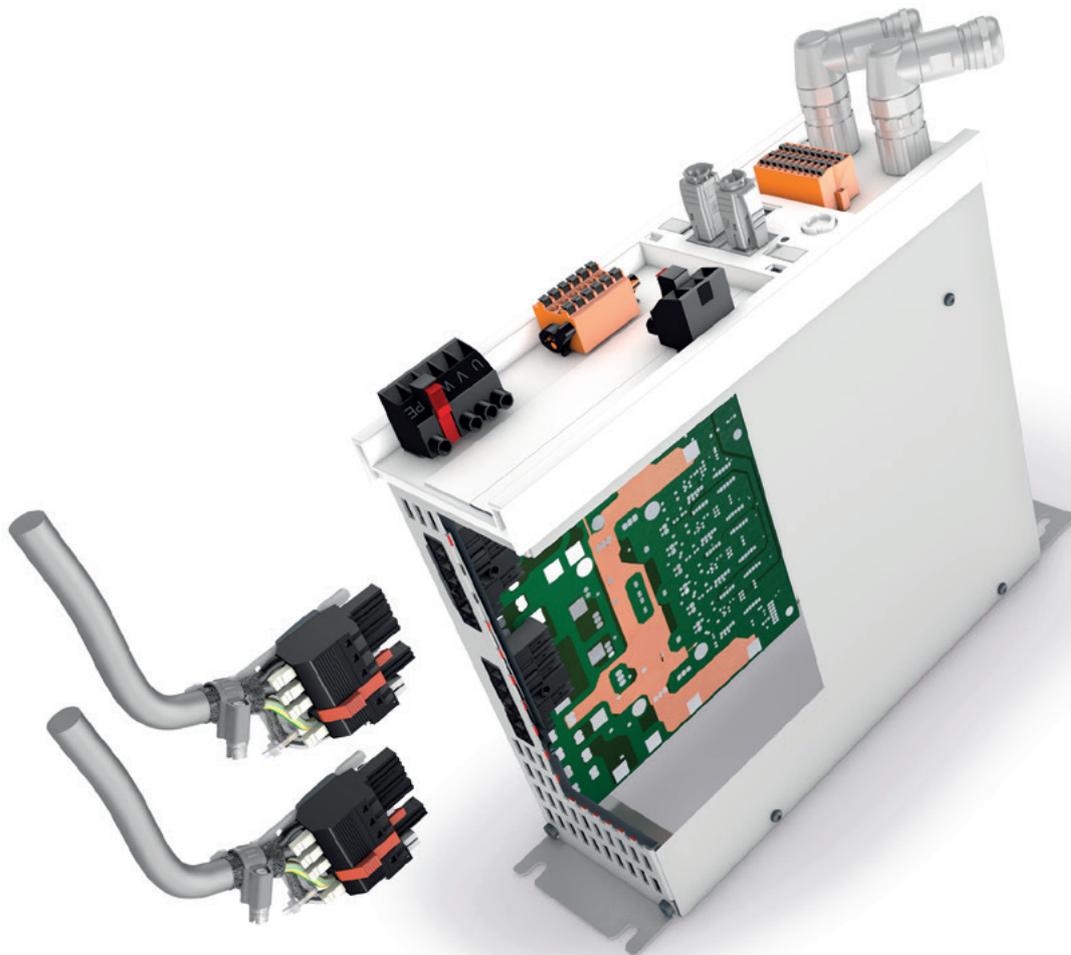


# Auslegungsempfehlung für Anschlusstechnik und Leiterplatten in Motorsteuerungen

Whitepaper



# Inhaltsverzeichnis

## 4 Auslegungsempfehlung für Anschluss technik und Leiterplatten in Motorsteuerungen

- 4 Einleitung
- 4 Funktionsweise Motorsteuerung

## 5 Anforderungen an die Geräteanschlusstechnik einer Motorsteuerung

- 5 Spannungsversorgung
- 5 Zwischenkreis
- 6 Motoranschluss
- 6 Sicherheitskreis

## 6 Anforderungen eines UL-gerechten Designs an Geräte mit Geräteanschlusstechnik

- 6 Globale Zertifizierung von elektronischen Bauteilen und Geräten
- 7 UL-Prüfzeichen für Geräte und Komponenten
- 7 UL-Zertifizierung für Komponenten
- 8 UL-Zertifizierung für Geräte
- 9 Gerätezulassung über UL 508C und UL 840 erwirken
- 9 Systematische Vorgehensweise bei der Komponentenauswahl für Geräte nach UL 600V

## 10 Fingersicherheit bei IT-Versorgungsnetzen gemäß UL/IEC 61800-5-1

- 10 UL/IEC 61800-5-1
- 10 IT-Versorgungsnetz
- 10 Bedeutung der UL/IEC 61800-5-1 für die Geräteanschlusstechnik
- 10 Vorgehen zum Feststellen der notwendigen Fingersicherheit

## 11 Normen für die Leiterplattenauslegung

- 11 IPC-Richtlinien für Leiterplatten
- 12 Zweck der IPC-6010-Serie "Leiterplattenfertigung"
- 12 Klassifizierung
- 13 IPC-2152 Designrichtlinie zum Bestimmen der Stromtragfähigkeit von Leiterplatten
- 14 UL-Listung/Zertifizierung

## 14 Energie- und Steuerelektronik aus einem Guss

- 14 Leistungs- und steuerelektronik auf einer Leiterplatte
- 15 Optimiertes Wärmemanagement auf der Leiterplatte
- 16 Designregeln für komplexe Leiterplatten

## 16 Komfortable Anschluss technik für Power, Signale und Schirmung

- 16 Technologisch durchdachte Eigenschaften der Anschluss technik
- 17 Motoranschluss auf geringstem Raum und mit optimierter Anschlusszeit

## 18 Zusammenfassung

## 19 OMNIMATE-Leiterplattenkomponenten

- 19 Leiterplatten-Klemmen – OMNIMATE Signal
- 19 Leiterplatten-Klemmen – OMNIMATE Power
- 19 Leiterplatten-Steckverbinder – OMNIMATE Signal
- 19 Leiterplatten-Steckverbinder – OMNIMATE Power
- 19 Durchführungsklemmen für Geräte – OMNIMATE Power

## 20 Häusermann Leiterplatten – Ein starker Partner

- 20 Leiterplatten für besondere Anforderungen
- 20 Ihre Produktplatten umfasst
- 20 HSMtec
- 20 Geprüfte Qualität für höchste Anforderungen
- 20 Kosteneffiziente Lösungen mit einfacher Handhabung

# Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Gerät zur Ansteuerung von Motoren
- Abbildung 2: Funktionsschaltbild einer Motorsteuerung
- Abbildung 3: Schaltplan einer Motorsteuerung
- Abbildung 4: Geltungsbereiche der IEC-, UL- und CSA-Normen, Quelle: Siemens
- Abbildung 5: UL-Prüfzeichen für Komponenten
- Abbildung 6: UL-Prüfzeichen für Geräte
- Abbildung 7: CSA-Prüfzeichen
- Abbildung 8: Auszug aus UL 1059 (Table 8.1), Quelle UL
- Abbildung 9: Field Wiring (Feldverdrahtung)
- Abbildung 10: Factory Wiring (Fabrikverdrahtung)
- Abbildung 11: Stecker/Stiftleiste, Field bzw. Factory Wiring
- Abbildung 12: Komponente, Field bzw. Factory Wiring
- Abbildung 13: Prozess der Zertifizierung nach UL
- Abbildung 14: IT-Netz, Einfehlersicherheit
- Abbildung 15: Umsetzung der Fingersicherheit bei der Geräteanschlusstechnik
- Abbildung 16: UL-Prüfzeichen 600 V
- Abbildung 17: UL/IEC 61800-5-1 – Isolationsspannung für Kleinspannung
- Abbildung 18: UL/IEC 61800-5-1 – Luftstrecke/Fingersicherheit
- Abbildung 19: Übersicht der IPC Richtlinien
- Abbildung 20: Zusammenhang der IPC Richtlinien
- Abbildung 21: Diagramme zur Bestimmung der Leiterquerschnitte gemäß IPC-2152
- Abbildung 22: Erweiterung der Leiterquerschnitte bei Hohen Stromstärken
- Abbildung 23: Leiterplatten- und Anschlusstechnologie für die Leistungselektronik
- Abbildung 24: Kombination der Steuer- und Leistungselektronik auf einer Leiterplatte
- Abbildung 25: Prinzip der Wärmeabführung
- Abbildung 26: Tabelle der Wärmeleitfähigkeit- und Wärmeausdehnungskoeffizienten
- Abbildung 27: Prinzip des Strom- und Wärmeflusses
- Abbildung 28: Servoleitung mit integrierten Leistungs und- Steuerleitungen
- Abbildung 29: Sichere Verbindung des Schirmpotentials
- Abbildung 30: reduzierter Platzbedarf durch hybride Steckverbinder
- Abbildung 31: robuste mechanische Verbindung und einfache Bedienung durch Mittenflansch

# Auslegungsempfehlung für Anschluss- und Leiterplatten-technik in Motorsteuerungen

In den letzten Jahren entwickelte sich die Halbleitertechnik für die Leistungselektronik kontinuierlich weiter. So ließen sich immer komplexere Antriebsregler herstellen, beispielsweise für Drehzahlsteuerungen oder für präzise Positionierungssysteme. Essenziell ist eine passgenaue, zukunftsorientierte Anschluss- und Leiterplattentechnik, auf die Hardware-Entwickler rundum vertrauen können. Als praxisnaher Spezialist für Industrial Connectivity besitzt Weidmüller tiefgehendes Know-how in der Anschluss- und Leiterplattentechnik für die Leistungselektronik. Die technologische Partnerschaft mit Häusermann stellt Kompetenzen beim Design sowie der Fertigung von Hochstrom- und Wärmemanagement-Leiterplatten bereit. Beide Partner kennen die extremen Anforderungen an Servo-Controller oder Frequenzumrichter, denen Hardware-Entwickler ständig begegnen: Spannungen von 400 V bis 690 V nach IEC und 600 V nach UL, im Gleichstromkreis sogar bis 1000 V, sind keine Seltenheit. Ebenso spielt hohe Stromtragfähigkeit bei kleinstmöglichem Platzbedarf eine große Rolle. Sowohl Weidmüller als auch Häusermann unterstützen derart anspruchsvolle Aufgaben mit überzeugenden, innovativen Technologien.



