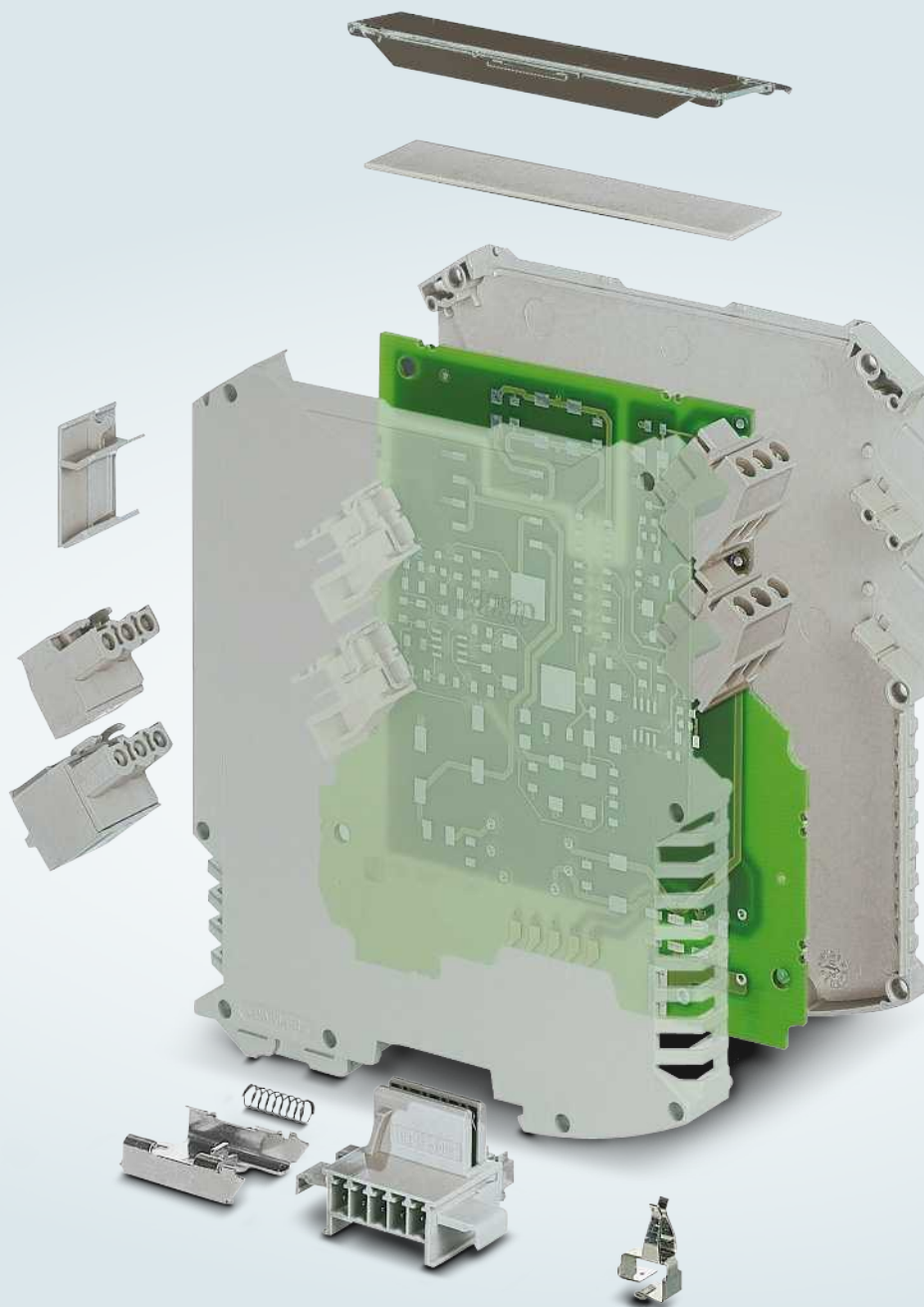




Technische grondbeginselen van elektronicebehuizingen

Oplossingen voor toepassing op montagerails

Elektronicabehuizingen

Opbouw, materialen en tests

Elektronicabehuizingen zijn een essentieel onderdeel van een apparaat. Ze bepalen niet alleen hun vormgeving, maar beschermen de elektronica tegen externe invloeden en kunnen in eenheden in schakelkasten worden gemonteerd. Om deze taken te vervullen, moeten veel details bij de constructie en bij de selectie van de behuizing worden beschouwd. In het kader van deze brochure zullen deze details worden belicht.





Inhoud

1. Elektronicabeuizingen als onderdeel van de schakelkast	4
2. Hoofdverdelers en kleine verdeelkasten volgens DIN 43 880 voor de gebouweninstallatie	10
3. Behuizingbouwvormen	12
4. Inbouwpositie van de printplaten en de aansluittechniek	16
5. Toebehoren voor speciale functies	22
6. Warmteafgifte	28
7. Kunststof als materiaal voor elektronicabeuizingen	30
8. Tests van elektronicabeuizingen	36

1

Elektronicabehuizingen als onderdeel van de schakelkast

Elektronische apparatuur bestaat hoofdzakelijk uit de elektronica zelf, de omhullende behuizing en de aansluittechniek voor aders en kabels. Wanneer deze in de schakelkast worden ondergebracht, ontstaan er veel wisselwerkingen, die hieronder uitvoerig worden toegelicht.

1.1 Schakelkasten, normalisatie van schakelkasten

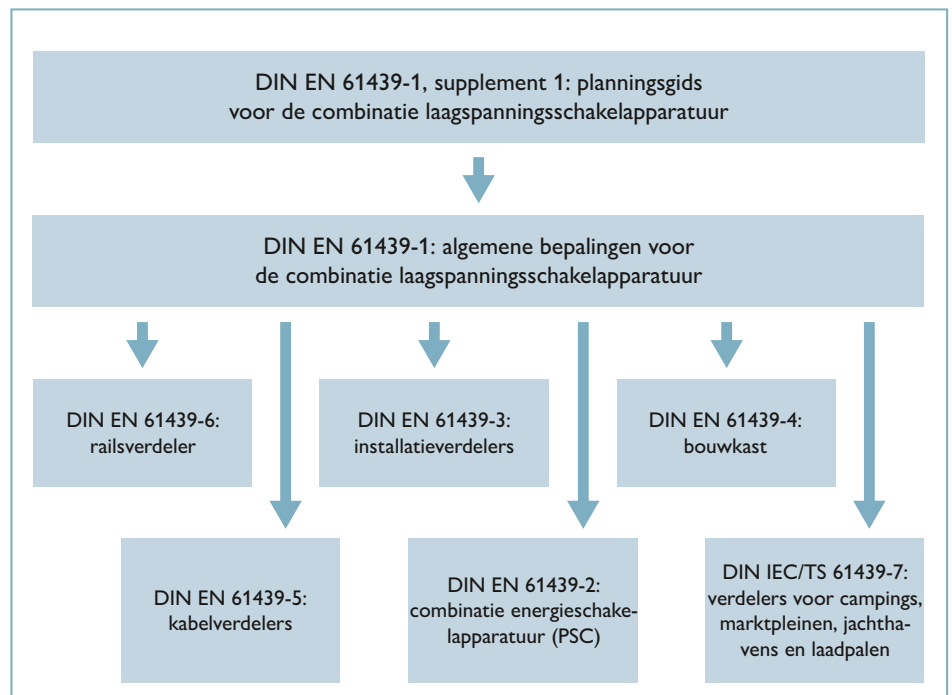
In schakelkasten zijn elektrische en elektronische componenten ondergebracht van een industriële installatie, een gebouw, een machine of van een andere productietechnische inrichting. In de DIN EN 61439 (conform IEC 61439 en VDE 0660-600) worden de aanspraken en noodzakelijke documentatie voor alle combinaties laagspanningsschakelapparatuur beschreven. De norm geldt voor energieverdelers, alle schakel- en besturingsinstallaties, meterkasten en verdeelkasten voor particuliere en industriële gebouwen. Deze strekt zich uit tot bouwverdelerkasten en kabelverdeelkasten en kasten voorzien van verschillende combinaties schakelapparatuur in speciale omgevingen zoals jachthavens.

Er wordt in het algemeen onderscheid gemaakt tussen:

1. energieverdelers, hoofdivdelers
2. installatieverdelers
3. schakelinstallaties en besturingen in muurkasten
4. meterkasten en gebouwenverdelers (volgens DIN 43 880)



Voor de configuratie van elektronicabehuizingen is de bevestiging van de montagerails in de schakelkast van groot belang. Naargelang het type schakelkast worden de montagerails op een draagframe geschroefd met afstand tot de achterwand of direct op de achterwand of op een gemonteerde montageplaat. Dit is vooral noodzakelijk als de apparaten te zwaar zijn om op een montagerail te bevestigen of als er geen bevestiging voor de montagerail op het apparaat mogelijk is (zie ook pag. 7 afb. 9), worden apparaten ook direct op een montageplaat zonder montagerail bevestigd.



Afb. 1: Structuur van de DIN EN 61439

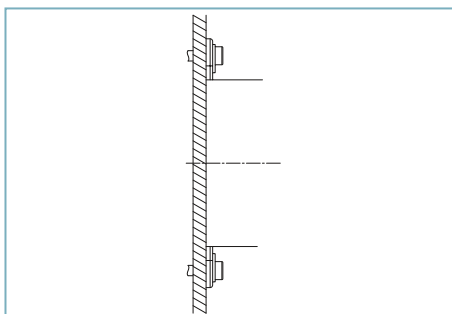
1.2 Bevestiging van montagerails in de schakelkast

De montagerails worden voor het monteren van apparaten en aansluitklemmen naar gelang de uitvoering en het type schakelkast in het algemeen op drie verschillende manieren bevestigd (zie afb. 2-4).

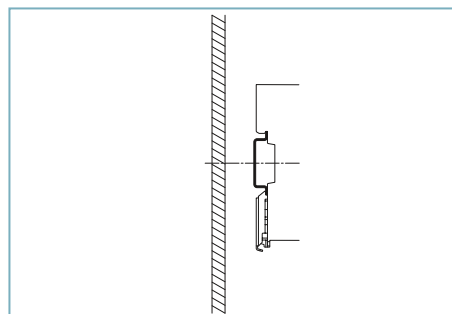
Bij grote industriële schakelkasten kunnen de montagerails naar wens

worden geplaatst. Dit geldt zowel voor schakelkasten met montageplaat als voor schakelkasten met draagframe. Door voorgeboorde schroefdraadboringen is eenvoudige montage mogelijk. In de zogenaamde klemmenbehuizingen of klemmenkasten zijn vaak schroef montage punten voor de bevestiging van

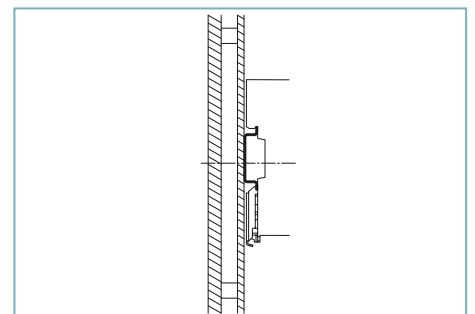
montagerails of kleine montageplaten geïntegreerd. In installatieverdelers zijn de montagerails met een afstand van 125 mm op een frame geschroefd of vastgeklinkt. Maar vastgeklinkte montagerails kunnen dan moeilijk worden verplaatst.



Afb. 2: Bevestiging aan de achterwand in de schakelkast met hoge schroevenhouder



Afb. 3: Bevestiging aan een draagframe met afstand tot de achterwand



Afb. 4: Directe bevestiging op een montageplaat

1.3 Montage van apparatuur

De montagerailhouder op de bodem van electronicabeuizingen bestaat uit een vaste drager en een beweeglijke montagevoet. De montagevoet is voorzien van een verend mechanisme, zodat deze in de uitgangspositie kan worden teruggezet. In de metalen uitvoering is dit meestal een stalen veer. In de kunststof uitvoering is het mechanisme geïntegreerd in de kunststofvoet, die als apart onderdeel of deel van de behuizing zelf kan zijn uitgevoerd (afb. 5).

Met de combinatie van vaste drager en montagevoet kan het apparaat comfortabel van de montagerail op- (A) en afgedraaid (B) worden (afb. 6).

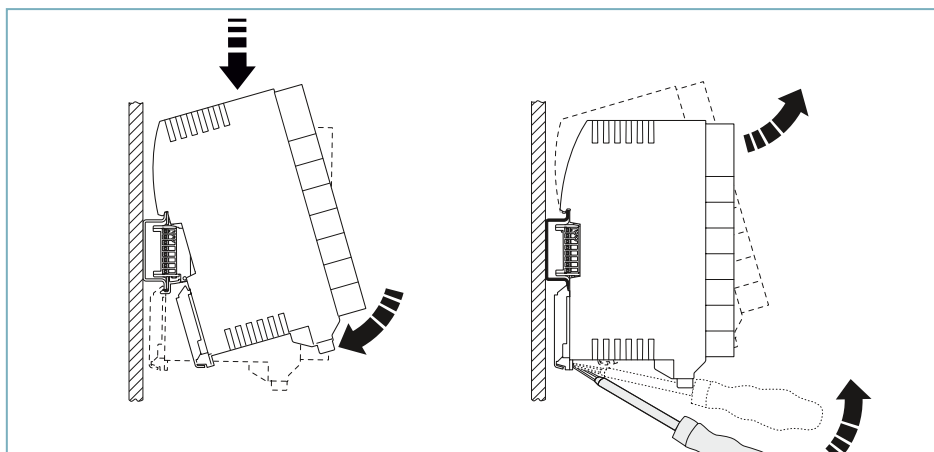
Als een behuizing hoger dan 90 mm is en de montagerail (platte draagrail 7,5 mm) direct blijvend op een montageplaat is bevestigd, is het moeilijker om deze er op en af te draaien (afb. 7 links). Er is hier niet voldoende ruimte tussen apparaat en montageplaat.

Wordt de vaste drager vervangen door een tweede montagevoet, dan wordt dit probleem omzeild. De hoogte van de behuizing speelt nu geen rol meer, maar hij moet nu horizontaal op de montagerail worden geplaatst (afb. 7 midden). Voor het verwijderen worden in dat geval beide montagevoeten tegelijkertijd losgehaald. Deze behuizingen hebben soms een parkeerpositie waarin de eerste montagevoet kan worden gezet en daarna wordt de twee losgehaald. Dit is bijv. het geval bij de installatiebehuizingsserie BC.

