer
6. Kegelheizeinrichtung
7. Fenster
8. Zündflammenbrenner
9. Probekörper in Probekörperhalterung
10. Waageeinrichtung
11. Verschiebbare Tür
12. Optisches Fenster
13. Lichtquelle



Rauchgasentwicklung (ASTM E 662 (NFPA130))

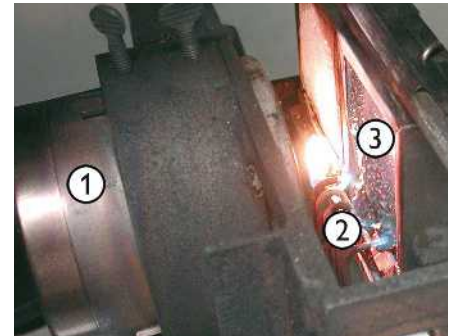
In der Norm ASTM E 662 wird die Bewertung der optischen Rauchdichte während eines offenen Brands bzw. eines Schmelbrands vorgegeben. Dazu wird die prozentuale Lichtdurchlässigkeit im Verhältnis zum Brandkammervolumen beobachtet. Hierzu wird eine Probe in eine genau definierte Rauchdichtekammer eingebracht. Der Prüfling wird mit einer Wärme von 2,5 W/cm² bestrahlt. Danach werden über 20 Minuten folgende Prozesse simuliert:

1. Verbrennung bei offener Flamme
2. Schmelbrand, (Vermeidung einer offenen Flamme)

Die Grenzwerte der optischen Rauchdichte bei beiden Prozessen werden nach 1,5 und vier Minuten aufgenommen.

- Spezifische optische Rauchdichte (Ds 1,5), Grenzwert 100
- Spezifische optische Rauchdichte (Ds 4), Grenzwert 200
- Maximale Rauchdichte (Dm) während der 20 Minuten

Die für Phoenix Contact-Reihenklemmen eingesetzten Polyamide erfüllen nach ASTM E 662 alle Anforderungen der Federal Railroad Administration (FRA) des U.S. Departments of Transportation (FRA).



1 Heizstrahler, 2 Flamme, 3 Kunststoffprobe



Rauchgastoxizität (NF X70-100-2 (600 °C))

Die NF X70-100:2006 als Teil der Requirement Sets R22 und R23 der EN 45545-2:2013+A1:2015 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung der Rauchgastoxizität eines Werkstoffs im Fall eines Brandes. Bei dieser Prüfung wird 1 g des zu untersuchenden Materials bei 600 °C in einem Quarzrohr unter definierten Bedingungen (Luftdurchsatz 120 L/min über 20 min) und unter Ausschluss von Sauerstoff thermisch zersetzt. Danach werden die Brandgase gesammelt und analysiert. Hierzu werden die entstehenden Brandgase durch Waschflaschen geleitet, die mit einer Absorptionsflüssigkeit gefüllt sind, sodass die Brandgase in dieser Flüssigkeit verbleiben. Anschließend werden nasschemische Analysen auf die Halogenwasserstoff-Säuren Salzsäure (HCl), Bromwasserstoff (HBr), Blausäure (HCN) und Flusssäure (HF) sowie auf Stickoxide (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂) durchgeführt und deren Konzentration bestimmt. Die Brandgase Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) werden mittels IR-Spektroskopie

bestimmt.

Die Rauchgastoxizität eines Materials wird durch den konventionellen Toxizitätsindex CITNLP dargestellt, der sich aus dem Verhältnis der gemessenen Gaskomponenten (c_i) zu vorgegebenen Referenzkonzentrationen (C_i) ergibt:

$$CIT_{NLP} = \sum_{i=1}^8 \frac{c_i}{C_i}$$

Gaskomponente	Referenzkonzentration [mg/m ³]
CO ₂	72.000
CO	1.380
HF	25
HCl	75
HBr	99
HCN	55
SO ₂	262
NO _x	38



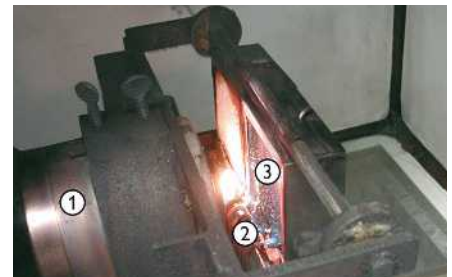
Rauchgastoxizität SMP 800 C

Die SMP 800 C beschreibt maximal zulässige Werte von giftigen Rauchgasen während des Verbrennens eines Kunststoffes.

Die von Phoenix Contact eingesetzten Polyamide unterschreiten die kritischen Konzentrationen um ein Vielfaches.

Im Vergleich zur BSS 7239 (Boeing Standard) gibt diese Norm genauere Messverfahren zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von toxischen Rauchgasen an. Hierzu werden der NBS-Kammer während der ASTM-E-662-Prüfung zwischen der 4. und 19. Minute sechs Liter Rauchgas entnommen und der Analyse zugeführt. SMP-800-C-Grenzwerte toxischer Rauchgase in ppm:

Kohlenmonoxid (CO)	3500
Kohlendioxid (CO ₂)	390.000
Stickoxide (NO _x)	3100
Schwefeldioxid (SO ₂)	3100
Salzsäure (HCl)	3500
Bromwasserstoffsäure (HBr)	3100
Flusssäure (HF)	3100
Blausäure (HCN)	3100



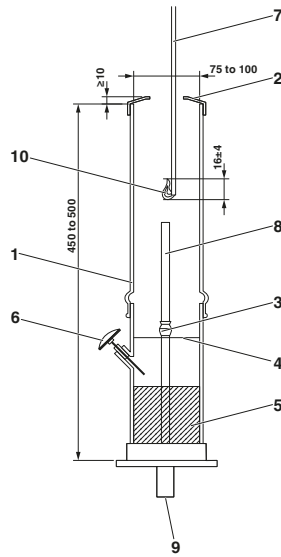
1 Heizstrahler, 2 Flamme, 3 Kunststoffprobe



Sauerstoffindex (DIN EN ISO 4589-2)

Die DIN EN ISO 4589-2 beschreibt eine Prüfung, um anhand eines Sauerstoffindexes (OI) das Brandverhalten von Kunststoffen zu bewerten. Für Kunststoffe, wie sie z. B. in der Elektroindustrie verwendet werden, ist eine Plattengröße mit einer Länge von 70-150 mm, Breite 6,5 mm ($\pm 0,5$ mm) und einer Stärke von 3 mm ($\pm 0,25$ mm) zur Prüfung zu verwenden. Diese Platte wird in einem Glaszylinder senkrecht stehend montiert, mit einem Sauerstoff-Stickstoffgemisch umströmt und an der oberen Kante mit einer Propangasflamme angezündet. Anschließend wird das Brennverhalten bei unterschiedlichen Sauerstoffgehalten des umströmenden Gases analysiert.