Abb. 1: Gerät zur Ansteuerung von Motoren

## Funktionsweise Motorsteuerung

Eine Motorsteuerung steuert einen Wechselstrommotor stufenlos unter Berücksichtigung diverser Steuergrößen. Dazu erzeugt sie eine pulsweitenmodulierte Wechselspannung mit variabler Frequenz. Eingeteilt werden die Geräte in unterschiedliche Leistungsklassen. Das Whitepaper adressiert Motorsteuerungen mit einer Ausgangsleistung bis 250 kW, also Geräten bei denen typischerweise keine diskreten IGBTs zum Einsatz kommen.

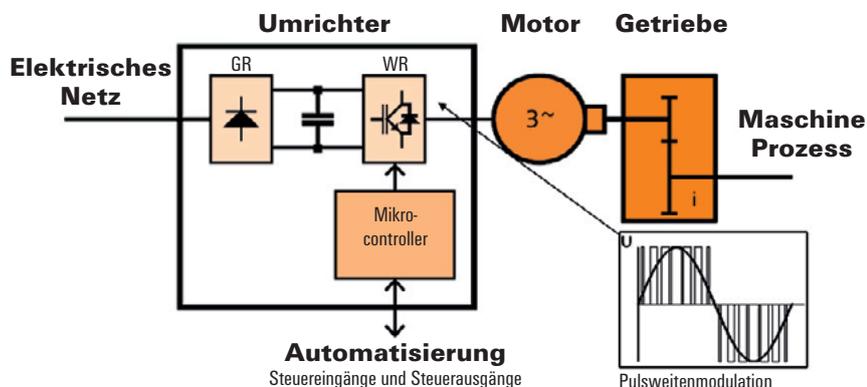


Abb. 2: Funktionsschaltbild einer Motorsteuerung

Funktionsschaltbild: In der Regel besteht eine Motorsteuerung aus einem Steuerungsteil, dem Gleichrichter sowie dem Wechselrichter in welchem die Pulsweitenmodulation stattfindet.

Der Leistungsteil erfordert deutlich höhere Kupferstärken in der Leiterplatte als der Steuerteil, letzterer wird üblicherweise mit FR4-Multilayer-Leiterplatten in Kupferstärken von 35-70  $\mu\text{m}$  umgesetzt. Trotz der 10-mal besseren Wärmeverteilung von FR4 gegenüber Luft, gilt es dennoch Kupferquerschnitte bis zu 10  $\text{mm}^2$  pro Phase zu realisieren. Der hohe Platzbedarf beim Einsatz von Standardkupferschichtstärken steht jedoch mit State-of-the-Art Leistungsschaltern (MOSFETs) in SMD Bauform oftmals nicht zur Verfügung. Diese Grundsatzproblematik löst eine partielle Erhöhung der Kupferschichtstärken von Standard-Multilayern auf  $>500 \mu\text{m}$  für Verbindungen des Gleich- und Wechselrichters. Nun lassen sich Steuerungs- und Hochstromteil auf einer gemeinsamen Platine realisieren. Außerdem kann jetzt die unvermeidbare Verlustwärme des Leistungsschalters effizient durch die Leiterplatte zum Kühlkörper geführt werden.

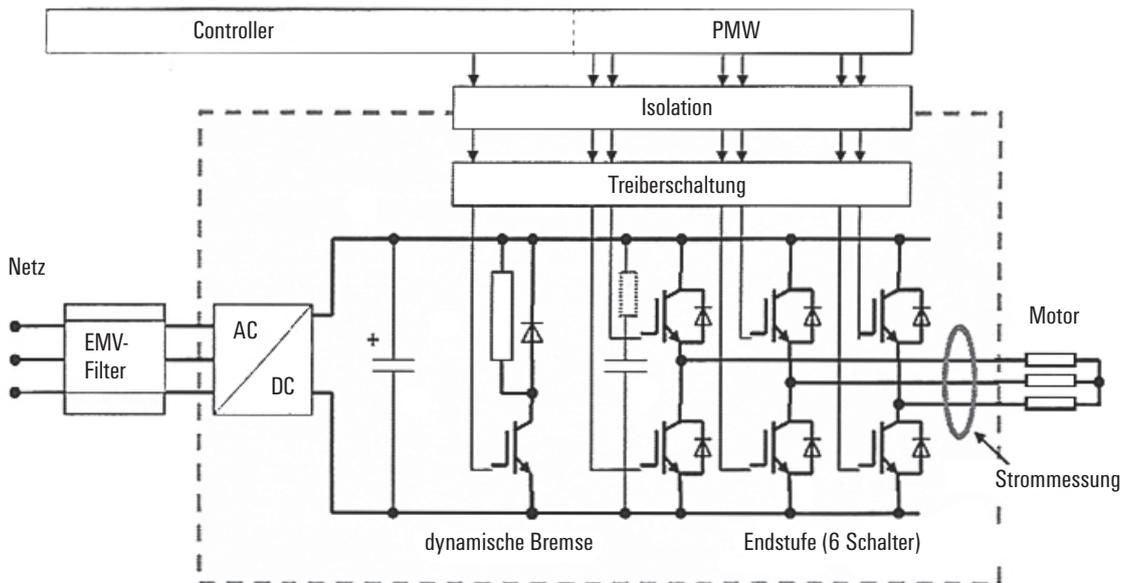


Abb. 3: Schaltplan einer Motorsteuerung

## Anforderungen an die Geräteanschlusstechnik einer Motorsteuerung

### Spannungsversorgung

Unabhängig für die gegebenen Strom- und Spannungsanforderungen in allen Applikationen der Leistungselektronik ist ein sicherer Geräteanschluss. Klemmen und Steckverbinder bieten ein Höchstmaß an Sicherheit. So verhindert ein eigens ausgeführtes Steckgesicht ein Fehlstecken ungleicher Steckpartner. Zudem lassen sich Steckverbinder durch Einrasten, Verriegeln oder Verschrauben zusätzlich sichern. Je nach Anwendung stehen Feder- („PUSH IN“) oder Schraubanschluss zur Wahl. Dem fehler- und wartungsfreien Verdrahten vor Ort dienen Verbindungen mit bedruckbaren Anschlussbezeichnungen.

Standard- und IT-Netz-Steckverbinder eignen sich für Anschlussquerschnitte 2,5  $\text{mm}^2$ , 6  $\text{mm}^2$  und 16  $\text{mm}^2$ . In Applikationen der Leistungselektronik bieten Leiterplattenklemmen einen robusten Direktanschluss für die benötigte Strom- und Spannungsversorgung im Raster 10,16 mm, 12,7 mm, 15,0 mm mit Anschlussvermögen bis 50  $\text{mm}^2$ . Um Ströme diverser Größenordnungen durch die Gerätewand zu führen, kommen Durchführungsklemmen für 4  $\text{mm}^2$  bis 95  $\text{mm}^2$  zum Einsatz.

### Zwischenkreis

Ein Berührungsschutz auf beiden Seiten der Steckverbindung begegnet der Gefahr von Rückspannung bei hohen Spannungen und erfüllt die Gerätezulassung gemäß IEC 68100-5-1. Invertierte Buchsen, gemeinsam mit den entsprechenden Stiftsteckern, stellen auch in ungestecktem Zustand eine beidseitige Fingersicherheit her. Spezielle Power-Steckverbinder für IT-Netze vereinfachen den Design-In- und den Zulassungsprozess. Für nicht steckbare Anschlusslösungen empfehlen sich Leiterplattenklemmen im Raster 10,16 mm, 12,7 mm und 15,0 mm mit Anschlussvermögen bis 25  $\text{mm}^2$  oder Klemmen zur Gerätedurchführung für 4  $\text{mm}^2$  bis 50  $\text{mm}^2$ .

## Motoranschluss

Die Verbindung von Motorspannung, internem Temperaturfühler und etwaiger mechanischer Bremse gehört zu den klassischen Anforderungen an dieser Schnittstelle. Je nach Anwendung kommt die Verbindung zum Encoder oder Resolver hinzu. Ein hybrider Motor-Steckverbinder verbindet in einem Steckvorgang Energie, Signale und Kabelschirm um; er spart Platz auf der Leiterplatte und an der Gehäuse-Außenseite. Eine selbstverrastende Einhandverriegelung reduziert dabei Installations- und Wartungszeiten. Für Geräte an IT-Netzen bieten sich spezielle Leiterplattensteckverbinder an. Leiterplattenklemmen im Raster 10,16 mm, 12,7 mm und 15,0 mm mit bis 50 mm<sup>2</sup> Anschlussquerschnitt dienen als nicht steckbare Anschlusslösung.

## Sicherheitskreis

Sicherheitsschalteneinrichtungen wie Notausschalter, Lichtvorhänge und Türschalter kommunizieren eng mit Antriebsreglern. Sie sorgen zum Schutz von Mensch und Maschine dafür, dass der angeschlossene Antrieb im Bedarfsfall sofort gestoppt wird. Zum Einsatz kommen Signal-Steckverbinder im Raster 5,08 mm mit Schraub- oder PUSH IN-Anschluss. Als nicht steckbare Lösung eignen sich die Leiterplattenklemmen im Raster 5,08 mm.

# Anforderungen eines UL-gerechten Designs an Geräte mit Geräteanschlussstechnik

## Globale Zertifizierung von elektronischen Bauteilen und Geräten

Vor ihrer Markteinführung werden heute elektronische Bauteile und Geräte hinsichtlich ihrer Sicherheit überprüft. Weltweit führende Organisationen für die Zertifizierung der Produktsicherheit sind die Underwriters Laboratories (UL) und die International Electrotechnical Commission (IEC). Jedes Produkt ist am Markt eines Landes nach den lokal geltenden Normen zu zertifizieren. So gelten in Europa und weiten Teilen der Erde die Normen der IEC, in den USA die UL-Normen und in Kanada jene der Canadian Standards Association, kurz CSA (vgl. Abb. 4). Die Standards weichen erheblich voneinander ab, was eine weltweite Produktzulassung erschwert. Allgemein sind die Anforderungen der UL höher als jene der IEC.