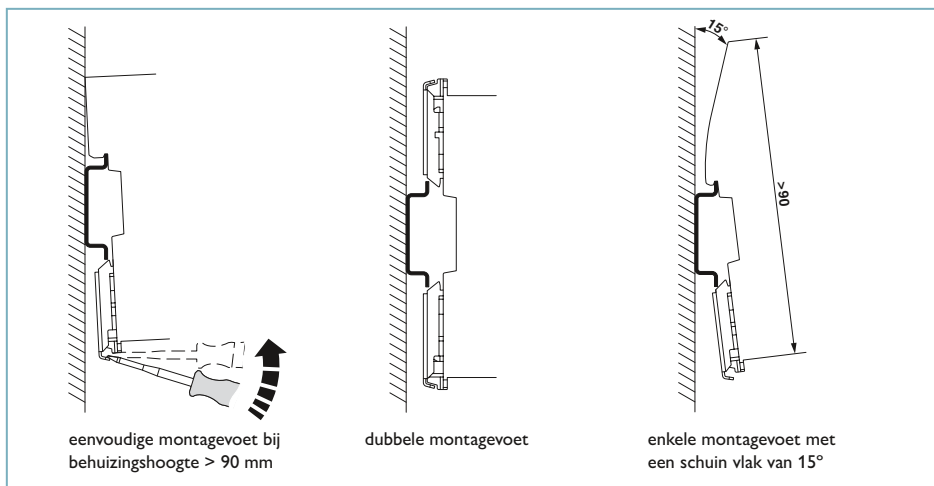
Alternatief kan de behuizing aan de kant van de vaste drager ook met ca. 15° worden afgeschuind. Dan hoeft maar een montagevoet te worden gebruikt (afb. 7 rechts). Het schuine vlak en de veranderde contouren van de behuizing kunnen een nadelige invloed hebben op het printplaatoppervlak, omdat ook de printplaat dezelfde contouren dient te hebben.



Afb. 5: Gebruikelijke uitvoeringen voetgrendels in metaal, kunststof en integratieve bouwvorm



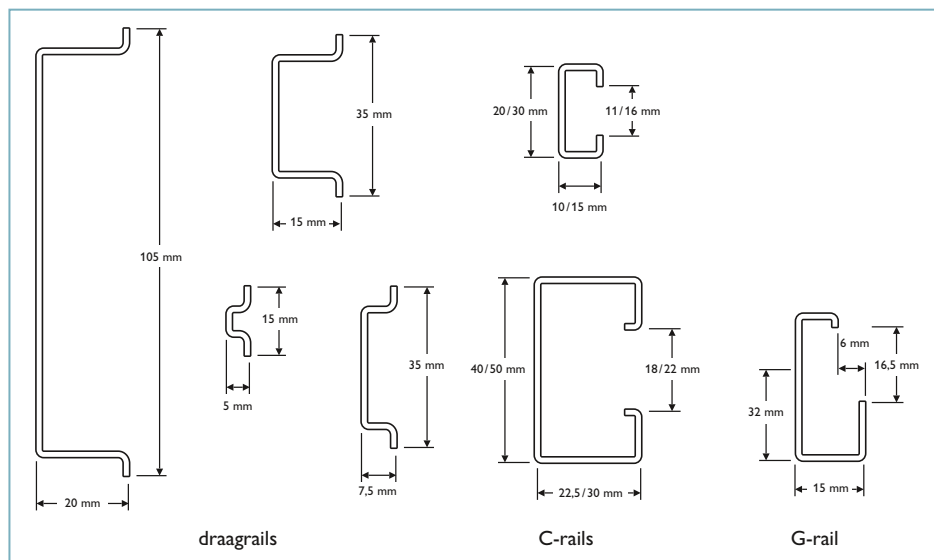
Afb. 6: Vast- en losklikken van behuizingen op een genormeerde montagerail



Afb. 7: Configuratie van voetgrendels

1.4 Genormeerde montagerails volgens DIN EN 60715

Met de introductie van thermoplasten in de elektromechanica werden volledig nieuwe mogelijkheden in de vormgeving van vergrendelingen ontdekt. Aangezien er meerdere afzonderlijke delen voor de opbouw van een montagevoet nodig waren, konden er nu met het nieuwe materiaal vast opgespoten montagerailvoeten met name op aansluitklemmen worden aangebracht. Zo kwam het, dat men steeds vaker de eenvoudige draagrail in C-vorm ging gebruiken i.p.v. de duurdere G-vorm. De in DIN EN 60715 beschreven draagrail 35/7,5 is nu de meest gebruikte rail.



Afb. 8: Genormeerde montagerails volgens DIN EN 60715

1.5 Montagevoeten voor zware apparatuur

Behuizingen met geïntegreerde montagerailvoeten worden toegepast voor apparaten met een totaal gewicht van een paar 100 g. Zwaardere apparaten, die o.a. ook aan trillingen worden blootgesteld, moeten stabiel worden bevestigd. Voor dit type apparaat zijn montagerailadapters beschikbaar, meestal van metaal, die speciaal voor deze aanspraak zijn geconfigureerd.

Na het aanbrengen van de montagerailadapter op het apparaat kunnen beide op de montagerails worden vastgeklipd. Deze oplossing wordt vaak zo bij voedingen en frequentieomvormers toegepast.

Ook bij aluminium behuizingen waar de integratie van montagevoeten veel moeilijker is dan bij kunststof behuizingen worden vaak zulke adapters gebruikt.



Afb. 9: Zware montagerailadapter UTA in verschillende uitvoeringen

1.6 Invloed van de behuizingen en aansluittechniek op de configuratie van de schakelkast

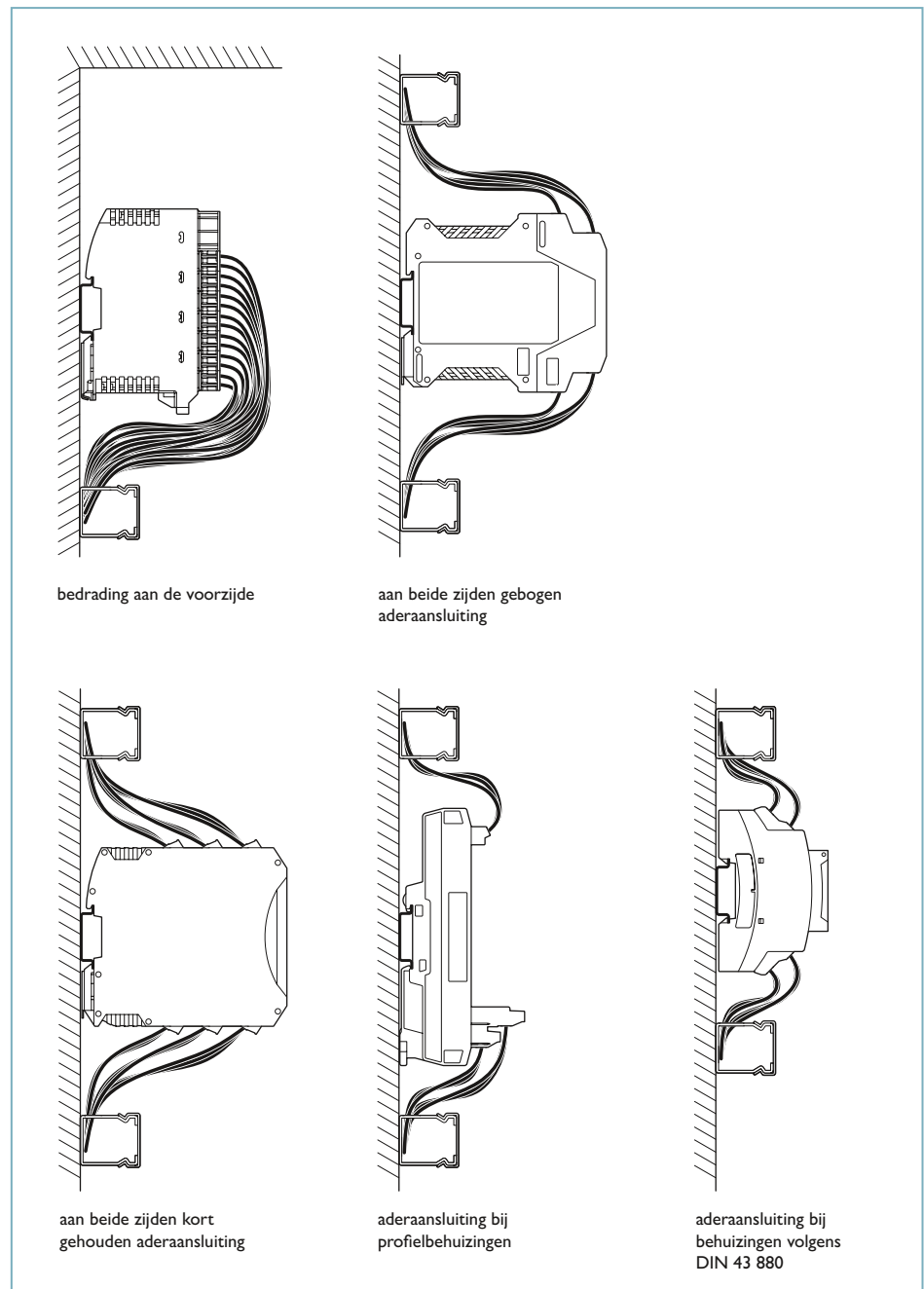
De beschikbare ruimte is een belangrijk criterium bij de keuze van een schakelkast. Behuizingen, aansluittechniek en de hiervoor benodigde geleiding hebben elk een ander ruimtegebruik. Hierdoor heeft de bouwvorm van een behuizing direct invloed op de configuratie van de schakelkast.

Bij behuizingen met aansluittechniek aan de voorzijde wordt de bedrading in de regel uitsluitend in één richting van de behuizing in een kabelgoot geleid. Deze behuizingen zijn daarom uitstekend geschikt voor directe montage aan de achterwand van de schakelkast. Omdat de draden verticaal in het aansluitblok steken, kunnen ze alleen in een boog in de kabelgoot worden gelegd. Voor zo'n draadgeleiding moet de geselecteerde schakelkast diep genoeg zijn.

Dit geldt ook voor behuizingen in de bouwvorm DIN 43 880. Hier is vanwege de afdekkap als bescherming tegen aanraking te weinig ruimte voor de bedrading in de genormeerde schakelkast. De draadaansluiting dient in deze inbouwsituatie bij voorkeur evenwijdig aan de achterwand van de schakelkast of in een hoek van 45° parallel te worden gelegd. Alleen als de aansluitklemmen zeer laag worden gemonteerd, kan een aderaansluiting van 90° naar de achterwand van de schakelkast worden toegepast (afb. 10).

Dit geldt ook voor behuizingen van kunststof profielen. Maar hier zijn in de regel geen beperkingen door een genormeerde type schakelkast.

Voor de schakelkastbouw zijn de hoogte van een apparaat en de richting van de aderaansluiting belangrijke criteria bij het configureren van een schakelkast. Om kosten en ruimte te besparen, moet de schakelkast zo compact mogelijk worden gehouden, maar moet ook ruimte hebben voor eventuele uitbreidingen.



Afb. 10: Bekabeling

Het hoogste apparaat op een montagerail definieert de afstand van de kabelgoten en bepaalt hierdoor ook het totaal aantal montagerails die in een schakelkast mogelijk zijn. Bij minimale

hoogteverschillen (afb. 12) wordt de typische basisopbouw kabelgoot, montagerails, kabelgoot toegepast. Als er een paar, zeer hoge apparaten worden gemonteerd, wijkt de standaard opbouw

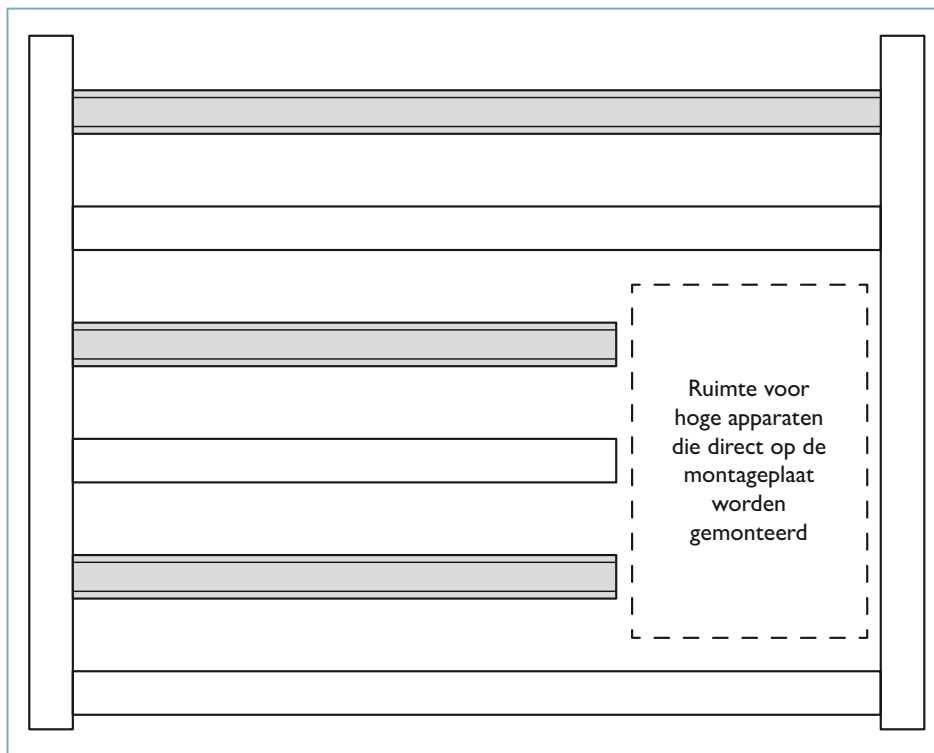
af om de beschikbare ruimte optimaal te benutten (afb. 12 rechtsonder).