Das Anzünden besteht aus einer bis zu 30 s langen Beflammung mit anschließender 5 s Pause. Die Beflammung wird in 5-s-Schritten so lange wiederholt, bis der Probekörper an der Oberfläche brennt. Ziel ist eine 180 s lange Brenndauer nach Entfernen der Propangasflamme. Dabei sollen nicht mehr als 50 mm, gemessen ab der angezündeten Kante, brennend abgetropft oder weggeschmolzen sein. Brandunterbrechungen ≤ 1 s sind zulässig. Ist die Flamme vor Ablauf der 180 s erloschen, wird die Messung als „O“ gewertet und der Sauerstoffanteil wird für den nächsten Durchlauf erhöht. Hat die Flamme die 180 s Bestand gehabt, wird die Messung als „X“ gewertet und der Sauerstoffanteil für den nächsten Durchlauf reduziert. An mehreren Probekörpern wird



1. Kamin
2. Kaminklappe
3. Probekörperhalter
4. Drahtgitterabschirmung
5. Diffusor und eine Mischkammer
6. Beliebige Temperaturmessgerät
7. Rohr
8. Probekörper
9. Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch
10. Zündquelle

eine Genauigkeit des Sauerstoff-Grenzwerts (bei dem die Probe noch brennt) von ≤ 1 % zu „O“ Durchläufen ermittelt. Daraus errechnet sich später der Sauerstoffindex OI.



Vertikale Kleinbrennerprüfung (EN 60695-11-10)

Die EN 60695-11-10 dient der Beurteilung des Brandverhaltens. Der Werkstoff wird mit einer genormten 50-W-Nadelflamme angezündet. Dazu muss vorher ein rechteckiger stabförmiger Prüfling erzeugt werden. Dieser Prüfling muss von den Abmaßen her 125 mm x 13 mm x wahlweise 0,1 - 12 mm dick sein. Im Prüfverfahren „A“ werden drei Prüfstäbe benötigt. Bei der Prüfung wird jeder Stab waagrecht befestigt und als Bewertung die lineare Brenngeschwindigkeit gemessen. Dazu wurden vorher zwei Marken bei je 25 mm und 100 mm angebracht. Die Klassifizierung erfolgt, je nach Abbrand, in „HB // HB 40 // HB 75 // oder bei Überschreiten der 100-mm-Marke mit

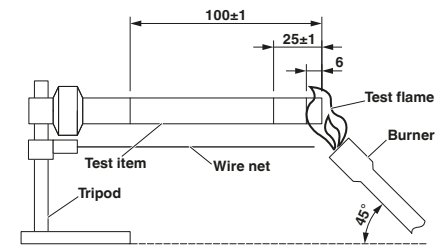
$$v = \frac{L}{t} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}$$

v = Brandgeschwindigkeit
L = Länge Schadensmaß
t = Zeit

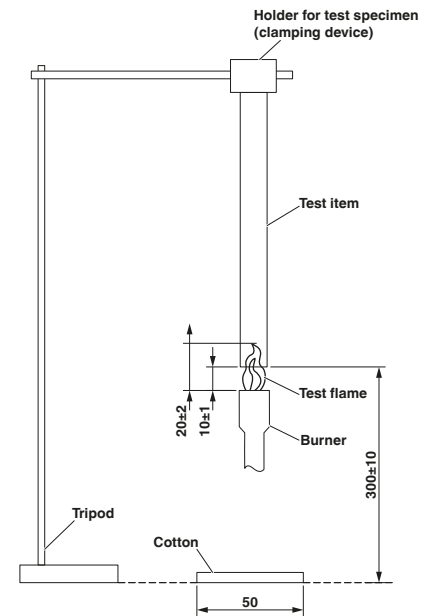
Im Prüfverfahren „B“ werden fünf Prüfstäbe benötigt, wobei jeder Stab senkrecht an einem Ende aufgehängt und das freie Ende mit einer Prüfflamme für 10 s angezündet wird. Unter dem Prüfling befindet sich eine Baumwollunterlage. Danach wird die Nachbrennzeit t_1 ermittelt. Unmittelbar darauf erfolgt eine zweite Beflammung von wieder 10 s mit Messung der Nachbrennzeit t_2 und der Nachglimmzeit t_3 . Dabei dürfen keine brennenden Tropfen abfallen und die Unterlage entzünden.

Die Messwerte werden zur Auswertung wie folgt berechnet:

$$t_f = \sum_{i=1}^5 (t_{1,i} + t_{2,i})$$



Prüfverfahren „A“



Prüfverfahren „B“

Kriterien	Werkstoffklassifikation		
	V0	V1	V2
Nachbrennzeit mit Flamme an einem einzelnen Prüfling (t_1 und t_2)	≤10 s	≤30 s	≤30 s
Gesamt-Nachbrenndauer mit Flamme eines Satzes von Prüflingen nach jeweiliger Konditionierung (t_f)	≤50 s	≤250 s	≤250 s
Nachbrennzeit mit Flamme plus Nachglimmzeit eines einzelnen Prüflings nach der zweiten Beflammung (t_2 plus t_3)	≤30 s	≤60 s	≤60 s
Nachbrennen und/oder Nachglimmen eines einzelnen Prüflings bis zur Halterung darf auftreten?	nein	nein	nein
Entzündung der Unterlage aus Baumwolle durch brennende Teilchen oder Tropfen dürfen auftreten?	nein	nein	ja



Zertifizierungen, Zulassungen und statistische Q-Werte

An unsere Produkte werden zu allen Phasen des Produktlebenszyklus Forderungen von Gesetzen, Verordnungen, internationalen Standards und Kundenanforderungen in Form von Zulassungen gestellt, die wir nicht selten deutlich übertreffen. Diese qualitativen Eigenschaften stellen wir als Bedingung an gesamte Baureihen und nicht nur einzelne Produkte. Notwendige Schritte zum Erreichen dieser Zulassungen bauen wir in die Unternehmensprozesse mit ein. Das Ergebnis ist ein Produktbaukasten mit festgelegten Prozessen und Werkzeugen für den Erfolg der Phoenix Contact-Gruppe.



Akkreditierung Labor CE (IEC 60947-7-1/-2/-3)

EU-Konformitätserklärung

Mit der EU-Konformitätserklärung und der daraus resultierenden CE-Kennzeichnung auf dem Produkt, bestätigt der Hersteller, dass das von ihm in Verkehr gebrachte Produkt mit den grundlegenden Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen der angewendeten EU-Richtlinien konform ist.

Konformitätsbewertungsverfahren

Die Konformitätsbewertung ist besonders wichtig im Hinblick auf die gestellten Mindestanforderungen im Bereich Sicherheit. Die Bewertung muss erbracht werden, bevor der Hersteller das Produkt auf den Markt bringt. Die EU-Konformitätsbewertung bildet die Grundlage für die Konformitätserklärung des Herstellers. Im Fall einer



vorgeschriebenen Kennzeichnung wird die Ware mit einem CE-Kennzeichen versehen. Die Richtlinien enthalten Anhänge mit Modulen zum Durchführen des Konformitätsverfahrens, die je nach Klassifizierung des Artikels gelten. Die Integration einer benannten Stelle als Labor ist dann obligatorisch, wenn die Waren mit einem Risiko verbunden sind. Durch diese CE-Kennzeichnung bringt der Hersteller in Eigenverantwortung den zuständigen Behörden gegenüber zum Ausdruck, dass sein Produkt den einschlägigen Rechtsvorschriften und technischen Spezifikationen entspricht. Sie ist als Marktzulassungszeichen und nicht als Herkunfts-, Qualitäts-, Güte- oder Normkennzeichen anzusehen. Im Bereich der Produktbaureihe CLIPLINE complete wird das CE-Kennzeichen vergeben und folgende Richtlinien herangezogen:

2014/35/EU Low Voltage Directive (LVD)
2014/34/EU Equipment for potentially



explosive atmospheres Directive (ATEX)
2011/65/EU Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

CCC

CCC steht für China Compulsory Certification und ist das Zertifizierungssystem in China. Durch dieses System gibt es einheitliche Standards für bestimmte Produktkategorien. Produkte aus diesen Gruppen müssen nach den CCC-Standards zertifiziert werden. Das CCC-Zeichen ist prinzipiell vergleichbar mit einer CE-Kennzeichnung für den europäischen Raum. Der Standard gilt sowohl für importierte wie auch für lokale, chinesische Produkte. Die zertifizierungspflichtigen Produkte dürfen erst dann nach China importiert, verkauft und in Geschäftsaktivitäten in China verwendet werden, nachdem eine CCC-Zertifizierung des Produkts erteilt wurde.

