

Technische Grundlagen von Elektronikgehäusen

Lösungen für den Tragschienen-Einsatz

Elektronikgehäuse

Aufbau, Materialien und Prüfungen

Elektronikgehäuse sind ein elementarer Bestandteil eines Geräts. Sie bestimmen nicht nur dessen Erscheinungsbild, sondern schützen die Elektronik vor äußeren Einflüssen und ermöglichen die Montage in übergeordneten Einheiten. Zur Gewährleistung dieser Aufgaben ist eine Vielzahl von Details bei der Konstruktion, aber auch bei der Gehäuseauswahl zu betrachten. Im Rahmen dieser Broschüre sollen diese Details beleuchtet werden.



Inhalt

1. Elektronikgehäuse als Teil des Schaltschranks	4
--	---

2. Haupt- und Kleinverteiler nach DIN 43 880 für die Gebäudeinstallation	10
--	----

3. Gehäusebauformen	12
---------------------	----

4. Einbaulage der Leiterplatten und der Anschlussstechnik	16
---	----

5. Zubehör für Sonderfunktionen	22
---------------------------------	----

6. Wärmeabfuhr	28
----------------	----

7. Kunststoff als Material für Elektronikgehäuse	30
--	----

8. Prüfungen an Elektronikgehäusen	36
------------------------------------	----

1 Elektronikgehäuse als Teil des Schaltschranks

Elektronikgeräte bestehen im Wesentlichen aus der Elektronik selbst, dem umhüllenden Gehäuse und der Anschlusstechnik für Leiter und Kabel. Bei der Unterbringung im Schaltschrank ergeben sich viele Wechselwirkungen, die im Folgenden ausführlich erläutert werden.

1.1 Schaltschränke, Schaltschranknormung

Schaltschränke beherbergen die elektrischen und elektronischen Komponenten einer industriellen Anlage, eines Gebäudes, einer Maschine oder einer anderen fertigungstechnischen Einrichtung. In der DIN EN 61439 (entspricht der IEC 61439 und VDE 0660-600) werden die Anforderungen und Nachweise für alle Schaltgerätekombinationen mit Niederspannung beschrieben. Die Norm gilt für Energieverteiler, alle Schalt- und Steuerungsanlagen, Zählerschränke und Verteilerschränke für private und gewerbliche Gebäude. Zudem erstreckt sie sich auf Baustromverteiler und Kabelverteilschränke sowie Schaltgerätekombinationen in besonderen Bereichen wie Marinas.

Unterschieden werden grundsätzlich:

1. Energieverteiler, Hauptverteiler
2. Installationsverteiler
3. Schaltanlagen und Steuerungen in Wandschränken
4. Zählerschränke und Gebäudeverteiler (nach DIN 43 880)



Für die Auslegung von Elektronikgehäusen ist die Befestigung der Tragschienen im Schaltschrank von großer Bedeutung. Je nach Schaltschrank werden die Tragschienen frei auf einem Tragegestell mit Abstand zur Rückwand oder direkt auf die Rückwand beziehungsweise auf eine eingelegte Montageplatte geschraubt. Insbesondere dann, wenn die Geräte für eine Tragschiene montage zu schwer sind oder eine entsprechende Tragschienen-Befestigungsmöglichkeit am Gerät fehlt (siehe auch S. 7 Abb. 9), werden Geräte auch direkt auf einer Montageplatte ganz ohne Tragschiene befestigt.

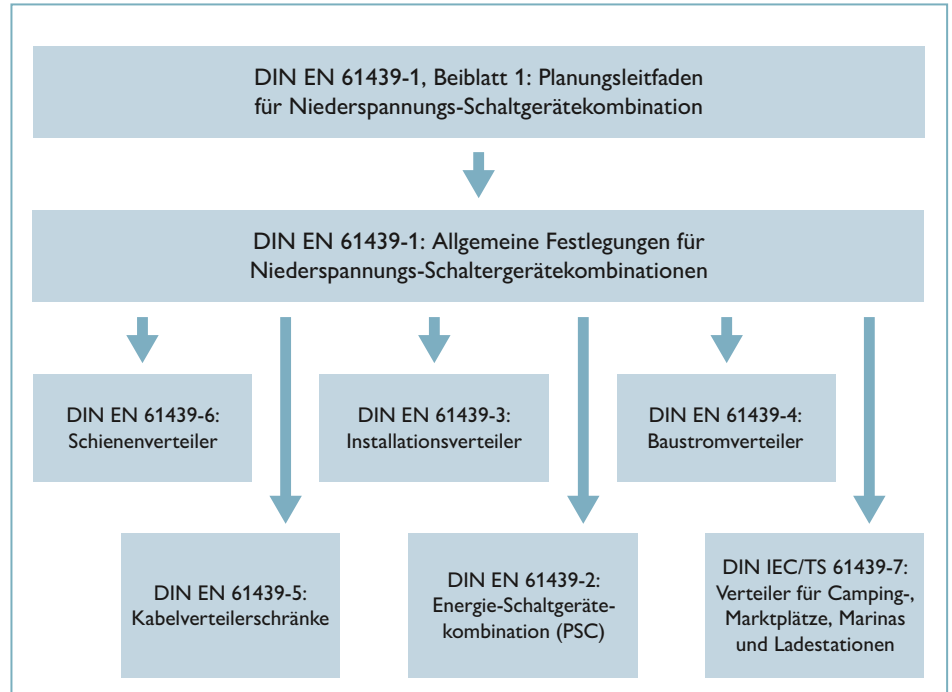


Abb. 1: Struktur der DIN EN 61439

1.2 Befestigung von Tragschienen im Schaltschrank

Die Tragschienen zur Aufnahme von Geräten und Reihenklemmen werden je nach Schaltschrankausführung und Fabrikat überwiegend auf drei verschiedenen Arten befestigt (siehe Abb. 2-4).

Bei größeren industriellen Schaltschränken können die Tragschienen

individuell platziert werden. Dies gilt sowohl für Schaltschränke mit Montageplatte als auch für solche mit Tragegestell. Erleichtert wird die Befestigung durch vorgefertigte Gewindebohrungen. In den sogenannten Klemmgehäusen oder Klemmenkästen befinden sich

häufig Schraubdomme zur Befestigung von Tragschienen oder kleinen Montageplatten. In Installationsverteilern sind die Tragschienen im Abstand von 125 mm auf ein Gestell geschraubt oder genietet. Die letzteren lassen sich nur mit einem gewissen Aufwand versetzen.

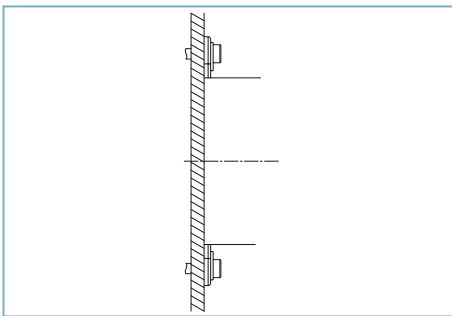


Abb. 2: Befestigung an der Schaltschrank-Rückwand mit erhöhtem Schraubdomm

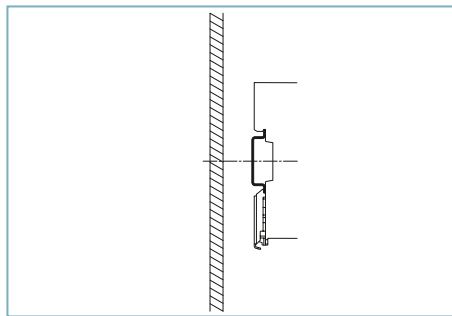


Abb. 3: Befestigung an einem Tragegestell mit Abstand zur Rückwand

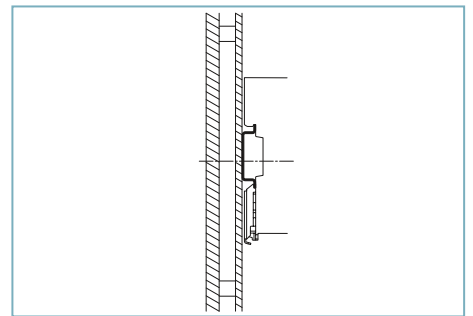


Abb. 4: Direkte Befestigung auf einer Montageplatte

1.3 Gerätemontage

Die Tragschienenaufnahme im Fußbereich von Elektronikgehäusen besteht aus einem Festlager und einem beweglichen Rastfuß. Zur Rückführung in die Ausgangsstellung ist der Rastfuß mit einem federnden Mechanismus ausgestattet. In der Metallausführung ist dies meistens eine Stahlfeder. In den Kunststoffausführungen ist der Mechanismus integrativer Bestandteil des Kunststofffußes, der als separates Teil oder als Teil des Gehäuses selbst ausgeführt sein kann (Abb. 5).

Die Kombination aus Festlager und Rastfuß ermöglicht das einfache Auf- (A) und Abschwenken (B) des Geräts von der Tragschiene (Abb. 6).

Ist ein Gehäuse höher als 90 mm und die Tragschiene (flache Hutschiene Ausführung 7,5 mm) direkt auf einer Montageplatte befestigt, erschwert dies das Auf- und Abschwenken erheblich (Abb. 7 links). Der Raum zwischen Gerät und Montageplatte ist hier nicht ausreichend.

Ersetzt man das Festlager durch einen zweiten Rastfuß, wird das Problem umgangen. Die Höhe des Gehäuses spielt nun keine Rolle mehr, aber es muss jetzt senkrecht auf die Tragschiene aufgesetzt werden (Abb. 7 Mitte). Zum Abnehmen werden in diesem Fall beide Rastfüße gleichzeitig gelöst. Teilweise besitzen solche Gehäuse eine Parkposition, in die man den ersten Rastfuß bringen kann, um dann den zweiten zu lösen. So z. B. die Installationsgehäusefamilie BC.

Alternativ kann man das Gehäuse auf der Seite des Festlagers auch um ca. 15° abschrägen. Dann reicht wiederum ein einzelner Rastfuß (Abb. 7 rechts). Die Schräge und die sich daraus ergebende Gehäusekonturänderung kann sich nachteilig auf die Platinenfläche auswirken, da auch die Leiterplatte dieser Kontur folgen muss.

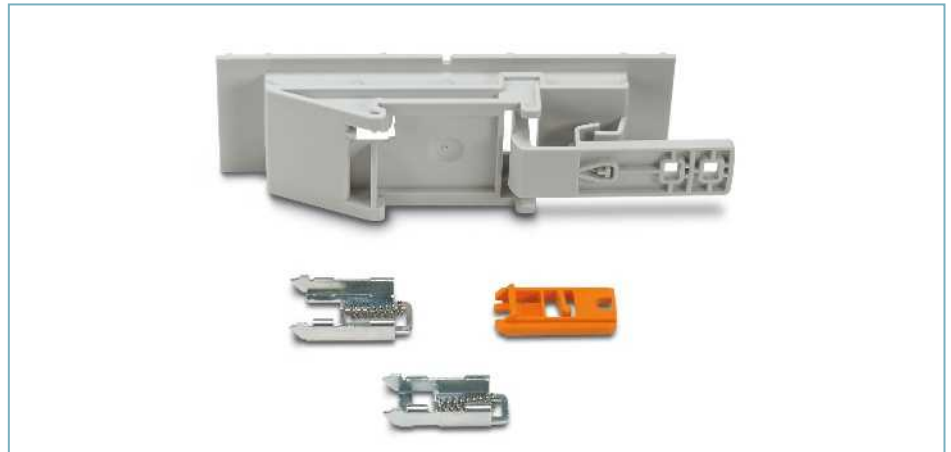


Abb. 5: Gängige Fußriegelausführungen in Metall, Kunststoff und integrativer Bauform

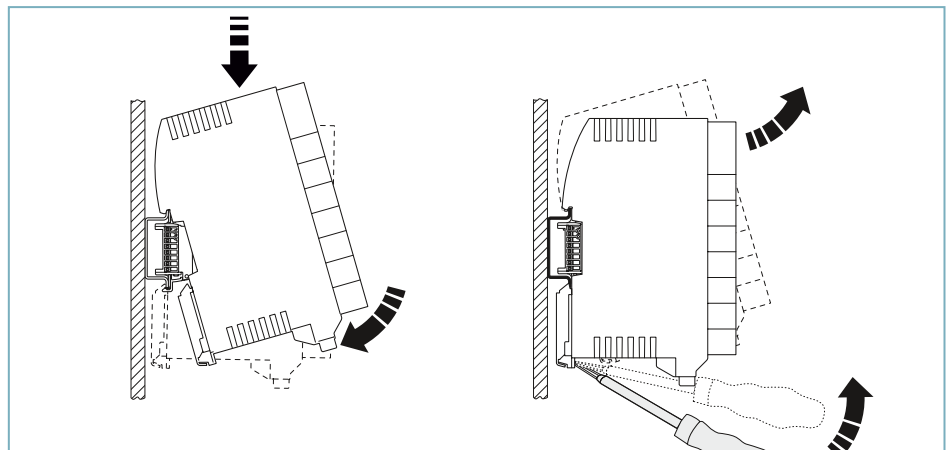


Abb. 6: Auf- und Abrasten von Gehäusen auf eine Normtragschiene

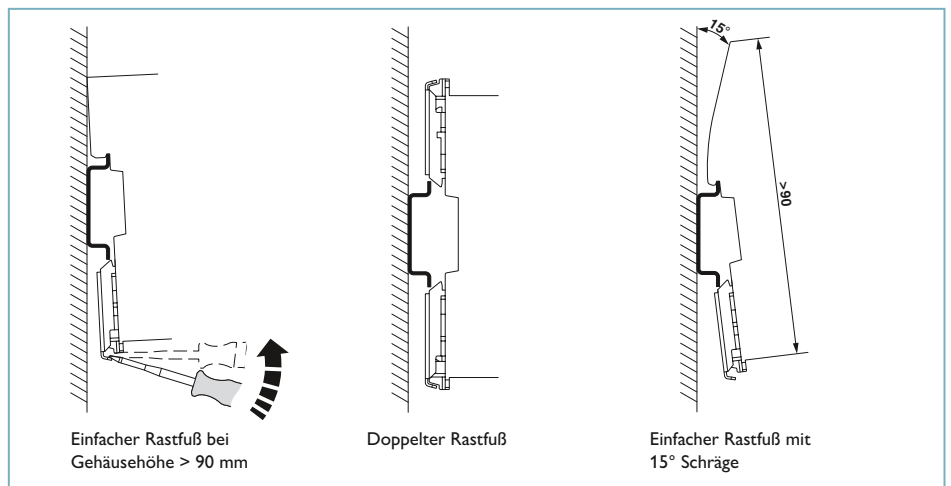


Abb. 7: Auslegung von Fußriegeln

1.4 Genormte Tragschienen nach DIN EN 60715

Mit der Einführung der Thermoplaste in die Elektromechanik taten sich ganz neue Möglichkeiten der Fußriegelgestaltung auf. Wurden bis dahin mehrere Einzelteile für den Aufbau eines Rastfußes benötigt, ließ das neue Material jetzt fest angespritzte Tragschienenfüße vor allem an Reihenklemmen zu. Das führte dazu, dass man immer häufiger die einfache Hut-schiene in C-Form statt der aufwendigeren G-Form nutzte. Heute ist die in der DIN EN 60715 beschriebene Hutschiene 35/7,5 die am häufigsten verwendete.

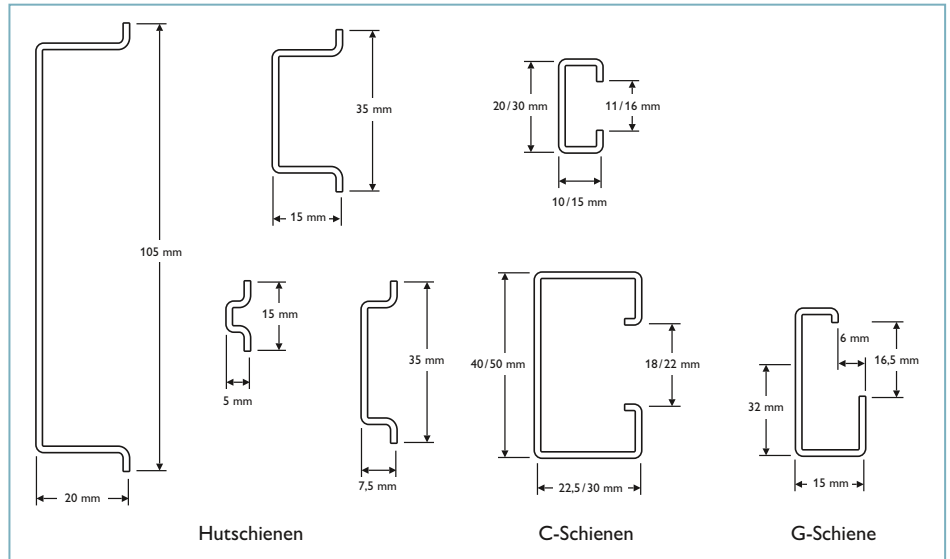


Abb. 8: Genormte Tragschienen nach DIN EN 60715

1.5 Montagefüße für schwere Geräte

Gehäuse mit integrierten Tragschienenfüßen werden für Geräte mit einem Gesamtgewicht von einigen 100 g eingesetzt. Deutlich schwerere Geräte, die u. U. auch Vibrationen ausgesetzt sind, müssen stabiler befestigt werden. Für diesen Gerätetyp gibt es Tragschienenadapter, meistens aus Metall, die genau auf diese Anforderung ausgelegt sind.