Bij een bedrading aan de voorzijde met een eenzijdige aderaansluiting is alleen hier een kabelgoot nodig. Deze apparaten kunnen daardoor ruimtebesparend aan de bovenste schakelkastwand worden aangebracht (afb. 11). Met de aansluitingen aan de voorzijde kan de bekabeling van apparaten sneller worden uitgevoerd, omdat de installateur vrij zicht op de contactvlakken heeft. Vooral als er talrijke kleine aderdoorsnedes moeten worden aangesloten, biedt de aansluiting aan de voorzijde veel comfort voor bedradingen. In tegenstelling tot apparaten met zij-aansluitingen bedekken de aders wel een groot deel van de voorzijde van de apparaten. Beletteringen en labels op apparaten kunnen dan alleen aan een zijde van het apparaat worden aangebracht. Een beperking die in veel applicaties zoals bijv. bij remote I/O-systemen wordt geaccepteerd.

Bij sommige behuizingssystemen is een zeer korte geleiding mogelijk als de aderaansluiting van de aansluittechniek onder een hoek naar de kabelgoot toe, moet worden geplaatst (afb. 10 linksonder). In dat geval moet er rekening mee worden gehouden, dat de adres resp. connectoren bij onderhoudswerkzaamheden losgemaakt en weer aangesloten moeten worden. Te korte aders veroorzaken meer onderhoudswerk ook als de opbouw van de apparaten resp. behuizing dit mogelijk maakt.



Afb. 11: Aansluittechniek aan de voorzijde met eenzijdige kabel aansluiting en aan beide zijden aderaansluiting in kabelgoten



Afb. 12: Klassieke schakelkastindeling kabelgoot, montagerail, kabelgoot

Bouwgrootte	1	2	3
h ₂ max.	45	55	75
h ₃ max.	45	55	75
Nominaal stroom bereich van voorkeur I _n	tot 25 A	boven 25 A tot 63 A	boven 25 A tot 100 A

Tabel 1: Bouwgrootten voor apparaten ter bevestiging op een draagrail

t ₂ max.	55	70	92,5
t ₄ min.	52		
t ₄ max.	t ₂ max.		

Tabel 2: Dieptematen voor apparaten van bouwgrootte 1 tot 4

Typisch voor kleine verdeelkasten volgens DIN 43 880 is een montagerailenlge voor precies 12 van zulke deeleenheten, dus 12 x 18 mm. Dit is het gevolg van het feit, dat deze verdeelkasten in het beginstadium hoofdzakelijk voor de montage van zekeringen en aardlekschakelaars bedoeld waren. Ze werden voor circuits met 1-fase-wisselstroom en 3-fasendraaistroom geconfigureerd. Bij 12 deeleenheten per rail konden hierdoor 12 wisselstroomcircuits met elk een zekering of 4 draaistroomcircuits met elk drie zekeringen of een aardlekschakelaar, die vier deeleenheten nodig heeft, met nog acht zekeringen worden geplaatst.

Na verloop van tijd kwamen er eenvoudige besturingsfuncties zoals tijdschakelaars of trappenhuisautomaten bij. Ondertussen worden er nu ook programmeerbare kleine besturingen in installatieverdelers ondergebracht. Deze apparaten houden zich nog altijd aan de deeleenheten van DIN EN 43 880.

montagerailafstand

apparaatsleuf

behuizingsgedeelte dat door de apparaatsleuf gaat

max. 12 eenheden

beschermkap tegen aanraking

Deeleenheid	De deeleenheid voor apparaten in kleine verdeelkasten bedraagt 18 mm. De bouwbreedte van deze apparaten bedraagt vaak 17,5 mm, is daardoor 0,5 mm kleiner dan de deeleenheidsmaat (18 mm) om toleranties te kunnen compenseren.
Montagerail	Deze is voor 12 apparaten met de deeleenheid (unit) 18 mm geconfigureerd.
Apparaatsleuf	216 mm (12 x 18 mm) x 46 mm
Montagerailafstand	125 mm

Tabel 3: Feiten over kleine verdeelkasten volgens DIN 43 880

Afb. 15: Opbouw van kleine verdeelkasten

3

Behuizingbouwvormen

Behuizingen voor elektronische apparaten worden grof onderverdeeld in twee groepen. De vaak tweedelige modulaire elektronica-behuizing en de meerdelige halve-schaal-behuizingen. Hierbij komen nog behuizingen, die van geëxtrudeerde profielen zijn vervaardigd, die ook wel printplaatdragers kunnen worden genoemd. Bij deze dragers staat de functionaliteit voorop, terwijl bij de eerste twee naast de functionaliteit ook het design een belangrijke rol speelt.

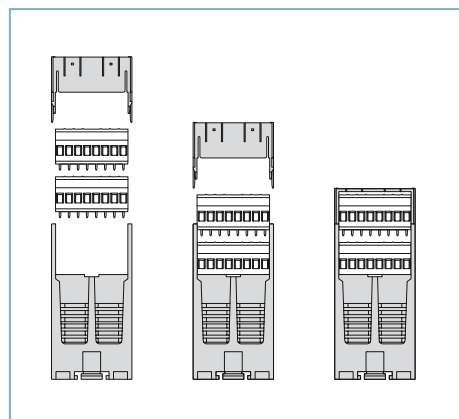
3.1 Modulaire elektronica-behuizing

Elektronica-behuizingen in bekerbouwvorm bestaan uit een eendelig onderste behuizingsdeel – de afdekplaat – en een behuizingsdeksel. De aansluittechniek wordt in de regel in de afdekplaat of op de grens tussen afdekplaat en beker geplaatst (afb. 18). Indien er geleidingen aanwezig zijn, kunnen printplaten in de behuizing in alle drie richtingen worden ingeschoven. Dankzij de eenvoudige, tweedelige opbouw van een modulaire

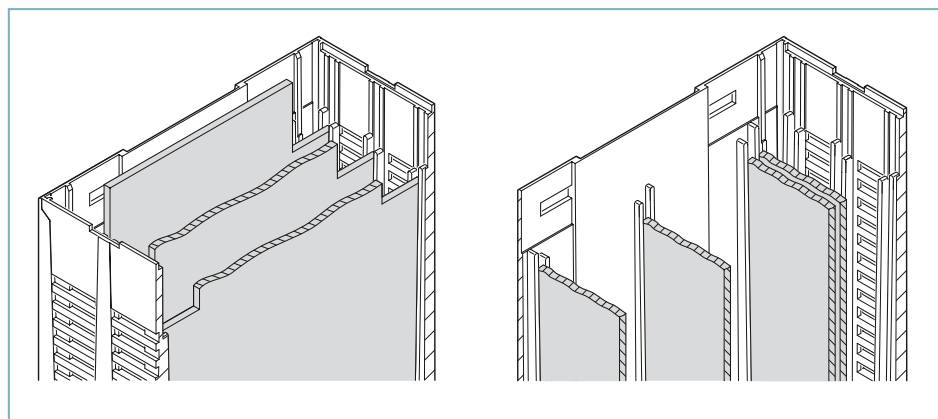
elektronica-behuizing is een snelle eindmontage mogelijk (afb. 18).

Zoals reeds gezegd, is het bij modulaire elektronica-behuizingen mechanisch zinvol om de aansluittechniek op de grens tussen afdekplaat en beker te plaatsen. Wanneer er veel aansluitpunten nodig zijn, begrenst de afmeting van de behuizing snel het aantal mogelijke aansluitpunten per niveau.

Als de aansluittechniek op meerdere niveaus verdeeld wordt en de



Afb. 16: Basisopbouw van modulaire elektronica-behuizingen



Afb. 17: Verticale printplaatinsteekeenheden in twee richtingen

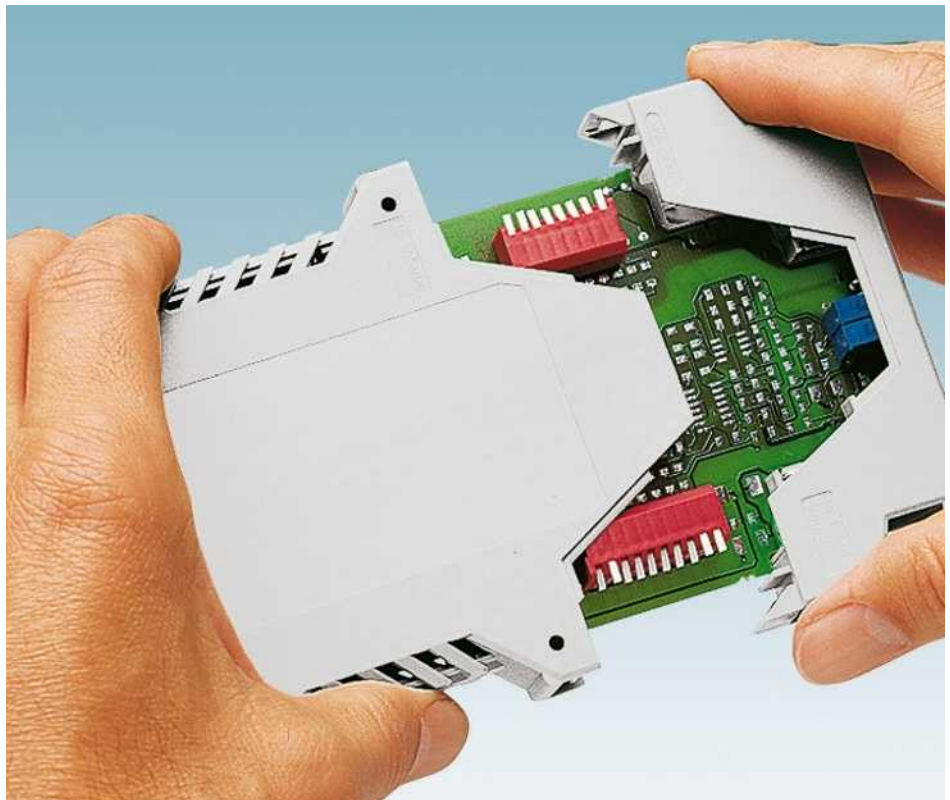
aansluitpunten goed toegankelijk moeten blijven, moet deze van etage naar etage inspringen (afb. 19).

Hierdoor ontstaat er een trapsgewijze opbouw die effect heeft op de vorm van het bovenste behuizingsdeel of de afdekplaat. Een nadeel is dat er steeds minder plaats is voor indicaties en markeringen op de voorzijde van de behuizing.

De gebruikelijke verticale inbouwpositie van de printplaten stelt bijzondere eisen aan de aansluittechniek. De aansluitpunten bevinden zich kenmerkend aan de smalle zijde van de behuizing horizontaal, naast en boven elkaar. Het montagevlak van de printplaat waar de aansluittechniek op ligt en wordt gesoldeerd, is afhankelijk van het type 90° gedraaid. Ter oplossing van deze taak wordt de zogenaamde orthogonale aansluittechniek toegepast. Door de pinnen van de klem 90° te buigen, bereikt u de gewenste richting en stemt u zo functie, design en bedieningscomfort beter op elkaar af.

Deze klemmen zijn in de regel alleen geconfigureerd voor een bepaald behuizingssysteem. Om de soldeerplaatsen niet te belasten (zie ook pagina 20), moeten ze zich aan het design van de behuizing aanpassen en tegelijkertijd mechanische kracht opvangen (die bijv. tijdens het aansluiten optreedt).

Afhankelijk van het aantal niveaus dat voor de aansluiting aan beide zijden van de behuizing nodig is, verandert ook de vorm van het bovenste behuizingsdeel. Afbeelding 20 geeft typische bovenste delen van behuizingen uit de serie ME weer met twee resp. drie aansluitniveaus per zijde en een variant met een niveau aan een zijde.



Afb. 18: Eenvoudige eindmontage



Afb. 19: Ingesprongen aansluittechniek



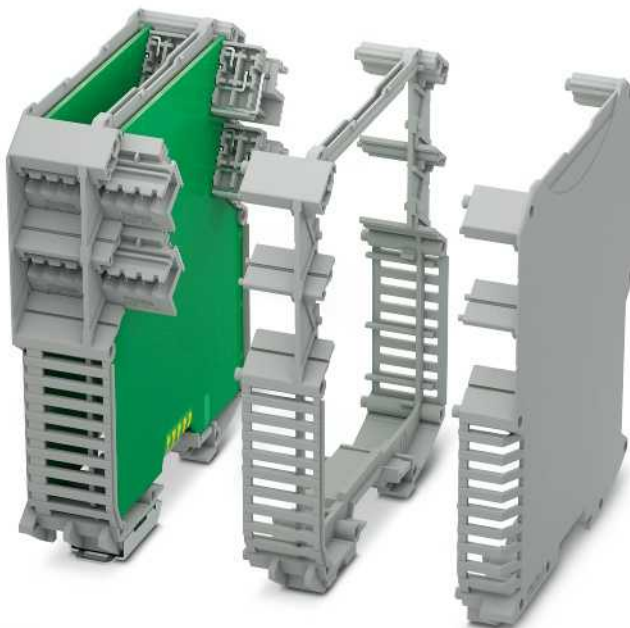
Afb. 20: Bouwvormen van de bovenste delen

3.2 Halve-schaalbehuizingen

Halve-schaalbehuizingen kunnen door het invoegen van tussenstukken eenvoudig in breedte worden gevarieerd. Dit is vooral van voordeel als het erom gaat kostenbesparend speciale behuizingsbreedten van meer dan 50 mm breedte te maken.

In de eindmontage wordt bij dit type behuizing de printplaat zijdelings in een van de twee halve-schaalbehuizingen geplaatst. De tweede halve schaal sluit de behuizing (afb. 22). Met deze opbouw kan de aansluittechniek theoretisch aan elke zijde van de behuizing worden geplaatst. Zelfs een grotere afstand tussen twee aansluitblokken kan door een halve-schalenopbouw ook bij direct, horizontaal boven elkaar staande blokken weer worden aangesloten. Hierdoor hoeven de aansluittechniekniveaus niet meer in te springen, zoals dit bij de modulaire elektronicabehuizingen het geval is.

Met halve-schalenbehuizingen zijn dus meerdere aansluittechnieketages mogelijk, zonder dat de voorzijde, zoals bij modulaire elektronica behuizingen, hierdoor wordt gestoord. Het bedieningscomfort wordt verbeterd door de aansluittechniek schuin te zetten, waarbij ook hier op grond van de verticale printplaten een orthogonale aansluittechniek moet worden toegepast.