Die Produktkategorien sind:

- Elektrische Leitungen und Kabel
- Elektrische Schalter und Anlagen für Schutz oder Verbindungen
- Niederspannungsanlagen
- Motoren
- Elektrische Werkzeuge
- Schweißmaschinen
- Haushaltsgeräte
- Audio- und Videoapparate
- Computer und Computerezubehör
- Leuchten
- Telekommunikationsanlagen und -zubehör
- Kraftfahrzeuge und sicherheitsrelevante Kfz-Komponenten
- Reifen für Kraftfahrzeuge
- Sicherheitsgläser
- Landwirtschaftliche Maschinen
- Feuerlöschgeräte
- Einbruchschutz- und Sicherheitsausrüstung
- Drahtlosnetzwerkgeräte
- Dekorations- und Einpassungsprodukte
- Spielwaren und Produkte für Kinder
- Produkte im Explosionsbereich (Hinzugefügt 2019)



Das Prüfsiegel CCC wird von der CNCA vergeben, die unterhalb der staatlichen Qualitätsüberwachungsinstitution (AQSIQ) angesiedelt ist. Durch die 2019 hinzugefügte Kategorie („Produkte im Explosionsbereich“) fallen die Reihenklempen, die für den Explosionsbereich zertifiziert und gekennzeichnet sind, auch unter die zertifizierungspflichtigen Artikel für China. Reihenklempen ohne eine Zertifizierung für den Explosionsbereich fallen auch weiterhin nicht unter die CCC-pflichtigen Artikel.



EAC

Die EAC-Kennzeichnung ermöglicht dem Hersteller den Import der Ware in die Eurasische Wirtschaftsunion (EAWU). Zu dieser Zollunion gehören derzeit Länder wie Russland, Weißrussland, Kasachstan, Kirgisistan und Armenien.

Mit der entsprechenden Konformitätsbewertung wird erklärt, dass die Sicherheitsanforderungen nach den Technischen Regelwerken (TR's) wie

- TR ZU 004/2011 Sicherheit von Niederspannungsanlagen
- TR ZU 012/2011 Sicherheit von Ausrüstung für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen
- TR EAWU 037/2016 Einschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Hochfrequenztechnik

erfüllt sind und die Produkte in die Union importiert werden dürfen.

Die Sicherheit der Produkte wird durch das Prüfen in einem unabhängigen Labor sichergestellt und durch turnusmäßige Audits in den Fertigungsstandorten bestätigt.

Große Teile des Reihenklemmensystems CLIPLINE complete haben die EAC-Zulassung und können problemlos in Anlagen verbaut werden, die für den Export in die genannten Länder bestimmt sind.

EAC



IECEx (IEC 60079)

Der Explosionsschutz stützt sich weltweit im Wesentlichen auf die internationale Normenreihe IEC 60079 und die europäischen und amerikanischen Normen, Standards und Richtlinien. Als Basis in Nordamerika gelten in den USA der National Electrical Code (NEC) und in Kanada der Canadian Electrical Code (CEC). Für den Bereich der CENELEC-Länder der Europäischen Union und darüber hinaus hat die Richtlinie 2014/34/EU (ehemals ATEX 100a) zentrale Bedeutung für die Hersteller von Geräten und Schutzsystemen. Dem internationalen Gedanken tragen wir mit IECEx-Zertifikaten Rechnung. Die Anwendung in der Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit“ Ex eb in Zone 1 und 2 und Ex ec in der Zone 2 ist damit zugelassen. Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die Klemmen in Gehäusen eingebaut werden, die für die jeweilige Zündschutzart qualifiziert und bescheinigt sind.

Anforderungen an Reihenklemmen

Die Zündschutzarten „d“ druckfeste Kapselung, „p“ Überdruckkapselung und „m“, „q“, „o“ (Verguss-, Sand- oder Ölkapselung) stellen keine besonderen Anforderungen an Reihenklemmen. Das Schutzprinzip der erhöhten Sicherheit „e“ (IEC/EN 60079-7) beruht wesentlich auf verschärften, konstruktiven Maßnahmen.

Die wichtigsten für Reihenklemmen sind:

- Luft- und Kriechstrecken
- Reihenklemmen müssen gegen das Selbstlockern gesichert, befestigt und so ausgeführt sein, dass sich die Leitungen weder lösen, noch durch die Klemmstelle unzulässig beschädigt werden.
- Kein Übertragen des Kontaktdrucks über Isolierteile
- Reihenklemmen für den Anschluss mehrdrähtiger Leiter müssen mit einem elastischen Zwischenglied ausgestattet sein.

Diese Forderungen und die technischen Daten werden durch ein unabhängiges Prüfinstitut (notifizierte Stelle z. B. PTB, DEKRA, KIWA, ...) geprüft und durch das Zertifikat bescheinigt.



Die Baumusterprüfung gilt als Nachweis folgender Tests:

- Typprüfung nach IEC 60947-7-1/-2
- Nachweis der Luft- und Kriechstrecken sowie Isolationsprüfung
- Alterungsprüfung:
- 14 Tage Lagerung bei 95 °C und 95 % Luftfeuchtigkeit
- weitere 14 Tage bei trockener Wärme
- Höhe des TI-Werts des Isolierstoffs
- 24 Stunden Kältelagerung bei -65 °C mit anschließender Leiterauszugsprüfung.

Ex e-zugelassene Reihenklemmen von Phoenix Contact sind Standardreihenklemmen. Diese Klemmen werden nach der IEC/EN 60079 im Herstellungsprozess u. a. durch eine Isolationsprüfung stückgeprüft. Zündschutzart Ex e „Erhöhte Sicherheit“ Ex eb bzw. Ex ec. Die Reihenklemmen der Zündschutzart Ex eb sind damit für den Einbau in Anschlussräumen der Zone 2 und vor allem in Zone 1 zugelassen. Die Gehäuse zum Einbau der Klemmen müssen ebenfalls die Zulassung für die Zündschutzart Ex e besitzen und mindestens der Schutzart IP54 entsprechen.

Die für die Zündschutzart Ex eb zugelassenen Reihenklemmen werden in folgende Gruppen unterteilt:

- Push-in-Anschlussklemmen
- Schraubanschlussklemmen
- Zugfeder-Anschlussklemmen
- Schnellanschlussklemmen
- Miniklemmen
- Klemmen für spezielle Einsatzgebiete.

Neben den Durchgangsreihenklemmen sind Funktionsklemmen, d. h. Sicherungsreihenklemmen sowie Prüftrenn-Reihenklemmen in der Zündschutzart Ex ec für die Anwendung in Bereichen der Zone 2 erhältlich.