Nach dem Anbringen des Tragschienenadapters an das Gerät kann beides auf die Tragschiene gerastet werden. Eine Lösung, die häufig bei Stromversorgungen und Frequenzumrichtern angewendet wird.

Auch bei Blechgehäusen, bei denen die Integration von Rastfüßen wesentlich schwieriger ist als bei Kunststoffgehäusen, werden häufig solche Adapter eingesetzt.



Abb. 9: Schwere Tragschienenadapter UTA in verschiedenen Ausführungen

1.6 Auswirkungen der Gehäuse und Anschlussstechnik auf die Schaltschrankauslegung

Das Platzangebot ist ein wesentliches Kriterium für die Auswahl eines Schaltschranks. Gehäuse, Anschlussstechnik und die daraus resultierende Leiterführung haben unterschiedliche Platzbedarfe. Somit hat die Bauform eines Gehäuses direkten Einfluss auf die Schaltschrankauslegung.

Bei Gehäusen mit Frontanschlusstechnik werden die Kabel in der Regel nur in einer Richtung vom Gehäuse in einen Kabelkanal geführt. Solche Gehäuse eignen sich daher sehr gut für die Montage direkt an der Schaltschrank-Außenwand. Da die Kabel senkrecht in den Anschlussblock eintauchen, können sie nur in einem Bogen in den Kabelkanal geführt werden. Um eine solche Kabelführung zu ermöglichen, muss der gewählte Schaltschrank daher tief genug sein.

Eine ähnliche Einschränkung besitzen Gehäuse in der Bauform DIN 43 880. Hier ist es die Berührungsschutzabdeckung des genormten Schaltschranks, die den Verdrahtungsraum einschränkt. Vorzugsweise sollte der Kabelabgang in dieser Einbausituation parallel zur Schaltschrank-Rückwand oder im 45°-Winkel dazu verlaufen. Nur wenn die Anschlussklemmen sehr niedrig bauen, kann ein Leiterabgang von 90° zur Schaltschrank-Rückwand eingesetzt werden (Abb. 10).

Dies gilt entsprechend auch für Gehäuse aus Kunststoffprofilen. Allerdings gibt es hier in der Regel keine Einschränkungen durch einen genormten Schaltschranktyp.

Für den Schaltschrankbau sind die Höhe eines Geräts und die Leiterabgangsrichtung ein wichtiges Kriterium bei der Auslegung des Schaltschranks. Um Kosten und Platz zu sparen, muss der Schaltschrank möglichst kompakt gehalten werden, zugleich aber auch nicht geplante Erweiterungen gestatten.

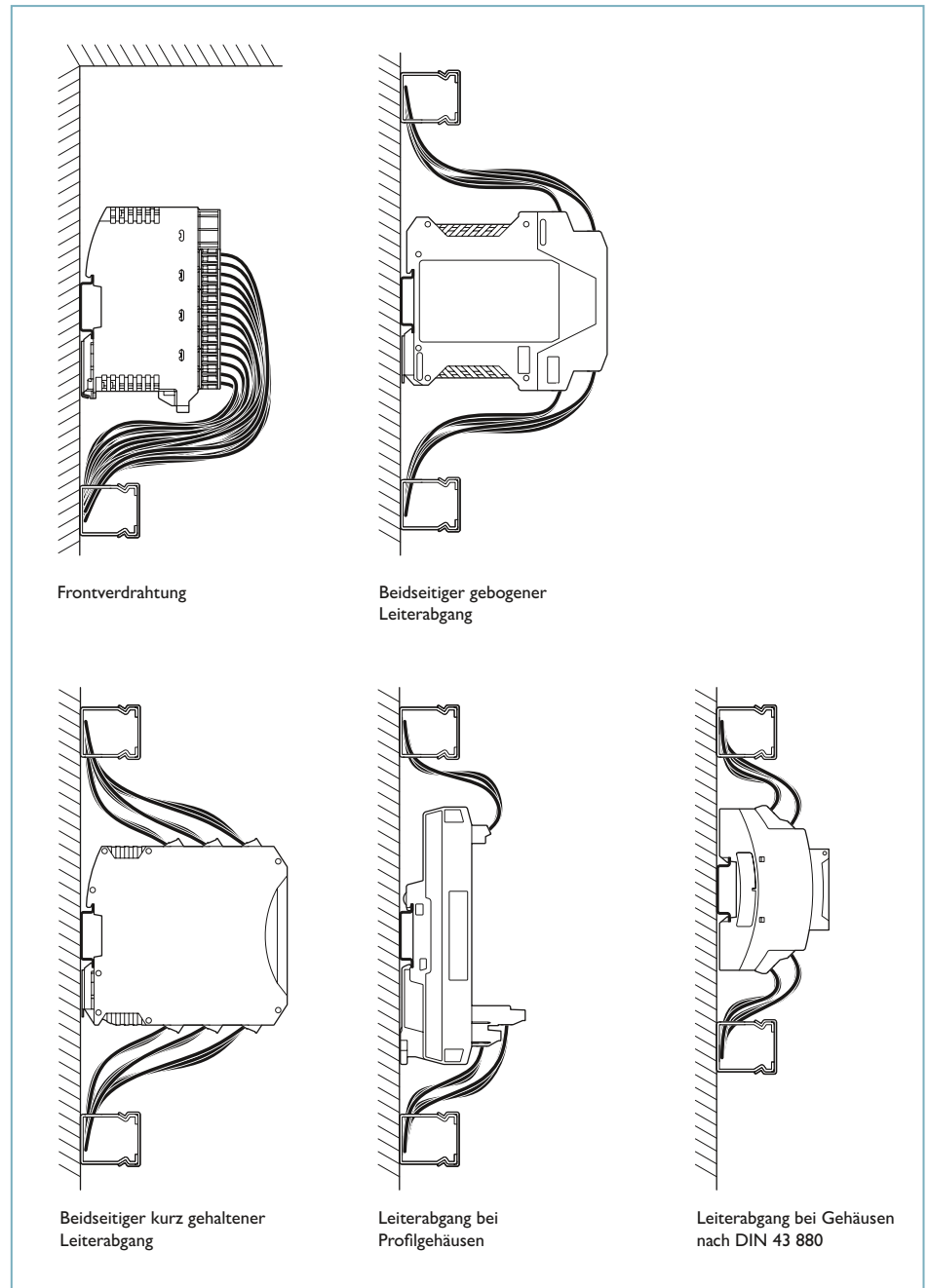


Abb. 10: Verdrahtung

Das höchste Gerät auf einer Tragschiene definiert den Abstand der Kabelkanäle und bestimmt somit auch die Gesamtzahl möglicher Tragschienen in einem Schaltschrank. Bei geringfügigen

Höhenunterschieden (Abb. 12) wird der typische Grundaufbau Kabelkanal, Tragschienen, Kabelkanal angewendet. Werden wenige, besonders hohe Geräte benötigt, weicht der übliche Aufbau ab,

um den vorhandenen Platz optimal zu nutzen (Abb. 12 unten rechts).

Bei einer Frontverdrahtung mit einseitigem Leiterabgang wird nur an dieser Seite ein Kabelkanal benötigt. Solche Geräte lassen sich daher platz sparend an der oberen Schaltschrankwand einsetzen (Abb. 11). Die Frontanschlüsse erleichtern die Verdrahtung der Geräte, da der Installateur freie Sicht auf die Kontaktstellen hat. Besonders, wenn zahlreiche kleine Leiterquerschnitte angeschlossen werden müssen, bietet der Frontanschluss den höchsten Verdrahtungskomfort. Im Gegensatz zu Geräten mit seitlichen Anschlüssen bedecken die Leiter allerdings einen großen Teil der Frontfläche der Geräte. Gerätebeschriftungen und Anzeigen können daher nur auf einer Seite des Geräts platziert werden. Eine Einschränkung, die in vielen Applikationen wie z. B. bei Remote I/O-Systemen akzeptiert wird.

Manche Gehäusesysteme ermöglichen eine sehr kurze Leiterführung, wenn der Leiterabgang der Anschlussstechnik unter einem Winkel mit Richtung auf den Kabelkanal vorgesehen ist (Abb. 10 unten links). In diesem Fall muss beachtet werden, dass die Kabel bzw. Stecker im Servicefall gelöst und wieder angeschlossen werden müssen. Zu kurz gewählte Leitungen erschweren den Service, auch wenn der Geräte- bzw. Gehäuseaufbau dies ermöglicht.



Abb. 11: Frontanschlusstechnik mit einseitigem Kabelabgang und beidseitigem Leiterabgang in Kabelkanäle

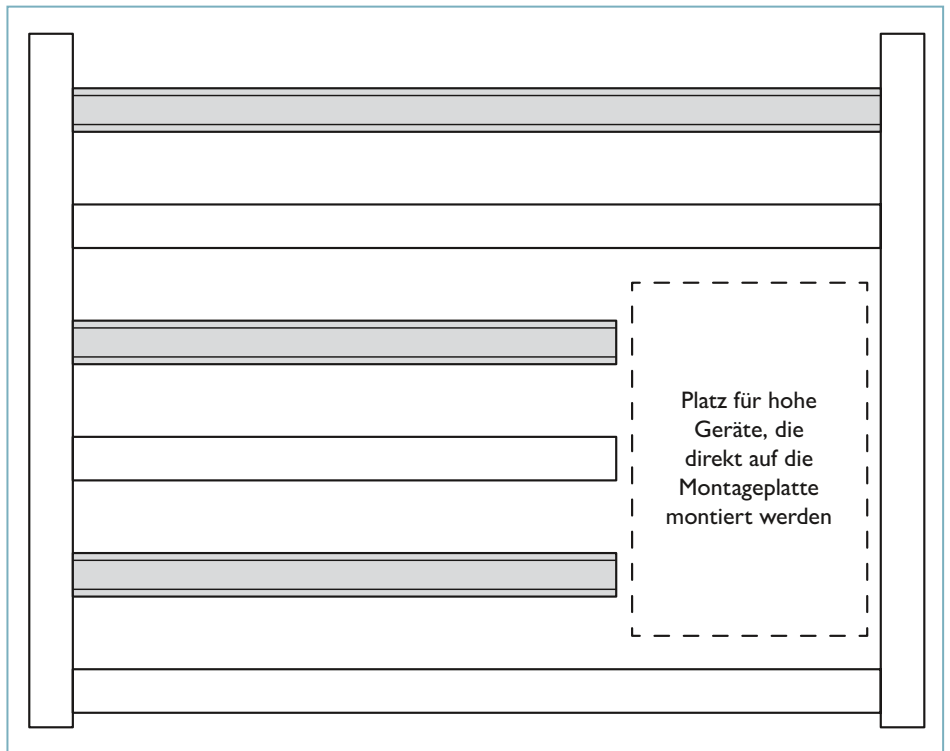


Abb. 12: Klassische Schaltschrankaufteilung Kabelkanal, Tragschiene, Kabelkanal

2 Haupt- und Kleinverteiler nach DIN EN 43 880 für die Gebäudeinstallation

Verteiler für die Gebäudeinstallation unterliegen den sehr detaillierten Vorgaben der DIN EN 43880. Neben Schutzschaltern und Sicherungen nehmen sie im Zeitalter von Smart Home heute eine Vielzahl verschiedener Geräte auf, die der Gebäudesteuerung und Automatisierung dienen. Für all diese Geräte und somit auch für deren Gehäuse ist die DIN EN 43 880 maßgebend.

2.1 Gebäudekleinverteiler

Kleinverteiler in der Gebäudeinstallation sind auch für Laien zugänglich und unterscheiden sich damit wesentlich von Schaltschränken an Maschinen oder in fertigungstechnischen Anlagen. Sie müssen deshalb so ausgelegt sein, dass bei geöffneter Schaltschranktür keine spannungsführenden Teile berührt werden können. Um dies zu verhindern, befindet sich hinter der Schaltschranktür eine Berührungsschutzabdeckung. Lediglich Bedienelemente und Statusanzeigen ragen durch einen schmalen Schlitz in den für Laien zugänglichen Raum.

Geräte beziehungsweise Gehäuse, die in solchen Schaltschränken eingesetzt werden, müssen daher auch dieser Norm folgen und die vorgeschriebenen Hüllmaße exakt einhalten. Besonders zu beachten ist das Maß $t = 44$ mm von der Tragschienen-Oberkante bis zur Unterkante der Berührungsschutzabdeckung. Für Gehäuseteile, die in den für Laien zugänglichen Teil hinein reichen, gibt es Vorzugsmaße, die eingehalten werden können, aber nicht zwangsläufig eingehalten werden müssen.

Wichtig ist, dass solche Elemente unter dem maximalen Maß von $t = 70$ mm bleiben (siehe Abb. 13 und 14).

2.1.1 Geräte nach DIN EN 43880

Geräte für Gebäudeinstallationsverteiler werden häufig mit einer Teilungseinheit (Breite) von 17,5 mm angegeben. Oft

findet man dieses Maß auch in der Gerätebenennung wieder. Laut Norm soll die Breite $17,5 + 0,5 - 0$ mm betragen. Der Mindestabstand zweier benachbarter Geräte 18 mm. Da zwischen zwei Geräten aber immer ein geringer Abstand bleibt, darf ein Gerät nicht breiter als 17,5 mm sein, um die 18 mm einzuhalten.

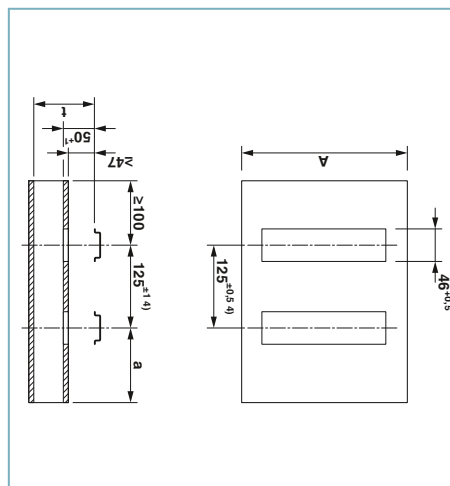


Abb. 13: Kleinverteiler Maße und Abstände

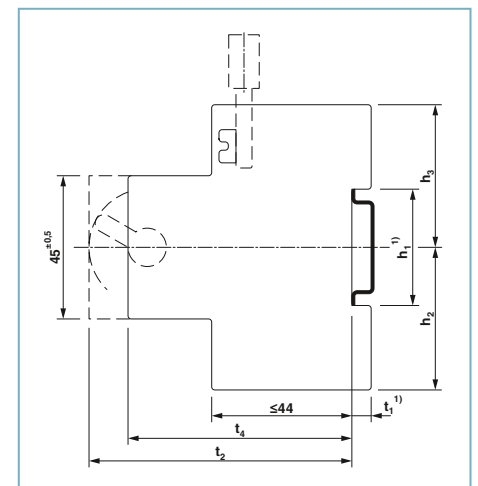


Abb. 14: Maße für Geräte zur Befestigung auf einer Hutschiene

Baugröße	1	2	3
h_2 max.	45	55	75
h_3 max.	45	55	75
Vorzugsweiser Nennstrombereich I_n	bis 25 A	über 25 A bis 63 A	über 25 A bis 100 A

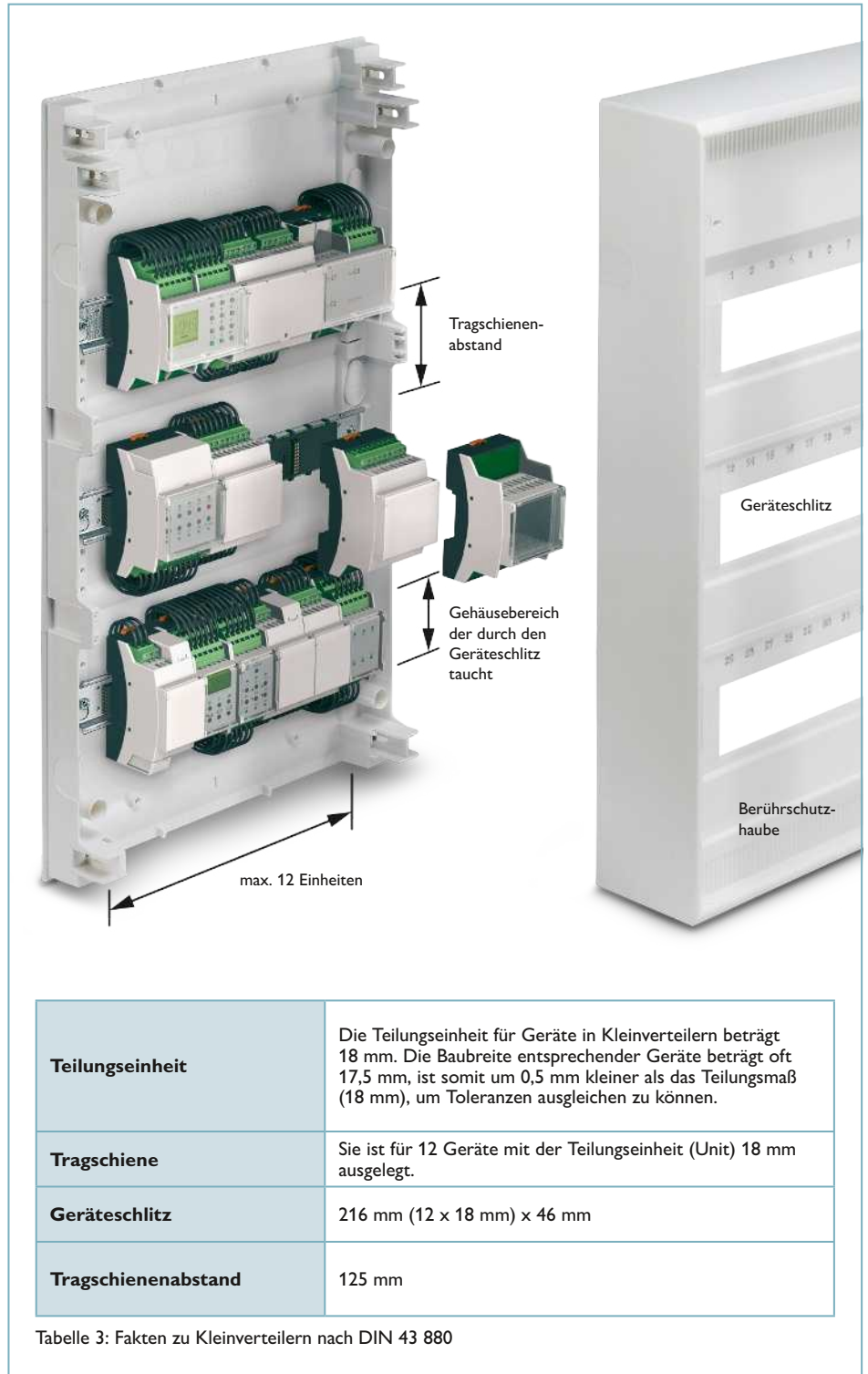
Tabelle 1: Baugrößenmaße für Geräte zur Befestigung auf einer Hutschiene

t_2 max.	55	70	92,5
t_4	min.	52	
	max.	t_2 max.	