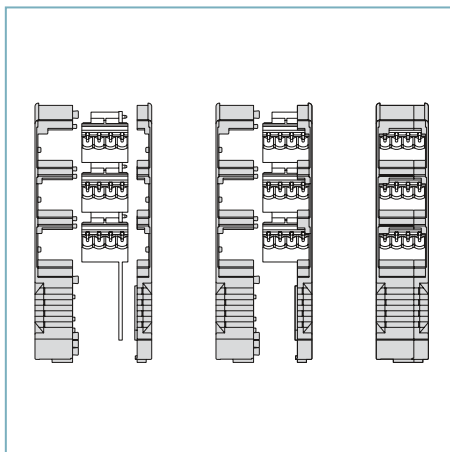
De eindmontage kost in tegenstelling tot de modulaire elektronicabehuizingen veel meer werk. Om alle contouren te sluiten en de behuizing te stabiliseren, worden de halve schalen op veel plaatsen vastgedrukt. De bij de modulaire elektronicabehuizing geïntegreerde of vooraf gemonteerde montagevoet moet hier vaak achteraf tijdens de eindmontage van de apparaten worden aangebracht.

Door het feit, dat de aansluittechniek bij een halve-schalenbehuizing niet hoeft te worden ingesprongen, krijgt u een groter printplaatoppervlak dan

bij modulaire elektronicabehuizingen met dezelfde omhulling (lengte x breedte x hoogte). Dit voordeel qua montage-oppervlak ten opzichte van de snelle eindmontage bij de modulaire elektronicabehuizingen is de belangrijkste factor als er een keuze moet worden gemaakt tussen de een of de andere behuizingsbouwvorm.



Afb. 21: Opbouw halve-schaalbehuizingen



Afb. 22: Montagevolgorde

3.3 Profielbehuizing

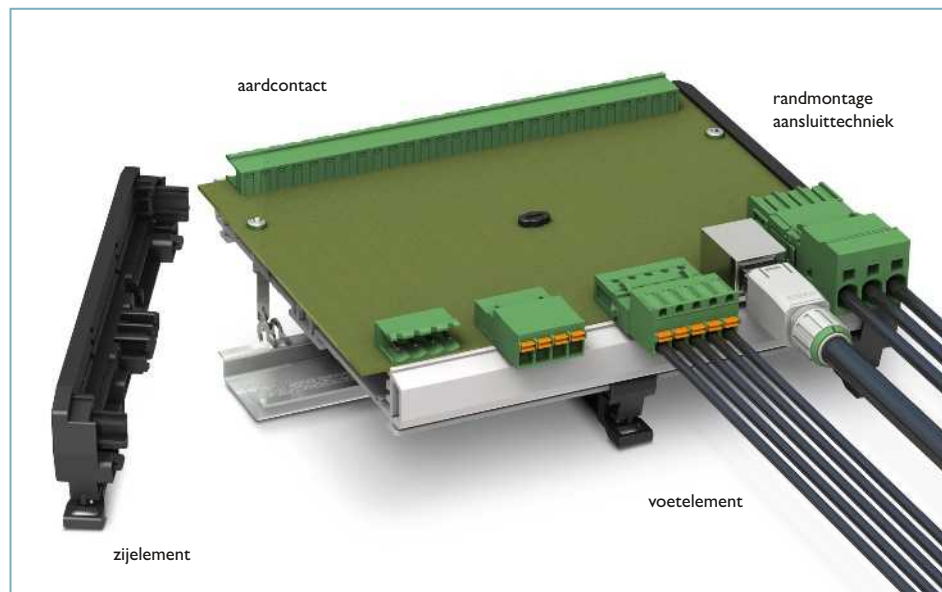
De aanduiding elektronica-behuizing voor de profielbouwvorm is niet helemaal juist. Hier kan beter het begrip printplaatdrager worden gebruikt. Deze wordt van een eindloos geëxtrudeerd profiel vervaardigd, dat na de productie om transportredenen op een lengte van 2 m wordt ingekort. De delen worden daarna met grote precisie op de gewenste lengte gesneden.

Voor de bevestiging van printplaten hebben de profielen in de regel meerdere gleuven. Bij de plaatsing van de aansluittechniek en de elektronica is voor deze gleuf een spervlak op de printplaat voorzien. In sommige uitvoeringen kan op de bovenste printplaat een montage van de aansluittechniek worden opgenomen (afb. 24).

De profieluiteinden zijn met zijelementen afgewerkt die in diverse uitvoeringen worden aangeboden. Deze worden op het profiel vastgeschroefd of bij de snelle-montagevarianten vastgedrukt (afb. 23). Omdat profielen om procesredenen geen grepen aan de achterkant hebben, dient u bij het op

lengte snijden een extra inkeping aan te brengen die dan als greep voor de zijdelen dient.

De voet voor bevestiging op de montagerails is in de zijdelen geïntegreerd. Deze bestaat net zoals bij de meeste behuizingen uit een vaste drager en een verend kunststof deel. Deze behuizingen worden gecompleteerd door kunststof kappen die passend met de profielen op lengte worden gesneden.



Afb. 23: Schroefloze zijelementen



Afb. 24: Randmontage bij de profielbehuizing

4 Inbouwpositie van de printplaten en de aansluittechniek

In elektronicabehuizingen zijn printplaten horizontaal of verticaal t.o.v. de montagerail opgesteld. Dit heeft diverse uitwerkingen op het eindapparaat, want met de printplaatpositie wordt de toepasbare functionele aansluittechniek beperkt en wordt de richting van de aderaansluiting al vastgelegd. Daarom is het in principe beter, dat er in een behuizing verschillende inbouwposities mogelijk zijn.

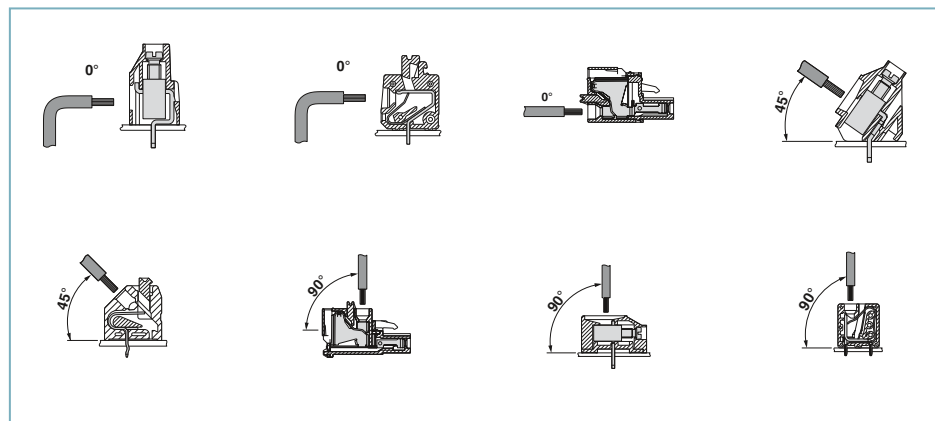
4.1 De inbouwpositie

4.1.1 Horizontale printplaatopstelling

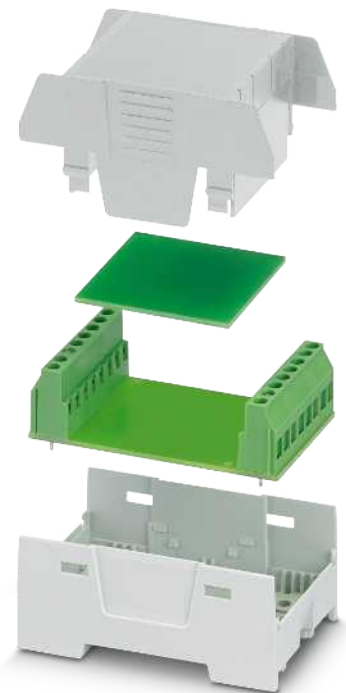
Vlakke modulaire elektronicabehuizingen en profielbehuizingen hebben een horizontale printplaatopstelling. Hierdoor worden naar verhouding grote behuizingsoppervlakken gecreëerd met veel ruimte voor indicaties en bedieningselementen. Een ander voordeel is, dat naast de systeemcomponenten vrijwel alle in de handel gebruikelijke aansluittechniek

– zoals D-SUB, RJ45, USB – probleemloos kan worden toegepast.

Uit de horizontale positie resulteert niet automatisch een horizontale adergeleiding. Door een proactieve selectie van de aansluittechniek kan de richting van de aderaansluiting bij een gegeven printplaatpositie variëren. Wanneer dit voordelig is voor de toepassing van het eindapparaat kan deze net zo goed onder 45° of 90° t.o.v. de printplaat lopen.



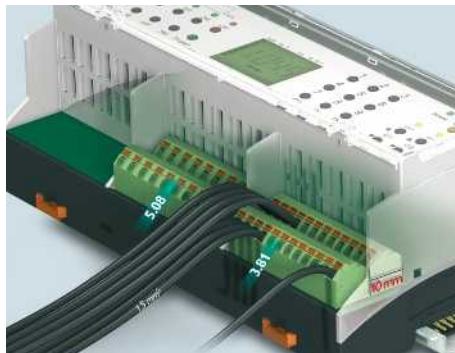
Afb. 25: Richting aderaansluiting van verschillende stekers en basiselementen



Met de keuze van een horizontale printplaat is er dus, wat betreft de richting van de aderaansluiting, nog voldoende vrijheid (afb. 25). Bij profielbehuizingen voert op grond van de productiemethode (extruderen) bijna uitsluitend de horizontale inbouwpositie van printplaten de boventoon.

In talrijke behuizingen is het ook mogelijk om de printplaten boven elkaar op te stellen in twee of meer etages.

Om de eindmontage van dit type apparaten te vereenvoudigen, is het zinvol om de niveaus te coderen. Zo past een printplaat precies in een positie in de behuizing en wordt snel en veilig gemonteerd. In het in afb. 28 weergegeven voorbeeld wordt aan elk printplaatniveau minimaal twee vierkante montageposities in de zijwand van de behuizing toegewezen. Doordat de posities per niveau verschuiven, is maar een geschikte combinatie van printplaten en montagepunten mogelijk.



Afb. 27: BC-behuizing met 45°-aderaansluiting

4.1.2 Verticale printplaatopstelling

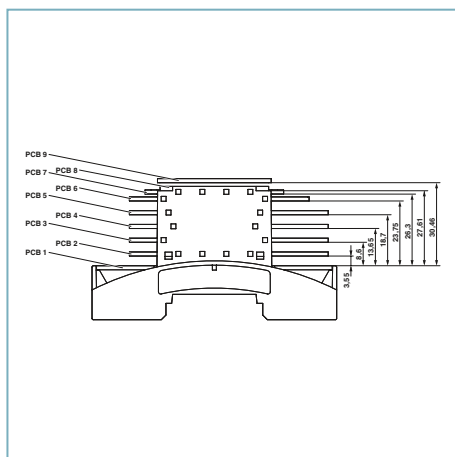
De verticale printplaatopstelling komt bij hoge modulaire elektronicabehuizingen en halve-schalenbehuizing voor. De printplaten worden in insteekgleuven geschoven die vaak voor twee richtingen bedoeld zijn. Er kan maar een voor deze bouwvorm aangepaste aansluittechniek functioneel worden toegepast.

Om de bedieningsrichting en de aderaansluiting voor de gebruiker zo comfortabel mogelijk in te richten, zoals bij de horizontale positie, dienen zogenaamde orthogonale aansluitklemmen te worden gebruikt (afb. 26).

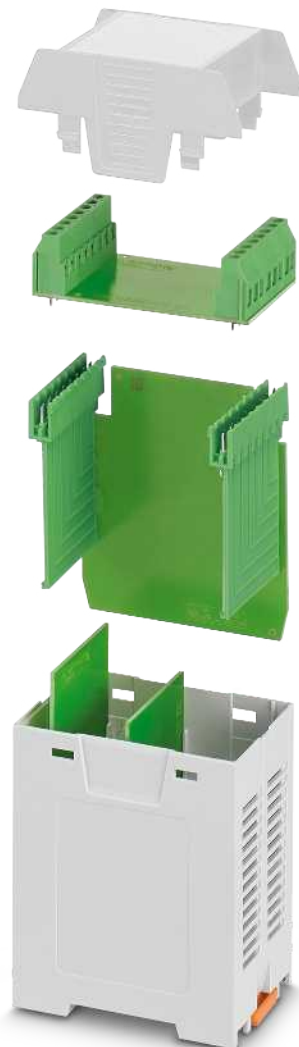
De bediening (hier aansluitschroef) en de soldeeraansluiting bevinden zich in een lijn met de verticale printplaat.



Afb. 26: Orthogonale aansluitklemmen MSTBO



Afb. 28: Gestapelde printplaten in de BC-behuizing



Voor de aderaansluiting worden soldeer- of adermetalen twee keer 90° gedraaid (orthogonale aansluittechniek). Hierdoor wordt de klem ergonomisch aangesloten en bediend. De integratie van externe componenten is bij de verticale printplaatpositie mogelijk, maar niet zo elegant, want deze componenten worden in de regel slechts een keer 90° gedraaid aangeboden.

4.2 Aansluittechniek

Er zijn twee essentiële bouwvormen voor de printplaat-aansluittechniek. De vaste aansluiting direct op de printplaat en de steekbare aansluiting.

4.2.1 Vaste aansluiting

De vaste aansluiting is eendelig en verbindt de aders direct met de printplaat. In vergelijking met een steekbare oplossing is de vaste aansluiting qua materiaalkosten voordeliger. Bij onderhoud of vervanging van een module moet de ader worden losgehaald en later opnieuw worden aangesloten. Als de aders nu niet eenduidig zijn gemarkeerd of geëtiketteerd, kan dit tot foutieve aansluitingen en zelfs tot beschadiging van het apparaat leiden. De klemmen voor een vaste aansluiting zijn beschikbaar in veel verschillende uitvoeringen en kleuren. Deze worden met schroef- of veerdruktechniek aangeboden die idealiter bij dezelfde lay-out kunnen worden toegepast. Typisch voor eendelige klemmen is het golfsoldeerproces. Voor de verwerking in het reflow-soldeerproces vormt het hoge metaalaandeel een probleem, dat de eendelige opbouw met schroeven resp. veren, klemhulzen en soldeerstift met zich meebrengt. Aan de ene kant onttrekt het hoge metaalaandeel van de soldeerplaats erg veel warmte, aan de andere kant bemoeilijkt dit het uitbalanceren op de printplaat.