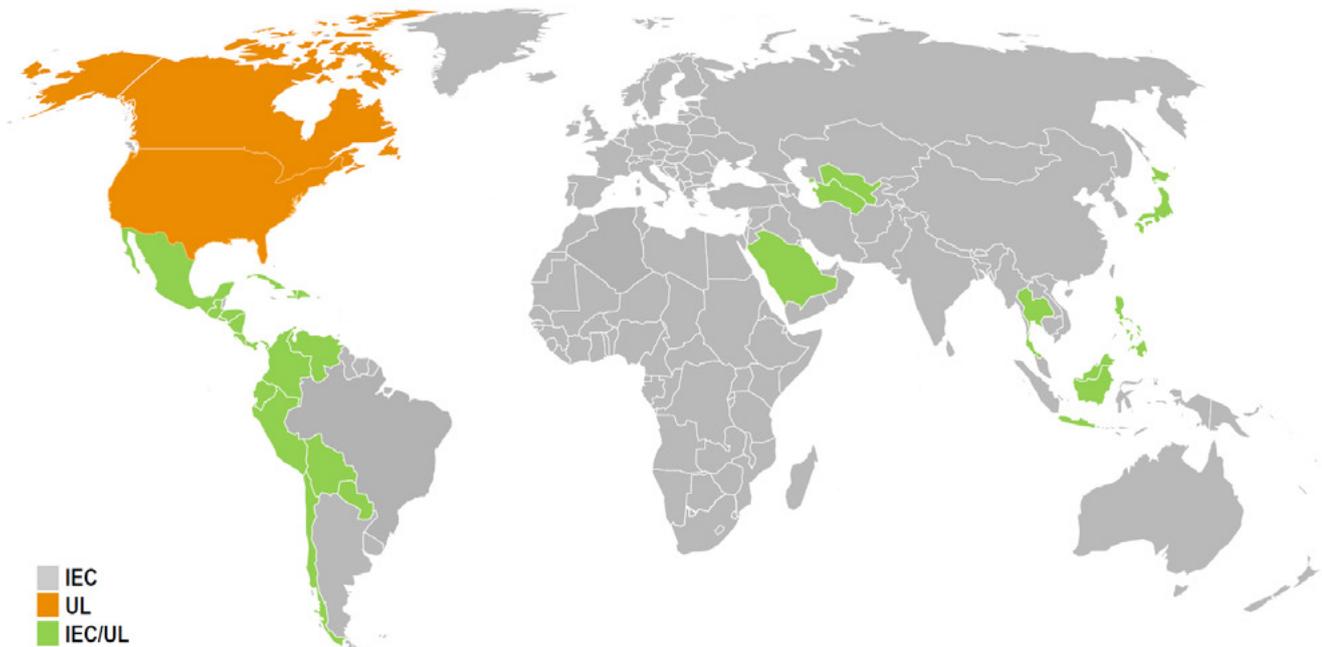


Abb. 4: Geltungsbereiche der IEC-, UL- und CSA-Normen, Quelle: Siemens

## UL-Prüfzeichen für Geräte und Komponenten

Die UL Norm unterscheidet zwischen gelisteten Geräten und registrierten Komponenten. Eine Komponente (Abb. 5) ist die kleinste Produkteinheit, etwa eine Klemme. Sie erhält, im Gegensatz zum Gerät, keine UL-Listung, sondern wird registriert. Komponenten dürfen im Schaltschrank eingebaut und als passive Bauteile verwendet werden. Ein Gerät (Abb. 6) besteht aus bereits zertifizierten Komponenten, die eine Einheit bilden. Es ist ein Endprodukt und darf im Schaltschrank als aktive Komponente eingesetzt werden. Im Übrigen gelten für Geräte und Komponenten, abhängig vom Einsatzgebiet, unterschiedliche Normen und Prüfzeichen.

Nach der CSA-Norm wird nicht zwischen Komponenten und Geräten unterschieden, es gilt das CSA-Prüfzeichen (Abb. 7). Produkte, die ein kombiniertes UL- bzw. CSA-Prüfzeichen (Abb. 5 - 7) besitzen, dürfen in Kanada und den USA angeboten werden.



Abb. 5: UL-Prüfzeichen für Komponenten



Abb. 6: UL-Prüfzeichen für Geräte



Abb. 7: CSA-Prüfzeichen

## UL-Zertifizierung für Komponenten

Für die Geräteentwicklung werden als äußere Anschlusskomponenten Bauteile der Geräteanschlusstechnik verwendet. Komponenten der Geräteanschlusstechnik unterliegen der Norm UL 1059. Je nach Verwendungszweck stellt diese Norm verschiedene Anforderungen, speziell was die Länge der Luft- und Kriechstrecken anbelangt. Hierzu werden sie in Applikationsgruppen/ Use Groups (A, B, C oder D) eingeteilt (Abb. 8). Sie unterscheiden sich in den geforderten Luft- und Kriechstrecken sowie der Begrenzung der Nennspannungen. Im industriellen Umfeld gelten die Normen UL 1059C und UL 1059D. Im Zertifizierungsfall gemäß der Use Group D (Abb. 8) dürfen 15A bei 51V bis 150V, 10A bei 151V bis 300V und 5A bei 301V bis 600V nicht überschritten werden, um die Sicherheit trotz verringerter Luft- und Kriechstrecken, im Vergleich zu Use Group C, zu gewährleisten.

Applikationsgruppen Use Group	Erklärung	max. Nennspannung (V)	Luftstrecke (mm)	Kriechstrecke (mm)
A	Schaltplute und Bedienkonsolen Kontroll- und Monitoreinrichtungen	150 300 600	12,7 19,1 25,4	19,1 31,8 50,8
B	Leitungsgebundene, nicht fest installierte Anwendungen	150 300 600	1,6 2,4 9,5	1,6 2,4 12,7
C	Alle Geräte und Einrichtungen für industrielle Anwendungen	150 300 600	3,2 6,4 9,5	6,4 9,5 12,7
D	Alle Geräte und Einrichtungen für industrielle Anwendungen mit limitierten Stromdaten	300 600	1,6 4,8	3,2 9,5
E	Anschlusstechnik im Bereich 601 bis 1500 V	600 1500	14,0 17,8	21,6 30,5

Abb. 8: Auszug aus UL 1059 (Table 8.1), Quelle UL

## UL-Zertifizierung für Geräte

Bei der Geräteentwicklung ist die Norm UL 1059 hinsichtlich der Wahl der geeigneten Geräteanschlussstechnik wenig aufschlussreich. Hier kommen Ausnahmeregelungen wie UL 508(C) (für Industrial Control Equipment) oder UL 840 zur Geltung. Für die Zertifizierung der Anschlussstechnik eines Geräts relevant ist die Unterscheidung zwischen Field und Factory Wiring (Feld- vs. Fabrikverdrahtung). Zur Feldverdrahtung (Abb. 9) gehören Stecker und Klemmen mit Kabel oder Leitung zum Anschluss von Feldkomponenten, die auch Laien bedienen können. Diese Komponenten werden gemäß UL 1059 zertifiziert. Factory Wiring Komponenten (Abb. 10) werden unter Fabrikbedingungen in ein Endgerät eingebaut. Bauteile der Fabrikverdrahtung sind etwa Steckverbinder, die während der Geräteherstellung durch Befestigen und Verdrahten oder Lötén auf einer Leiterplatte in ein Gerät eingebaut werden. Für sie gelten die weniger strengen Gerätenormen UL 508(C) und UL 840.



Abb. 9: Field Wiring (Feldverdrahtung)

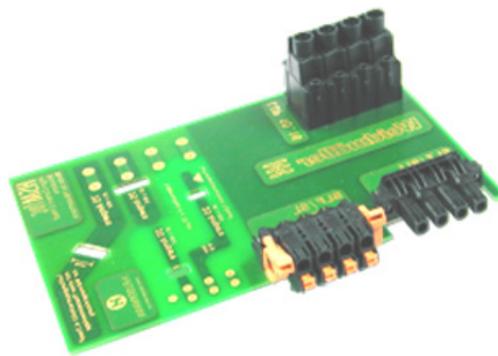


Abb. 10: Factory Wiring (Fabrikverdrahtung)

Dank der Unterscheidung zwischen Field- und Factory Wiring lässt sich eine Stiftleiste in einem Gerät oberhalb der durch die UL 1059 limitierten maximalen Nennspannung betreiben. Dazu muss sie Teil dieses Geräts sein und unter Fabrikbedingungen verbaut werden (Abb. 11). In diesem Fall sind die Anschlusskomponenten gemäß UL 1059 zu zertifizieren; Stiftleisten und Leiterplattenklemmen werden zusätzlich nach den Gerätenormen UL 508(C) und UL 840 zertifiziert (Abb. 12), die geringere Anforderungen an Luft- und Kriechstrecken stellen.

**Beispiel einer Anforderung:**

- Nennspannung 600 V
- Nennstrom 34 A max.
- Use Group C/Industrielle Anwendungen

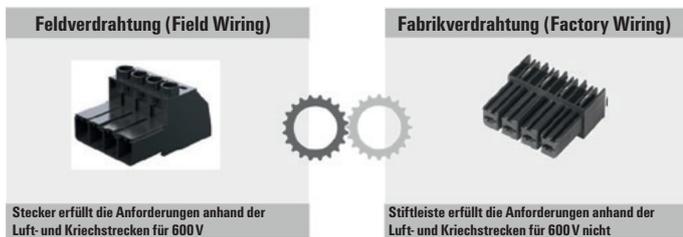


Abb. 11: Stecker/Stiftleiste, Field bzw. Factory Wiring



Abb. 12: Komponente, Field bzw. Factory Wiring

## Gerätezulassung über UL 508C und UL 840 erwirken

Um ein Gerät nach UL 508C und UL 840 zertifizieren zu lassen, gilt es bei der Stiftleiste die Luft- und Kriechstrecken nachzuweisen – sie hängen vom Verschmutzungsgrad ab. Bei der Leiterplattenklemme wird zusätzlich zum Nachweis der Kriechstrecke ein Nachweis der Luftstrecke durch eine Stoß-Spannungsprüfung mit 10,7 kV und eine Anschluss technik mit Spleißschutz gefordert. Anforderungen an Luftstrecken für Stiftleisten finden sich in Tabelle 8.1 der UL 840 und jene der Leiterplattenklemmen in Tabelle 7.1(A), derselben Norm. Bestimmungen für Kriechstrecken finden sich für beide Bauteile in Tabelle 9.1. Hier wird die Kriechstrecke in Abhängigkeit von der Materialgruppe und dem Verschmutzungsgrad angegeben.