Tabelle 2: Tiefenmaße für Geräte der Baugrößen 1 bis 4

Typisch für Kleinverteiler nach DIN 43 880 ist eine Tragschienenlänge für genau 12 solcher Teilungseinheiten, also 12×18 mm. Das basiert darauf, dass diese Verteiler in ihren Anfängen hauptsächlich für die Aufnahme von Sicherungen und Fehlerstrom-Schutzschalter gedacht waren. Sie wurden für 1-Phasen-Wechselstrom und 3-Phasen-Drehstromkreise ausgelegt. Bei 12 Teilungseinheiten pro Schiene konnten somit 12 Wechselstromkreise mit jeweils einer Sicherung oder 4 Drehstromkreise mit jeweils drei Sicherungen oder ein Fehlerstrom-Schutzschalter, der vier Teilungseinheiten beansprucht, mit noch weiteren acht Sicherungen platziert werden.

Im Verlauf der Zeit kamen einfache Steuerungsfunktionen wie Zeitschaltuhren oder Treppenhausautomaten hinzu. Heute werden mittlerweile auch programmierbare Kleinststeuerungen in Installationsverteilern untergebracht. All diese Geräte halten sich aber nach wie vor an die Teilungseinheiten der DIN EN 43 880.



Teilungseinheit	Die Teilungseinheit für Geräte in Kleinverteilern beträgt 18 mm. Die Baubreite entsprechender Geräte beträgt oft 17,5 mm, ist somit um 0,5 mm kleiner als das Teilungsmaß (18 mm), um Toleranzen ausgleichen zu können.
Tragschiene	Sie ist für 12 Geräte mit der Teilungseinheit (Unit) 18 mm ausgelegt.
Geräteschlitz	216 mm (12 x 18 mm) x 46 mm
Tragschienenabstand	125 mm

Tabelle 3: Fakten zu Kleinverteilern nach DIN 43 880

Abb. 15: Aufbau von Kleinverteilern

3 Gehäusebauformen

Gehäuse für elektronische Geräte werden grob in zwei Gruppen unterteilt. Die meist zweiteiligen Bechergehäuse und die mehrteiligen Halbschalengehäuse. Hinzu kommen solche, die aus Strangprofilen hergestellt werden, zu denen aber eher der Begriff Leiterplattenträger passt. Bei den letzteren steht die Funktionalität im Vordergrund, während bei den ersten beiden neben der Funktionalität auch das Design eine wichtige Rolle spielt.

3.1 Bechergehäuse

Elektronikgehäuse in Becherbauform bestehen aus einem einteiligen Gehäuseunterteil – dem Becher – und einem Gehäusedeckel. Die Anslusstechnik wird in der Regel im Deckel oder an der Grenze zwischen Deckel und Becher platziert (Abb. 18). Sind entsprechende Führungen vorhanden, können Leiterplatten in allen drei Raumrichtungen eingeschoben werden. Dank des einfachen, zweiteiligen Aufbaus eines Bechergehäuses ist eine schnelle Endmontage möglich (Abb. 18).

Wie bereits gesagt, ist bei Bechergehäusen die Platzierung der Anslusstechnik an der Grenze zwischen Deckel und Becher mechanisch am sinnvollsten. Werden viele Anschlusspunkte benötigt, begrenzt die Gehäusegröße schnell die mögliche Anzahl von Anschlusspunkten pro Ebene.

Wird die Anslusstechnik auf mehrere Etagen verteilt und soll weiterhin eine gute Zugänglichkeit der Anschlusspunkte gewährleistet sein, muss die von Etage zu

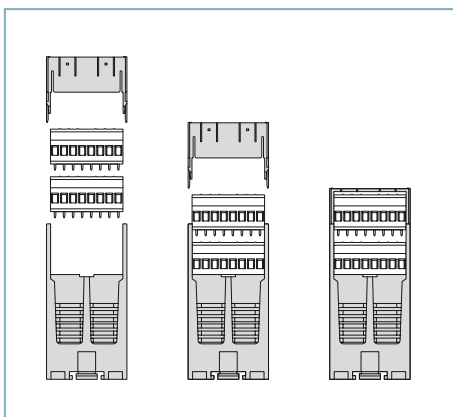


Abb. 16: Grundaufbau von Bechergehäusen

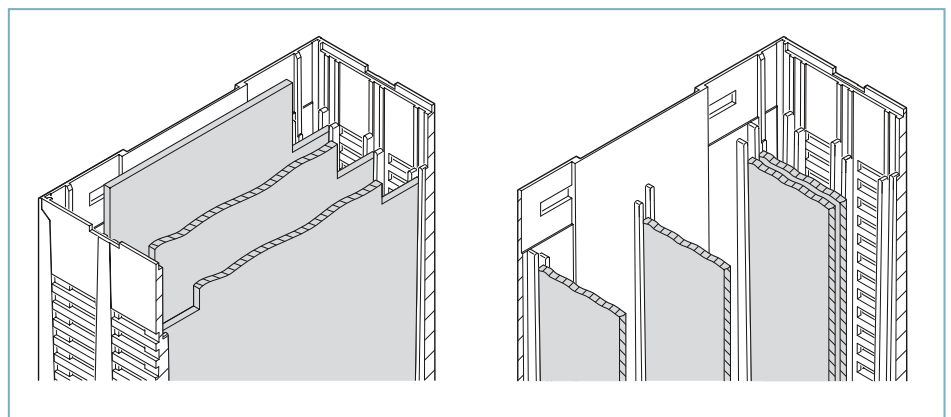


Abb. 17: Vertikale Leiterplatteneinschübe in zwei Raumrichtungen

Etage eingerückt werden (Abb. 19).

Daraus resultiert ein stufenförmiger Aufbau, der sich auf die Form des Gehäuseoberteils bzw. des Deckels auswirkt. Nachteilig ist der dadurch immer schmäler werdende Platz für Anzeigen und Beschriftungen auf der Gehäusefrontseite.

Die übliche vertikale Einbaulage der Leiterplatten stellt besondere Anforderungen an die Anschlussstechnik. Die Anschlusspunkte befinden sich typischerweise an der Schmalseite der Gehäuse horizontal, neben- und übereinander. Die Bestückungsfläche der Leiterplatte, auf der die Anschlussstechnik aufliegt und verlötet wird, ist jedoch bauartbedingt um 90° verdreht. Zur Lösung dieser Aufgabe nutzt man die sogenannte orthogonale Anschlussstechnik. Indem man die stromführenden Metalle der Klemme zweimal um 90° abwinkelt, erreicht man die gewünschte Richtungsänderung und bringt so Funktion, Design und Bedienkomfort in Einklang.

Solche Klemmen sind in der Regel nur auf ein bestimmtes Gehäusesystem ausgelegt. Um die Lötstellen nicht zu belasten (siehe auch Seite 20), müssen sie sich dem Gehäusedesign anpassen und gleichzeitig mechanische Kräfte (die z. B. beim Anschließen auftreten) abfangen.

Je nachdem, wie viele Ebenen für die Anschlussstechnik auf den Seiten des Gehäuses vorgesehen werden, verändert sich die Form des Gehäuseoberteils. Abbildung 20 zeigt typische Oberteile der Gehäusefamilie ME mit zwei bzw. drei Anschlussebenen pro Seite und eine Variante mit einer Ebene auf nur einer Seite.

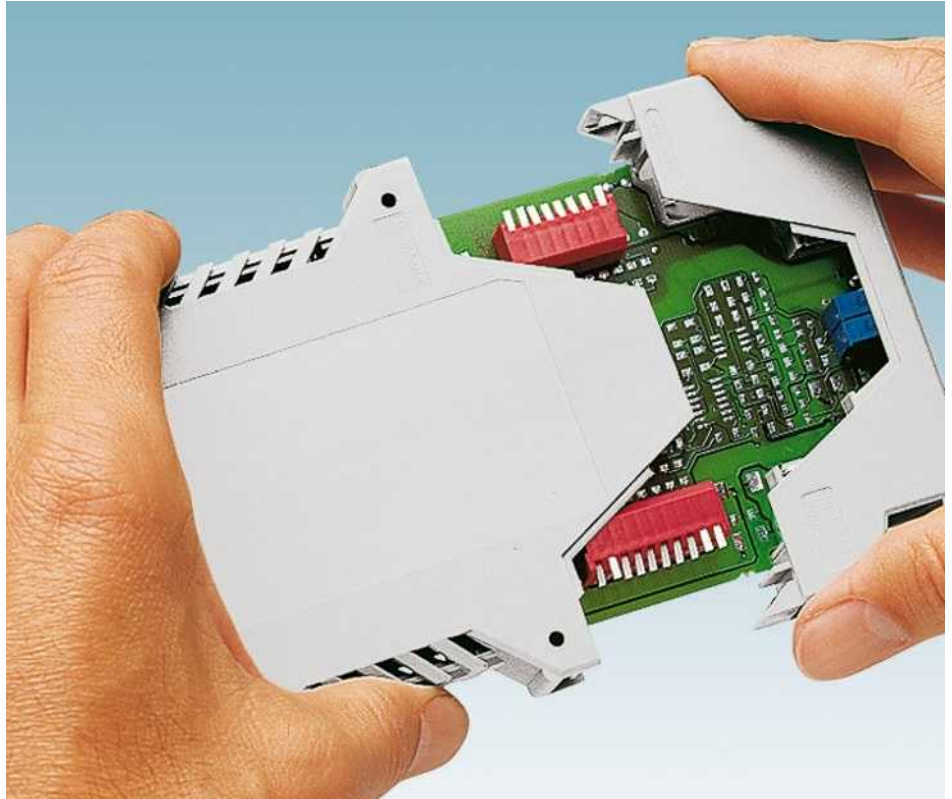


Abb. 18: Einfache Endmontage



Abb. 19: Eingerückte Anschlussstechnik



Abb. 20: Bauformen von Oberteilen

3.2 Halbschalengehäuse

Halbschalengehäuse lassen sich leicht durch das Einfügen von Zwischenstücken in der Breite variieren. Ein Vorteil vor allem, wenn es darum geht, kostenoptimiert unübliche Gehäusebreiten von mehr als 50 mm Breite herzustellen.

In der Endmontage wird bei diesem Gehäusertyp die Leiterplatte seitlich in eine der beiden Gehäusehalbschalen eingelegt. Die zweite Halbschale verschließt das Gehäuse (Abb. 22). Dieser Aufbau ermöglicht die Platzierung der Anschluss technik theoretisch an jeder Außenseite des Gehäuses. Selbst ein größerer Abstand zwischen zwei Anschlussblöcken kann durch einen Halbschalenaufbau auch bei direkt, senkrecht übereinander stehenden Blöcken wieder geschlossen werden. Hierdurch entfällt die Notwendigkeit des Einrückens der Anschluss technikebenen, wie bei den Bechergehäusen.

Halbschalengehäuse ermöglichen also mehrere Anschluss techniketagen, ohne dass die Frontfläche wie beim Bechergehäuse davon beeinträchtigt wird. Durch eine schräg gestellte Anschluss technik wird ein hoher Bedienkomfort gewährleistet, wobei aber auch hier aufgrund der vertikalen Leiterplatten eine orthogonale Anschluss technik eingesetzt werden muss.



Die Endmontage ist im Gegensatz zum Bechergehäuse deutlich aufwändiger. Um alle Konturen zu schließen und das Gehäuse zu stabilisieren, werden die Halbschalen an vielen Stellen verrastet. Der bei dem Bechergehäuse integrierte oder bereits vormontierte Rastfuß muss hier häufig nachträglich bei der Geräteendmontage angebracht werden.

Dadurch, dass die Anschluss technik bei einem Halbschalengehäuse nicht eingerückt werden muss, erhält man eine größere Leiterplatten-Bestückungsfläche als bei Bechergehäusen mit gleichen

Hüllmaßen (Länge x Breite x Höhe). Dieses Plus an Bestückungsfläche versus der schnellen Endmontage beim Bechergehäuse sind die wichtigsten Faktoren bei der Entscheidung für die ein oder die andere Gehäusebauform.

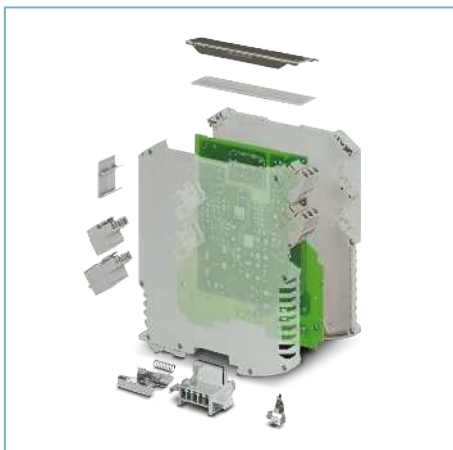


Abb. 21: Aufbau Halbschalengehäuse

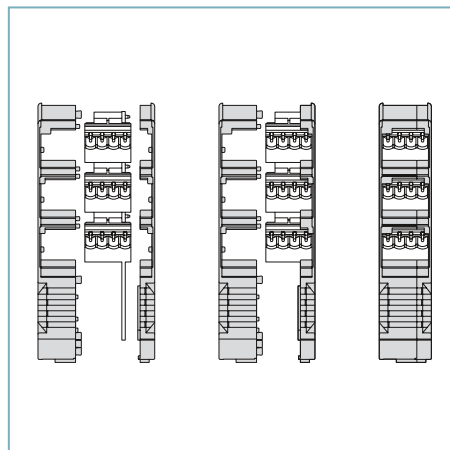


Abb. 22: Montagereihenfolge

3.3 Profilgehäuse

Für die Profilbauform ist die Bezeichnung Elektronikgehäuse nicht ganz passend. Treffender ist hier der Begriff Leiterplattenträger. Hergestellt werden sie aus einem Endlos-Strangpressprofil, das nach der Produktion auf eine transportgerechte Länge von 2 m eingekürzt wird. Die Abschnitte werden dann millimetergenau auf die Wunschlänge zugeschnitten.

Die Profile besitzen in der Regel mehrere Nuten zur Aufnahme von Leiterplatten. Bei der Platzierung der Anslusstechnik und der Elektronik wird für diese Nut eine Sperrfläche auf der Leiterplatte vorgesehen. In manchen Ausführungen kann die oberste Leiterplattenaufnahme eine Randbestückung der Anslusstechnik optional zulassen (Abb. 24).

Den Abschluss an den Profilen bilden Seitenelemente, die in vielfältigen Formen angeboten werden. Sie werden mit dem Profil verschraubt oder bei den Schnellmontagevarianten einfach angekippst (Abb. 23). Da Profile prozessbedingt keine Hintergriffe haben, bringt man beim Ablängen einen zusätzlichen Schnitt

an, der als Hintergriff für die Seitenteile dient.

Der Fuß zur Befestigung auf der Tragschiene ist in den Seitenteilen integriert. Er besteht wie bei den meisten Gehäusen aus einem Festlager und einem federnden Kunststoffteil. Komplettiert werden diese Gehäuse durch Kunststoffhauben, die entsprechend den Profilen spezifisch abgelängt werden.