De varianten van de aansluittechniek worden op pagina 20 in tabel 5 weergegeven.

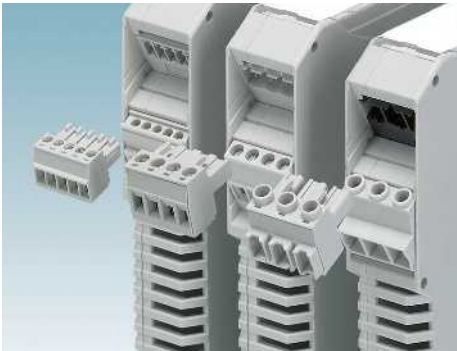
4.2.2 Steekbare aansluiting

Steekbare aansluitingen zijn altijd minimaal tweedelig. De aders zijn op een stekker aangesloten en worden via een tweede bouwdeel, het basiselement,

met de printplaat verbonden. Met steekbare verbindingen kunnen apparaten snel worden vervangen. Het risico, dat aansluitingen bij het opnieuw verbinden worden verwisseld, is zo veel lager. Met behulp van polarisaties en verschillende kleuren kan dit nagenoeg worden vermeden.

Door de tweedelige opbouw is nog maar weinig metaal in het te solderen basiselement. Het is daardoor heel licht en kan voor een automatische plaatsing goed worden uitgebalanceerd. Bij dezelfde lay-out (pinning) worden steekbare oplossingen voor het golf-, en tevens voor het reflow-soldeerproces aangeboden.

Om de temperatuur in de soldeeroven in stand te houden, zijn de reflow-soldeerbare klemmen uit hogetemperatuurmateriaal vervaardigd. Ze worden voor de automatische



Afb. 29: Vergelijk: vast en steekbaar

plaatsing in blisterverpakking op rollen aangeboden (afb. 30).

Eigenschap	Vaste aansluittechniek	Steekbare aansluittechniek
Aantal componenten	1	min. 2
Overgangsweerstand	+	-
Ruimtegebruik op de printplaat	+	-
Flexibiliteit in de productie	-	++
Comfort bij onderhoud	-	++
Geschikt voor reflow-solderen	nee	ja
Totale kosten aantal delen	+	-
Voorconfectionering van schakelkast mogelijk	nee	ja
Kleurvarianten voor functieherkenning beschikbaar	ja	ja
Polarisatie	niet noodzakelijk	ja

Tabel 4: Vergelijking van vaste en steekbare aansluitingen

4.3 Afhankelijkheid van het productieproces van de aansluittechniek

De selectie van de aansluittechniek en het latere productieproces gaan nauw samen.

In een vroeg stadium van de ontwikkeling wordt al de soldeermethode bepaald. Indien er voor een SMD-plaatsing wordt gekozen met een reflow-soldeerproces, is de toepassing van een eendelige, vaste aansluittechniek nagenoeg uitgesloten omdat er nauwelijks overeenkomstige producten op de markt beschikbaar zijn.

Indien het toekomstige apparaat met een vaste aansluittechniek moet worden aangeboden met schroef- en tevens met veerdrukaansluiting, dan is voor beide varianten elk een productielijn nodig. Aan het begin van de productie, bij de printplaatplaatsing, is het eindproduct al bepaald. Bovendien legt men zich bij de

selectie voor de vaste aansluittechniek tegelijkertijd vast op het productieproces golfsolderen.

De steekbare aansluittechniek levert het voordeel dat er dezelfde producten zijn voor het reflow- en voor het golfsoldeerproces. Omdat de aderaansluiting zich in de connector bevindt en deze pas aan het einde aan het apparaat wordt toegevoegd, wordt tot het einde van de productieketen opengelaten of deze later een artikel met push-in-, schroef of veerdrukaansluiting wordt. Bij de steekbare aansluittechniek valt de keuze voor de aansluiting pas aan het einde van de productieketen. Omdat tot dit punt alle varianten in een lijn kunnen worden gefabriceerd, kunnen hier aanzienlijk kosten worden bespaard.



Afb. 30: Basiselement in tape on reel

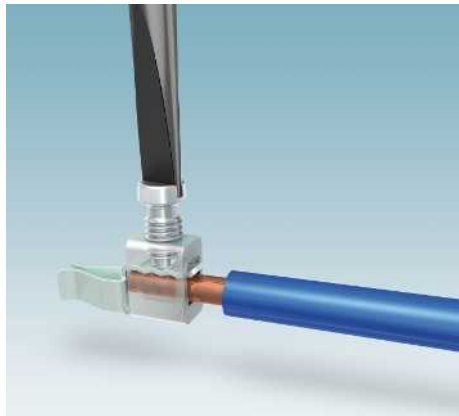
Keuze			Uitwerking		
Ontwikkeling			Productie		Levering
Aansluittechniek		Soldeerproces	Start		Afgewerkt apparaat
Aantal productielijnen	vast	golf	productielijn golf 1		schroef
			productielijn golf 2		veer
		productielijn golf 3		push-in	
	reflow	geen techn. oplossing			
	steekbaar	golf			schroef
			veer		
reflow				push-in	
				schroef	
				veer	
				push-in	

Afb. 31: Schema van afhankelijkheid van aansluittechniek voor productieproces

			Golfsolderen		Reflow-solderen	
	Raster	Aantal polen	Schroef	Veer/push-in	Schroef	Veer/push-in
Vaste aansluiting	3,5	3 – 5	 MKDSO 1,5		geen technische oplossing beschikbaar	
	5,0	2 – 4	 MKDSO 2,5	 FKDSO 2,5		
	7,5	2/3	 MKDSO 2,5 HV	 FKDSO 2,5 HV		
Steekbare aansluiting	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	

Tabel 5: Overzicht van de aansluittechniek voor de serie behuizingen ME en ME MAX van Phoenix Contact

4.3.1 Aansluittechnieken in vergelijking



Schroefaansluiting

- wereldwijd bekend en intuïtief bedienbaar
- hoge aandrukkracht van de ader
- geschikt voor alle adertypen
- met of zonder adereindhuls toepasbaar



Veerdrukaansluiting

- aansluitkamer moet worden geopend, voordat de ader kan worden aangesloten
- geschikt voor alle adertypen
- met of zonder adereindhuls toepasbaar



Push-in-aansluiting

- massieve aders of aders met adereindhuls worden zonder de aansluitkamer te openen, ingevoerd en aangesloten
- voor flexibele soepele aders wordt de aansluitkamer eerst geopend
- zo kort mogelijke montagetijd per aansluitpunt

Veiligheidsvoorschriften ter voorkoming van ongevallen BGV°A°2

De door de "Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik" uitgegeven voorschriften ter voorkoming van ongevallen BGV A 2 richt zich tot de gebruiker van elektrische installaties en heeft tot doel ongevallen te voorkomen. Deze hebben betrekking op het werk, de bediening en het incidentele gebruik in de buurt van aanrakingsgevaarlijke (actieve) delen van laagspanningsinstallaties tot 1000 V AC en 1500 V DC.

Het is belangrijk dat rondom actieve delen een gebied vingeraanrakingsveilig moet worden gerealiseerd, dat door een vlakke omhulling met een radius van 30°mm wordt gevormd (zie DIN EN 50274).

Dit wordt gekeurd volgens de IEC 60529 resp. DIN VDE 0470-1 met een genormeerde testvinger.



Afb. 32: Baseelement volgens BGV A 2



Afb. 33: Niet vingeraanrakingsveilig baseelement

5 Toebehoren voor speciale functies

Wanneer u elektronicabeuizingen met aangepaste toebehoren voor functies uitbreidt, vormen de behuizingen een behuizingssysteem. Dit toebehoren omvat o. a. de voorheen omschreven aansluittechniek, elementen voor de statusindicatie en connectoren (bussen) tussen de apparaten. En ook de elementen voor de aardverbinding of afscherming.

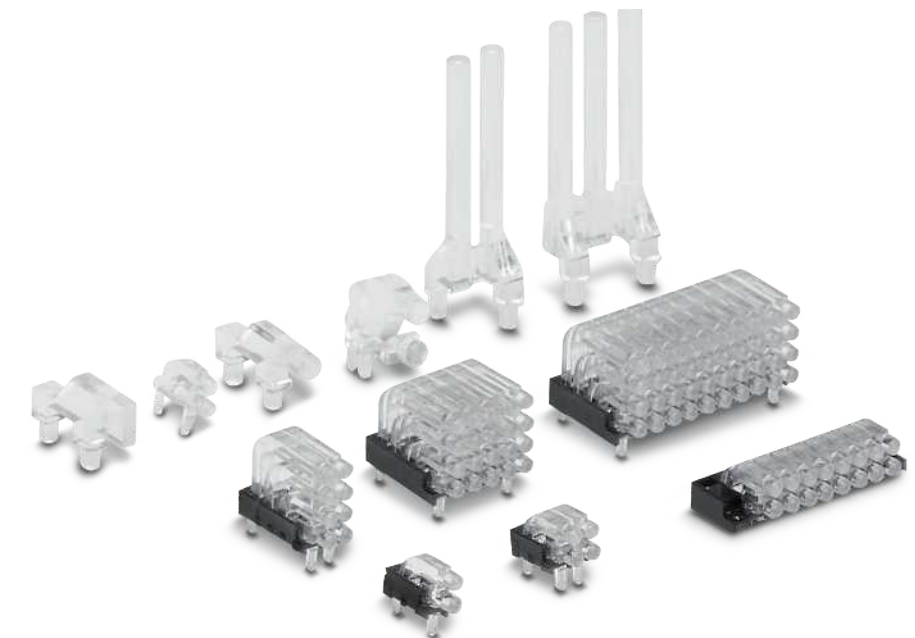
5.1 Led-statusindicaties

Wat bij de inbouwpositie van de printplaten voor de aansluittechniek geldt, betreft ook bedienings- en indicatie-elementen.

Ook hier kunnen bij horizontale printplaten relatief eenvoudige lichtgeleiders wordt toegepast. Bij verticale printplaten moet het licht zoals bij de orthogonale aansluittechniek worden omgeleid. Het lichtdoorlatende gedeelte is in tegenstelling met de aansluittechniek niet de zijwand van de behuizing, maar de voorzijde van de behuizing. Bij de lichtgeleiders is dus een enkele draaiing van 90° voldoende.

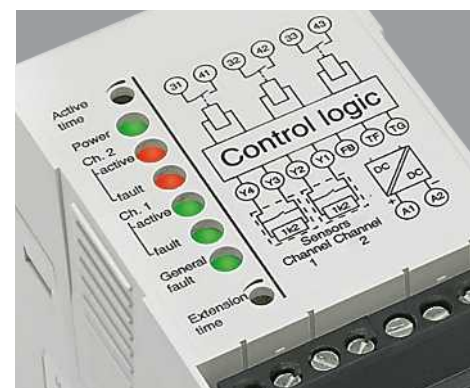
Lichtgeleiders worden over het algemeen zodanig geplaatst, dat ze door de behuizingswand steken en in één lijn met de voorzijde afsluiten. Indien lichtgeleiders afgeronde lichtdoorlatende gedeelten hebben, moeten deze evenredig met de ronding uit de voorzijde steken. Ten eerste worden zo vuile randen voorkomen. Ten tweede is de indicatiestatus beter zichtbaar en kan comfortabel en betrouwbaar worden afgelezen.

Naargelang de bouwvorm kunnen



leds ook direct door de voorzijde van de behuizing worden gevoerd. Ook hier dienen vuile randen te worden voorkomen. Bovendien is kans op ESD-impulsen die door de led-opening in de behuizing kunnen komen. Als tegenmaatregel kan een gedeeltelijk transparant folie-etiket worden gebruikt.

Lichtgeleiders wordt in diverse varianten en uitvoeringen aangeboden. Deze moeten voor een dempingsarm lichttransport zorgen en zeer homogeen zijn opgebouwd. Als dit niet het geval is, kunnen bij twee naast elkaar gevoerde lichtgeleiders verschillende lichtindrukken ontstaan. Dit kan tot irritaties bij de gebruiker leiden wat betreft de status van het apparaat.



Afb. 34: Voorzijde van de behuizing met led-indicatie

5.1.1 Lichtgeleider met hoge pakkingsdichtheid

Voor bij behuizingen met aansluittechniek aan de voorzijde en veel aansluitingen blijft weinig ruimte over voor statusindicaties (afb. 35). Hier moeten lichtgeleiders worden toegepast met een hoge pakkingsdichtheid. Door deze pakkingsdichtheid is per lichtgeleider de rastermaat van de lichtgeleiderblokken 2,54 mm en van de diameter 2 mm. Deze zijn in de regel geconfigureerd voor CHIPLED's van de bouwvorm 0603 of kleiner (afb. 36). Een in de lichtgeleiders geïntegreerde afdekking voorkomt dat stralen van een lichtgeleider naar de volgende geleid wordt en geeft de weergave in verschillende kleuren in een blok weer. De inpersstiftens zorgen voor een betrouwbare montage op de printplaat.

De lichtgeleiderblokken kunnen specifiek op de applicatie worden aangepast. Het aantal rijen en kolommen kunnen aan de hand van plaatsingen en combinaties worden gevarieerd. Voor een comfortabelere eindmontage moeten bij toepassing van lichtgeleiderblokken de lichtgeleiders of de behuizingen van fasen als invoerhulp voorzien zijn.

Bij lichtgeleiders wordt vaak doorzichtig polycarbonaat toegepast. Optimaal is een lichtgeleider met de brandbaarheidsklasse UL V0 (zie ook pagina 34), die vaak ook voor elektronica-behuizingen is vereist. Door een lichttechnisch geoptimaliseerde configuratie met betrekking tot materiaal, vorm en diameter kan dan een hoogwaardige visualisatie worden bereikt.