Zündschutzart Ex i

In Anwendungen mit der Zündschutzart Ex i Eigensicherheit wird für Reihenklemmen keine gesonderte Zulassung benötigt. Hier werden neben den Ex-e-zugelassenen auch andere Standardklemmen eingesetzt. Die verschärften Anforderungen an die Luft- und Kriechstrecken

- zwischen benachbarten Klemmen
- zwischen Klemmen und geerdeten Metallteilen sowie Abstände durch feste Isolation sind in der IEC/EN 60079-11 festgelegt.



Ex-Normsymbole



Die Zertifikate bescheinigen die durchgeführte Prüfung durch die jeweils benannte Stelle

JIS C 2811

Die Industrienorm JIS C 2811 ist ein mittlerweile veralteter Standard für die Spezifizierung von Klemmen für industrielle und ähnliche Anwendungen. In der Norm werden Klemmen geprüft, die für elektrische Stromkreise von nicht mehr als 600 V Wechselspannung (Frequenz 50 Hz oder 60 Hz) oder 600 V Gleichspannung verwendet werden dürfen.



Diese Industrienorm wurde von der Gruppennorm JIS C 8201-7-1,-2,-3,-4 abgelöst, die sich an den IEC-Standards 60947-7-1,-2,-3,-4 orientiert. Der veraltete Standard JIS C 2811 hat jedoch nie an Bedeutung für einige Kunden in Japan verloren. Deshalb ist die zusätzliche Verbandsnorm NECA C 2811 entstanden, in der die gleichen Regularien enthalten sind wie in der JIS C 2811. Besonders im öffentlichen Bereich wird diese oft mit verwendet. Der Verband NECA (Nippon Electric Control Equipment Industries Association) ist eine private, freiwillige Organisation, die das Wachstum des Bereichs der elektrischen Steuerungsausrüstung fördert. Wenn auch nicht extra ausgewiesen, so erfüllen



große Bereiche des Reihenklemmensystems CLIPLINE complete diese Vorgaben.

NEC

Der Artikel 409 für industrielle Schaltungstechnik befindet sich in dem NEC „national electric code“ (NFPA 70). Dieser beinhaltet Regeln und Vorschriften in Bezug auf Elektroinstallationen für z. B. öffentliche und private Gelände, Gebäude usw.. In dem Artikel 409 werden Bestimmungen in Verbindung mit der Kurzschlussfestigkeit (SCCR) von Schaltschränken aufgeführt. Sie ist für Schaltschränke bis 600 V festgelegt und reguliert deren konstruktiven Aufbau. Abschnitt 409.2 definiert einen Schaltschrank wie folgt: Anordnung von zwei oder mehr Komponenten

1. im Hauptstromkreis wie z. B. Motorsteuergeräte, Überlastrelais, Lasttrennschalter mit Sicherungen und Leistungsschalter
2. im Steuerstromkreis wie z. B. Druckknöpfe/-taster, Signalleuchten, Auswahlschalter, Zeitschalter/-relais, Schalter, Steuerrelais
3. oder in einer Kombination von beiden Stromkreisen

Diese Komponenten mit dazugehöriger Verdrahtung und Klemmen sind in einem Gehäuse oder an einer Schalttafel montiert. Der Schaltschrank beinhaltet nicht die zu steuernden Betriebsmittel.

Abschnitt 409.110 legt fest, dass alle Schaltschränke mit ihrer Kurzschlussfestigkeit (SCCR) gekennzeichnet werden müssen.



Dieser Wert muss entweder auf dem Wert eines gelisteten und gelabelten Aufbaus basieren oder auf einer anderen angemessenen Methode zur Wertermittlung beruhen. Als Hilfestellung zur Berechnung der Kurzschlussfestigkeit wird hier auf den Abschnitt UL 508 A verwiesen, in dem eine Methode aufgezeigt wird, wie der SCCR-Wert berechnet werden kann.

Reihenklammern mit einer UL-Zulassung nach der z. B. UL 1059 sind standardmäßig für einen SCCR-Wert von 10 kA freigegeben und können durch zusätzliche Prüfungen, die im Anhang SA der UL 1059 definiert sind, auch für höhere Werte qualifiziert werden.

In dem UL-File E60425 sind nahezu alle Phoenix Contact-Reihenklammern mit erhöhten SCCR-Werten (bis 100 kA) aufgelistet.

RoHS (EU-Richtlinie 2011/65/EU)

2011/65/EU Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

Die Richtlinie 2011/65/EU (RoHS II) ist die Grundlage für die Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten auf dem Gebiet der Europäischen Union. Die Richtlinie gilt für alle elektrischen und elektronischen Geräte. Innerhalb der Defi-



tion umfasst sie auch solche elektrischen und elektronischen Geräte, die allgemein als elektrische und elektronische Komponenten bezeichnet werden. Produkte von Phoenix Contact, die nicht in diese Kategorie fallen, aber in solche Artikel eingebaut werden können, sind indirekt von der Richtlinie betroffen und müssen die Stoffbeschränkungen der Richtlinie einhalten, um verkaufsfähig zu sein (Compliance).

Reihenklemmen aus dem Produktprogramm von Phoenix Contact erfüllen diese Richtlinien und sind auf der Verpackung entsprechend gekennzeichnet.

RoHS

Schiffsbauregister (GL/LR/ABS/NV/KR/NK/RS)

Der weltweit agierende Schiffbau und dessen global gestreute Zuliefererindustrie unterliegt hohen Sicherheitsanforderungen. Internationale Klassifikationsgesellschaften vergeben sogenannte Risikoklassifizierungen, die von Versicherungen und Reedereien gefordert werden. Diese Klassifizierung erfolgt im Fünfjahresrhythmus. Ziel bei dieser Klassifizierung ist eine möglichst günstige Einstufung für die Versicherung zu erreichen. Hierzu ist erforderlich, dass die elektrische Installation und Ausrüstung mit entsprechend zugelassenen und geprüften Komponenten erfolgt ist.

- DNV GL, sind beide im Dezember 2012 fusioniert, Sitz in Hamburg
- Lloyds Register (LR), gegründet 1760, Sitz in London
- Bureau Veritas (BV), gegründet 1828, Sitz in Paris
- American Bureau of Shipping (ABS), gegründet 1862, Sitz in Houston
- Korean Register (KR), gegründet 1960, Sitz in Daejeon
- Maritime Register of Shipping (RS), gegründet 1913, Sitz in St. Petersburg
- Polish Register of Shipping (PRS), gegründet 1932, Sitz in Danzig
- Nippon Kaiji Kyokai (NK), gegründet 1899, Sitz in Tokio

Im internationalen Schiffbau gilt Asien mit seinen zahlreichen Werftbetrieben in Korea, Japan und China als Weltmarktführer. Europa konzentriert sich mehr auf den Markt der Spezialschiffe und der sicherheitstechnisch innovativen Lösungen.

Häufig werden diese Prüfungen aber auch für Offshore-Installation wie z. B. bei Windparks gefordert.

Für die Zulassung geforderte Prüfungen beziehen sich meist auf elektrische / mechanische Tests (IEC 60947-7-1/2 sowie UL 1059) sowie Vibrations- und Klimaprüfungen. Die Prüfkriterien überschneiden sich zum Teil.