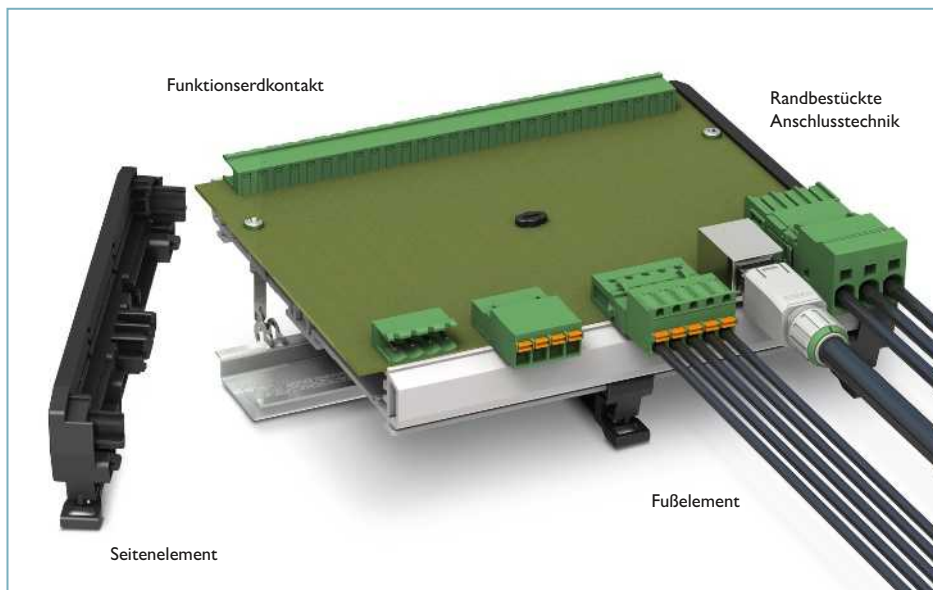
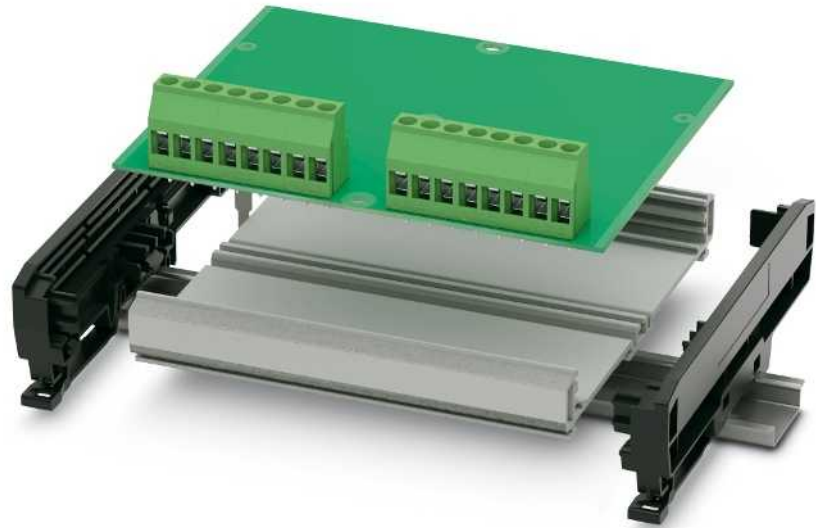


Abb. 23: Schraubenlose Seitenelemente



Abb. 24: Randbestückung beim Profilgehäuse

4 Einbaulage der Leiterplatten und der Anslusstechnik

In Elektronikgehäusen sind Leiterplatten entweder horizontal oder vertikal zur Tragschiene angeordnet. Dies wirkt sich vielfältig auf das Endgerät aus, denn mit der Leiterplattenlage wird die Auswahl an funktionsgerechter Anslusstechnik eingeschränkt und die Leiterabgangsrichtung vordefiniert. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, wenn ein Gehäuse unterschiedliche Einbaulagen ermöglicht.

4.1 Die Einbaulage

4.1.1 Horizontale Leiterplattenanordnung

Flache Bechergehäuse und Profilgehäuse besitzen eine horizontale Leiterplattenanordnung. Daraus ergeben sich verhältnismäßig große Gehäusefronten mit viel Platz für Anzeige- und Bedienelemente. Ein weiterer Vorteil ist, dass zusätzlich zu den Systemkomponenten nahezu die gesamte handelsübliche Anslusstechnik

– etwa D-SUB, RJ45, USB – problemlos verwendet werden kann.

Aus der horizontalen Lage folgt aber nicht zwangsläufig auch eine horizontale Leiterführung. Durch eine vorausschauende Wahl der Anslusstechnik lässt sich die Leiterabgangsrichtung bei gegebener Leiterplattenlage variieren. Sie kann genauso gut unter 45° oder 90° zur Leiterplatte verlaufen, wenn es für die Nutzung des Endgeräts von Vorteil ist.

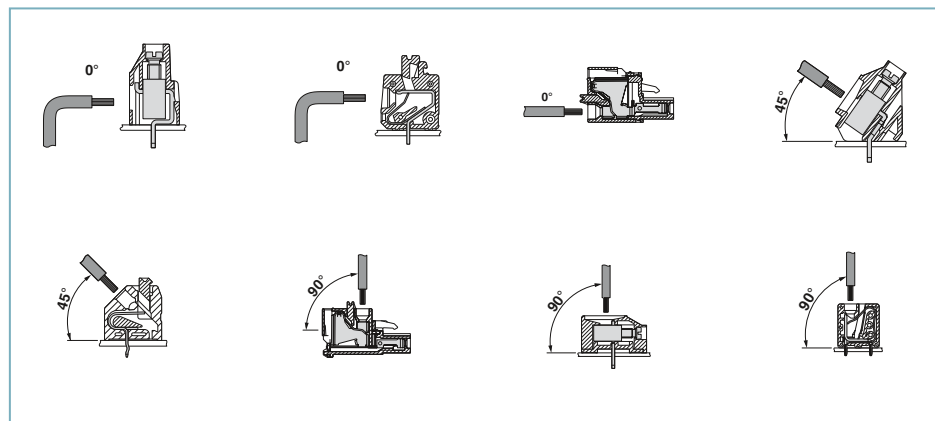
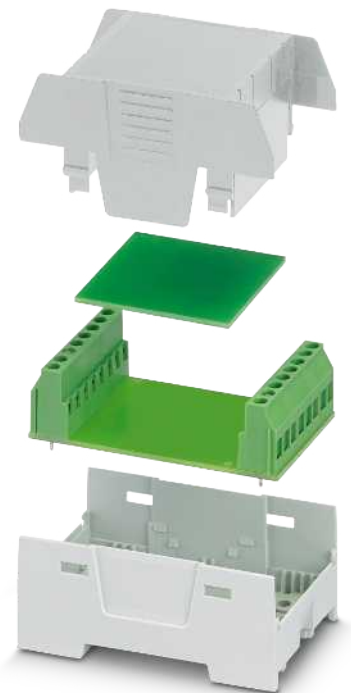


Abb. 25: Leiterabgangsrichtung verschiedener Stecker und Grundleisten



Mit der Entscheidung für eine horizontale Leiterplatte bleiben also noch genügend Freiheitsgrade in Bezug auf die Leiterabgangsrichtung (Abb. 25). Bei Profilgehäusen herrscht aufgrund der Herstellungsmethode (Strangpressen) fast ausschließlich die horizontale Einbaulage der Leiterplatten vor.

Zahlreiche Gehäuse ermöglichen die Anordnung von Leiterplatten auch übereinander in zwei oder mehr Etagen.

Um die Endmontage derartiger Geräte zu erleichtern, ist es sinnvoll, die Ebenen zu kodieren. So passt eine Leiterplatte genau in eine Position im Gehäuse und wird schnell und sicher montiert. In dem in Abb. 28 dargestellten Beispiel wird jeder Leiterplatteebene mindestens zwei quadratische Rastpositionen in der Gehäuseseitenwand zugeordnet. Dadurch, dass sich die Positionen je Ebene verschieben, ergibt sich nur eine passende Leiterplatten- / Rastpunktkombination.

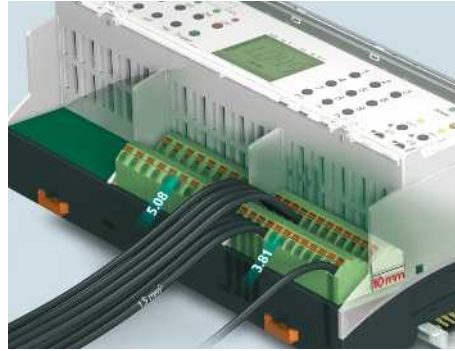


Abb. 27: BC-Gehäuse mit 45°-Leiterabgang

4.1.2 Vertikale Leiterplattenanordnung

Die vertikale Leiterplattenanordnung tritt bei hohen Bechergehäusen und Halbschalengehäusen auf. Die Leiterplatten werden in Einschubnuten geführt, die häufig für zwei Raumrichtungen vorgehalten werden. Es kann aber nur eine für diese Bauform angepasste Anschlussstechnik funktionsgerecht eingesetzt werden.

Um die Bedienrichtung und den Leiterabgang für den Anwender so komfortabel zu gestalten, wie bei der horizontalen Lage, benötigt man sogenannte orthogonale Anschlussklemmen (Abb. 26).

Die Betätigung (hier Anschlusschraube) und der Lötanschluss befinden sich in einer Linie mit der vertikalen Leiterplatte. Für den Leiterabgang werden die Löt-/Anschlussmetalle zweimal um 90°

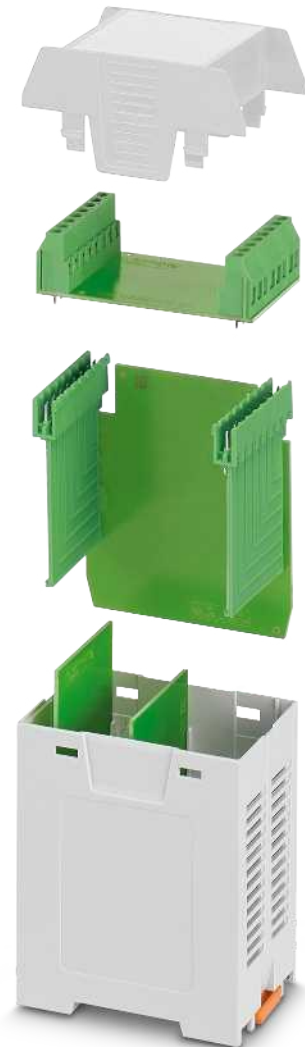


Abb. 26: Orthogonale Anschlussklemmen MSTBO

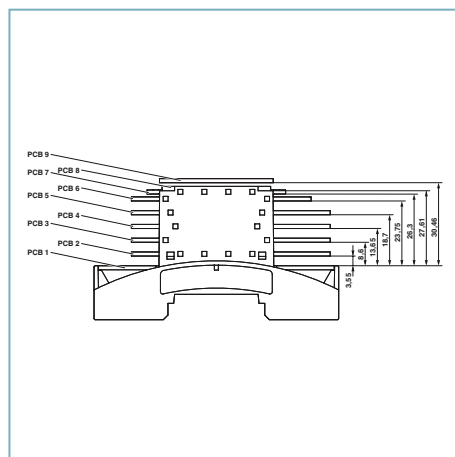


Abb. 28: Gestapelte Platinen im BC-Gehäuse

gedreht (orthogonale Anschlussstechnik). Dadurch wird die Klemme ergonomisch angeschlossen und bedient. Die Integration systemfremder Komponenten ist bei der vertikalen Leiterplattenlage möglich, jedoch nicht so elegant, denn solche Komponenten werden in der Regel nur einmal um 90° gedreht angeboten.

4.2 Anschlussstechnik

Es gibt zwei grundlegende Bauformen für die Leiterplatten-Anschlussstechnik. Der feste Anschluss direkt an die Leiterplatte und der steckbare Anschluss.

4.2.1 Fester Anschluss

Der feste Anschluss ist einteilig und verbindet die Leiter direkt mit der Leiterplatte. Im Vergleich mit einer steckbaren Lösung ist der feste Anschluss in Hinblick auf die Materialkosten günstiger. Im Servicefall oder beim Modultausch muss der Leiter gelöst und später neu angeschlossen werden. Sind die Leiter jetzt nicht eindeutig markiert bzw. beschriftet, kann es leicht zu fehlerhaften Anschlüssen und infolge zu Geräteschäden kommen. Klemmen für einen festen Anschluss gibt es in den verschiedensten Ausführungen und Farben. Sie werden mit Schraub- oder Federtechnik angeboten, die idealerweise bei gleichem Layout alternativ eingesetzt werden können. Typisch für einteilige Klemmen ist der Wellenlötprozess. Für die Verarbeitung im Reflow-Lötprozess ist der hohe Metallanteil problematisch, den der einteilige Aufbau mit Schrauben bzw. Feder, Klemmhülsen und Lötstift mit sich bringt. Einerseits entzieht der hohe Metallanteil der Lötstelle sehr viel Wärme, andererseits erschwert er die Ausbalancierung auf der Leiterplatte.

Die Varianten der Anschlussstechnik sind auf Seite 20 Tabelle 5 dargestellt.

4.2.2 Steckbarer Anschluss

Steckbare Anschlüsse sind immer mindestens zweiteilig. Die Leiter sind an einem Stecker angeschlossen und werden über ein zweites Bauteil, der Grundleiste, mit der Leiterplatte verbunden. Steckbare Verbindungen erlauben den schnellen Gerätewechsel. Die Gefahr, Anschlüsse

beim erneuten Verbinden zu vertauschen, ist so bereits deutlich geringer. Durch Kodierungen und unterschiedliche Farben kann sie nahezu ausgeschlossen werden.

Durch den zweiteiligen Aufbau befindet sich nur ein geringer Metallanteil in der zu verlötenden Grundleiste. Sie ist daher sehr leicht und kann für eine automatische Bestückung gut austariert werden. Bei gleichem Layout (Pining) werden steckbare Lösungen sowohl für den Wellen-, als auch für den Reflow-Lötprozess angeboten.

Um den Temperaturen im Lötöfen stand zu halten, sind die Reflow-lötbaren Klemmen sind aus einem Hochtemperaturkunststoff hergestellt. Sie werden für die automatische Bestückung geblistert auf Rollen angeboten (Abb. 30).

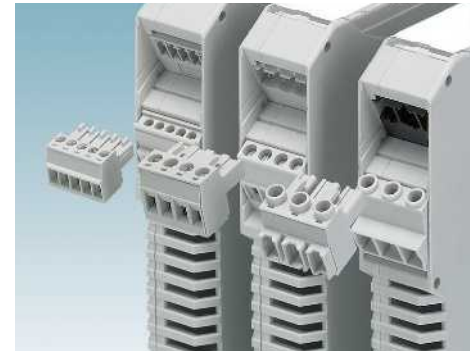


Abb. 29: Vergleich: fest und steckbar

Eigenschaft	Feste Anschlussstechnik	Steckbare Anschlussstechnik
Anzahl der Komponenten	1	min. 2
Übergangswiderstand	+	-
Platzbedarf auf der Leiterplatte	+	-
Flexibilität in der Produktion	-	++
Komfort im Servicefall	-	++
Reflow-fähig	Nein	Ja
Gesamtkosten aufgrund der Teilezahl	+	-
Vorkonfektionierung des Schaltschranks möglich	Nein	Ja
Farbvarianten zur Funktionserkennung vorhanden	Ja	Ja
Kodierung	nicht notwendig	Ja

Tabelle 4: Gegenüberstellung von festen und steckbaren Anschlüssen

4.3 Abhängigkeit des Produktionsprozesses von der Anslusstechnik

Die Wahl der Anslusstechnik und der spätere Produktionsprozess sind eng miteinander verschränkt.

Bereits im Frühstadium der Entwicklung wird das Lötverfahren festgelegt. Entscheidet man sich für eine SMD-Bestückung mit einem Reflow-Lötprozess, ist die Verwendung einer einstückigen, festen Anslusstechnik nahezu ausgeschlossen, da es kaum entsprechende Produkte auf dem Markt gibt.

Soll das zukünftige Gerät mit fester Anslusstechnik sowohl mit Schraub- als auch mit Federanschluss angeboten werden, ist für beide Varianten jeweils eine Produktionslinie erforderlich. Bereits zu Beginn der Geräteproduktion, bei der Platinenbestückung, ist somit das Endprodukt vorbestimmt. Im Umkehrschluss legt man sich bei der Entscheidung für die

feste Anslusstechnik gleichzeitig auf den Produktionsprozess Wellenlöten fest.

Die steckbare Anslusstechnik bietet den Vorteil, dass es baugleiche Produkte sowohl für den Reflow- als auch für den Wellenlötprozess gibt. Da sich der Leiteranschluss im Stecker befindet und dieser dem Gerät erst ganz zum Schluss hinzugefügt wird, bleibt bis zum Ende der Produktionskette offen, ob es später ein Artikel mit Push-in-, Schraub- oder Federanschluss wird. Bei der steckbaren Anslusstechnik fällt somit die Entscheidung für die Anschlussart erst am Ende der Produktionskette. Da bis zu diesem Punkt alle Varianten in einer Line gefertigt werden können, entsteht ein erheblicher Kostenvorteil.