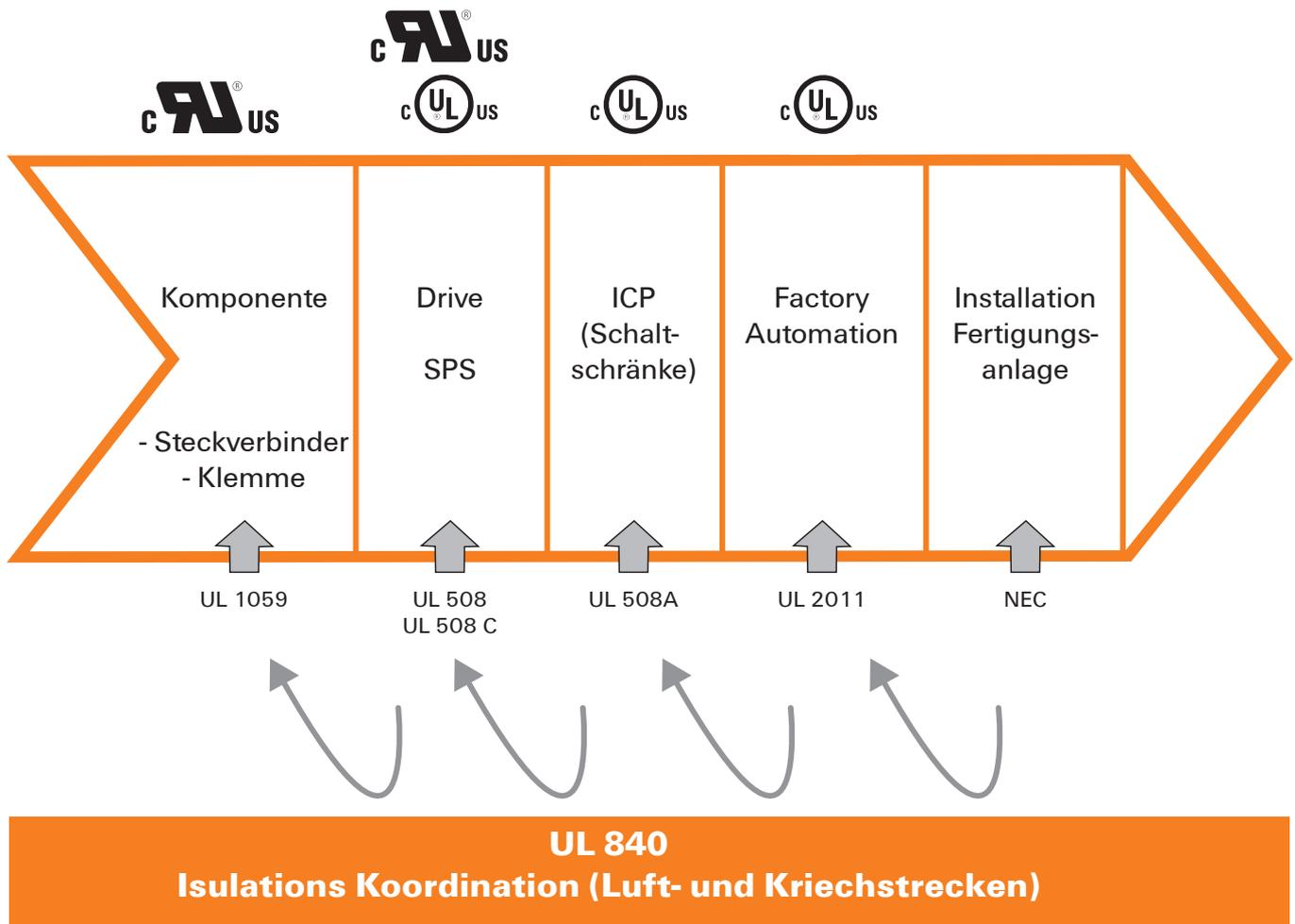


Abb. 13: Prozess der Zertifizierung nach UL

## Systematische Vorgehensweise bei der Komponentenauswahl für Geräte nach UL 600V

Grundsätzlich gilt aufgrund der strengeren Regeln für eine UL-Zertifizierung gegenüber einer Zertifizierung nach IEC-Normen, dass ein Produkt von Beginn an nach UL Standards entwickelt werden sollte. Ebenso sind Produkte vorzuziehen, die bereits eine UL-Registrierung vorweisen.

Die Underwriters Laboratories (UL) bieten Nutzern auf ihrer offiziellen Website an (<http://ul.com/>), sich kostenlos über den Status (gelistet oder ungelistet) einer Komponente zu informieren. Benötigt wird der Hersteller-Name und die Zertifikat-Nummer (cURus). Bei Weidmüller finden sich diese Angaben im Onlinekatalog unter Punkt „Nenn Daten nach UL 1059“.

# Fingersicherheit bei IT-Versorgungsnetzen gemäß UL/IEC 61800-5-1

## UL/IEC 61800- 5-1

Die Norm IEC 61800 wurde 2012 in die UL-Normung übernommen und ist seitdem weltweit gültig. Sie beschreibt die Anforderungen an elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl, dazu gehören Leistungs- und Überwachungseinheiten sowie Motoren. Die Norm beschränkt sich auf eine Netzspannung bis 1 kV, bzw. eine umgerichtete Spannung bis 35 kV, bei jeweils 50 Hz bis 60 Hz. In Teil 5-1 der IEC 61800 kommen die Sicherheitsanforderungen sowie thermische und energetische Anforderungen zur Sprache.

## IT-Versorgungsnetz

Ein IT-Netz ist ein 3-Leiter Versorgungssystem – mit nur geringem Verbreitungsspektrum. Es besitzt keine netzeigene Erdung, darum gilt es alle Gehäuse und leitfähigen Körper von Betriebsmitteln zu erden. Bei einem einzigen Isolationsfehler nimmt der entsprechende Außenleiter das Erdpotential an. Hier besteht keine Gefahr durch eine unzulässige Berührungsspannung (Abb. 14). Ein einzelner Fehler führt zudem nicht zum Netzabschalten durch eine Sicherung, erst ein zweiter Fehler schaltet das System ab. In diesem Fall sind zwei Phasen über die Erdung, etwa eines Motorgehäuses, miteinander verbunden. Diese Eigenschaft wird „Einfehlersicherheit“ genannt. Im Fehlerfall lässt sich dieser durch integrierte Isolationsüberwachungseinrichtungen nach IEC 61557-8 frühzeitig erkennen und beseitigen. IT-Netze sind also zuverlässiger als geerdete Netze (TN-C-Netz etc.), bei denen ein Erdschluss eine sofortige Abschaltung durch die Sicherungseinrichtungen zur Folge hat.

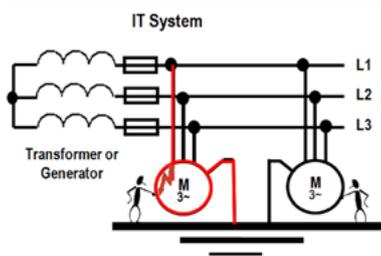


Abb. 14: IT-Netz, Einfehlersicherheit

## Bedeutung der UL/IEC 61800- 5-1 für die Geräteanschlusstechnik

Im Fehlerfall liegen, unter Berücksichtigung der UL/IEC 61800-5-1 im IT-Netz, bis zu 400 V gegen Erde an. Das heißt, die Fingersicherheit muss beispielsweise von 3 mm für 400 V TN-Netze auf 5,5 mm für 400 V IT-Netze erhöht werden. Unabhängig ist es, dass diese Vorgaben auch von den Komponenten und Bauteilen der Geräteanschlusstechnik erfüllt werden (Abb. 15). Nur dann erhalten sie gemäß UL/IEC 61800-5-1 ein Zertifikat. Ein zertifiziertes Produkt ist an seinem Prüfzeichen (Abb. 16) erkennbar.

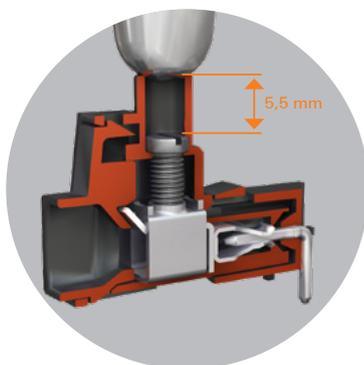


Abb. 15: Umsetzung der Fingersicherheit bei der Geräteanschlusstechnik



Abb. 16: UL-Prüfzeichen 600 V

## Vorgehen zum Feststellen der notwendigen Fingersicherheit

Im ersten Schritt gilt es, die Überspannungskategorie und Systemspannung des betrachteten Systems zu ermitteln. Aus der UL/IEC 61800-5-1 Abbildung 17 ist zweitens die Impulsspannung anhand der Überspannungskategorie und der Systemspannung ersichtlich. Dort ist auch die zulässige zeitweise Überspannung ablesbar. Anhand der Impulsspannungen lassen sich drittens aus der UL/IEC 61800-5-1 Abbildung 18 die normgerechten Mindestabstände, je nach Verschmutzungsgrad, ermitteln.

Systemspannung (4.3.6.2.1) (V)	Spannungsimpuls (V)				Temporäre Überspannung (Scheitelwert/ r.m.s.) (V)
	Überspannungskategorie				
	I	II	III	IV	
≤ 50	330	500	800	1500	1770/1250
100	500	800	1500	2500	1840/1300
150	800	1500	2500	4000	1910/1350
300	1500	2500	4000	6000	2120/1500
600	2500	4000	6000	8000	2550/1800
1000	4000	6000	8000	12000	3110/2200

Abb. 17: UL/IEC 61800-5-1 – Isolationsspannung für Kleinspannung

Stoßspannung (Tabellen 7, 8, 4.3.6.3)	Zeitweilige Überspannung (Spitzenwert) zur Bestimmung der Isolierung zwischen Umgebungen und Stromkreisen oder Arbeitsspannung (periodischer Scheitelwert) zur Bestimmung der Betriebsisolierung	Arbeitsspannung (periodischer Scheitelwert) zur Bestimmung der Isolierung zwischen Umgebungen und Stromkreisen	Mindestluftstrecke mm		
			Verschmutzungsgrad		
V	V	V	1	2	3
N/A	≤ 110	≤ 71	0,01	0,20	0,80
N/A	225	141	0,01	0,20	0,80
330	340	212	0,01	0,20	0,80
500	530	330	0,04	0,20	0,80
800	700	440	0,10	0,20	0,80
1 500	960	600	0,50	0,50	0,80
2 500	1 600	1 000		1,5	
4 000	2 600	1 600		3,0	
6 000	3 700	2 300		5,5	
8 000	4 800	3 000		8,0	
12 000	7 400	4 600		14	
20 000	12 000	7 600		25	
40 000	26 000	16 000		60	
60 000	37 000	23 000		90	
75 000	48 000	30 000		120	
95 000	61 000	38 000		150	

Abb. 18: UL/IEC 61800-5-1 – Luftstrecke/Fingersicherheit

## Normen für die Leiterplattenauslegung

### IPC-Richtlinien für Leiterplatten

Die IPC-Richtlinien (der Association Connecting Electronics Industries) für die Leiterplattenfertigung stehen an zweiter Stelle einer vierstelligen Herstellungskette, beginnend mit „LP- und Baugruppen-Design“, „Leiterplattenfertigung“, Baugruppenfertigung“ sowie „Reparatur und Nacharbeit“. Für jede Gruppe gibt es eine Richtlinien-Serie, welche die einzelnen Prozessschritte oder Produktgruppen beschreibt, definiert und spezifiziert. Diese Spezifikationen dienen sowohl der Herstellung als auch der Abnahme von Leiterplatten.