Auszugsweise werden folgende Schwierigkeitsgrade verlangt:

- IEC 60068-2-2 (trockene Wärme)
16 Stunden bei 55 °C oder zwei Stunden bei 70 °C. Phoenix Contact prüft hier mit einem Schärfegrad von 70 °C über 16 Stunden.
- IEC 60068-2-30 (feuchte Wärme)
2 Zyklen à 2 x 12 h mit 55 °C, 95 % Luftfeuchte.
- IEC 60068-2-1 (Kälte) zwei Stunden bei -25 °C. Phoenix Contact prüft hier mit -25 °C über 16 Stunden.
- IEC 60068-2-11 bzw. IEC 60068-2-52 (Salzsprühnebeltest) Ein bis vier Sprühzyklen mit je bis zu 7 Tagen Lagerung
- IEC 60068-2-6 (Vibrationsprüfung)
- UL 94 (Brennbarkeit) V0.
Phoenix Contact prüft mit 30 s Beflamung, die Produktprüfung schreibt nur 10 s vor.

Lloyd's Register

Reihenklemmen im CLIPLINE complete-Programm von Phoenix Contact sind international zugelassen nach einer Auswahl der weltweit anerkannten Klassifikationsgesellschaften. Die im Vorfeld beschriebenen Prüfungen werden bestanden.



UL 486 A und UL 486 B

Diese Norm gilt für einpolige, elektrische Klemmstellen bei Verwendung von Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium oder kupferkaschierten Aluminiumleitern, für die Herstellung von Kontakten zwischen stromführenden Teilen.

Die beschriebenen Prüfungen gelten in Übereinstimmung mit dem Canadian Electrical Code (Teil I, C22.1) in Kanada, ebenso mit dem National Electrical Code NFPA-70 in den Vereinigten Staaten von Amerika und der Norm für elektrische Anlagen (NOM-001-SEDE) in Mexiko. Diese Norm wird in Teilen herangezogen für die Prüffolge an Klemmstellen von Reihenklemmen nach der UL 1059. Sie beinhaltet aber auch eine harmonisierte Beurteilung für Aderendhülsen, die bisher in den amerikanischen UL-Normenwerken

nicht zugelassen wurden. Darüber hinaus finden sich hier Abisolierlängen, Prüfströme, Anzugsdrehmomente für Schraubverbindungen, Leiterauszugswerte und vieles mehr:



Prüfsequenz			
1	2 ^{a)}	3 ^{b)}	4 ^{c)}
Stromzyklen	Statische Erwärmung	Kontaktsicherheit	Spannungsrissskorrosion
	Kontaktsicherheit	Statische Erwärmung	
	Statische Erwärmung		
	Leiterauszugsprüfung		
a) Diese Prüffolge bezieht sich auf eine statische Erwärmungsprüfung			
b) Diese Prüffolge bezieht sich auf mechanische Prüfungen			
c) Diese Spannungsrissskorrosions-Prüfung, egal ob mit Ammoniak oder Quecksilbernitrat durchgeführt, gilt nur für Kupferlegierungen, die den Vorgaben nicht entsprechen			

VDE

Die VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH ist ein anerkanntes, akkreditiertes Prüfinstitut, das seit Jahrzehnten für Qualität und Produktsicherheit mit dem Schwerpunkt des deutschen Markts steht. Mit dem VDE-Zeichen für elektrische Erzeugnisse wird die Konformität der VDE-Bestimmungen, der europäischen oder internationalen harmonisierten Normen bestätigt. Darüber hinaus steht das VDE-Zeichen für die thermische-, elektrische- und mechanische Sicherheit der geprüften Produkte. Insbesondere in der Installationstechnik findet das VDE-Zeichen große Anerkennung. Um das VDE-Zeichen auf Produkten eines Herstellers anbringen zu dürfen, müssen eine Vielzahl von Anforderungen an die Produkte, aber auch an die Fertigung und Qualitätsüberwachung erfüllt sein.

Phoenix Contact erfüllt diese Anforderungen durch die eigens auferlegten hohen Qualitätsansprüche und durch seine transparenten Qualitäts- und Produktionsprozesse. Eine Vielzahl unserer Reihenklemmen ist von der VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH geprüft und darf somit das VDE-Zeichen tragen.



Statistische Q-Werte

MTTF ist das Kürzel von "Mean Time to Failure" was so viel heißt wie „Mittlere Betriebszeit bis zum fehlerbedingten Ausfall“. Dieser Wert ist eine wichtige, statistische Größe bei der Bewertung der Maschinensicherheit. Er kommt in der Regel für nicht reparabile Komponenten, die im Fehlerfall ausgewechselt werden zum Tragen. Bei Phoenix Contact fallen folgende Gerätekategorien darunter:

- Relais
- Elektronische Artikel mit Relais
- Elektronische Artikel
- Steckverbinder/Reihenklennen

Die Berechnung der MTTF-Werte für Reihenklennen erfolgt als Umrechnung der FIT (Failure in Time)-Werte aus der DIN EN 61709 (Tabelle 49). Diese Werte stehen für eine Ausfallrate während 10⁹ Stunden bei 40 °C Umgebungstemperatur und 50 % des für die Verbindungsstelle zulässigen Maximalstroms.

Somit ergibt sich für eine Schraubanschlussklemme, wenn n = Anzahl der Klemmstellen ist:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF}_{\text{Schraube}} &= \frac{1}{\lambda} \cdot 10^9 \text{h} \cdot n \\
 &= 10^9 \text{h} / 0,5 \times 2_{\text{Schraubklemmstellen}} \\
 &= 10^9 \text{h} \\
 &= 114.155,25 \text{ Jahre}
 \end{aligned}$$






















MTBF ist das Kürzel von "Mean Time Between Failure" was so viel heißt wie „Mittlere Betriebszeit zwischen fehlerbedingten Ausfällen“. Wenn eine Komponente reparabel ist, dann stellt dieser Wert das Gegenstück zur MTTF-Funktion dar. Für Komponenten, die reparabel sind, können darauf basierend, voraussichtliche Service-

aufwände abgeschätzt werden.

















Da Reihenklennen in der Regel sehr selten ausfallen, aber nicht reparabel sind, macht eine MTBF-Angabe für eine Reihenklemme keinen Sinn.

Verfahren, Technologie	Querschnitt in mm ²	Ausfallrate FIT (λ)
Crimpen	0,05 ... 300	0,002
Schneidklennen	0,05 ... 1	0,25
Schrauben	0,5 ... 16	0,5
Klennen (Federkraft)	0,5 ... 16	0,5

Zertifizierungsstellen und -zeichen

Zertifizierungsstellen und Zulassungsverfahren						
Logo						
Zertifizierungsstelle	IECEE-CB Scheme (in Kombination mit Zertifizierer)	CENELEC Certification Agreement (CCA-Prüfbericht) (in Kombination mit Zertifizierer)	Canadian Standards Association (CSA)	Canadian Standards Association (CSA) CSA-Zulassung für USA	Canadian Standards Association (CSA), Kombinationslogo, CSA-Zulassung für Kanada und USA	Underwriters Laboratories Inc. (UL)
Länderkennzeichnung	International	EU	CA	US	CA US	US
Logo						
Zertifizierungsstelle	Underwriters Laboratories Inc. (UL), UL-Zulassung für Kanada	Underwriters Laboratories Inc. (UL), Kombinationslogo, UL-Zulassung für USA und Kanada	INSIEME PER LA QUALITA'E LA SICUREZZA	Eurasian Conformity	DEKRA Certification B.V.	Österreichischer Verband für Elektrotechnik
Länderkennzeichnung	CA	US CA	IT	EAEU	NL	AT
Logo						
Zertifizierungsstelle	Eurofins Electro-suisse Product Testing AG, SEV-Zertifizierungsverfahren	Verband Deutscher Elektrotechniker e.V. (VDE) • Zeichengenehmigung • Gutachten mit Fertigungsüberwachung	Berufsgenossenschaft (BG) GS geprüfte Sicherheit	Intertek ETL Listed, Zulassung für USA	Intertek ETL Listed, Zulassung für Kanada	Intertek ETL Listed, Zulassung für USA und Kanada
Länderkennzeichnung	CH	DE	DE	US	CA	US CA
Logo						
Zertifizierungsstelle	TÜV Rheinland Industrie Service GmbH	China Compulsory Certification	Korean Certification Mark			
Länderkennzeichnung	DE	CN	KR			