Abb. 30: Grundleiste geblistert auf Rolle

Entscheidung		Auswirkung		
Entwicklung		Produktion	Lieferung	
Anslusstechnik	Lötverfahren	Start	fertiges Gerät	
Anzahl der Produktionslinien	fest	Wellenlöten	Produktionslinie Welle 1 Produktionslinie Welle 2 Produktionslinie Welle 3	
		Reflow	keine techn. Lösung	
	steckbar	Wellenlöten		Schraube Feder Push-in
		Reflow		Schraube Feder Push-in

Abb. 31: Schematische Darstellung der Abhängigkeit von Anslusstechnik zum Produktionsprozess


























				Wellenlöten		Reflow-Löten	
		Raster	Polzahl	Schraube	Feder/ Push-in	Schraube	Feder/ Push-in
Fester Anschluss	3,5	3 – 5	 MKDSO 1,5		Keine technische Lösung vorhanden		
	5,0	2 – 4	 MKDSO 2,5	 FKDSO 2,5			
	7,5	2/3	 MKDSO 2,5 HV	 FKDSO 2,5 HV			
Steckbarer Anschluss	3,5	3 – 5	 MCO	 MCO	 MCO THR	 MCO THR	
			 MC	 FMC	 MC	 FMC	
	5,0	2 – 4	 MSTBO	 MSTBO	 MSTBO THR	 MSTBO THR	
			 MSTBT	 PSPT	 MSTBT	 PSPT	
	7,25	2/3	 GMSTBO HV		 GMSTBO HV THR		
			 GMSTBT HV		 GMSTBT HV		

Tabelle 5: Übersicht der Anschlussstechnik für die Gehäusefamilien ME und ME MAX von Phoenix Contact

4.3.1 Anschlusstechniken im Vergleich



Schraubanschluss

- Weltweit bekannt und intuitiv bedienbar
- Hohe Leiterandruckkräfte
- Eignet sich für Leiter aller Art
- Mit und ohne Aderendhülse nutzbar

Zugfederanschluss

- Anschlusskammer muss geöffnet werden, bevor der Leiter angeschlossen werden kann
- Für Leiter aller Art geeignet
- Mit und ohne Aderendhülse nutzbar

Push-in-Anschluss

- Starre Leiter oder Leiter mit Aderendhülse werden ohne Öffnen der Anschlusskammer eingeführt und direkt angeschlossen
- Für flexibel feindrähtige Leiter wird die Anschlusskammer zunächst geöffnet
- Geringster Zeitaufwand pro Anschlusspunkt

Unfallverhütungsvorschriften nach BGV A 2

Die von der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik herausgegebenen Unfallverhütungs-Vorschriften BGV A 2 richten sich an die Betreiber elektrischer Anlagen mit dem Ziel der Unfallverhütung. Sie beziehen sich auf die Arbeit, die Bedienung und die gelegentliche Handhabung in der Nähe berührungsgefährlicher (aktiver) Teile von Niederspannungsanlagen bis 1000 V AC bzw. 1500 V DC.

Wesentlich ist, dass um aktive Teile ein Bereich fingerberührsicher auszuführen ist, der durch eine ebene Hüllkurve mit einem Radius mit 30 mm gebildet wird (siehe DIN EN 50274).

Geprüft wird dies nach der IEC 60529 bzw. DIN VDE 0470-1 mit einem genormten Prüffinger.



Abb. 32: Grundleiste nach BGV A 2



Abb. 33: Nicht fingerberührsichere Grundleiste

5 Zubehör für Sonderfunktionen

Ergänzt man Elektronikgehäuse mit angepasstem Funktionszubehör, so wird aus den Gehäusen ein Gehäusesystem. Zu diesem Funktionszubehör zählt man u. a. die bereits besprochene Anschlusstechnik, Elemente zur Statusanzeige und Verbinder (Busse) von Gerät zu Gerät. Darüber hinaus aber auch Elemente zur Potenzial- oder Schirmanbindung.

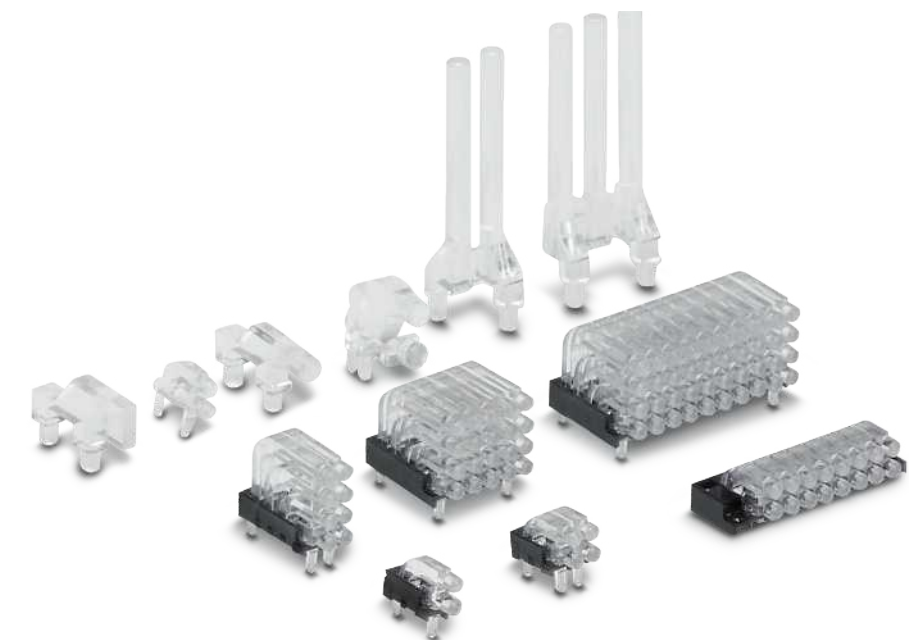
5.1 LED-Statusanzeigen

Was bei der Leiterplatten-Einbaulage für die Anschlusstechnik gilt, trifft auch für Bedien- und Anzeigeelemente zu.

Auch hier können bei horizontalen Leiterplatten relativ einfach aufgebaute Lichtleiter eingesetzt werden. Bei vertikalen Leiterplatten muss das Licht ähnlich wie bei der orthogonalen Anschlusstechnik umgeleitet werden. Die Lichtaustrittsfläche ist im Gegensatz zur Anschlusstechnik aber nicht die Gehäuseseitenwand, sondern die Gehäusefront. Bei den Lichtleitern reicht daher eine einfache Drehung um 90° aus.

Lichtleiter werden allgemein so platziert, dass sie durch die Gehäusewand reichen und bündig mit der Frontfläche abschließen. Besitzen Lichtleiter eine abgerundete Lichtaustrittsfläche, sollte diese um den Radius der Rundung aus der Front herausragen. Zum einen werden so Schmutzkanten vermieden. Zum anderen wird der Winkel, aus dem der Anzeigestatus bequem und sicher abgelesen werden kann, erweitert.

Je nach Bauform können LEDs auch direkt durch die Gehäusefront geführt werden. Auch hier müssen Schmutzkan-



ten vermieden werden. Hinzu kommt die Gefahr durch ESD-Impulse, die durch die LED-Öffnung ins Gehäuseinnere eindringen können. Als Gegenmaßnahme kann ein teiltransparentes Folienetikett genutzt werden.

Lichtleiter werden in den verschiedensten Varianten und Ausführungen angeboten. Sie müssen einen dämpfungsarmen Lichttransport gewährleisten und sehr homogen aufgebaut sein. Ist das nicht der Fall, können bei zwei nebeneinander geführten Lichtleitern unterschiedliche Lichteindrücke entstehen. Dies kann zu Irritationen bei dem Anwender in Bezug auf den Gerätestatus führen.

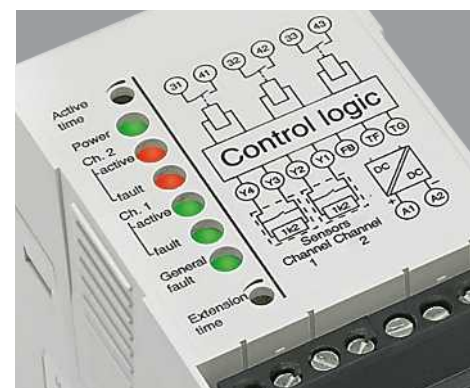


Abb. 34: Gehäusefront mit LED-Anzeige

5.1.1 Lichtleiter mit hoher Packungsdichte

Insbesondere bei Gehäusen mit Frontanschlusstechnik und hoher Anschlussdichte bleibt wenig Platz für Statusanzeigen (Abb. 35). Hier kommen solche Lichtleiter zum Einsatz, die eine hohe Packungsdichte ermöglichen. Dieser Packungsdichte geschuldet ist das Rastermaß der Lichtleiterblöcke von 2,54 mm und der Durchmesser von 2 mm pro Lichtleiter. Sie sind in der Regel für CHIPLEDs der Bauform 0603 oder kleiner ausgelegt (Abb. 36). Eine in den Lichtleitern integrierte Blende verhindert das Überstrahlen von einem Lichtleiter zum nächsten und ermöglicht so die Anzeige verschiedener Farben in einem Block. Einpresszapfen gewährleisten die sichere Fixierung auf der Leiterplatte.

Die Lichtleiterblöcke können applikationsspezifisch angepasst werden. Variationsmöglichkeiten gibt es bei der Anzahl der Reihen und Spalten, durch Teilbestückung und Kombinationen. Zur Erleichterung der Endmontage sollten bei der Verwendung von Lichtleiterblöcken entweder die Lichtleiter oder die Gehäusephasen als Einführhilfe besitzen.

Bei Lichtleitern kommt häufig glasklares Polycarbonat zum Einsatz. Optimal ist eines mit der Brennbarkeitsklasse UL V0 (siehe hierzu auch Seite 34), die auch häufig für Elektronikgehäuse gefordert wird. Durch eine lichttechnisch optimierte Auslegung in Bezug auf Material, Form und Durchmesser lässt sich dann eine qualitativ hochwertige Visualisierung erreichen.



Abb. 35: Lichtleiter im ME-IO-Gehäuse für ein kompaktes Anzeigenfeld



Abb. 36: 5x4-reihiger Lichtleiterblock

5.1.2 Flexible Lichtleiter



Abb. 37: Flexible Lichtleiter

Bei der Positionierung von Lichtleitern stößt man in manchen Applikationen an mechanische oder elektronische Grenzen. Die typischen Bauformen erfordern die Nähe zur Anzeigefläche, die bei einer hohen Packungsdichte der Elektronik oder bei komplizierten Geometrien von Gehäusen nicht immer leicht zu realisieren ist. Durch flexible Lichtleiter (Abb. 37) können LEDs fast beliebig auf der Leiterplatte platziert werden. Das Licht wird über zwei Endkappen und einen flexiblen Teil ggf. auch im Bogen geführt. Durch einen sorgfältig ausgeführten Schnitt mit einem möglichst scharfen Messer kann er auf die optimale Länge eingekürzt werden und ist somit ideal für diese Anwendungen. Bei Gehäusen mit hoher IP-Schutzklasse kann die Lichtaustrittskappe mit der Gehäusefront wasser- und staubdicht verklebt werden und ermöglicht so eine einfach zu realisierende Statusanzeige.

5.2 Bussysteme

5.2.1 Tragschienen- und Gerätebus

Elektronische Steuer- und Regelsysteme werden durch Anreihung unterschiedlicher Funktionsmodule mit dem Vorteil, dass einzelne Komponenten leicht hinzugefügt oder entfernt werden können, aufgebaut. Der Umbau eines Systems oder dessen Erweiterung ist somit problemlos möglich. Dies erfordert, dass die Funktionsmodule über ein Bussystem miteinander verbunden sind. Zwei Bauformen haben sich etabliert: der Tragschienenbus, der unter dem Gehäuse in der Tragschiene verläuft, sowie der Gerätebus, der sich im Gehäuseinneren befindet.

Der Tragschienenbus kann unabhängig vom Gehäuse montiert werden und ermöglicht es, einzelne Gehäuse aus einem Verbund zu lösen (Abb. 38). Die Buskom-

munikation wird durch das Herauslösen eines Busmoduls nicht automatisch unterbrochen, sodass das restliche System in Betrieb bleibt.

Bei einem Gerätebus, der im Inneren eines Gehäuses verläuft, ist es nicht möglich, einzelne Module ohne Weiteres aus dem Verbund zu lösen, denn die jeweils benachbarten Module müssen dafür zunächst zur Seite geschoben werden (Abb. 39). Dadurch wird die Busverbindung unterbrochen. Erst jetzt kann man das gewünschte Modul von der Schiene lösen. In zahlreichen Applikationen ist eine Unterbrechung der Kommunikation nicht erlaubt, sodass der Einsatz von Gerätebussen nicht in Frage kommt.

Die Verbindung zwischen Bus und Geräteelektronik (Leiterplatte) wird beim Gerätebus während der Modulproduktion hergestellt. Die Leiterplatte wird senk-

recht in den Buskontakt gesteckt, sodass die Kontaktauslegung zwischen Leiterplatte und Buskontakt einfach gestaltet werden kann.

Beim Tragschienenbus sieht dies ganz anders aus. Hier wird ein Modul aufgrund des Gehäuseaufbaus nicht senkrecht auf die Tragschiene gesetzt, sondern mit Hilfe des Festlagers und des Rastfußes auf die Schiene geschwenkt (Abb. 40). Die Kontakte bewegen sich also auf einer Kreisbahn, die sich in der Geometrie der Kontakt-Pads auf der Leiterplatte wiederfinden muss. Optimal ist, wenn ein einmal hergestellter Kontakt durch die Bewegung nicht abreißt und es auch nicht zu einem Kurzschluss oder zu einer Unterschreitung der Mindestluft- und Kriechstrecken kommt.

Sinnvoll ist es, die Leiterplatten-Außenkante im Bereich der Buskontakte

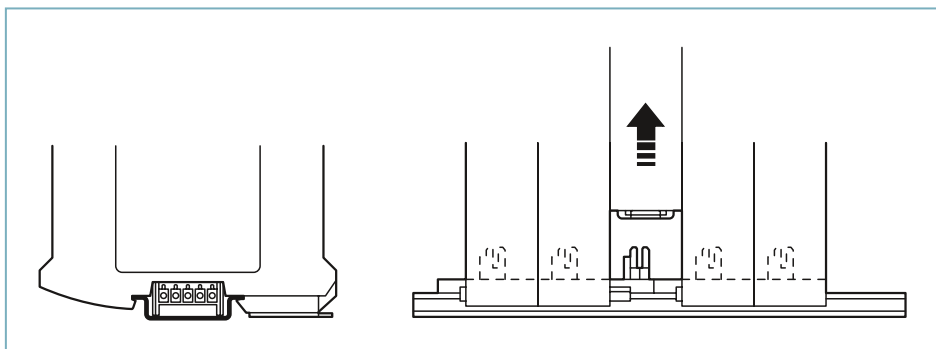


Abb. 38: Grundaufbau eines Tragschienenbus



Abb. 40: Aufschwenken auf den Tragschienenbus

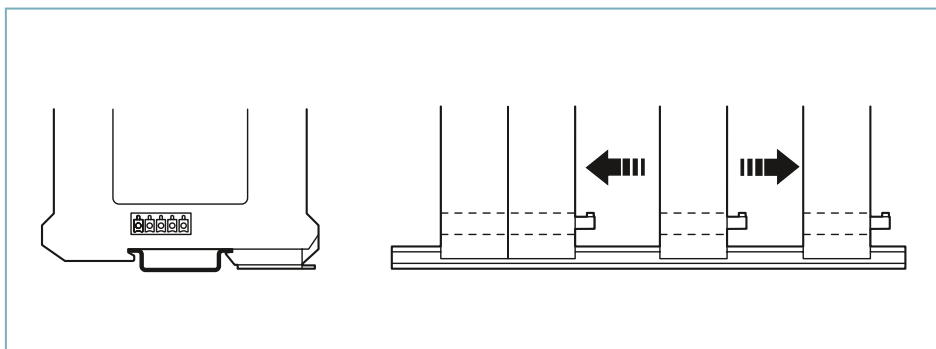


Abb. 39: Grundaufbau eines Gerätebusystems

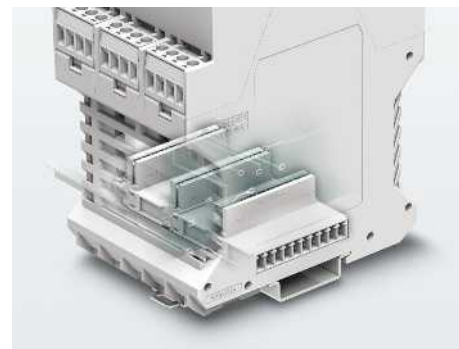


Abb. 41: Schnitt durch ein Gehäuse mit Gerätebus

mit einer Phase zu versehen. Dies unterstützt das Öffnen der Buskontakte und entlastet diese mechanisch während des Einschwenkvorgangs.

Da der Tragschienenbus einem vorgegebenen Raster folgt und nicht immer ein senkrechter Abgang zu einem Gerät bzw. einer Geräteleiterplatte erforderlich ist, gibt es für diesen Bustyp Adapter (Abb. 42), die eine derartige Stelle überbrücken können.

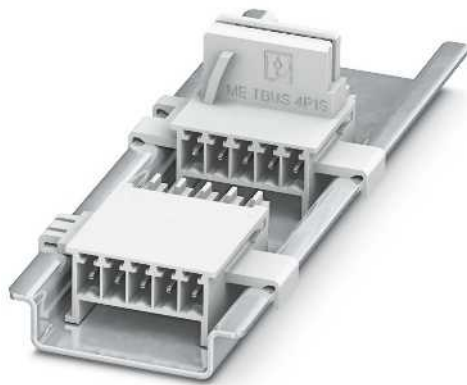


Abb. 42: Busadapter zur Überbrückung

Tragschienenbusse gibt es in fünf- und achtpoliger Ausführung. Ausgelegt sind diese Busse für 6 ... 8 A bei einer Spannung bis 100 V. Die Tragschienenbusse zeichnen sich aus durch ein erstaunlich gutes Signalübertragungsverhalten auch bei hohen Geschwindigkeiten. Sie sind somit ideal zum Aufbau eines lokalen Kommunikationsbusses.