Nur ein durchgängiges Richtliniensystem, vom Design bis zur Auslieferung einer Baugruppe, das alle Beteiligten anwenden, garantiert kontinuierlich höchste und reproduzierbare Qualität.

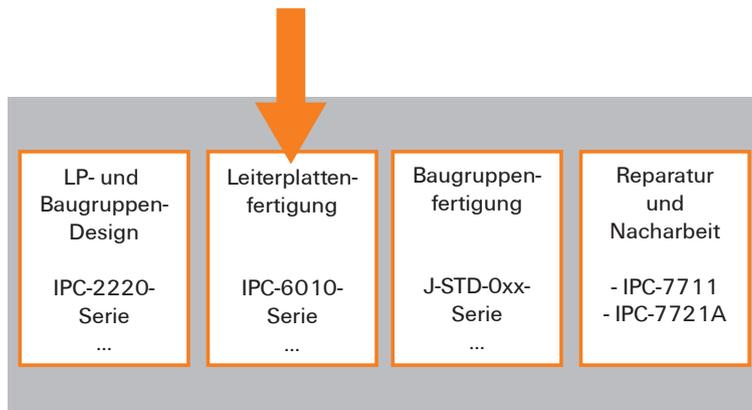


Abb. 19: Übersicht der IPC Richtlinien

### Zweck der IPC-6010-Serie „Leiterplattenfertigung“

Diese Serie deckt sowohl die Qualifizierungs- und Leistungsspezifikation als auch die visuellen Abnahmekriterien für Leiterplatten ab. Sie unterteilen sich in verschiedene Technologiegruppen.

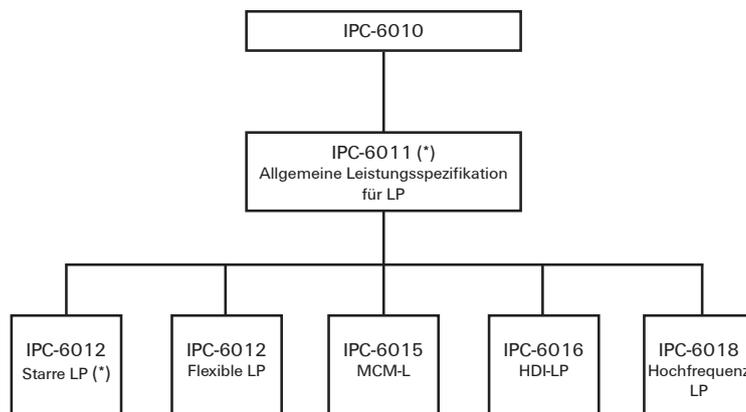


Abb. 20: Zusammenhang der IPC Richtlinien

Leiterplatten sollen stets die gleiche Qualität aufweisen und den Vorgaben der IPC-6010 Serie entsprechen. In der IPC-6010-Serie sind die Mindestanforderungen festgelegt. Zusätzlicher Leitfadens ist die Richtlinie IPC-A-600x mit visueller Interpretation der Anforderungen.

### Klassifizierung

Das IPC-Grundprinzip lautet: Qualität so gut wie erforderlich, Klassifizierung in drei Klassen.

- Klasse 1: Allgemeine Elektronikprodukte; Verbrauchsgüter mit geringen bzw. undefinierten Zuverlässigkeitsforderungen.
- Klasse 2: Allgemeine Industrieelektronik; Elektronik mit spezifiziertem Einsatzzweck, Industrie- und Steuerungselektronik mit erhöhten Zuverlässigkeitsforderungen.
- Klasse 3: Hochleistungselektronik; Elektronik mit hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit auch unter harschen Umgebungsbedingungen.

Der Gerätehersteller verantwortet letztlich, die Klasse festzulegen, welcher das Produkt zugeteilt wird.

## IPC-2152 Designrichtlinie zum Bestimmen der Stromtragfähigkeit von Leiterplatten

Als allgemeine Richtlinie veranschaulicht sie die Zusammenhänge zwischen Strom, Leiterdimension und Temperatur und wird zum Festlegen und Evaluieren von Kupferleitern bei Leiterplatten verwendet. Die IPC-2152 Designrichtlinie hilft beim Bestimmen der geeigneten Leitergrößen einer fertigen Leiterplatte und zwar abhängig von der erforderlichen Stromtragfähigkeit und der zulässigen Temperaturerhöhung des Leiters.

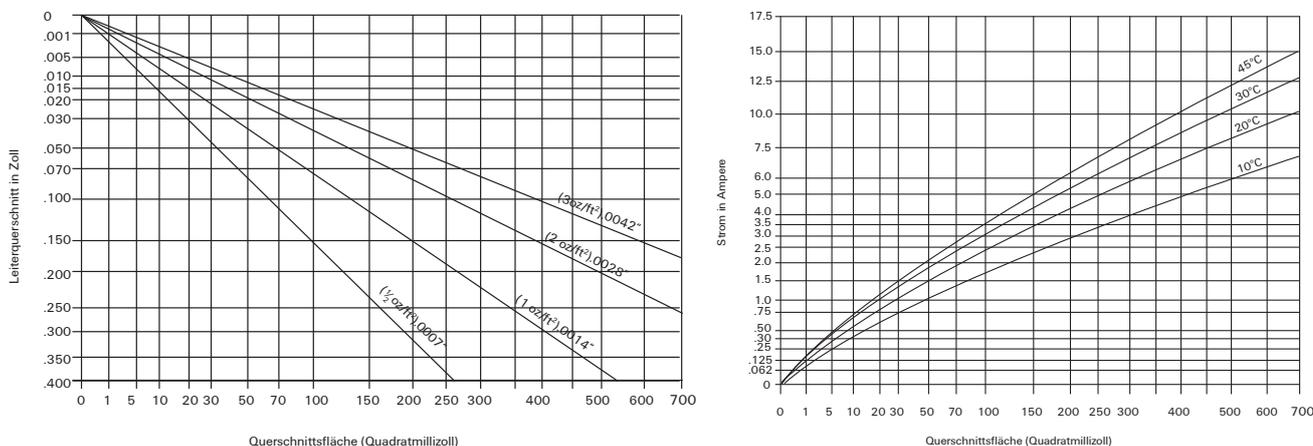


Abb. 21: Diagramme zur Bestimmung der Leiterquerschnitte gemäß IPC-2152

Die Diagramme in dieser Richtlinie reichen maximal bis 30 Ampere.

Folgende Tabelle dient als Richtlinie für darüber hinausgehende Stromstärken und dem Einsatz von Kupferprofilen in der Leiterplatte (HSMtec-Technologie).

Aufbau	Geringe indirekte Wärmespreizung					Hohe indirekte Wärmespreizung				
	Runddraht 0,5 mm	Cu-Profil 2 mm	Cu-Profil 4 mm	Cu-Profil 8 mm	Cu-Profil 12 mm	Runddraht 0,5 mm	Cu-Profil 2 mm	Cu-Profil 4 mm	Cu-Profil 8 mm	Cu-Profil 12 mm
Delta T [ °C]	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere	Ampere
10	3,9	11,1	18,4	30,4	40,8	7,0	20,1	33,2	54,9	73,7
20	5,5	15,7	26,0	43,0	57,6	10,0	28,4	47,0	77,7	104,3
30	6,7	19,3	31,8	52,6	70,6	12,2	34,8	57,6	95,2	127,7
40	7,8	22,2	36,8	60,7	81,5	14,1	40,2	66,5	109,9	147,4
50	8,7	24,9	41,1	67,9	91,1	15,7	45,0	74,3	122,9	164,9
60	9,5	27,2	45,0	74,4	99,8	17,2	49,3	81,4	134,6	180,6
70	10,3	29,4	48,6	80,4	107,8	18,6	53,2	88,0	145,4	195,1
80	11,0	31,4	52,0	85,9	115,3	19,9	56,9	94,0	155,4	208,5
90	11,7	33,4	55,1	91,1	122,3	21,1	60,3	99,7	164,8	221,2
100	12,3	35,2	58,1	96,0	128,9	22,3	63,6	105,1	173,8	233,1

Abb. 22: Erweiterung der Leiterquerschnitte bei Hohen Stromstärken

Häusermann stellt auf seiner Website hierzu ein Berechnungstool bereit. Die Software berechnet die notwendige Leiterbreite für Hochstromleiterzüge auf einer FR4-Leiterplatte. Das Ergebnis liefert die empfohlene Designbreite für eine einzelne Hochstromleiterbahn einer HSMtec-Leiterplatte und vergleicht sie mit konventioneller Leiterplattentechnik. <http://www.haeusermann.at/de/node/642>

## UL -Listung/Zertifizierung

Häusermann Standard- und HSMtec Hochstrom-Leiterplatten sind gemäß UL zertifiziert. Der Nachweis, dass die anerkannten Sicherheitsnormen erfüllt sind, wird durch UL-Listungen belegt, sie gilt für Single- und Multilayer sowie starrflexible Leiterplatten und HSMtec-Leiterplatten. (UL-File Number für Amerika E72795, UL-File Number für Kanada E72795)

Die wichtigsten Grenzwerte wie minimale Leiterbreiten, min./max. Leiterhöhe, Kupferabstand zu Leiterplattenrand und Kupferflächengröße sind so zertifiziert, dass sie jedem Design und Leiterplattenlayout genügen. Dies wird auch bei der CAM-Datenbearbeitung überprüft.