Explosionsschutz

Logo						
Zertifizierungsstelle	International Electrotechnical Commission	ATEX Directive	Canadian Standards Association (CSA)	Canadian Standards Association (CSA), CSA-Zulassung für USA	Canadian Standards Association (CSA), Kombinationslogo, CSA-Zulassung für Kanada und USA	Underwriters Laboratories Inc. (UL)
Länderkennzeichnung	International	EU	CA	US	CA US	US
Logo						
Zertifizierungsstelle	Underwriters Laboratories Inc. (UL), UL-Zulassung für Kanada	Underwriters Laboratories Inc. (UL), Kombinationslogo, UL-Zulassung für USA und Kanada	FM Approvals	FM Approvals, FM-Zulassung für Kanada	FM Approvals, FM-Zulassung für USA und Kanada	Eurasian Conformity for Ex-products
Länderkennzeichnung	CA	US CA	US	CA	US CA	EAEU
Logo						
Zertifizierungsstelle	Korean Certification Mark for Ex-products	National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality	National Supervision and Inspection Center for Explosion Protection and Safety of Instrumentation	Corp. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico		
Länderkennzeichnung	KO	BR	CN	CO		

Schiffsklassifikationsgesellschaften

Logo						
Zertifizierungsstelle	DNV GL - MARITIME	Bureau Veritas	Lloyds Register of Shipping	Nippon Kaiji Kyokai	Polski Rejestr Statków	Russian Maritime Register of Shipping
Länderkennzeichnung	DE	FR	GB	JP	PL	RU
Logo						
	Korean Register of Shipping	American Bureau of Shipping	Registro Italiano Navale			
	KR	US	IT			

Digitale Qualität

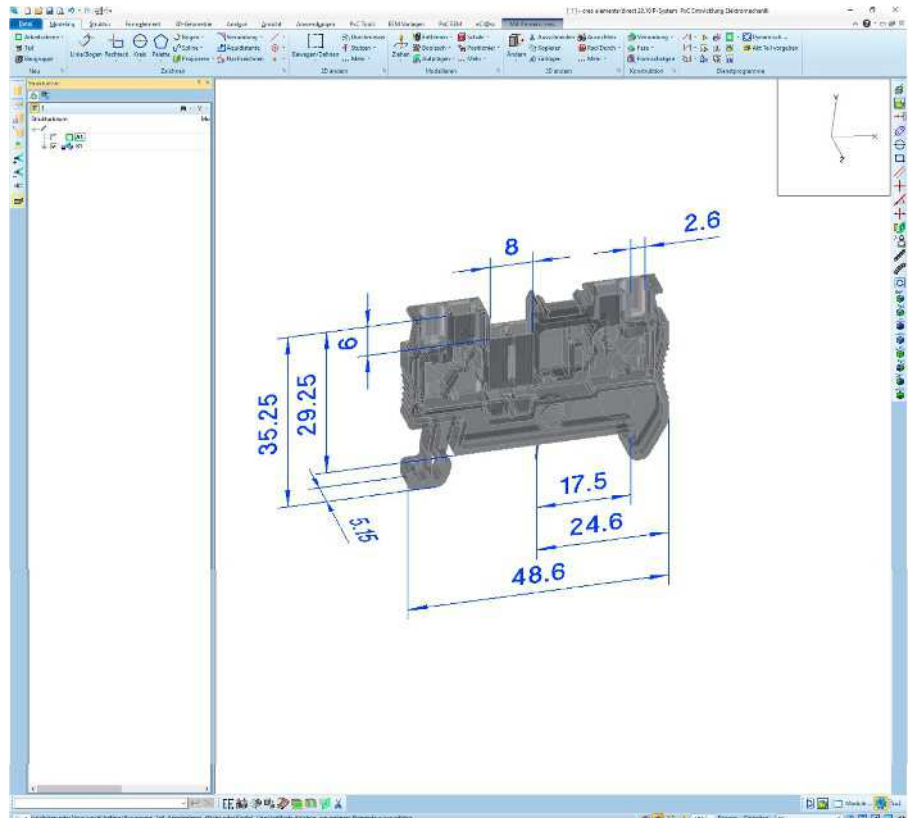
Die Qualität unserer Produkte steht bei uns an oberster Stelle. Aber auch im digitalen Bereich wird unser Qualitätsanspruch groß geschrieben. Deshalb arbeiten wir stets daran die digitalen Themen voranzutreiben. Mithilfe der Digitalisierung möchten wir Ihnen die Zusammenarbeit mit uns so einfach wie nur möglich gestalten. Genießen Sie den einfachen Austausch von Daten und Informationen oder nutzen Sie unsere Konfiguratoren für die einfache Gestaltung Ihrer individuellen Lösung.





2D/3D-Datenformate

Damit die CAD-Programme der Entwickler, ohne großen Aufwand, komplette Artikel oder auch Baugruppen in bestehende Schaltschränke integrieren können, werden die Bauteildaten in allgemein gebräuchlichen 2D- und 3D-Formaten benötigt. Phoenix Contact unterstützt die Anwender dabei durch einen einfachen Zugang zu unseren Produktdaten-Downloads. Dort werden Dateien in den 2D-Formaten JPG, PDF und DXF sowie als 3D im STEP-Format angeboten. Somit ermöglichen wir Ihnen den einfachen Datenimport in nahezu allen verfügbaren CAD-Werkzeugen.



Auszug aus einem CAD-Programm

BMEcat

Für den Austausch von Produktinformationen zwischen unterschiedlichen Software-Applikationen müssen die Daten in speziellen Formaten aufbereitet sein. Denn nur so lassen sich die Daten automatisiert verarbeiten. Um die Aufwände bei der Verarbeitung der Daten auf beiden Seiten zu minimieren, ist ein wesentlicher Aspekt die Verwendung von standardisierten Formaten. Im Austausch von Katalogdaten im B2B-Bereich ist der BMEcat das standardisierte Austauschformat. Der BMEcat ist ein XML-basiertes, standardisiertes Austauschformat. Dieses ist so konzipiert, dass der Beschaffungsprozess von der Bestellung bis zur Abrechnung unterstützt wird. Neben den Informationen zu Produkten im Beschaffungsprozess, wie Preisen und Verpackungsinformationen, können auch weitere Produktinformationen über den BMEcat ausgetauscht werden. Hierdurch können z. B. die Daten für elektronische Kataloge oder Dokumentationen bereitgestellt werden. Hier liegt der Vorteil darin, dass mit dem BMEcat Produktdaten entsprechend dem allgemein anerkannten