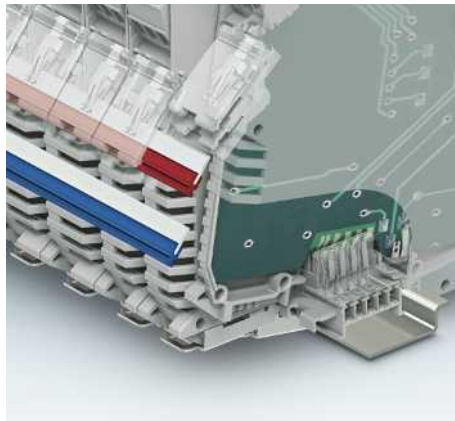


Abb. 43: Leistungsbuss

5.2.2 Leistungsbusse

Geräte und Tragschienenbusse eignen sich zur Signalübertragung auch bei hohen Frequenzen und für kleinere Leistungsübertragung. Typisch für solche Busse ist eine Stromtragfähigkeit von 5 ... 10 A. Sollen höhere Leistungen verteilt werden, muss man auf zusätzliche Schienenverteiler zurück greifen, wie das in Abbildung 43 dargestellte Power-Bussystem für die ME-MAX-Gehäusefamilie. Über Stromschienen, die 40 A tragen können und spezielle Anschlusselemente können bis zu 30 Geräte versorgt werden. Da diese Stromschienen parallel zum Tragschienenbus eingesetzt werden können, sind die Kontakte so ausgeführt, dass die Geräte weiterhin eingerastet und aufgeschwenkt werden können.

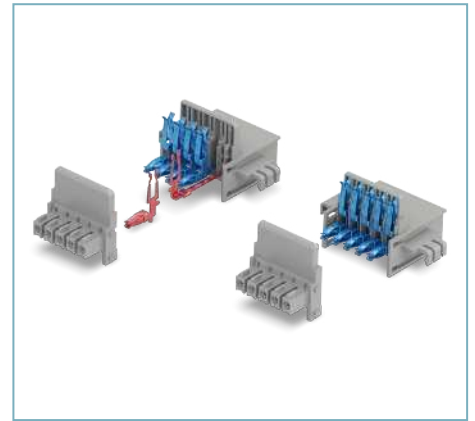


Abb. 44: Parallele und serielle Kontakte

5.2.3 Parallele und serielle Kontakte

Der Tragschienenbus wie auch der Gerätebus kann mit parallelen und mit seriellen Kontakten ausgestattet werden (Abb. 44). Parallel bedeutet, dass Einspeisung, Abzweig und Weiterleitung das gleiche Potenzial haben.

Serielle Kontakte sind unterbrochene Kontakte. Die Verbindung zwischen Einspeisung und Weiterleitung wird über die Geräteleiterplatte hergestellt. Die verschiedenen Kontaktarten lassen sich in ihrer Anzahl unterschiedlich mischen. Es kann jedoch aufgrund der mechanischen Belastung zu Einschränkungen bei der Position und der Anzahl der seriellen Kontakte kommen.

5.2.4 Hochpolige Busse

Werden Busse mit hoher Polzahl benötigt, stoßen Tragschienenbusse schnell an ihre physikalischen Grenzen. Bei hoher Polzahl werden die Kontakte so filigran und die mechanischen Einschwenkkräfte so groß, dass mit Verformungen zu rechnen ist.

Einfacher ist es, das Gehäuse senkrecht auf den Bus zu stecken. In diesem Fall können dann Stift- und Buchsenleisten auf einer Leiterplatte als Grundlage für den Busaufbau verwendet werden (Abb. 45/46). Die Verwendung einer Leiterplatte ermöglicht auch die Integration einfacher SMD-Bauteile in den Bus, wie z. B. Stützkondensatoren zur Verbesserung der EMV-Eigenschaften.

Von Nachteil ist, dass ein solches System häufig nicht mit dem klassischen Rastfuß/Festlagerprinzip arbeiten kann, sondern einen zweiten Fußriegel benötigt, der ein senkrecht Stecken und Lösen ermöglicht und damit sicherstellt, dass die empfindlichen Kontakte an der Steckerseite des Busses nicht beschädigt werden.

Da ein Anwender intuitiv versuchen wird, ein Modul wie gewohnt aufzuschwenken, muss diese Abweichung vom Standard gut dokumentiert sein.

Noch mehr Platz für Elektronik im Bus bieten solche, die für die große Tragschiene NS 105/20 ausgelegt sind (Abb. 47/48). Hier können neben Signalleitungen auch die Spannungsversorgung, eine Kodierung, Parametrierelemente sowie elektronische Repeater integriert werden.

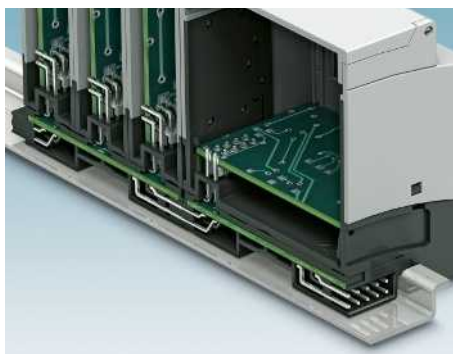


Abb. 45: Schnitt durch einen mit Leiterplatten aufgebauten Tragschienenbus

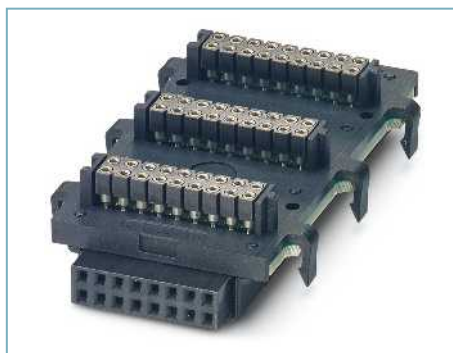


Abb. 46: Hochpoliger Bus auf Leiterplattenbasis



Abb. 47: Hochpoliger Bus in der NS 105/20-Schiene



Abb. 48: Hochpoliger Bus in Einzelteilen

5.3 Funktionszubehör

Gehäuse, Anschluss Technik, Anzeigen und Bussysteme bilden das Grundgerüst für ein Gehäusesystem. Ergänzendes Zubehör erhöht dessen Einsetzbarkeit in unterschiedlichste Applikationen und für individuelle Aufgabenstellungen wie etwa die elektrische Anbindung eines Geräts an einen geerdeten Schaltschrank.

Ist z. B. eine Schutzerdung (PE, protection earth) gefordert, muss die Anbindung mit einer festen, nicht steckbaren Anschlussklemme hergestellt werden. Soll die Anschluss Technik komplett steckbar ausgelegt sein, muss der PE-Kontakt voreilend beim Stecken und nacheilend beim Ziehen ausgelegt sein. Zudem werden an einen PE-Kontakt spezielle normative Anforderungen geknüpft (z. B. Querschnitte, Stoßstromtragfähigkeit).

Soll lediglich ein Potenzialausgleich zum Ableiten statischer Aufladung hergestellt werden oder benötigt man eine Funktionserde (GND) etwa als gemeinsamen Bezugspunkt für eine Datenschnittstelle, reicht in der Regel ein Funktionserdekontakt direkt im Fußbereich der Gehäuse mit Verbindung zur Tragschiene (Abb. 49/50).

Derartige Kontakte erfüllen allerdings niemals die elektrischen Anforderungen, die an PE-Kontakte gestellt werden.

Soll der Kabelschirm einer Signalleitung mit der Elektronik verbunden werden, kommen Schirmanschlussschellen zum Einsatz (Abb. 51). Hier wird eine Klemmstelle der Anschluss Technik mit der Anschlussfahne der Schirmschelle belegt, dann der freigelegte Kabelschirm, wie bei einer Zugentlastung, in die Schelle eingelegt und mittels einer Schraube fixiert.

Achtung: Bei der gleichzeitigen Verwendung von Schirmanschlussschellen und Funktionserdekontakten muss darauf geachtet werden, dass durch diesen Aufbau keine sogenannten Erdschleifen entstehen. Dies wäre der Fall, wenn der Kabelschirm an einer zweiten Stelle im

Schaltschrank mit dem Schrank selbst oder mit der Tragschiene verbunden ist. Dadurch würde der Stromkreis Tragschiene – Funktionserdekontakt – Leiterplatte – Schirmanschlussschelle – Schirm – Tragschiene geschlossen und es könnten – etwa bei Schalthandlungen – leicht Störspannungen in diese Leiterschleife induziert werden.

Gehäuse mit Schnellverschluss lassen sich auch während des Betriebs leicht öffnen. Damit die Leiterplatte nicht versehentlich vollständig aus dem Gehäuse gezogen werden kann, haben sich Ziehsperrn bewährt. Erst bei entriegelter Ziehsperrn lässt sich die Leiterplatte komplett aus dem Gehäuse ziehen.

Gehäuse mit Schnellverschluss werden häufig auch dann genutzt, wenn Einstellungen etwa über Potenziometer oder DIP-Schalter auf der Geräteleiterplatte bei Inbetriebnahme oder im Servicefall vorgenommen werden müssen. Auch hier verhindert die Leiterplatten-Ziehsperrn ein versehentliches, vollständiges Herausziehen der Leiterplatte.



Abb. 49: FE-Kontakte für ME-Gehäuse



Abb. 50: FE-Kontakte für UM-Profile



Abb. 51: Schirmschelle am einem ME-Gehäuse

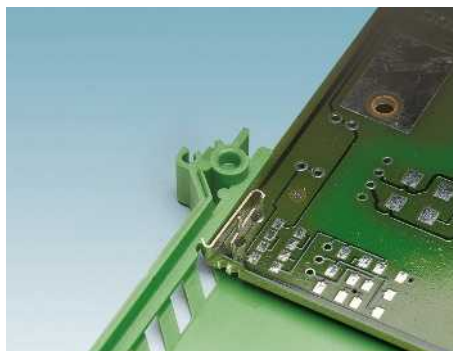


Abb. 52: Leiterplattenziehsperrn



6 Wärmeabfuhr

Eine elementare Herausforderung rund um den Betrieb von Elektronikgehäusen ist die Wärmeabfuhr, da sich die elektrischen und infolgedessen die mechanischen Bauteile im Inneren aufheizen. Oft werden die kritischen Temperaturen für einzelne Komponenten nicht überschritten. Stoßen Bauteile aber doch an ihre Leistungsgrenze, muss die Temperatur durch einen ausreichenden Wärmetransport gesenkt werden, da das Gerät ansonsten Schaden nehmen kann.

6.1 Wärmetransport

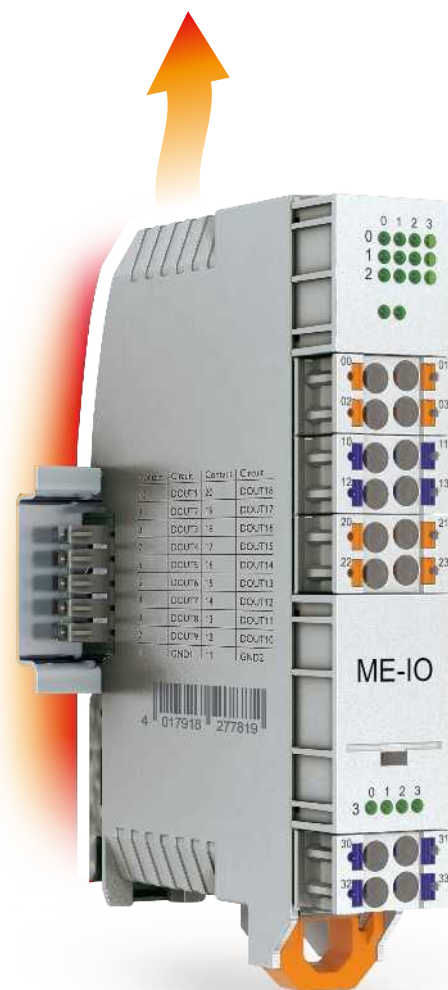
Drei Arten des Wärmetransports aus Gehäusen in die Umgebung werden grundsätzlich unterschieden:

6.1.1 Wärmestrahlung (Radiation)

Körper geben durch Strahlung Wärme an ihre Umgebung ab. Da Kunststoff als typischer Werkstoff für Elektronikgehäuse eher isoliert anstatt Wärme zu leiten, kommt dieser Effekt kaum zum Tragen. Noch dazu sind tragschienenmontierbare Geräte häufig dicht an dicht aneinandergereiht. Dies schränkt eine Wärmeabfuhr über die Seitenwände stark ein. Möglich ist zudem, dass benachbarte Geräte zusätzlich Wärme eintragen. Eine bessere Wärmeabfuhr wird durch Abstandhalter zwischen den Geräten erreicht. Sie erhöhen allerdings den Platzbedarf und müssen frühzeitig bei der Schaltschrankplanung berücksichtigt werden.

6.1.2 Konvektion

Verfügen Gehäuse an ihren Schmalseiten über Lüftungsschlitze, entsteht bei senkrechtem Einbau eine Luftzirkulation: Warme Luft steigt nach oben und tritt über die oberen Lüftungsschlitze aus. Durch die unteren Lüftungsschlitze wird kältere Luft nachgeführt, die dann von den heißen Bauteilen aufgeheizt wird und wiederum nach oben austritt. Die dadurch entstehende natürliche Konvektion kommt erst zum Stillstand, wenn Umgebung und Gerät das gleiche Temperaturniveau erreicht haben. Im Normalfall wird dieser Punkt nicht erreicht, da der das Gerät umgebende Schaltschrank selbst Wärme aufnimmt und die an die Umwelt abgibt. Um das Eindringen größerer, fester Körper zu verhindern, sind die Lüftungsschlitze der Elektronikgehäuse dabei in Anlehnung an die Schutzklasse IP 3x der DIN EN 60529 auf maximal 2,5 mm Breite ausgelegt.



6.1.3 Wärmeleitung (Konduktion)

Hier erfolgt der Wärmetransport innerhalb eines Stoffs durch dessen Molekülbewegungen. Bei elektronischen Geräten sind es oft die angeschlossenen Kupferleitungen, die sehr viel Wärme aus dem Gehäuseinneren nach außen abführen. Dies natürlich nur, wenn die stromführenden Kupferleitungen kälter sind als das Gerät selbst. Es empfiehlt sich daher, Temperaturuntersuchungen bei angeschlossenen Leitungen mit dem Nennquerschnitt und unter Normallast bei typischen Einbaubedingungen durchzuführen. Dazu gehören auch benachbarte Geräte oder Kabelkanäle, die den Wärmetransport behindern. Wärmebildkameras vermitteln einen Überblick über die Temperaturverhältnisse und Hitzeherde, sogenannte Hot Spots, in einem Gehäuse.

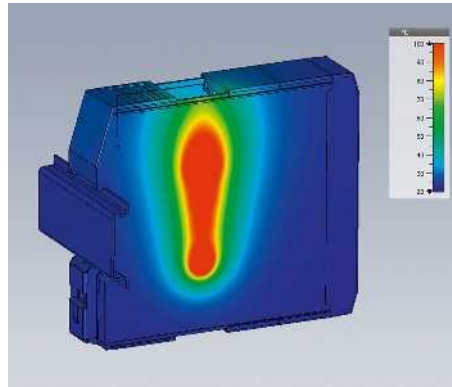


Abb. 53: Wärmeverteilung ohne Kühlkörper

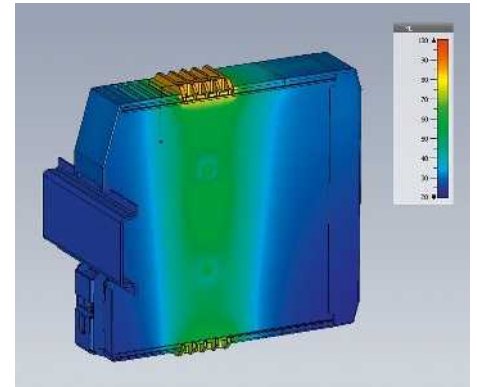


Abb. 55: Wärmeverteilung mit Kühlkörper

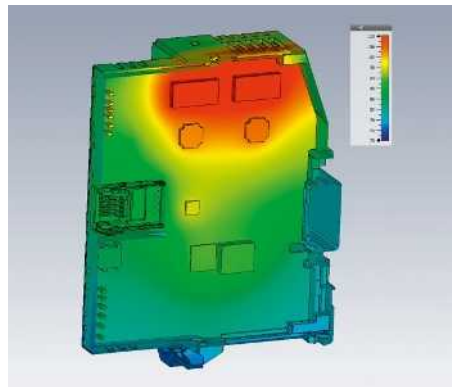


Abb. 54: Ungünstige Bauteilpositionierung

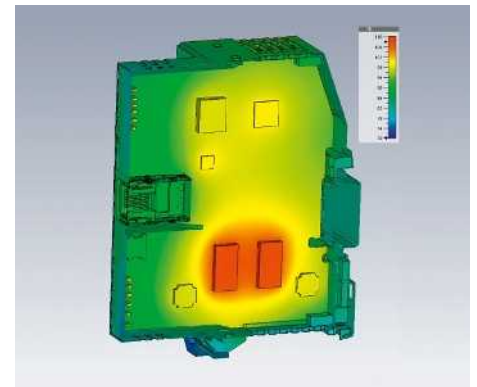


Abb. 56: Günstigere Bauteilpositionierung

6.2 Thermische Simulation von elektronischen Geräten

In den technischen Daten der Elektronikgehäuse werden in der Regel Angaben zum Temperaturverhalten gemacht. Üblich ist die Angabe der Verlustleistung, also der Leistung, die ein Gehäuse in der gewählten Ausführung abführen kann. Hierbei spielen Punkte wie die Größe des Gehäuses, das Material, die Einbaulage und das Vorhandensein von Lüftungsschlitzen eine Rolle. Um zu prüfen, ob die einzubringende Elektronik diese Grenzen nicht überschreitet, hat sich die thermische Simulation bei solchen Geräten bewährt. Dabei wird mit Hilfe des Leiterplatten-Layouts eine Wärmelandkarte erstellt, mit der sowohl die aktiven, Wärme erzeugenden Bauteile, wie

auch die passiven wärmeempfindlichen Bauteile erfasst werden. Eine Software simuliert dann die Wärmeentwicklung innerhalb des Gehäuses, die Auswirkung auf benachbarte Bauteile, die Wärmeleitung und die Wärmestrahlung aus dem Gehäuse in die Umgebung. Sind Lüftungsschlitze vorhanden und lässt die Einbaulage eine Konvektion zu, wird auch die berücksichtigt. Mit diesen Informationen ist schnell klar, inwieweit sich ein Gehäuse für die gewünschte Anwendung eignet. Außerdem kann mit dieser Analyse die Bauteilpositionierung optimiert werden. Behindert z. B. ein besonders hohes Bauteil die Konvektion und sollte versetzt werden?