Afb. 35: Lichtgeleider in de ME-IO-behuizing voor een compact indicatieveld



Afb. 36: 5x4-rijen lichtgeleiderblok



Afb. 37: Flexibele lichtgeleider

5.1.2 Flexibele lichtgeleiders

Bij de positionering van lichtgeleiders stuit men in sommige applicaties op mechanische of elektronische grenzen. De typische bouwvormen moeten zich in de buurt van de weergave bevinden, wat bij een hoge pakkingsdichtheid van de elektronica of bij complexe geometrieën van behuizingen niet altijd makkelijk te realiseren is. Door flexibele lichtgeleiders (afb. 37) kunnen leds bijna willekeurig op de printplaat worden geplaatst. Het licht wordt via twee eindkappen en een flexibel deel of ook in een boog geleid. Door de lichtgeleider exact met een zo scherp mogelijk mes af te snijden, kan deze op de juiste lengte worden ingekort en is dus ideaal voor deze toepassingen. Bij behuizingen met een hoge IP-beschermklasse kan de kap voor het lichtdoorlatend gedeelte op de voorzijde van de behuizing water- en stofdicht worden gelijmd, zodat er eenvoudig een statusindicatie kan worden gerealiseerd.

5.2 Bussystemen

5.2.1 Montagerail- en apparatenbus

Elektronische besturings- en regelsystemen worden aan elkaar bevestigd tot verschillende functiemodulen met het voordeel, dat afzonderlijke componenten eenvoudig toegevoegd of verwijderd kunnen worden. De ombouw van een systeem of de uitbreiding hiervan kan hierdoor probleemloos worden gerealiseerd. Dit vereist, dat de functiemodulen via een bussysteem met elkaar zijn verbonden. Twee bouwvormen hebben zich gevestigd: de montagerailbus die onder de behuizing in de montagerail loopt en de apparatenbus die zich in de behuizing bevindt.

De montagerailbus kan onafhankelijk van de behuizing worden gemonteerd en

biedt de mogelijkheid om behuizingen uit een configuratie te verwijderen (afb. 38). De buscommunicatie wordt door het verwijderen van een busmodule niet automatisch onderbroken, zodat de rest van het systeem in bedrijf blijft.

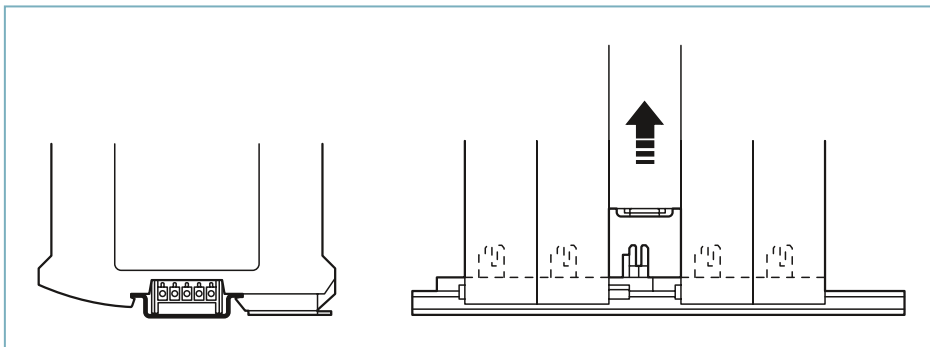
Bij een apparatenbus die in een behuizing zit, is het niet mogelijk om afzonderlijke modulen zomaar uit een koppeling te verwijderen, want de naburige modulen moeten daarvoor telkens opzij worden geschoven (afb. 39). Daardoor wordt de busverbinding onderbroken. Nu pas kan de gewenste module van de rail worden verwijderd. In talrijke applicaties is een onderbreking in de communicatie niet toegestaan, zodat de toepassing van apparatenbussen niet in aanmerking komt.

De verbinding tussen bus en elektronica (printplaat) wordt bij de

apparatenbus tijdens de moduleproductie tot stand gebracht. De printplaat wordt horizontaal in het buscontact gestoken, zodat de configuratie van de contacten tussen printplaat en buscontact eenvoudig kan worden gerealiseerd.

Bij de montagerailbus ziet dit er heel anders uit. Hier wordt er een module vanwege de behuizingsopbouw niet horizontaal op de montagerail gezet, maar met behulp van de vaste drager en de montagevoet op de rails gedraaid (afb. 40). De contacten zitten dus in een ronde baan die elkaar in de geometrie van de contact-pads weer op de printplaat moeten terugvinden. Optimaal is, als een eenmaal gemaakt contact door de beweging niet wegvalt en zich ook geen kortsluiting of een afwijking van de luchtwegen en kruiptrajecten voordoet.

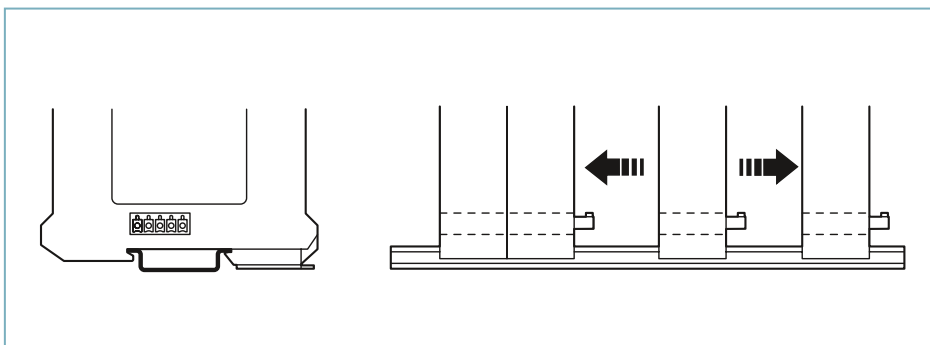
Het is zinvol om de buitenste rand van



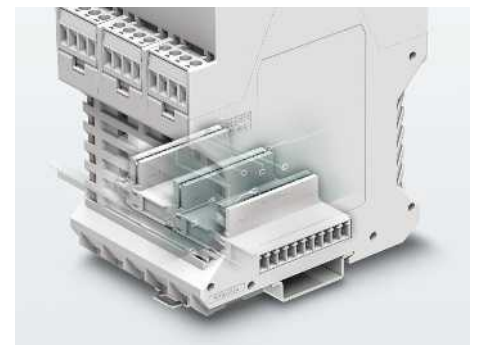
Afb. 38: Basisopbouw van een montagerailbus



Afb. 40: Zwenken op de montagerailbus



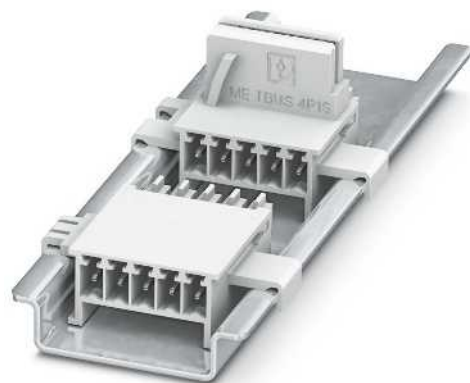
Afb. 39: Basisopbouw van een apparatenbussysteem



Afb. 41: Doorsnede van behuizing met apparatenbus

de printplaat binnen het bereik van de buscontacten van een fase te voorzien. Dit ondersteunt het openen van de buscontacten en ontlast deze mechanisch tijdens het indraaien.

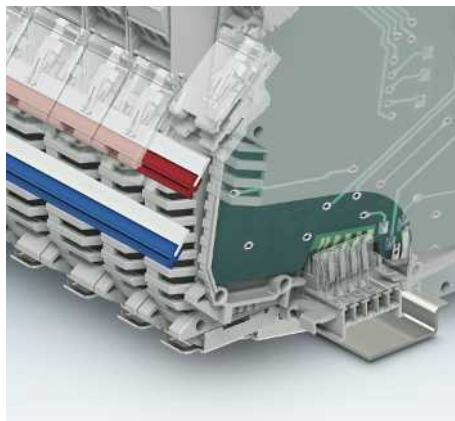
Omdat de montagerailbus een voorgegeven raster volgt en er niet altijd een horizontale aftakking naar een apparaat resp. een apparatenprintplaat nodig is, zijn voor dit bustype adapters (afb. 42) beschikbaar, die zo'n plaats



Afb. 42: Busadapter voor overbrugging

kunnen overbruggen.

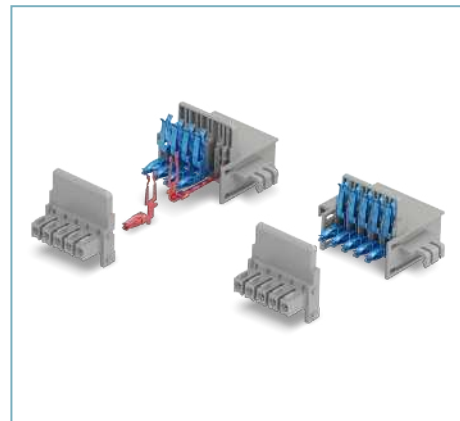
Montagerails zijn in vijf- en achtpolige uitvoering beschikbaar. Deze bussen zijn bestemd voor 6 ... 8 A bij een spanning tot 100 V. De montagerailbussen onderscheiden zich door een uitstekend signaaloverdrachtsgedrag, ook bij hoge snelheden. Ze zijn ideaal voor de opbouw van een lokale communicatiebus.



Afb. 43: Vermogensbus

5.2.2 Vermogensbussen

Apparaten en montagerailbussen zijn geschikt voor de signaaloverdracht, ook bij hoge frequenties en voor een kleinere vermogensoverdracht. Typisch voor dit type bussen is een stroombelastbaarheid van 5 ... 10 A. Indien er hoger vermogen moet worden verdeeld, moeten extra railverdelers worden gebruikt zoals het in afbeelding 43 weergegeven power-bussysteem voor de serie ME-MAX-behuisingen. Via verzamelrails die 40 A kunnen overdragen en speciale aansluitingselementen kunnen maximaal 30 apparaten worden gevoed. Aangezien deze verzamelrails parallel met de montagerailbus kunnen worden toegepast, zijn de contacten zodanig uitgevoerd dat de apparaten nog steeds vastgedrukt en omhoog gedraaid kunnen worden.



Afb. 44: Parallele en seriële contacten

5.2.3 Parallele und seriële contacten

De montagerailbus en ook de apparatenbus kan met parallelle en met seriële contacten worden uitgerust (afb. 44). Parallel betekent, dat voeding, aftakking en overdracht dezelfde spanning hebben.

Seriële contacten zijn onderbroken contacten. De verbinding tussen voeding en overdracht wordt via de printplaat tot stand gebracht. De verschillende soorten contacten kunnen in verschillende aantallen worden toegepast. Er kunnen zich echter op grond van de mechanische belasting beperkingen bij de positie en het aantal seriële contacten voordoen.

5.2.4 Meerpolige bussen

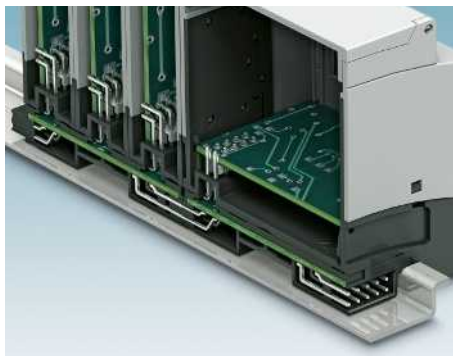
Wanneer bussen met een hoog aantal polen nodig zijn, stuiten montagerailbussen snel op hun fysieke grenzen. Bij een hoog aantal polen worden de contacten zo fijn en de mechanische draaikracht zo groot, dat met vervormingen moet worden gerekend.

Het is eenvoudiger om de behuizing horizontaal op de bus te steken. In dat geval kunnen dan als basis voor de busopbouw pen- en busconnectoren op een printplaat worden toegepast (afb. 45/46). Met de toepassing van een printplaat is ook de integratie van eenvoudige SMD-componenten in de bus mogelijk, zoals bijv. steuncondensatoren ter verbetering van de EMC-eigenschappen.

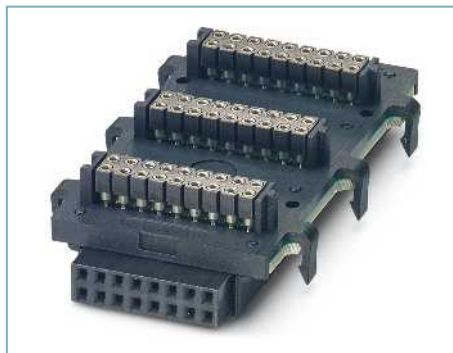
Een nadeel is, dat dit systeem vaak niet kan werken met het klassieke montagevoet/vaste dragerprincipe, maar een tweede voetgrendel nodig heeft waarmee horizontaal kan worden ingestoken en gesoldeerd en waarmee wordt gewaarborgd, dat de gevoelige contacten aan de connectorzijde van de bus niet worden beschadigd.

Aangezien een gebruiker intuïtief zal proberen een module zoals altijd omhoog te draaien, moet deze afwijking van de standaard goed worden gedocumenteerd.

Nog meer ruimte voor elektronica in de bus bieden modulen die voor de grote montagerails NS 105/20 zijn geconfigureerd (afb. 47/48). Hier kunnen naast signaalleidingen ook de spanningstoevoer, een polarisatie, parameter-elementen en elektronische repeaters worden geïntegreerd.



Afb. 45: Doorsnede van een met printplaten opgebouwde montagerailbus



Afb. 46: Meerpolige bus op printplaatbasis



Afb. 47: Meerpolige bus in de NS 105/20-rail



Afb. 48: Meerpolige bus in afzonderlijke delen

5.3 Functietoebehoren

Behuizingen, aansluittechniek, indicaties en bussystemen vormen de basis voor een behuizingssysteem. Aanvullende toebehoren verhogen de inzetbaarheid in diverse applicaties en voor individuele taken zoals de koppeling van een apparaat aan een gearde schakelkast.

Indien er bijv. een tijdelijke aarding (PE, protection earth) noodzakelijk is, moet de koppeling met een vaste, niet-steekbare aansluitklem tot stand worden gebracht. Moet de aansluittechniek compleet steekbaar zijn, dan moet het PE-contact voorijlend bij het aansluiten en naijlend bij het verwijderen zijn geconfigureerd. Bovendien worden aan een PE-contact speciale normatieve aanspraken gesteld (bijv. doorsnede, stootstroomvastheid).

Indien alleen een potentiaalvereffening voor het beveiligen van statische oplading moet worden gerealiseerd of men heeft een aarding (GND) nodig als gezamenlijk referentiepoint voor een data-interface, dan is in de regel een aardingscontact direct in het bereik van de voet van de behuizing met een koppeling naar de montagerail toereikend (afb. 49/50).