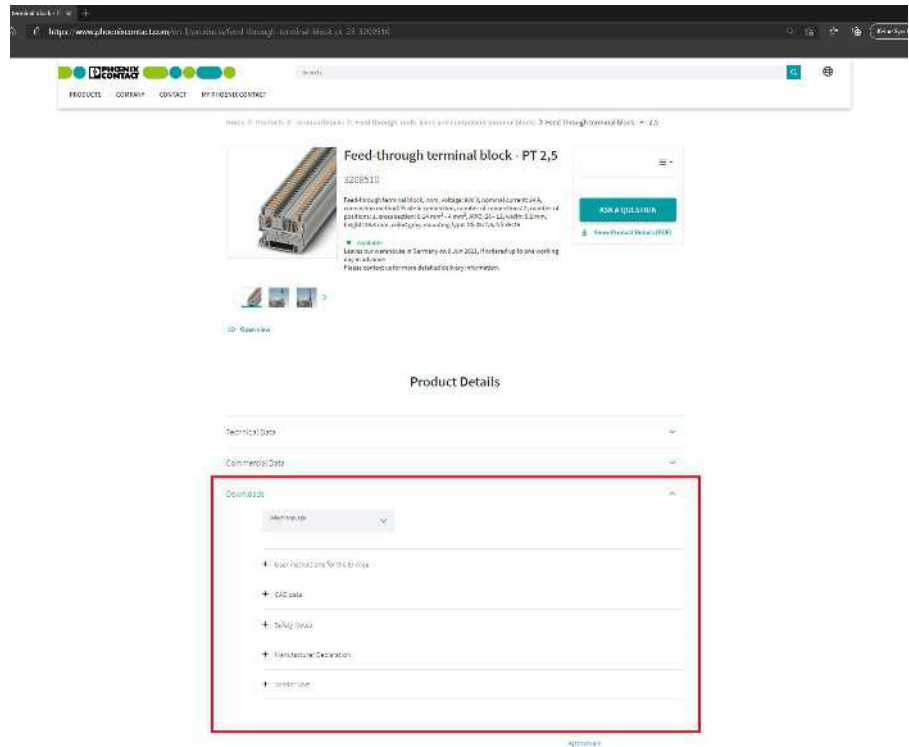
BMEcat Software OXOMI

Klassifizierungsstandard eCI@ss und ETIM ausgetauscht werden können. Phoenix Contact unterstützt die Formate BMEcat 1.2 und das BMEcat® 2005. Mit diesen Programmen können z. B. mehrsprachige Kataloge in einer Datei übertragen werden. Zusätzlich das Format BMEcat® 2005.1, das speziell für den Austausch von Daten basierend auf dem eCI@ss Advanced Standard entwickelt wurde.

CAD-Formate und Download

Auf der Internetseite von Phoenix Contact, finden Sie unter jedem Produkt einen Download-Bereich. In diesem Bereich können Sie produktbezogene Informationen in verschiedenen Sprachen herunterladen. Die folgenden Informationen können Sie dort herunterladen:

- Sicherheitshinweis (inklusive Montagehinweise)
- Anwenderhinweis (Anschlusshinweis, Ex-Bereich)
- CAD-Daten (DXF, PDF, STEP)
- Ausschreibungstext (.txt, x81, d81)
- Produktinformationen (Zuverlässigkeitsprognosen)
- Herstellererklärung (Konformitätserklärungen ATEX, EU, RoHS etc.)
- Zertifizierungen (EU-Baumusterprüfbescheinigung, IECEx etc.)



Auszug aus dem Online-Shop

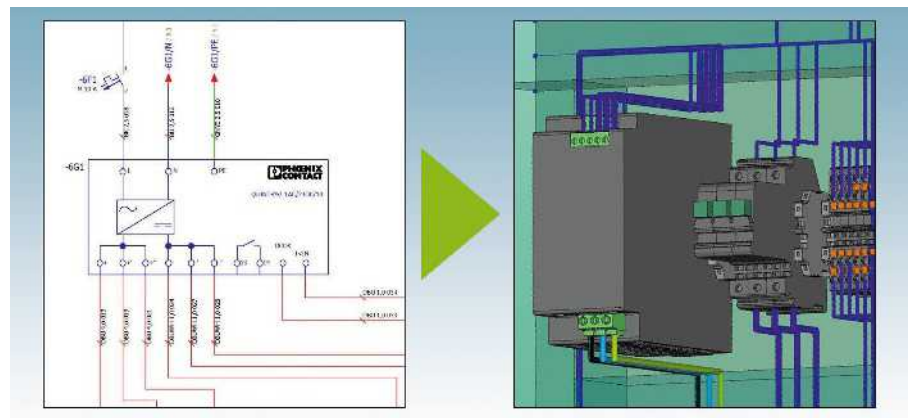
eCl@ss – Standard für Stammdaten und Semantik für die Industrie 4.0

Für den elektronischen und automatisierten Datenaustausch ist die Verwendung einer „gemeinsamen Sprache“ zwingend erforderlich. Mit eCl@ss steht hierfür ein weltweit anerkannter und normenkonformer Standard zur Verfügung. eCl@ss ermöglicht branchenübergreifend die einheitliche Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Mit mehr als 45.000 Produktklassen und rund 19.000 Merkmalen hat sich eCl@ss international durchgesetzt. Durch den Einsatz des eCl@ss-Standards können unternehmensinterne Prozesse optimiert und die Zusammenarbeit mit Geschäftspartnern effizienter gestaltet werden. Entwickelt wird eCl@ss von dem gleichnamigen, im Jahr 2000 gegründeten eCl@ss e.V.

Als Non-Profit-Organisation wird der Verein von Mitgliedern aus Unternehmen, Verbänden und Institutionen der verschiedenen Branchen aus Industrie und Handel getragen. Ihr gemeinsames Ziel ist, den eCl@ss-Standard in Übereinstimmung mit aktuellen und zukünftigen Marktanforderun-

gen zu erweitern und seine internationale Anwendung zu fördern. Phoenix Contact unterstützt den eCl@ss-Standard im Warengruppenmanagement, wo die branchenübergreifende eCl@ss-Klassifizierung im Einkaufsprozess angewendet wird und seine vierstufige Hierarchie, die die Basis für die Klassifizierung der Produkte von unterschiedlichen Herstellern ist. Über die Merkmale, die den Klassen zugeordnet sind,

lässt sich das jeweilige Produkt beschreiben, um so z. B. Multi-Supplier-Katalogen erstellen zu können.



eCl@ss

Konfiguratoren

Konfiguratoren ermöglichen eine schnelle und individuell auf den Kunden angepasste Bestellung von konfigurierbaren Artikeln. Die physikalische Varianz der möglichen Kombinationen dieser Artikel schließt eine klassische Benummerung der Variantenmöglichkeiten aus. Deshalb verfügt Phoenix Contact über Online-basierte Konfiguratoren.

Mithilfe dieser Konfiguratoren können sich Kunden ihren Artikel aus den zugeordneten Basisartikeln zusammenstellen und ggf. durch Beschriftung und Zubehör weiter individualisieren. Diese Artikel kommen in den Warenkorb. Bekannte Kunden (mit Login) können daraufhin im jeweiligen Länderportal direkt den Preis für die individuelle Konfiguration abrufen.