## Energie- und Steuerelektronik aus einem Guss

### Leistungs- und Steuerelektronik auf einer Leiterplatte

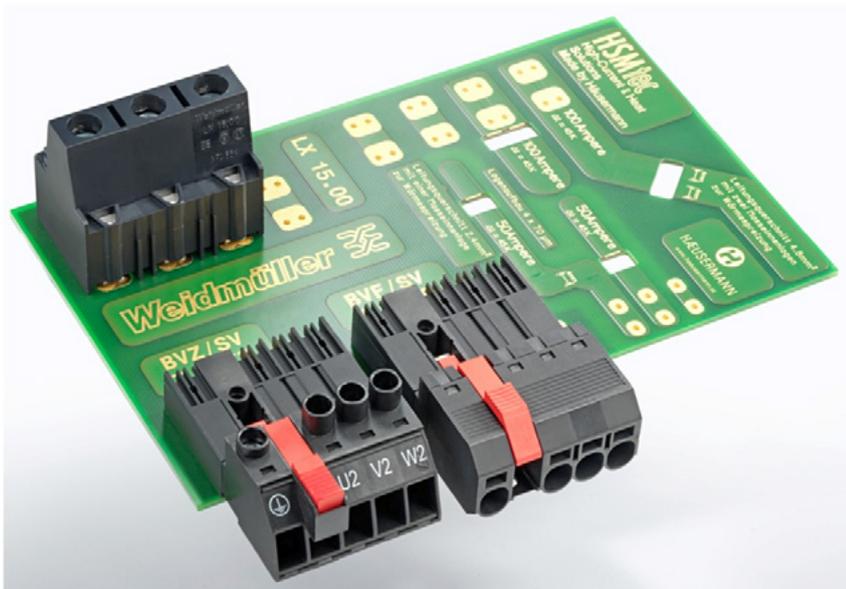


Abb. 23: Leiterplatten- und Anschlusstechnologie für die Leistungselektronik

Bei der Entwicklung von Leiterplatten-Technologien, die hohe Ströme und effektive Entwärmungskonzepte für Leistungsbau- teile vorsehen, führten viele Wege wegen hoher Umsetzungskosten in Sackgassen. Ein üblicher Designansatz einer Motor- steuerung trennt den Steuerungs- und Leistungsteil in zwei Leiterplatten. Für den Leistungsteil sind Dickkupferplatten erste Wahl, angebunden über Steckverbinder. Nachteile dieses Ansatzes: Erhöhter Platz- und Volumenbedarf, reduzierte Zuverlä- sigkeit und Qualität sowie die Notwendigkeit von externen Komponenten wie Stecker, Kabel und Stromschiene. Außerdem erfordert dieser Ansatz mehr Schnittstellen und bietet kein optimiertes EMV-Verhalten.

Geeignete Leiterplatten-Technologien, die den Steuerungs- und Leistungsteil in nur einer Leiterplatte kombinieren, vermeiden diese Einschränkungen: Die von Häusermann entwickelte HSMtec-Technologie bringt partiell große Kupferquerschnitte in Profil- oder Drahtform in Standard-FR4-Leiterplatten ein. Damit lassen sich Feinleiterstrukturen in Kombination mit Hoch- stromverbindungen und einem effizienten Wärmemanagement für Leistungsbauteile einfach und kostengünstig auf einem einzigen Standard-Multilayer-Board realisieren. Die Integration partieller Kupferelemente bietet zudem die optimale Basis zur Umsetzung mehrdimensionaler Leiterplattenstrukturen und senkt die Systemkosten.

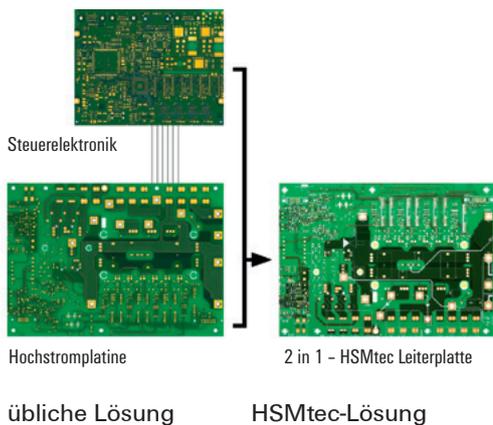


Abb. 24: Kombination der Steuer- und Leistungselektronik auf einer Leiterplatte

Hochstrom- und Feinleiterstrukturen auf einer Motorsteuerungs-Leiterplatte sind nun kein Widerspruch mehr. Ströme bis zu 400 Ampere pro Phase mit feinsten Leiterstrukturen auf einem Board sind kombinierbar. Gleichzeitig steigt – bei reduzierter Betriebstemperatur des Leistungsteils – die Leistungsfähigkeit der Baugruppe.

Derzeit stehen 500 µm hohe Profile mit Breiten von 2 mm bis 12 mm in variabler Länge bereit: Die 500 µm dicken Kupferelemente werden per Ultraschallverbindungstechnik stoffschlüssig mit den geätzten Leiterbildern verbunden. In jeder beliebigen Lage eines auf FR4 basierenden Multilayers ist dies umsetzbar. Mit HSMtec lassen sich hohe Ströme und die Hitzeentwicklung zügig auf zulässige Partial- und Systemtemperaturen drosseln.

HSMtec-Leiterplatten bieten außerdem die Option, einzelne Platinenteile einmalig bis 90° zu biegen. In die Biegestellen integrierte Kupferdrähte und Profile sorgen für mechanische Stabilität und erlauben es, sowohl Signal-Hochstrom- als auch Wärmeverbindungen zwischen einzelnen PCB-Segmenten herzustellen.

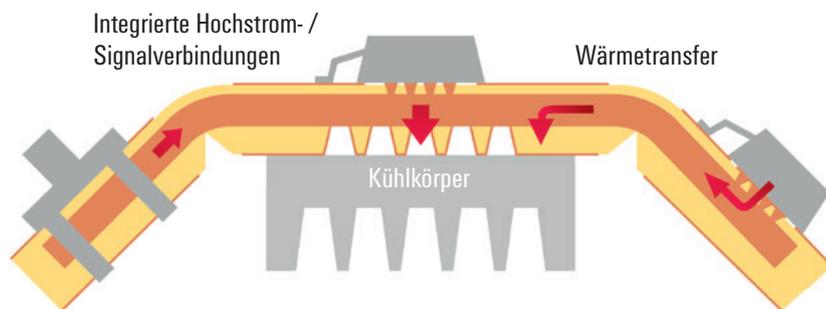


Abb. 25: Prinzip der Wärmeabführung

### Optimiertes Wärmemanagement auf der Leiterplatte

Hohe Ströme bis zu 400 A über die Leiterplatte zu führen, setzt ein effizientes Wärmemanagement voraus. Ebenso fordern moderne MOSFET- und IGBT-Bauteile die Leiterplatte zusätzlich durch die unvermeidbare Verlustleistung, welche beim Schalten entsteht. Mittels integrierten Kupferelementen ist ein massiver Kupferquerschnitt in herkömmlichen Leiterplatten umsetzbar, der die Wärme unter den Bauteilen rasch spreizt und den thermischen Widerstand gegenüber Standard-Multilayer-Leiterplatten verringert, etwa mit Thermovias.

Ein Blick auf die spezifische Wärmeleitfähigkeit zeigt die Bedeutung des durchgängig metallischen Pfads vom MOSFET bzw. IGBT bis zur Senke. Zur Metallkern- oder IMS-Leiterplatte ist die HSMtec-Technologie eine attraktive Alternative, weil Kupfer mit 300 W/mK die Wärme doppelt so rasch ableitet wie Aluminium. Durch das Design von Kupfer und FR4 lassen sich gezielt thermische Pfade legen. Und die Kombination von integrierten Kupferprofilen mit Leiterplattentechnologien wie Micro- und Thermovias gestattet es zudem, eine direkte metallische Kontaktierung der Lötflächen (Bauteile, Kühlkörper) an die Profile anzubringen und somit Engpässe im thermischen Pfad zu vermeiden.

Material	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]
RA-Kupfer	300
Aluminum Legierung	150
Lötzinn	51
Keramik (LED)	24
FR4	0,25
Luft (normal)	0,026

Material	Wärmeausdehnungskoeffizient X/Y [ppm/K]
Aluminum	24
Lötzinn	≈ 22
Kupfer	16
FR4	13 – 17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LED)	7
AlN (LED)	4

Abb. 26: Tabelle der Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungskoeffizienten

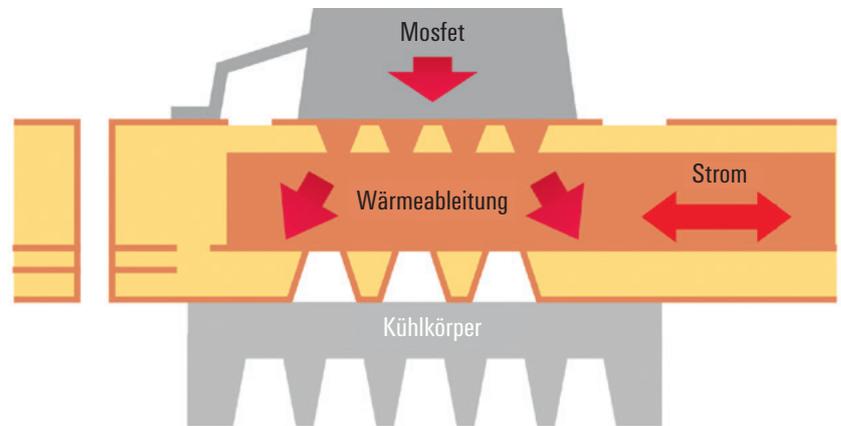


Abb. 27: Prinzip des Strom- und Wärmeflusses

### Designregeln für komplexe Leiterplatten

Ein effizientes Wärmemanagement der Bauelemente auf Leiterplatten muss auf das jeweilige Design einer Motorsteuerung zugeschnitten sein. Zu berücksichtigen sind weitere Faktoren: So erfordert es viel Erfahrung, die Entwärmung hinsichtlich ökonomischer und technischer Aspekte zu optimieren. HSMtec wurde von unabhängigen Prüfinstituten qualifiziert und setzt auf konventionelles FR4-Material. Es wird im Standard-Herstellungsprozess gefertigt und ist einfach weiterzuverarbeiten.

Gleichwohl sind einige Designregeln zu beachten, um die Lebensdauer und Zuverlässigkeit der gesamten elektronischen Baugruppe zu erhöhen. So hängt das Leiterplattendesign von Faktoren wie Leiterstrukturen, Restringen, Microvias/Sacklöchern, dem BGA-Design und generell der Qualität der Layoutdaten und des Materials ab. Die Materialstärke der Leiterplatte ist neben Handling, Weiterverarbeitung und Stabilität ebenfalls relevant für den Durchmesser des kleinsten Lochdurchmessers, da eine genügend große Kupfer-Schichtdicke von etwa 20  $\mu\text{m}$  in der Bohrung abgeschieden werden muss.