Zulke contacten voldoen echter nooit aan de elektrische aanspraken die aan PE-contacten worden gesteld.

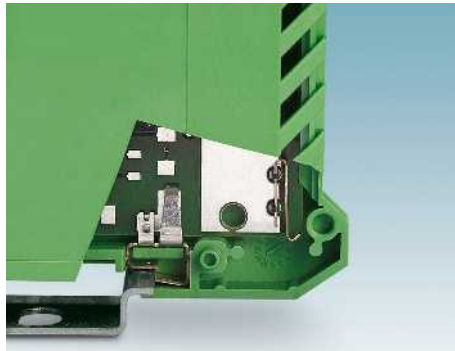
Als de kabelschrans van een signaalleiding aan de elektronica moet worden gekoppeld, worden hiervoor kabelschrans-aansluitklemmen toegepast (afb. 51). Hier wordt een aansluitpunt van de aansluittechniek met de aansluitclip van de schermklem bezet, daarna de gestripte kabelschrans, zoals bij een trekontlasting, in de klem gelegd en met een schroef bevestigd.

Let op: Bij gelijktijdige toepassing van kabelschrans-aansluitklemmen en aardecontacten moet erop worden gelet, dat door deze opbouw geen aardingslussen ontstaan. Dit zou het geval zijn, als de kabelschrans op een tweede plaats in de schakelkast met

de kast zelf of met de montagerails is verbonden. Daardoor zou het stroomcircuit montagerail - aardecontact - printplaat - kabelscherm aansluitklem - scherm - montagerail sluiten en kunnen bijvoorbeeld bij schakelhandelingen – snel stootspanningen in deze kabellus worden geïnduceerd.

Behuizingen met snelsluitingen kunnen ook tijdens het bedrijf eenvoudig worden geopend. Om ervoor te zorgen dat de printplaat niet onbedoeld uit de behuizing kan worden getrokken, hebben trekblokkeringen zich bewezen. Zodra de trekblokkering is ontgrendeld, kan de printplaat compleet uit de behuizing worden getrokken.

Behuizingen met snelsluitingen worden vaak ook toegepast als er instellingen via potentiometers of DIP-switches op de printplaat bij inbedrijfstelling of bij onderhoudswerkzaamheden moeten worden verricht. Ook hier voorkomt de trekblokkering voor printplaten onbedoeld, volledig eruit trekken van de printplaat.



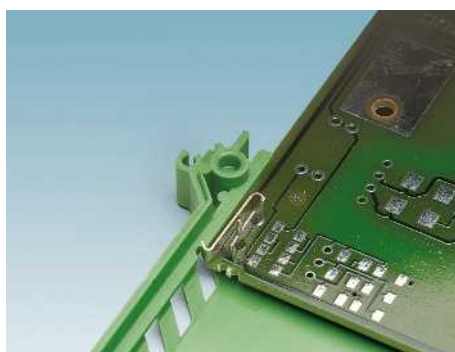
Afb. 49: FE-contacten voor ME-behuizing



Afb. 50: FE-contacten voor UM-profielen



Afb. 51: Schermklem op een ME-behuizing



Afb. 52: Trekblokkering voor printplaten



6 Warmteafgifte

Een elementaire uitdaging rondom de werking van elektronica-behuizingen is de warmteafgifte, omdat de elektrische en als gevolg daarvan de mechanische componenten binnenin opwarmen. De kritieke temperatuur voor afzonderlijke componenten wordt niet zo vaak overschreden. Maar als componenten dan toch op hun prestatiebeperking stuiten, moet de temperatuur worden verlaagd door een toereikende warmtetransport omdat anders het apparaat kan worden beschadigd.

6.1 Warmtetransport

Er wordt onderscheid gemaakt in drie soorten warmtetransport uit behuizingen in de omgeving:

6.1.1 Warmtestraling (radiatie)

Koellichamen geven warmte door straling aan hun omgeving af. Omdat kunststof als typische grondstof voor elektronica-behuizingen eerder isoleert i.p.v. warmte te geleiden, vindt dit effect nauwelijks plaats. Hierbij komt nog dat, apparaten die op montagerails worden gemonteerd vaak dicht naast elkaar zijn geplaatst. Dit beperkt aanzienlijk de warmteafgifte via de zijwanden. Het is tevens mogelijk dat naburige apparaten extra warmte aanvoeren. Een betere warmteafgifte wordt met afstandhouders tussen de apparaten bereikt. Hier is echter meer ruimte voor nodig en moet vroegtijdig bij de planning van de schakelkast in acht worden genomen.

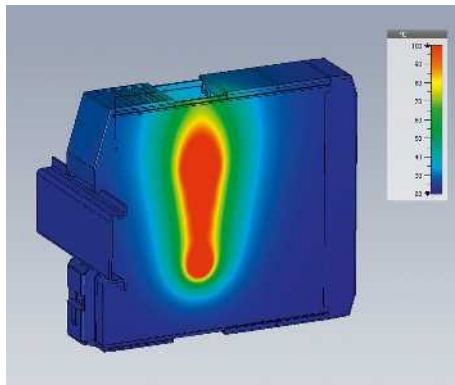
6.1.2 Convectorie

Wanneer behuizingen aan hun smalle zijden over ventilatiesleuven beschikken, ontstaat bij horizontale inbouw een luchtcirculatie: warme lucht stijgt naar boven en ontsnapt via de bovenste ventilatiesleuven. Via de onderste ventilatiesleuven wordt koudere lucht aangevoerd die dan door de hete componenten wordt verwarmd en weer naar boven ontsnapt. De natuurlijke convectorie die hieruit ontstaat, komt pas tot stilstand als omgeving en apparaat hetzelfde temperatuurniveau bereikt hebben. Normaal gesproken wordt dit punt niet bereikt omdat de schakelkast om het apparaat heen zelf warmte opneemt en die aan de omgeving afgeeft. Om te voorkomen dat grotere, vaste deeltjes binnendringen, zijn de ventilatiesleuven van de elektronica-behuizing in navolging van de beschermklasse IP 3x van de DIN EN 60529 geconfigureerd op een maximale breedte van 2,5 mm.

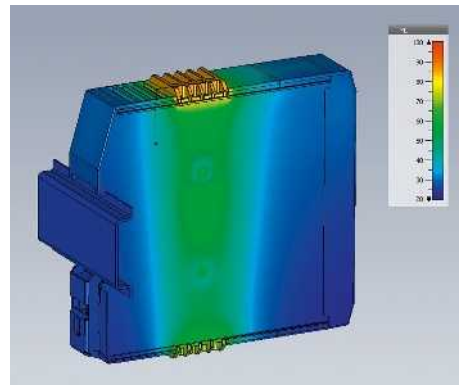


6.1.3 Warmtegeleiding (conductie)

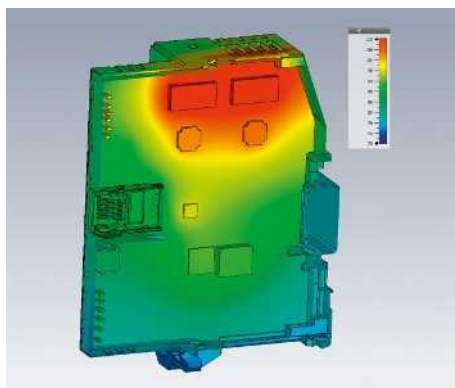
Hier wordt de warmte in een stof door zijn molecuulbewegingen getransporteerd. Bij elektronische apparaten zijn het vaak de aangesloten koperen aders die erg veel warmte van binnenuit naar buiten afgeven. Dit gebeurt natuurlijk alleen als de geleidende koperen aders kouder zijn dan het apparaat zelf. Het is daarom aan te bevelen de temperatuur bij aangesloten aders met nominale doorsnede en onder normale belasting in typische inbouw situaties te meten. Dit geldt ook voor naburige apparaten of kabelgoten die de warmtetransport verhinderen. Warmtebeeldcamera's geven een overzicht van de temperatuurverhoudingen en hittebronnen, zogenaamde hot spots, in een behuizing.



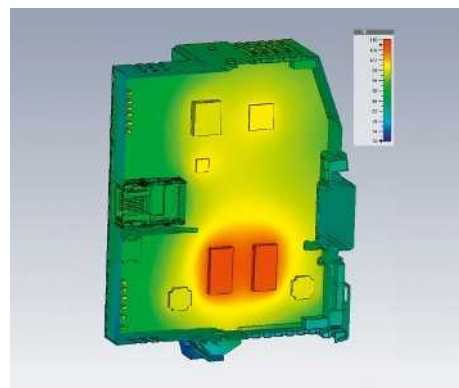
Afb. 53: Warmteverdeling zonder koellichaam



Afb. 55: Warmteverdeling met koellichaam



Afb. 54: Ongunstige plaatsing van componenten



Afb. 56: Gunstigere plaatsing van componenten

6.2 Thermische simulatie van elektronische apparaten

In de technische gegevens van de elektronica-behuizingen worden in de regel waarden voor de temperatuurafhankelijkheid aangegeven. Meestal wordt de waarde voor het vermogensverlies aangegeven, dus het vermogen, dat een behuizing in de gekozen uitvoering kan afgeven. Hierbij spelen punten zoals de afmeting van de behuizing, het materiaal, de inbouwpositie en de ventilatiesleuven een rol. Om te controleren of de aan te brengen elektronica deze grenzen niet overschrijdt, heeft zich de thermische simulatie bewezen. Hierbij wordt met behulp van de printplaat-lay-out een warmtekaart gemaakt, waarmee de actieve warmte opwekkende

componenten en de passieve warmtegevoelige componenten worden opgenomen. Een software simuleert vervolgens de warmteontwikkeling in de behuizing die uitwerking heeft op naburige componenten, de warmtegeleiding en de warmtestraling uit de behuizing in de omgeving. Als er ventilatiesleuven beschikbaar zijn en er kan aan de hand van de inbouwpositie een convectie plaatsvinden, wordt deze ook meegerekend. Met deze informatie is snel duidelijk in hoeverre een behuizing voor de gewenste toepassing geschikt is. Bovendien kan met deze analyse de plaatsing van componenten worden geoptimaliseerd. Verhindert bijv. een bijzonder hoog component de convectie

en moet worden vervangen?

De simulatie zelf wordt in meerdere stappen uitgevoerd. In de eerste stap detecteert een soort grove simulatie of een apparaat überhaupt binnen het thermische grensbereik komt. Is dit het geval, wordt in een nauwkeurige analyse het thermische gedrag gedetailleerd gesimuleerd. In twijfelgevallen is het natuurlijk altijd aanbevolen om het resultaat in een test te verifiëren.

7 Kunststof als materiaal voor elektronica-behuizingen

Kunststoffen zijn technische grondstoffen die uit macromoleculen met organische groepen bestaan en door chemische conversie worden gewonnen. Deze worden volledig synthetisch geproduceerd door polymerisatie, de verbinding van kleinere moleculen (monomeren) tot macromoleculen (polymeren).

7.1 Technische kunststoffen

De stabiliteit van kunststoffen wordt door deze macromoleculaire structuur gevormd. Deze onderscheiden zich door de

- soort en positie van atomen in hun opbouw
- de vorming van macromoleculen
- de grootte van de macromoleculen en
- de rangschikking van de macromoleculen onder elkaar.

De kenmerken voor de afzonderlijke kunststoffen zijn in DIN 7728 vastgelegd.

Voor elektromechanische elementen worden vaak thermoplasten toegepast. Deze bij normale temperatuur zeer harde kunststoffen kunnen steeds weer in een plastisch vervormbare toestand worden verwarmd, waarbij ze echter iets inkrimpen. Thermoplasten zijn smeltbaar, oplosbaar, kunnen worden gelast en vervormd. Deze onderscheiden zich door een geringe dichtheid, door een relatief hoge chemische bestendigheid ten opzicht van anorganische media, door een hoog elektrisch isolatievermogen en door een divers mechanisch gedrag. Nadelen gezien vanuit de elektromechanica zijn minder stabiele temperaturen en

vervorming.

Meer dan 90% van de op de markt beschikbare elektronica-behuizingen worden nu op grond van de genoemde eigenschappen uit kunststof geproduceerd. Het voordeel is dat ze eenvoudig gevormd kunnen worden, vooral bij massaproductie in combinatie met de zeer goede isolatie-eigenschappen en het lichte gewicht.

Niet alle thermoplasten hebben exact dezelfde eigenschappen. Er zijn verschillen qua maatvastheid en gebruik in bepaalde temperatuurbereiken. Door glasvezels toe te voegen, kan de hardheid en stijfheid t.o.v. het basismateriaal verbeterd worden.

7.1.1 Vaak toegepaste thermoplasten

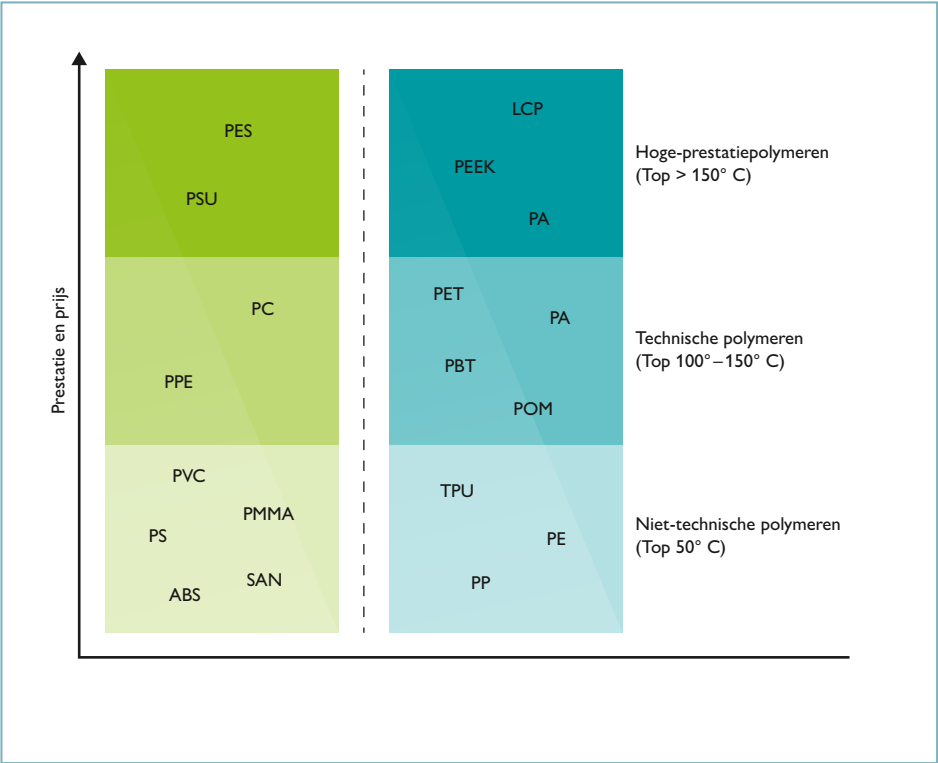
- Polyamide PA behoudt ook bij hoge bedrijfstemperaturen zijn uitstekende voor elektronica-behuizingen geschikte elektrische, mechanische en chemische eigenschappen. Door stabilisering van de veroudering door warmte

zijn tijdelijk hoge temperaturen tot ongeveer 200 °C toegestaan. Door de opname van water wordt de kunststof elastisch en breukvast.