Nach Abschluss der Konfiguration wird dazu per Mausklick auf den Warenkorb-Button, die Konfigurationsdatei an die internen Systeme von Phoenix Contact übermittelt. Daraufhin wird der jeweilige Preis generiert und an den Warenkorb zur Anzeige zurück übertragen. Dabei erhält jede übertragene Konfiguration einen generierten Konfigurationsschlüssel (Config-Key). Diesen kann der Kunde bei einer Nachbestellung direkt

online wieder nutzen. Ebenso ermöglicht der Konfigurationsschlüssel direkte Bestellungen im System über die üblichen Bestellwege. Für Kunden, die sich nicht auf der Phoenix Contact-Homepage registrieren möchten, wird der Bestellprozess per Anfragemail weitergeführt. Dafür wird ein Anfrageformular automatisch generiert. Die darin enthaltene Config-ID kann über eine Suche im E-Shop jederzeit wieder aufgerufen werden. Somit wird an die Vertriebsgesellschaft über das Digital Process Framework (DPF) ein Preis angefragt. Dies ermöglicht Phoenix Contact auch neuen Kunden innerhalb von wenigen Minuten ein Angebot weiterzuleiten.

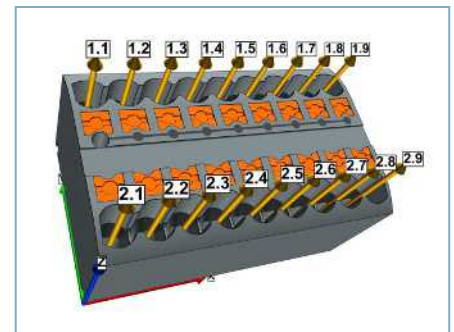


PTFIX-Konfigurator

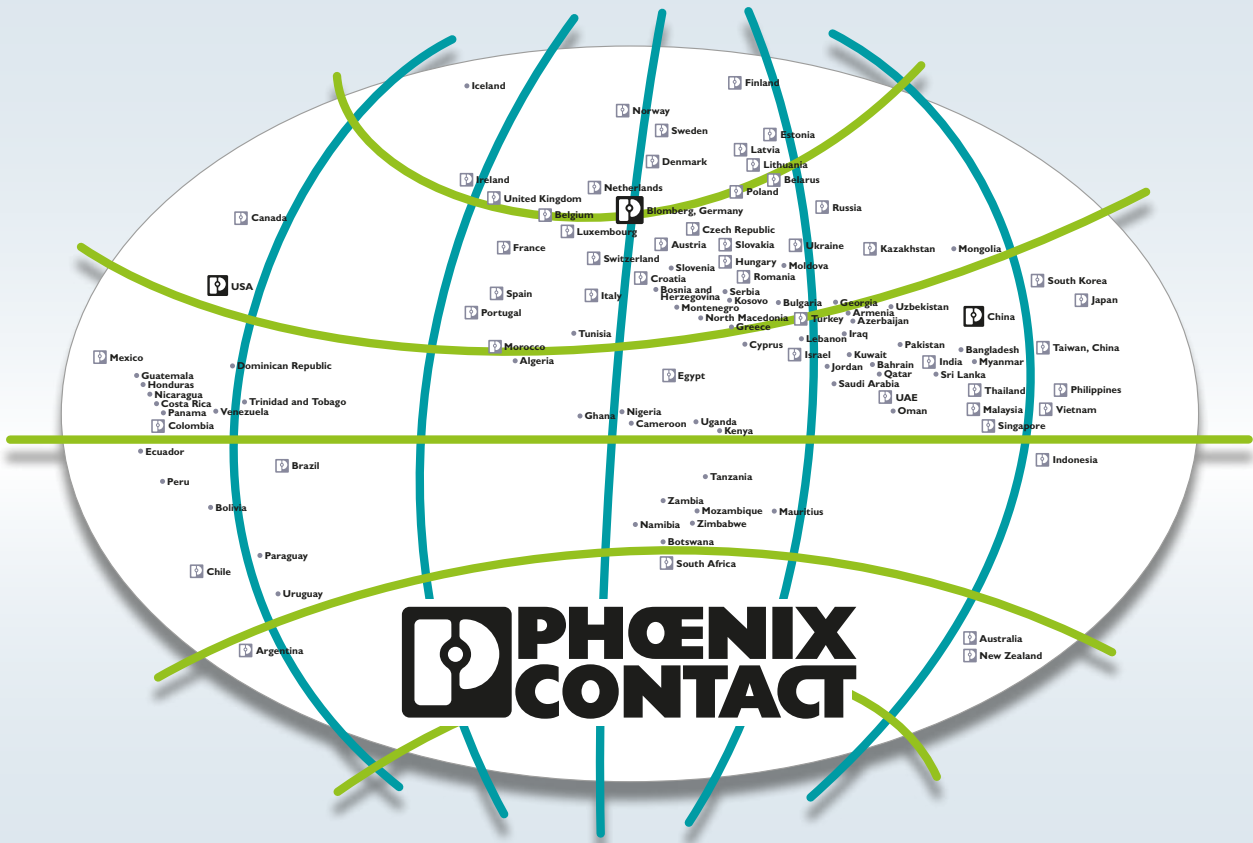
Routing-Daten – Produktdaten im Engineering

Aufgrund der Vielzahl an Daten, die heutzutage im Rahmen des Engineerings anfallen, möchte nicht jeder Nutzer die Daten seiner Applikation manuell erfassen und aktualisieren. Daher fragen die Anwender die relevanten Daten beim Gerätehersteller an. Der Konstrukteur benötigt z. B. 3D-Modelle und der Elektroplaner erwartet, dass die Daten der zu verbauenden Komponenten im Format seines E-CAD-Tools zur Verfügung stehen. Hier setzt Phoenix Contact auf den eCl@ss-Advanced-Standard. Mit dem Datenmodell können die erforderlichen Gerätedaten beschrieben und in Engineering-Werkzeugen verwendet werden. Am Beispiel einer Klemme kann über das eCl@ss-Advanced-Modell die Position der einzelnen Drahtanschlüsse beschrieben werden. Werden die Anschlüsse im Schaltplan verwendet, kann die ECAD-Software dann aus dem 3D-Aufbau des Schaltschranks die Länge der einzelnen Drähte ermitteln. Für den Produktionsprozess des Schaltschranks werden dann auf Basis dieser Daten, die einzelnen Kabelbündel vorgefertigt und beschriftet. Außerdem können die Füll-

grade der Kabelkanäle errechnet werden. Sogar die automatisierte Verdrahtung der Geräte ist möglich, da die Informationen für die Positionen der Anschlüsse, in der notwendigen Form verfügbar sind. Bei Phoenix Contact werden diese Daten daher direkt am 3D-Modell des Produkts, im Entwicklungsprozess erfasst und stehen dann neben vielen weiteren Informationen im eCl@ss-Advanced-Standard zum Download oder aber über verschiedene andere Portale zur Verfügung.



Routing-Daten anhand eines PTFIX-Verteilerblocks



Ihr Partner vor Ort

Phoenix Contact ist ein weltweit agierender Marktführer mit Unternehmenszentrale in Deutschland. Die Unternehmensgruppe steht für zukunftsweisende Komponenten, Systeme und Lösungen für die Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung. Ein globales Netzwerk in mehr als 100 Ländern mit 17.100 Mitarbeitenden garantiert die wichtige Nähe zum Kunden.

Mit einem breitgefächerten und innovativen Produktportfolio bieten wir unseren Kunden zukunftsfähige Lösungen für unterschiedliche Applikationen und Industrien. Das gilt besonders für die Bereiche Energie, Infrastruktur, Prozess- und Fabrikautomation.

Ihren lokalen Partner finden Sie auf
[phoenixcontact.com](https://www.phoenixcontact.com)