Die Simulation selbst wird in mehreren Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt klärt eine Art Überschlagssimulation, ob ein Gerät überhaupt in den thermischen Grenzbereich kommt. Ist dies der Fall, wird in einer genauen Analyse das thermische Verhalten detailliert simuliert. Natürlich ist es in Grenzfällen immer noch ratsam, das Ergebnis in einem Versuch zu verifizieren.

7 Kunststoff als Material für Elektronikgehäuse

Kunststoffe sind technische Werkstoffe, die aus Makromolekülen mit organischen Gruppen bestehen und durch chemische Umsetzung gewonnen werden. Die Herstellung erfolgt vollsynthetisch durch Polymerisation, der Verknüpfung kleinerer Moleküle (Monomere) zu Makromolekülen (Polymeren).

7.1 Technische Kunststoffe

Die Festigkeit der Kunststoffe wird durch diese makromolekulare Struktur hervorgerufen. Sie unterscheiden sich untereinander durch die

- Art und Anordnung der an ihrem Aufbau beteiligten Atome
- die Gestaltung der Makromoleküle
- die Größe der Makromoleküle und
- die Ordnung der Makromoleküle untereinander.

Die Kurzzeichen für die einzelnen Kunststoffe wurden in der DIN 7728 festgelegt.

Für elektromechanische Elemente werden häufig Thermoplaste eingesetzt. Diese bei Normaltemperatur zäh-harten Kunststoffe lassen sich wiederholt in einen plastisch verformbaren Zustand erwärmen, wobei sie allerdings etwas abgebaut werden. Thermoplaste sind schmelzbar, schweißbar, quellbar und löslich. Sie zeichnen sich aus durch eine geringe Dichte, durch eine relativ hohe chemische Beständigkeit gegenüber anorganischen Medien, durch ein hohes elektrisches Isoliervermögen sowie durch ein vielfältiges mechanisches Verhalten. Nachteilig aus Sicht der Elektromechanik

sind die eingeschränkte Temperaturstabilität und das Quellverhalten.

Mehr als 90 % der am Markt befindlichen Elektronikgehäuse werden heute aufgrund der genannten Eigenschaften aus Kunststoff produziert. Der Vorteil liegt in der leichten Formbarkeit, besonders bei Massenproduktion in Verbindung mit den sehr guten Isolationseigenschaften und dem geringen Gewicht.

Jedoch haben nicht alle Thermoplaste die exakt gleichen Eigenschaften. So findet man Unterschiede in der Formstabilität und dem Einsatz in bestimmten Temperaturbereichen. Durch Beimischung von Glasfasern lassen sich Härte und Steifigkeit gegenüber dem Grundmaterial erhöhen.

7.1.1 Häufig eingesetzte Thermoplaste

- Polyamid PA behält auch bei hohen Gebrauchstemperaturen seine sehr gut für Elektronikgehäuse geeigneten elektrischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften bei. Durch

Wärmestabilisierung sind kurzzeitig Spitzentemperaturen bis ca. 200 °C zulässig. Durch Wasseraufnahme wird der Kunststoff elastisch und bruch-sicher.

- Polyamide (PA-GF) sind durch Glasfaser verstärkte Polyamide zur Erhöhung von Steifigkeit und Härte.
- Polycarbonat (PC) vereint viele vorteilhafte Eigenschaften wie Steifigkeit, Schlagzähigkeit, Transparenz, Dimensionsstabilität und Wärmebeständigkeit. Der amorphe Werkstoff nimmt nur im sehr geringen Maß Feuchtigkeit auf und wird für große, formstabile Elektronikgehäuse verwendet. In der transparenten Form wird es als Abdeckung oder Bezeichnungsmaterial eingesetzt.
- Polyvinylchlorid (PVC) wird in pulverisierter Form im Extruder verarbeitet. Es wird bei der Profilproduktion verwendet, während andere thermoplastische Kunststoffe überwiegend aus gebrauchsfertiger Formmasse im Spritzgießverfahren verarbeitet werden.
- Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) wird bei Produkten eingesetzt, die neben

einer hohen mechanischen Festigkeit und Steifigkeit auch gute Schlag- und Kerbschlageigenschaften besitzen müssen. Die Produkte zeichnen sich auch durch besondere Oberflächengüte und Härte aus. ABS ist für das Aufbringen metallischer Oberflächensysteme wie etwa Nickel geeignet.

Neben den technischen Eigenschaften, die in Tabelle 6 im Vergleich zu anderen besser bekannten Materialien dargestellt sind, spielt natürlich auch der Preis der Kunststoffe eine Rolle. Zu nennen ist hier vor allem der Bereich der Hochleistungspolymere mit Einsatztemperaturen über 150 °C. Solche Kunststoffe werden für Anslusstechnik genutzt, die im Reflow-Prozess eingesetzt wird.



Abb. 57: Einordnung diverser Thermoplaste nach Leistung und Preis

Material	Wärmemenge/ Volumen	Druckfestigkeit (N/mm ²)	Belastungsdehnung (100 N/mm ²)	Wärmeleitzahl (kj)	Zugfestigkeit (N/mm ²)
Wasser	100 %			2,1	
Eisen	85 %				400 ... 300
Thermoplaste	50 ... 33 %	140 ... 80	80 ... 3,3	1,47 ... 0,37	70 ... 2
Duroplaste	48 ... 40 %		3,1 ... 1,2		80 ... 40
Glas	40 ... 33 %	2000 ... 800	0,15	2,94	100 ... 50
Holz	32 ... 21 %	60 ... 20	1,5 ... 0,7		85 ... 60
Schaumstoff	0,3 ... 0,1 %			0,21 ... 0,03	
Gusseisen		600 ... 480			
Stahl		420 ... 350	0,05	210	1000 ... 400
Stein			0,7 ... 0,1		
Kupfer				1344	

Tabelle 6: Technische Eigenschaften verschiedener Materialien im Vergleich zu Thermoplasten

7.2 Materialprüfungen





Eigenschaft	Norm	PA GF	PC	ABS	PVC
					
		ME/ME MAX Polyamid A 6	BC Polycarbonat PC	EH Acrylnitril- Butadien-Styrol ABS	UM Basic Polyvinylchlorid PVC, UM PRO Polyamid PA
RTI ¹⁾ elek.	UL 746B	>= 105° C	>= 105° C	>= 80° C	>= 50° C
Minimaler Temperatureinsatz (ohne mechanische Belastung)		-40° C	-40° C	-40° C	-15° C
Durchschlagfestigkeit	IEC 60243-1	400 kV/cm	>300 kV/cm	850 kV/cm	
	DIN VDE 0303-1				
Kriechstromfestigkeit CTI ²⁾	ICE 60112	400 V	175 V	600 V	600 V
	DIN VDE 0303-1				
Kriechstromfestigkeit CTI...M ³⁾	IEC 60112	250 V	175 V	600 V	
	DIN VDE 0303-1				
Brennbarkeitsklasse	UL 94	V0/V2	V0/HB	V0/V2	V0

Tabelle 7: Anwendungsbezogene technische Daten von Kunststoffen

Die Auswahlkriterien für Kunststoffe in elektrotechnischen Anwendungen sind sehr vielfältig. Für Elektronikgehäuse sind dies vor allem Formstabilität, Temperaturverhalten und das Erfüllen brandschutztechnischer Normen. Durch entsprechende Prüfungen an Werkstoffen muss bereits in der Entwicklung eine Vorauswahl getroffen werden. Hier geht es zunächst um den Einsatztemperaturbereich und das Brandverhalten bei unterschiedlichen Materialdicken.

Der Temperaturbereich wird durch die spätere Anwendung bestimmt. Ein Gehäuse in einem Schaltschrank ist anderen Bedingungen ausgesetzt als eines im Feld. Hinzu kommt die durch die Geräteelektronik selbst entwickelte Wärme. Welchen Temperaturen muss

das Gehäuse hier widerstehen? Zuletzt kommen dann noch Anforderungen aus den entsprechenden Gerätenormen und Zulassungen hinzu.

Die Formstabilität eines Kunststoffs kommt eher bei der Gehäuseproduktion zum Tragen. Lässt sich die geometrische Form mit den aus der Entwicklung vorgegebenen Wandstärken in einem Spritzgusswerkzeug formstabil produzieren, oder kommt es zu Verzug oder Einfall? So ist Polyamid bei höherer Temperatur auch bei dünnen Wandstärken einsetzbar, aber nicht so formstabil. Polycarbonat ist dagegen deutlich formstabiler, erreicht aber nicht die hohen Betriebstemperaturen wie Polyamid. Hinzu kommt dann noch das Brandverhalten, das nicht nur von Material zu Material unterschiedlich

ist, sondern auch sehr stark von der Materialdicke abhängt. Die Materialdicke wiederum hat auch einen sehr starken Einfluss auf die Formstabilität.

Durch entsprechende Materialprüfungen und die daraus entstehenden Kennwerte lassen sich Kunststoffe auf die Eignung für die Verwendung in Elektronikgehäusen sicher qualifizieren. Ist die Materialauswahl in Hinblick auf die Temperatur und das Brandverhalten getroffen, können die Moldflow-Analyse, das Verhalten bei Spritzgießen und die Formstabilität betrachtet bzw. untersucht werden.

7.2.1 Relativer Temperaturindex RTI (Relative Thermal Index)

Der relative Temperaturindex (RTI) nach UL 746B ist ein Maß für die thermische Alterungsbeständigkeit eines Kunststoffs bei erhöhter Temperatur. Der RTI wird als die Temperatur definiert, nach der es für einen Werkstoff (Candidate B) bei Lagerung in Luft ebenso lange wie bei einem vergleichbaren anderen Werkstoff (Control A) bei dessen bereits bekannter RTI-Temperatur dauert, bis eine spezifische Eigenschaft auf 50 % ihres ursprünglichen Werts abgefallen ist.

Es gibt den RTI-Wert für unterschiedliche Materialdicken und typischerweise für folgende Kenngrößen:

- Durchschlagfestigkeit (RTI Elec)
- Zugfestigkeit (RTI Str.)
- Schlagfestigkeit (RTI Imp.)

Isolierstoffgruppe	U_{prof}/V	CTI Ausfallkriterien
I	$600 \leq \text{CTI}$	Fehlerstrom I_r von $\geq 0,5 \text{ A}$ für $\geq 2 \text{ sek}$ Flammenbildung von $\geq 2 \text{ sek}$
II	$400 \leq \text{CTI} < 600$	
III a	$175 \leq \text{CTI} < 400$	
III b	$100 \leq \text{CTI} < 175$	

Tabelle 8: Isolierstoffgruppen nach DIN EN 60664-1

7.2.2 Kriechstromfestigkeit CTI (Comparative Tracking Index)

Die Kriechstromfestigkeit kennzeichnet die Isolationsfestigkeit der Oberflächen (Kriechstrecke) von Isolierstoffen, insbesondere unter Einwirkung von Feuchtigkeit und Verunreinigungen. Sie definiert den maximalen Kriechstrom, der sich unter genormten Prüfbedingungen (vorgegebene Spannung, Leitschichtmaterial) in einer definierten Prüfanordnung (Elektrodenabstand, Elektrodenform) einstellen darf.

Eine hohe Kriechstromfestigkeit bedeutet, dass messbare Ströme auf der Oberfläche des Prüfkörpers erst beim Anlegen einer entsprechend hohen Spannung (CTI) entstehen. Der CTI-Wert ist nur für Spannungen bis 600 V genormt.

In der EN 50124 wird der Zusammenhang zwischen Isolierstoffgruppe und CTI-Wert hergestellt.

Die Kriechwegbildung kann durch Verunreinigung der Oberfläche verursacht werden. Die CTI-Prüfung nach dem Standard IEC/DIN EN 60112 versucht, dies durch die Beaufschlagung mit einer leitfähigen Prüflösung zu simulieren.

Den CTI-Wert benötigt man zur Ermittlung der Kriechstrecken nach DIN EN 60664. Diese Norm enthält die Festlegungen für die Isolationskoordination für Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen zum Einsatz bis zu einer Höhe von 2000 m über NN.

In die Kriechstreckenbemessung fließen die anliegenden Spannungen, die Eigenschaften der Isolierstoffe (CTI) und der zu erwartende Verschmutzungsgrad ein. Der Einfluss der Verschmutzung wird

bei der Festlegung der Kriechstrecken durch drei Schärfegrade berücksichtigt. Ausgangspunkt für die Kriechstreckenermittlung ist aber die aus der Arbeitspannung bzw. Netzennennspannung abgeleitete Bemessungsspannung. Unterschieden wird dann noch zwischen gedruckten Schaltungen und anderen Anwendungen. Neben den Kriechstrecken werden dann noch die auftretenden Luftstrecken zur Isolationskoordination herangezogen, bei denen aber der CTI-Wert nicht zum Tragen kommt.

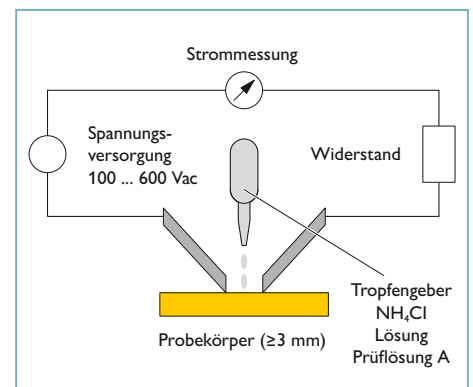


Abb. 58: Kriechstromfestigkeits-Test

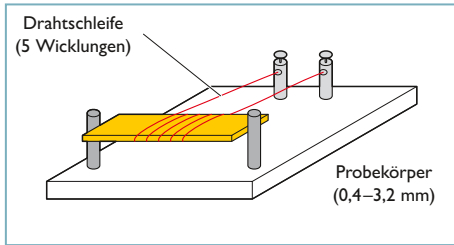


Abb. 59: Hot Wire Ignition Test

7.2.3 Glühdrahtentzündlichkeit (Hot Wire Ignition Test HWI)

Bei dem so genannten Hot Wire Ignition Test (Entzündung durch Heißdraht) nach ASTM D 3874 wird ein waagrecht angeordneter stabförmiger Probekörper mit einem elektrisch erwärmten Widerstandsdraht umwickelt. Das simuliert eine Zündquelle, die sich durch Überhitzung von Drähten, beispielsweise einer Spule, ergibt. Als Bewertungskriterium für die Einreihung in die Entzündlichkeitskategorie PLC 0 bis 5 nach UL 746 A Abschnitt 31, dient die Zeit, nach der eine Entzündung der Probe eintritt (0 bis 120 sec.) PLC = performance level categories.

7.2.4 High Current Arc Ignition Test HAI

Im High Current Arc Ignition Test nach UL 746 A Abschnitt 32 wird ein Probekörper zwischen zwei Elektroden regelmäßig wiederkehrenden Lichtbögen ausgesetzt. Der HAI-Wert bewertet die Anzahl der Lichtbögen bis zur Entzündung in den Klassen PLC 0 bis 4.

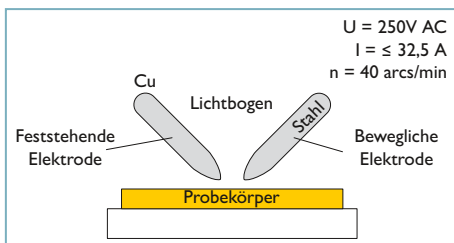


Abb. 60: High Current Arc Ignition Test

7.2.5 Brennbarkeitsklassifizierung nach UL 94

Die Vorschrift UL 94 ist von besonderer Bedeutung. Sie wurde inhaltsgleich in die DIN IEC 60695-11-10 und -20 und die kanadische CSA C 22.2 übernommen. Als Zündquelle dienen Prüfflammen mit einer Leistung von 50 oder 500 Watt, die zwei Mal kurzzeitig auf den Probekörper einwirken. Dabei wird die Brennzeit und das Abfallen brennender Teile mit Hilfe eines Wattebausches bewertet, der unter dem Probekörper angeordnet ist. Die Klassifizierung erfolgt für die geprüften Probekörperdicke in den Stufen 5V, V-0, V-1, V-2 (Vertikalprüfung) und HB (Horizontale Prüfung). Bei eingefärbten Grundmaterialien muss die Zulassung in Kombination mit dem Farbbatch erbracht werden.