Zu beachten ist ferner die Stromtragfähigkeit der Leiterbahnen. Für die Tragfähigkeit von Kupferleitungen spielen, neben dem Lagenaufbau, weitere Einflussfaktoren eine Rolle. Zu berücksichtigen ist das Verhältnis der Leiterbahnbreite zur -höhe, die Umgebungstemperatur ebenso wie die Anordnung benachbarter Leiterbahnen. Auch die zulässige Erwärmung der Leiterbahn durch Stromfluss ist ein wichtiger Faktor. Der Lösungsansatz mit HSMtec geht über die Wirkung normaler Maselagen in Multilayern weit hinaus, da sich die massiven Kupferelemente in Form von Profilen oder Drähten additiv zu den Hochstromwegen in die jeweiligen Lagen einarbeiten lassen und in einem Ultraschallschweißprozess mit den eigentlichen Leiterbahnen elektrisch und thermisch verbunden werden.

## Komfortable Anschluss Technik für Power, Signale und Schirmung

### Technologisch durchdachte Eigenschaften der Anschluss Technik

Das optimale Auslegen der Anschluss Technik an der Schnittstelle zwischen Gerät und Motor stellt Entwickler vor Herausforderungen, da hier Leistung und Signale zwischen Frequenzumrichter und Motor übertragen werden müssen. Aufgrund der wechselnden Frequenzbereiche ist außerdem eine durchgängige Schirmung der Leitungen zwischen Gerät und Motor zu beachten. Für diese drei Funktionen muss der Geräteentwickler geeignete und bedienbare Geräteanschlüsse am Gerät vorsehen. Modernste Technologien in der Steckverbinder-, Leiterplatten- und Kabelproduktion erlauben es, die Leistungs-, Signal- und Schirmpotentialübertragung in einem Produkt umzusetzen. Geschirmte Kabel, sogenannte Servoleitungen, mit vier Adern für Leistungsübertragung und zwei separaten Adern für Steuerleitungen bieten Hersteller für Anwendungen rund um den Globus.

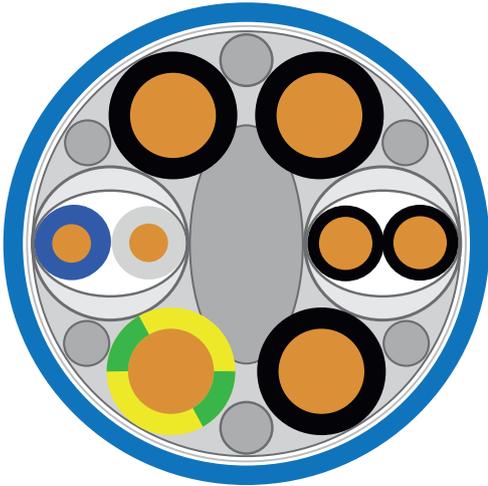


Abb. 28: Servoleitung mit integrierten Leistungs und- Steuerleitungen

Für die Anschlusschnik gibt es sogenannte Hybrid-Steckverbinder; sie integrieren Leistung, Signal und Schirmung in einem Produkt.

**Motoranschluss auf geringstem Raum und mit optimierter Anschlusszeit**

Hybride Steckverbinder gestatten den Anschluss von Leistung, Signalen und Schirmung in einem Steckvorgang. Für den Leistungsanschluss steht die PUSH IN-Anschlussstechnik bis zu Leiterquerschnitten von 6 mm<sup>2</sup> bereit. Dank ihrem Design sind die Steckverbinder konform zu den Normen UL 1059 600V class c und IEC (UL) 61800-5-1 mit erhöhter Fingersicherheit. Der Anschluss der Signalleitungen erfolgt ebenfalls über die PUSH IN-Technologie, für Leiterquerschnitte bis 1,5 mm<sup>2</sup>. Ein Schirmblech stellt die Übertragung des Schirmpotentials sicher. Dort wird der Schirm des Kabels aufgelegt und sorgt über Federkontakte für eine sichere elektrische Verbindung zum metallischen Gerätegehäuse.



Abb. 29: Sichere Verbindung des Schirmpotentials

Kompakt integrierte Funktionen entsprechen dem Trend zur Miniaturisierung auch im Bereich der Leistungssteckverbinder. Die steckbare Lösung reduziert den erforderlichen Bauraum bis zu 38 Prozent, im Vergleich zu konventionellen Lösungen.



Abb. 30: reduzierter Platzbedarf durch hybride Steckverbinder

Neben einer korrekten elektrischen Auslegung des Steckverbinders, gilt es ebenso auf die mechanische Robustheit bei der Anschlusswahl zu achten. Moderne Anschlusskomponenten bieten eigensichere und selbstverriegelnde Flanschlösungen. Sie zeichnen sich durch eine sichere mechanische Kopplung zum Gerät und eine einfache Bedienung aus. Gerade bei relativ steifen Anschlussleitungen sind einfach bedienbare Steckverbinder im Vorteil, so etwa Steckverbinder mit sog. Mittenflanschen, die sich einhändig bedienen lassen.

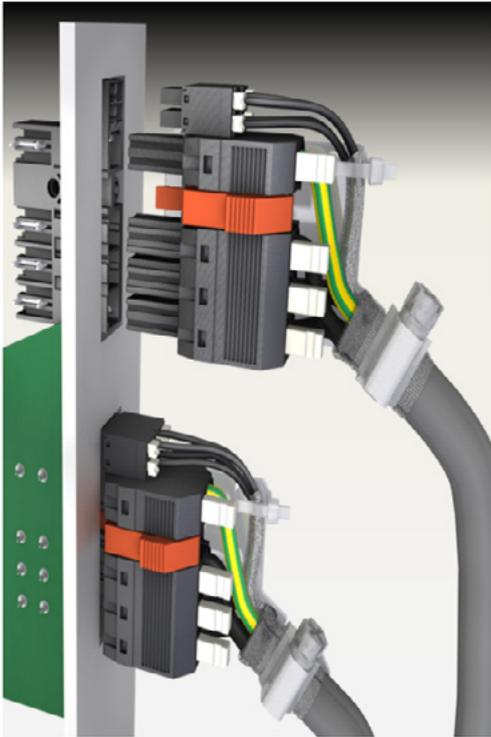


Abb. 31: robuste mechanische Verbindung und einfache Bedienung durch Mittenflansch

## Zusammenfassung

Die Auslegung von Elektronik für Motorsteuerungen stellt den Hardware-Entwickler vor die Herausforderung des Wärme-Managements und der Kombination aus Leistungs- und Steuerungselektronik auf engstem Raum. Es gilt diverse Auslegungs- und Designrichtlinien zu berücksichtigen: Für den Hochstrom- und Hybridteil der Leiterplatte sowie für die Steckverbinder/ LP-Klemmen im In- ebenso wie im Output- Kreis, insbesondere hybride. Hinzu kommen Normen zur Auslegung einer Motorsteuerung, dies betrifft Anschlussstechniken gleichwie Leiterplatten.

Häusermann und Weidmüller bieten innovative, hoch zuverlässige Komponenten für die Entwicklung von Geräten mit Energie- und Steuerelektronik aus einem Guss. Neuartige Konzepte bieten ein optimiertes Wärmemanagement und eine komfortable hybride Anschlusstechnik. Eine HSMtec-Leiterplatte senkt dank ihrem hohen Integrationsgrad den Platzbedarf ebenso wie das Gewicht und Volumen der Baugruppe. Zudem reduzieren sich mit der Realisierung von thermischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften in einer HSMtec-Leiterplatte die Kosten des Gesamtsystems. Hinzu kommen kosteneffiziente Standardprozesse in der Leiterplattenfertigung, beim Layout der Leiterplatte sowie bei der Bestückung.

Heutzutage gilt es elektronische Produkte zu fertigen, die dem Erfordernis nach zunehmender Packungsdichte und Komplexität entsprechen, auf dem neuesten Stand der Technik sind und gleichzeitig die vielfältigen Vorschriften und Anforderungen erfüllen. Weidmüller und Häusermann unterstützen ihre Kunden neben der Bereitstellung von geeigneten und innovativen Komponenten auch mit umfangreichem Know-how und Services rund um den Design-In Prozess. Somit versetzen beide Unternehmen ihre Kunden in die Lage, die gestellten Herausforderungen bei der Geräteentwicklung effizienter zu lösen.

## OMNIMATE-Leiterplattenkomponenten

Als führender Hersteller im Bereich der Geräteanschlusstechnik bietet Weidmüller mit seinen OMNIMATE-Leiterplattenkomponenten ein abgerundetes Produktportfolio aus Leiterplatten-Klemmen, Leiterplatten-Steckverbindern und Durchführungsklemmen für industrielle Anwendungen. Hierin enthalten sind die Produktlinien OMNIMATE Signal und OMNIMATE Power, deren Schwerpunkte bei der Signalverarbeitung und der Leistungselektronik liegen.

Besonders stechen im Produktportfolio die Hybrid Leiterplatten-Klemmen und -Steckverbinder hervor. Sie sind so entwickelt um in einem Steckverbinder auf kompaktem Raum, Signale und Energie zu übertragen. Die Hybrid-Produkte sind mit der erhöhten Fingersicherheit auch im IT-Netz anwendbar und optional mit steckbarer Schirmung erhältlich.

### Leiterplatten-Klemmen - OMNIMATE Signal

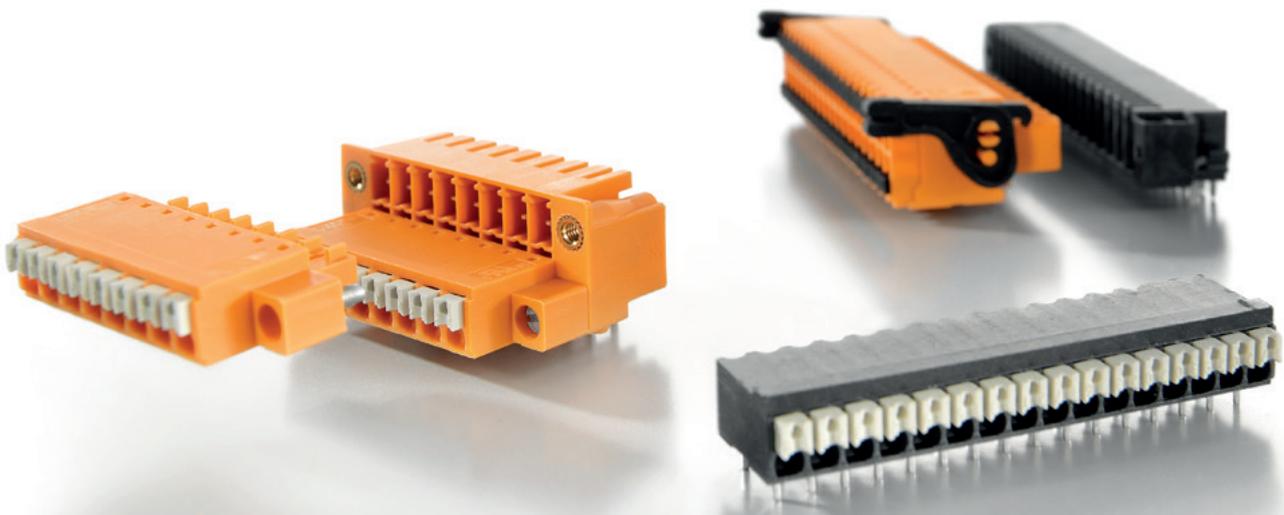
Der universelle und direkte Leiterplatten-Anschluss für Industrie-Elektronik.