Dokumentiert wird dies, wie auch die anderen genannten Prüfungen auf einer sogenannten UL Yellow Card, unter einer materialspezifischen E-Nummer.

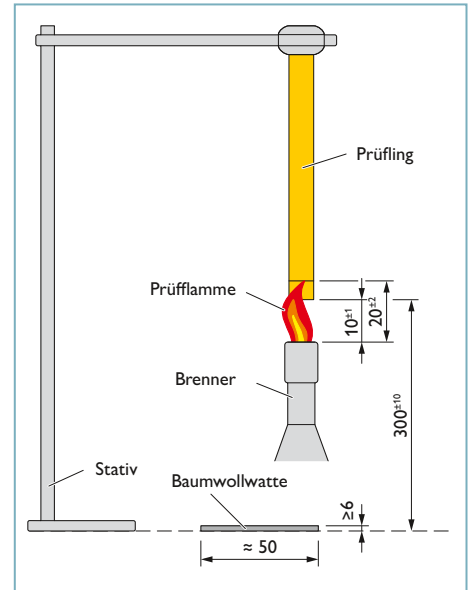


Abb. 61: Vertikalprüfung nach DIN IEC 60695

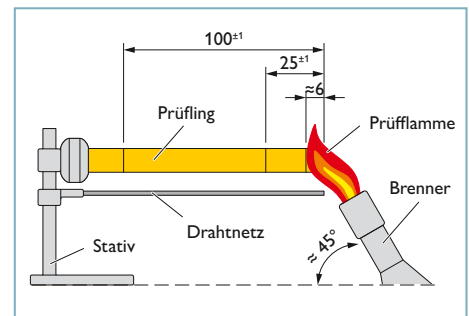


Abb. 62: Horizontale Prüfung nach DIN IEC 60695

Horizontale Probenlage UL 94 HB Flamme 50 W			
Probendicke	Brenngeschwindigkeit	Klasse	
Beliebig, Flamme verlischt vor 100 mm	-	HB	
3 ... 13 mm	≤ 40 mm/min	HB	
< 3 mm	≤ 75 mm/min	HB	

Vertikale Probenlage UL 94 Flamme 50 W			
Probendicke	V 0	V 1	V 2
Nachbrennzeit nach jeder Beflammung	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
Gesamtbrenndauer je Satz (10 Beflammungen)	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
Nachbrennzeit/ Nachglühen nach der 2. Beflammung	≤ 30 s	≤ 60 s	≤ 60 s
Abbrand bis zur Halteklammer	Nein	Nein	Nein
Entzündung der Watte	Nein	Nein	ja

Tabelle 9: Prüfkriterien nach UL 94 bzw. DIN IEC 60695-11-10

7.3 Materialzertifizierung

Damit Kunststoffe in elektrotechnischen Anwendungen eingesetzt werden können, müssen sie die oben genannten Prüfungen durchlaufen. Geprüft werden die Kunststoffe, nicht die damit hergestellten Gehäuse. Deshalb ist in den Prüfungen von Probekörpern und nicht von einzelnen Artikeln die Rede. Hauptsächlich kommen die Vorschriften der UL 94 (Underwriters Laboratories) zum Tragen. Sie wurden in die DIN IEC 60695-11-10 und -20 und in die kanadische CSA C 22.2 übernommen. Die Ergebnisse einer solchen Materialprüfung werden Material und Hersteller bezogen in einer sogenannten Yellow Card festgehalten. Hier kann man nachlesen, welches Verhalten ein Kunststoff bei einer aufgeführten Materialstärke zeigt. Weiter bekommt man hier auch die Angabe für welche Farben diese Werte gelten. Eine Yellow Card kann sich also auf alle Farben eines Materials oder nur auf die dort genannten Farben beziehen. Das schließt nicht aus, dass weitere Farben diesen Test nicht auch bestehen. Es kann sein, dass aus Kostengründen nur ein Teil der vorkommenden Farben geprüft wurden. In Tabelle 10 ist die typische Darstellung der Kennwerte in solch eine Yellow Card exemplarisch gezeigt.

Farbe	Minimale Materialdicke (mm)	Flammschutzklasse	HWI	HAI	RTI elek.	RTI Imp.	RTI Str.
alle	0,25	V 0	4	1	65	65	65
	0,38	V 0	4	1	130	105	115
	0,75	V 0	4	0	130	105	120
	1,5	V 0	4	0	130	105	120
	3,0	V 0	3	0	130	105	120

Tabelle 10: Typische Darstellung der Materialkennwerte für UL-zertifizierte Kunststoffe

8 Prüfungen an Elektronikgehäusen

Ist die Entwicklung eines Elektronikgehäuses abgeschlossen und sind die ersten Vorserieartikel produziert, müssen die gewünschten Eigenschaften im Labor geprüft werden. Hierzu gibt es eine Reihe von Normen, die für diese Prüfungen herangezogen werden. Neben den Materialprüfungen und denen zu den mechanischen Eigenschaften, auf die während der Entwicklung hingearbeitet wurde, treten jetzt noch solche zur Prüfung des Verhaltens unter Einsatzbedingungen.

8.1 Thermische und mechanische Prüfungen

8.1.1 Prüfung zur Beurteilung der Brandgefahr

Mit der Glühdrahtprüfung nach DIN EN 60695-2.10:2014-04 bzw. VDE 0471-2-10:2014-04 wird das Verhalten eines Elektronikgehäuses bei direkter Einwirkung einer externen Zündquelle untersucht. Das Gehäuse muss innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums von selbst verlöschen. Zudem darf es nicht zu einer Gefährdung durch herabfallende, brennende Tropfen kommen.

Gehäuse aus Polyamid werden bei einer Temperatur von 850 °C mit einer Einwirkzeit von 30 s geprüft. Ermittelt werden dabei die Zeiten bis zum Entzünden des Prüflings und bis zum Verlöschen der Flamme nach dem Entfernen der Zündquelle sowie die Anzahl der herabfallenden Tropfen. Als bestanden gilt die Prüfung, wenn sich innerhalb der 30 s die Unterlage (Seidenpapier) nicht entzündet.

8.1.2 Mechanische Festigkeit (Falltrommeltest)

Mit dem Falltrommeltest nach DIN EN 60998-1 bzw. VDE 0613-1:2005-03 wird die Stabilität des fertig montierten Gehäuses geprüft. Im Fokus stehen dabei Verrastungen, Verriegelungen und Verschraubungen. In der rotierenden Trommel fallen die Gehäuse fünfzigmal aus 50 cm Höhe. Die Rotationsgeschwindigkeit beträgt 5 U/min, was 10 Fallbeanspruchungen pro Minute entspricht.

Haben sich Verrastungen und Verriegelungen nach den 50 Fallereignissen nicht gelöst und sind keine Gehäuseteile abgeplatzt oder angesprungen, gilt die Prüfung als bestanden.



Abb. 63: Glühdrahtprüfung



Abb. 64: Falltrommeltest



Abb. 65: Prüfung auf mechanische Dichtigkeit

8.1.3 Prüfung auf mechanische Dichtigkeit

Um eine Aussage über die mechanische Dichtigkeit gegen das Eindringen fester Körper und Flüssigkeiten treffen zu können, lehnt man sich bei Gehäuseprüfungen an die Produktnorm für Steckverbinder DIN EN 61984 (VDE 0627):2002-09 an und prüft und bewertet sie nach der DIN EN 60529.

Da sich tragschienenmontierbare Gehäuse im Regelfall in einem Schaltschrank oder einer Maschine befinden, gilt die Prüfung für diese Gehäuse nur bedingt. Bei diesen Gehäusen geht man nicht davon aus, dass sie einer staubigen oder feuchten Umgebung ausgesetzt sind.

Bei Feldgehäusen, die außerhalb des Schaltschranks eingesetzt werden, kommt diese Prüfung in vollem Umfang zum Tragen. Die Gehäuse werden beregnet, Strahlwasser ausgesetzt oder gar komplett getaucht.

1. Kennziffer		Beschreibung	
ISO 20653	DIN EN 60529		
0	0	kein Schutz	kein Schutz
1	1	Schutz gegen feste Körper mit einem Durchmesser ≥ 50 mm	Handrücken berührsicher
2	2	Schutz gegen feste Körper mit einem Durchmesser $\geq 12,5$ mm	Finger berührsicher
3	3	Schutz gegen feste Körper mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ mm	Schutz gegen Zugang mit einem Werkzeug
4	4	Schutz gegen feste Körper mit einem Durchmesser $\geq 1,0$ mm	Schutz gegen Zugang mit einem Draht
5K	5	Schutz gegen Staub	vollständiger Schutz gegen Berührung
6K	6	staubdicht	vollständiger Schutz gegen Berührung

Tabelle 11: Erste Kennziffer des IP-Codes

2. Kennziffer		Beschreibung
ISO 20653	DIN EN 60529	
0	0	kein Schutz
1	1	Schutz gegen herabtropfendes Wasser
2	2	Schutz gegen herabtropfendes Wasser bei einer Gehäuseneigung von 15°
3	3	Schutz gegen fallendes Sprühwasser bis 60° gegen die Senkrechte
4	4	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser
4K		Schutz gegen allseitiges Spritzwasser mit erhöhtem Druck
5	5	Schutz gegen Strahlwasser aus beliebigem Winkel
6	6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
6K		Schutz gegen starkes Strahlwasser mit erhöhtem Druck, spezifisch für Straßenfahrzeuge
7	7	Schutz gegen zeitweiliges Eintauchen
8	8	Schutz gegen dauerndes Eintauchen
	9	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung, speziell in der Landwirtschaft
9K		Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung, speziell für Straßenfahrzeuge

Tabelle 12: Zweite Kennziffer des IP-Codes



Abb. 66: Staubprüfung

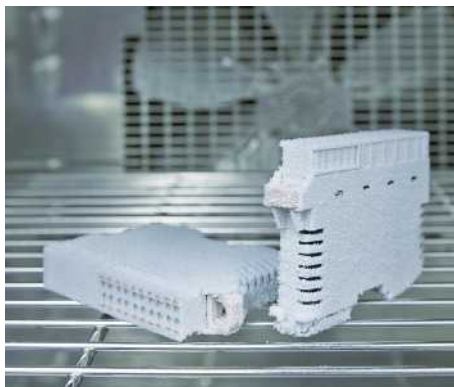


Abb. 67: Lebensdauerprüfung



Abb. 68: Drehmomentprüfung

8.1.4 Staubprüfung nach DIN EN 60529

Die Staubschutzprüfung ist eine der Prüfungen zur Ermittlung der ersten Kennziffer des IP-Codes nach DIN EN 60529. Dazu wird innerhalb des zu prüfenden Gehäuses ein Unterdruck erzeugt. Es wird sodann in eine geschlossene Kammer verbracht in der sich Talkumpulver befindet. Die Temperatur im Inneren der Kammer soll dabei zwischen 15 °C und 35 °C bei einer rel. Luftfeuchte von 25 % bis 75 % und einem Luftdruck von 860 ... 1060 mbar betragen. Der Unterdruck im Gehäuse liegt bei 20 mbar. Die Pudermenge bei 2 kg/m³. Durch den Unterdruck wird im Fall einer undichten Stelle Talkumpulver in das Gehäuse eingesaugt. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn nach einer Einwirkdauer von 8 h. keine sichtbaren Staubablagerungen im Inneren des Gehäuses zu finden sind. Sie wird nur bei Gehäusen angewendet, die für den Feldeinsatz, also nicht im Schaltschrank, gedacht sind.

8.1.5 Lebensdauerprüfung nach DIN EN 0620-1-2010.02

Eine lang andauernde Wärme-/Kälteeinwirkung führt immer zu einer Alterung des Kunststoffs, die eine Änderung der mechanischen und elektrischen Eigenschaften zur Folge hat. Zur Simulation eines kompletten Lebenszyklus eines Elektronikgehäuses werden diese im Labor erschwerten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ausgesetzt. Kälte sowie feuchte und trockene Wärme dürfen die Funktionalität nicht beeinträchtigen. Indem die Prüflinge die Tests durchlaufen, wird der Lebenszyklus in Bezug auf das Temperaturverhalten im Zeitraffer nachgestellt.

Gefordert wird laut DIN EN 0620-1-2010.02 eine Temperatur von 70 °C +/- 2 °C für 168 h. Danach eine Lagerung für mindestens 96 h bei einer relativen Luftfeuchte von 45 ... 55 %.

Bestanden ist der Test, wenn der Prüfling keine äußeren Schäden aufweist und die Funktion weiterhin gegeben ist.

8.1.6 Prüfungen der Anschluss-technik nach IEC 60947-7 und IEC 60999

Die zu einem Gehäusesystem gehörende Anschluss-technik wird wie alle anderen Klemmverbindungen auch, nach den einschlägigen Normen geprüft. Bei der Drehmomentprüfung (IEC 60947) werden Schrauben mit dem für sie definierten Drehmoment mehrmals angezogen und wieder gelöst. Der Anschlusspunkt muss diesen Test ohne erkennbare Beschädigung bestehen.

Zusätzlich werden an Klemmstellen Leiterauszugsprüfungen nach IEC 60947-7-1/2 und IEC 60999 durchgeführt. Dabei muss der Anschlusspunkt 60 s lang der dem jeweiligen Anschlussquerschnitt zugeordneten Zugkraft widerstehen (Tab. 13). Zur Verschärfung dieser Prüfung kann im Vorfeld eine Biegeprüfung stattfinden, bei der der mit einem Gewicht beschwerte Leiter mit Hilfe einer rotierenden Scheibe 135 mal um seine eigene Achse bewegt wird. Leiter und Anschlusspunkt dürfen danach nicht beschädigt sein.

Querschnitt mm ²	0,2		0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
Zugkraft N	10		20	30	35	40	50	60	80	90	100	135	190

Tabelle 13: Beziehung zwischen Zugkraft und Querschnitt

8.2 Vibration und Schock nach DIN EN 60068-2-6 und 60068-2-27

8.2.1 Vibration

Zur praxisingerechten Nachbildung der Rüttelbelastung werden die Elektronikgehäuse breitbandigen, rauschförmigen Schwingungen in allen drei Raumrichtungen ausgesetzt. Hierfür wird die in der IEC 60068-2-6 beschriebene Vibrationsprüfung herangezogen. Dabei werden harmonische, sinusförmige Schwingungen zur Simulation von rotierenden, pulsierenden oder oszillierenden Kräften auf den Prüfling übertragen. Der Test erfolgt in allen drei Raumachsen (X, Y, Z). Die Prüfung durchläuft dabei einen Frequenzbereich von 10 ... 150 Hz. Die Beschleunigung beträgt 5g bei einer Amplitude von 0,35 mm. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn keine sichtbaren Beschädigungen am Gehäuse aufgetreten sind und sich keine gehäuseinternen Verbindungen oder Verrastungen gelöst haben.

8.2.2 Schock

Um die Beständigkeit eines Elektronikgehäuses gegen unregelmäßig auftretende Schocks mit unterschiedlichem Energiegehalt zu prüfen, wird diese Prüfung angewendet. Zur Definition des Schocks werden Beschleunigung und Zeitdauer vorgegeben. Nach IEC 60068-2-27 sind jeweils drei positive und negative Schocks in allen drei Raumrichtungen (X, Y, Z) vorgeschrieben. Die simulierten Beschleunigungen erreichen 50 m/s² bei einer Schockdauer von 30 ms. An den Gehäusen dürfen dabei keine Beschädigungen auftreten. Besonderes Augenmerk wird hier naturgemäß auf den Bereich des Fußriegels gelegt. Außerdem dürfen sich auch keine Einzelteile oder Verrastungen des Gehäuses lösen.

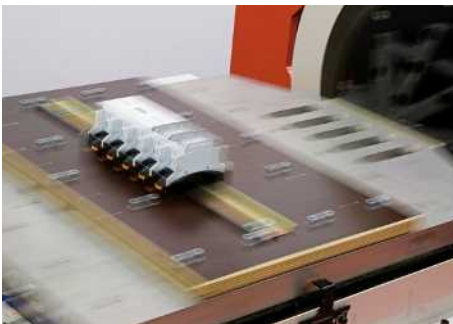


Abb. 69: Vibrationsprüfung

Frequenz	10 – 150 – 10 Hz
Geschwindigkeit	1 Oktave/min
Amplitude	0,35 mm
Beschleunigung	5g
Prüfdauer	2,5 h je Achse
Prüfrichtung	X, Y und Z-Achse

Tabelle 14: Prüfbedingungen Vibration

Ihr Partner vor Ort

Phoenix Contact ist ein weltweit agierender Marktführer mit Unternehmenszentrale in Deutschland. Die Unternehmensgruppe steht für zukunftsweisende Produkte und Lösungen für die umfassende Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung aller Sektoren von Wirtschaft und Infrastruktur. Ein globales Netzwerk garantiert die wichtige Nähe zum Kunden.

Ihren lokalen Partner finden Sie auf
phoenixcontact.com