- Anwendungsgerechte Anschlusstechnologien von Zugbügel-Schraubanschluss bis PUSH IN-Federanschluss in allen relevanten Querschnittsbereichen
- Universell einsetzbar in allen gängigen Rastermaßen ab 3,50 mm
- Breites Sortiment reflowfähiger Produkte für automatisierte SMT-Prozesse
- Kompakte und mehrstöckige Bauformen bis 72-polig

### Leiterplatten-Steckverbinder - OMNIMATE Signal

Der steckbare Leiterplatten-Anschluss ist etablierter Standard in der Prozess- und Fertigungs-Automatisierung sowie in der Mess- und Regelungstechnik.

- 36 Anschlüsse im Raster 3,50 mm, höchste Leistungsreserven im Raster 3,81 mm und größter Anwendungsbereich im Raster 5,08 mm
- Anwendungsgerechte Anschlusstechnologien von Zugbügel-Schraubanschluss bis PUSH IN-Federanschluss
- Breites Sortiment reflowfähiger Produkte für automatisierte SMT-Prozesse
- Mehrreihige und mehrstöckige Bauformen bis 48-polig



### **Leiterplatten-Klemmen - OMNIMATE Power**

Der robuste Direktanschluss für höchste Strom- und Spannungsanforderungen in allen Applikationen der Leistungselektronik, wie Solar-Wechselrichter, Frequenzumrichter, Servoregler und Stromversorgungen.

- Höchstleistung: 150 A / 1000 V (IEC) und 127 A / 600 V (UL)
- Applikationsgerechte Skalierbarkeit: Anschlussquerschnitte von 16 mm<sup>2</sup> bis 50 mm<sup>2</sup>
- Einfache Zulassung der Geräte bis 600 V nach UL
- Wartungsfreier Stahlzugbügel für vibrationsbeständige Schraubanschlüsse

### **Leiterplatten-Steckverbinder - OMNIMATE Power**

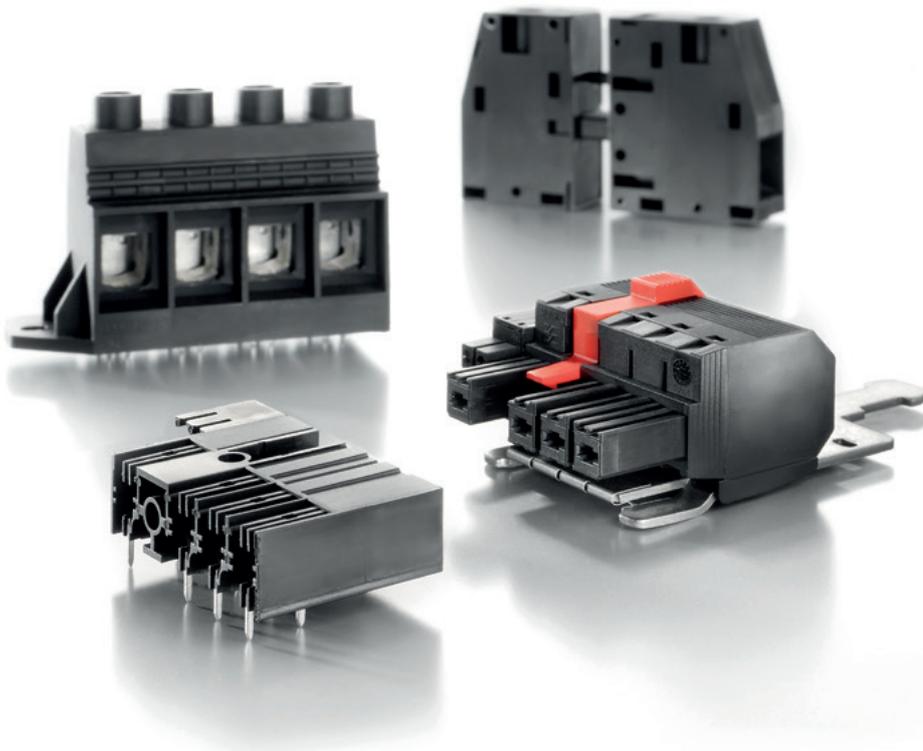
Die steckbare Anschluss technik für Leistungselektronik ist optimiert für die moderne Antriebstechnik, beispielsweise Motorstarter, Frequenzumrichter und Servoregler.

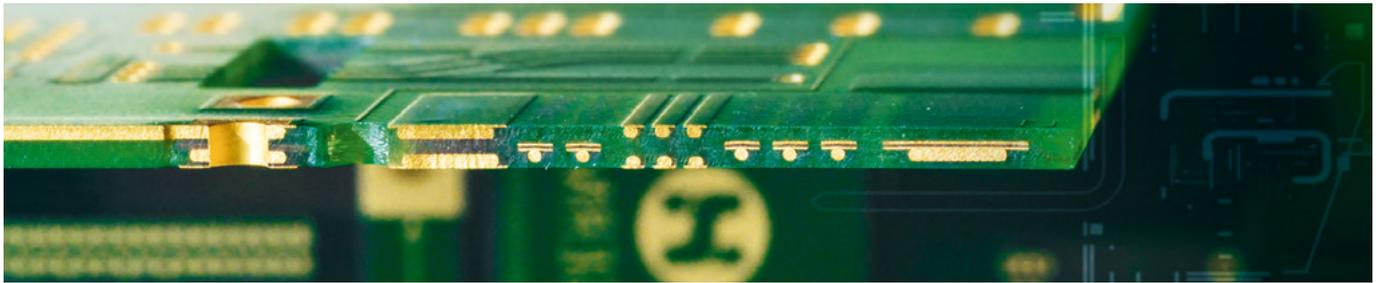
- Höchstleistung: 150 A / 1000 V (IEC) und 127 A / 600 V (UL)
- Applikationsgerechte Skalierbarkeit: Anschlussquerschnitte von 16 mm<sup>2</sup> bis 50 mm<sup>2</sup>
- Einfache Zulassung der Geräte bis 600 V nach UL
- Wartungsfreier Stahlzugbügel für vibrationsbeständige Schraubanschlüsse

### **Durchführungsklemmen für Geräte - OMNIMATE Power**

Die universelle Lösung um Ströme durch Gehäusewände zu führen. Ideal geeignet für Applikationen wie EMV-Filter oder diskret aufgebaute Umrichter für die Antriebstechnik sowie gekapselte Geräte.

- Breites Leistungsspektrum für Ströme von 32 bis 232 A und Leiterquerschnitte von 4 bis 95 mm<sup>2</sup> (AWG 4/0)
- Unterschiedliche Anschlussarten wie vergießbarer Lötanschluss, Kabelschuh-Bolzenanschluss und wartungsfreier Zugbügel-Schraubanschluss
- Bauformen für horizontalen oder vertikalen Leiterabgang





## Häusermann Leiterplatten – Ein starker Partner

### Leiterplatten für besondere Anforderungen

Häusermann ist Spezialist für Leiterplatten mit besonderen Verlässlichkeitsanforderungen. Neben bewährten Technologien bieten sie auch innovative Lösungen wie HSMtec mit integrierten Kupferelementen für Hochstrom- und Wärmemanagement-Leiterplatten. Flexibles Eingehen auf Anforderungen und individuelle technische Beratung machen sie zum starken Partner für herausfordernde Technologieprojekte.

### Ihre Produktpalette umfasst

- Ein- und doppelseitige Leiterplatten
- Multilayer bis 28 Lagen
- Impedanzkontrolle
- Microvias
- Buried vias
- SBU-Technologie (Sequential build up)
- Starrflex (inklusive UL-Listung)
- Semiflex
- Mehrdimensionale HSMtec-Platinen
- Hochstrom (HSMtec-Platinen)
- Wärmemanagement (HSMtec-Platinen)
- LED-Leiterplatten

### HSMtec

HSMtec erlaubt die partielle Einbringung von großen Kupferquerschnitten in Profil- oder in Drahtform in Standard-FR4-Leiterplatten. Auf einfache Art und Weise können somit Feinleiterstrukturen in Kombination mit Hochstromverbindungen und einem effizienten Wärmemanagement für Leistungsbauteile auf einem einzigen Board kostengünstig realisiert werden.

- Hochstrom-Leiterplatten bis 400 Ampere
- Wärmemanagement für Leistungsbauteile (MOSFETs, IGBTs...)
- LED-Leiterplatten mit höchster thermischer Performance
- Dreidimensionale selbsttragende Leiterplatten

### Geprüfte Qualität für höchste Anforderungen

- HSMtec Leiterplatten entsprechen der IPC A 600 Klasse 2 und 3
- Verfahren qualifiziert: DIN EN 60068-2-14; JEDEC A 101-A
- Auditiert für Automotive und Luftfahrt
- Von unabhängigen Instituten geprüft
- UL-Listung File Nr. E72795 für USA und Kanada

### Kosteneffiziente Lösungen mit einfacher Handhabung

- Reduzierung der Systemkosten (Logistik, Beschaffung, Fertigung, Qualitätssicherung)
- Standardprozesse in Herstellung und Weiterverarbeitung
- Einfache Umsetzung im Standard-Layout-Prozess
- Steigerung des Wirkungsgrades und der Lebensdauer von Bauteilen
- Erhöhte Zuverlässigkeit durch Ersatz von Steck- und Kabelverbindungen, Stromschienen, etc.
- Reduzierung von Platzbedarf, Gewicht und Volumen der Baugruppe

Weidmüller Interface GmbH & Co. KG  
Klingenbergstraße 26  
32758 Detmold, Germany  
T +49 5231 14-0  
F +49 5231 14-292083  
[www.weidmueller.de](http://www.weidmueller.de)

Persönlichen Support  
finden Sie im Internet unter:  
[www.weidmueller.de/kontakt](http://www.weidmueller.de/kontakt)

Technische Änderungen vorbehalten 08/2021