- Polyamide (PA-GF) is door glasvezels versterkte polyamide ter verhoging van de stijfheid en hardheid.
- Polycarbonaat (PC) combineert een groot aantal gunstige eigenschappen zoals stijfheid, slagvastheid, transparantie, maatvastheid en warmtebestendigheid. Het amorfe materiaal neemt slechts in zeer geringe mate vocht op en wordt gebruikt voor grote vormstabiele elektronica-behuizingen. In de transparante vorm wordt het als afdekking of benamingsmateriaal toegepast.
- Polyvinylchloride (PVC) wordt in poedervorm in de extruder verwerkt. Het wordt in de profielproductie gebruikt, terwijl andere thermoplastische kunststoffen overwegend met de spuitgietmethode uit gebruiksklare gietmassa worden verwerkt.

- Acrylnitril-butadien-styreen (ABS) wordt voor producten toegepast, die naast een hoge mechanische bestendigheid en stijfheid ook over eigenschappen als goede slag- en kerfvastheid dienen te beschikken. De producten kenmerken zich door een bijzondere oppervlaktekwaliteit en hardheid. ABS is geschikt voor het aanbrengen van metalen lagen, bijv. nikkel.

Naast de technische eigenschappen, die in tabel 6 in vergelijking met andere beter bekende materialen worden weergegeven, speelt natuurlijk ook de prijs van de kunststoffen een rol. Hier dient vooral het bereik van de hoge-prestatiepolymeren te worden genoemd met bedrijfstemperaturen van meer dan 150 °C. Deze kunststoffen worden voor aansluittechniek gebruikt die in het reflow-proces wordt toegepast.



Afb. 57: Rangschikking van diverse thermoplasten naar prestatie en prijs

Materiaal	Warmte/ volume	Drukvastheid (N/mm²)	Belastingsvariatie (100 N/mm²)	Thermische diffusiecoëfficiënt (kJ)	Trekvastheid (N/mm²)
Water	100 %			2,1	
Ijzer	85 %				400 ... 300
Thermoplasten	50 ... 33 %	140 ... 80	80 ... 3,3	1,47 ... 0,37	70 ... 2
Duroplasten	48 ... 40 %		3,1 ... 1,2		80 ... 40
Glas	40 ... 33 %	2000 ... 800	0,15	2,94	100 ... 50
Hout	32 ... 21 %	60 ... 20	1,5 ... 0,7		85 ... 60
Schuimstof	0,3 ... 0,1 %			0,21 ... 0,03	
Gietijzer		600 ... 480			
Staal		420 ... 350	0,05	210	1000 ... 400
Steen			0,7 ... 0,1		
Koper				1344	

Tabel 6: Technische eigenschappen van verschillende materialen in vergelijking met thermoplasten

7.2 Materiaaltests

Eigenschap	Norm	PA GF	PC	ABS	PVC
					
		ME/ME MAX polyamide A 6	BC polycarbonaat PC	EH acrylnitril- butadiëen-styreen ABS	UM basic polyvinylchloride PVC, UM PRO polyamide PA
RTI ¹⁾ elek.	UL 746B	$\geq 105^{\circ} \text{ C}$	$\geq 105^{\circ} \text{ C}$	$\geq 80^{\circ} \text{ C}$	$\geq 50^{\circ} \text{ C}$
Minimale gebruikstemperatuur (zonder mech. belasting)		-40° C	-40° C	-40° C	-15° C
Spanningsvastheid	IEC 60243-1	400 kV/cm	$>300 \text{ kV/cm}$	850 kV/cm	
	DIN VDE 0303-1				
Kruipstroomvastheid CTI ²⁾	ICE 60112	400 V	175 V	600 V	600 V
	DIN VDE 0303-1				
Kruipstroomvastheid CTI...M ³⁾	IEC 60112	250 V	175 V	600 V	
	DIN VDE 0303-1				
Brandbaarheidsklasse	UL 94	V0/V2	V0/HB	V0/V2	V0

Tabel 7: Gebruiksrelevante technische gegevens van kunststoffen

De selectiecriteria voor kunststoffen in elektrotechnische toepassingen zijn zeer verschillend. Voor elektronica-behuizingen zijn dit vooral maatvastheid, temperatuurafhankelijkheid en het voldoen aan voorschriften voor de brandveiligheid. Door overeenkomstige tests van grondstoffen moet reeds in de ontwikkelingsfase een voorselectie plaatsvinden. Hier gaat het in de eerste plaats om het bedrijfstemperatuurbereik en de brandbaarheid bij verschillende materiaaldiktes.

Het temperatuurbereik wordt door de latere toepassing bepaald. Voor een behuizing in een schakelkast gelden andere voorwaarden dan voor een behuizing in het veld. Hier komt nog de door de apparatenelektronica

zelf ontwikkelde warmte bij. Welke temperaturen moet de behuizing kunnen weerstaan? In de laatste plaats komen er nog aanspraken uit de apparatennormen en toelatingen bij.

De maatvastheid van kunststof is eerder van belang bij de productie van de behuizing. Kan de geometrische vorm met de uit de ontwikkeling geconfigureerde wanddiktes in een spuitgietmatrijs maatvast worden geproduceerd of deformeert of krimpt hij? Polyamide is bij hogere temperatuur ook bij dunne wanddiktes bruikbaar, maar is niet star. Polycarbonaat is daarentegen veel stijver, maar bereikt niet de hoge bedrijfstemperaturen zoals polyamide. Hier komt nog de brandbaarheid bij, die niet alleen qua materiaal verschillend

is, maar ook zeer sterk afhangt van de materiaaldikte. De materiaaldikte heeft ook weer een zeer sterke invloed op de stijfheid.

Door materiaaltests en de hieruit gemeten kenwaarden kunnen kunststoffen zeker geschikt worden geacht voor toepassing in elektronica-behuizingen. Indien de materiaalkeuze met het oog op de temperatuur en de brandbaarheid is gemaakt, kunnen de Moldflow-analyse, het gedrag bij persgieten en de stijfheid worden bekeken of onderzocht.

7.2.1 Relatieve temperatuurindex RTI (Relative Thermal Index)

De relatieve temperatuurindex (RTI) volgens UL 746B is een maateenheid voor de thermische verouderingsbestendigheid van een kunststof bij hoge temperatuur.

De RTI wordt gedefinieerd als de temperatuur, waarmee het voor een grondstof (Candidate B) bij opslag aan de lucht net zo lang duurt als bij een vergelijkbare andere grondstof (Control A) waarvan de reeds bekende RTI-temperatuur tot een specifieke eigenschap tot 50% van zijn oorspronkelijke waarde is gezakt.

Het levert de RTI-waarde voor verschillende materiaaldiktes en kenmerkend voor de volgende parameters:

- spanningsvastheid (RTI Elec)
- trekvastheid (RTI Str.)
- slagvastheid (RTI Imp.)

Isolatiemateriaalgroep	U_{prof}/V	CTI uitvalcriteria
I	$600 \leq CTI$	lekstroom I_r van $\geq 0,5 A$ voor $\geq 2 \text{ sec}$ vlamvorming van $\geq 2 \text{ sec}$
II	$400 \leq CTI < 600$	
III a	$175 \leq CTI < 400$	
III b	$100 \leq CTI < 175$	

Tabel 8: Isolatiemateriaalgroepen volgens DIN EN 60664-1

7.2.2 Kruipstroomvastheid CTI (Comparative Tracking Index)

De kruipstroomvastheid kenmerkt de isolatieweerstand van de oppervlakken (kruipweg) van isolatiemateriaal, vooral bij vocht en verontreinigingen. Deze definieert de maximale kruipstroom, die onder genormeerde testvoorwaarden (voorgegeven spanning, radioductmateriaal) in een gedefinieerde testconfiguratie (elektrodenafstand, elektrodevorm) mag voorkomen.

Een hoge kruipstroomvastheid betekent, dat meetbare stroom op het oppervlak van het testlichaam pas bij het creëren van een hoge spanning (CTI) ontstaat. De CTI-waarde is alleen genormeerd voor spanningen tot 600 V.

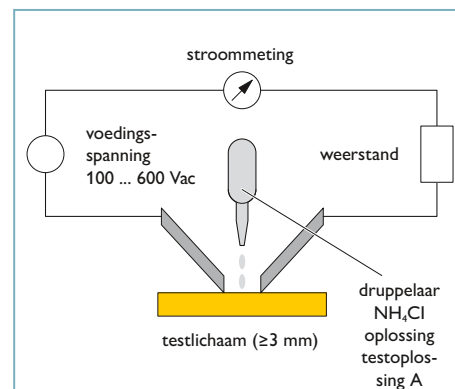
In de EN 50124 wordt een verbinding tussen isolatiemateriaalgroep en CTI-waarde gelegd.

De vorming van de kruipweg kan door verontreiniging van het oppervlak worden veroorzaakt. De CTI-test volgens de standaard IEC/DIN EN 60112 probeert dit door een belasting met een geleidende testoplossing te simuleren.

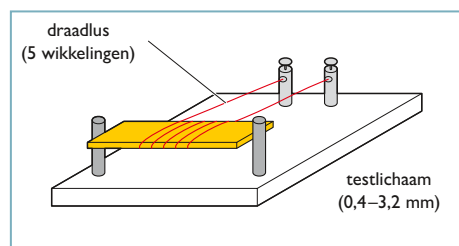
Om de kruipwegen volgens DIN EN 60664 te bepalen, heeft men de CTI-waarde nodig. Deze norm bevat de bepalingen m.b.t. de isolatiecoördinatie voor bedrijfsmiddelen in laagspanningsinstallaties voor toepassing tot een hoogte van 2000 m boven de zeespiegel.

Bij het ontwerp van kruipwegen worden de aanwezige spanningen, de eigenschappen van de isolatiematerialen (CTI) en de te verwachten vervuilingsgraad meegenomen. Bij

het bepalen van de kruipwegen door drie niveaus wordt de invloed van de vervuiling in acht genomen. Het uitgangspunt voor het bepalen van de kruipwegen is echter de uit de bedrijfsspanning resp. nominale netspanning afgeleide nominale spanning. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gedrukte schakelingen en andere toepassingen. Naast de kruipwegen worden tevens de luchtwegen voor de isolatiecoördinatie erbij gehaald, waarbij de CTI-waarde niet van toepassing is.



Afb. 58: Kruipstroomvastheidstest



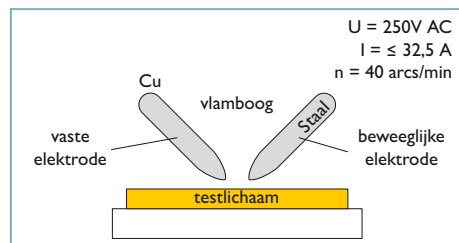
Afb. 59: Hot Wire Ignition-test

7.2.3 Gloeidraadontvlambaarheid (Hot Wire Ignition Test HWI)

Bij de Hot Wire Ignition-test (hete-draadontsteking) volgens ASTM D 3874 wordt een horizontaal staafachtig testlichaam met een elektrisch verwarmde weerstandsdraad omwikkeld. Dit simuleert een ontstekingsbron die ontstaat door oververhitting van draden, bijvoorbeeld een spoel. Als beoordelingscriterium voor de indeling in de ontvlambaarheidscategorie PLC 0 tot 5 volgens UL 746 A deel 31, dient de tijdsduur, nadat een monster is ontstoken (0 tot 120 sec.) PLC = performance level categories.

7.2.4 High Current Arc Ignition Test HAI

In de High Current Arc Ignition-test volgens UL 746 A deel 32 wordt een testlichaam tussen twee elektroden regelmatig aan vlambogen blootgesteld. De HAI-waarde bepaald het aantal vlambogen tot het testlichaam wordt ontstoken in de klassen PLC 0 tot 4.

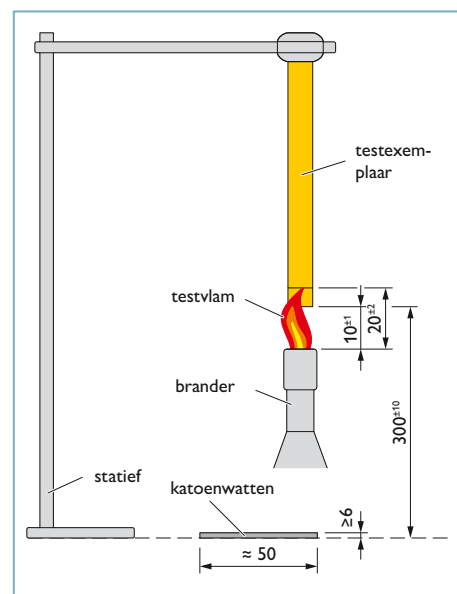


Afb. 60: High Current Arc Ignition-test

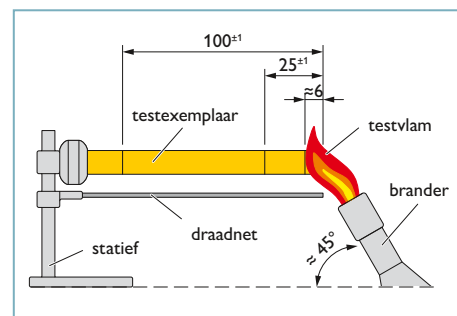
7.2.5 Brandbaarheidsclassificatie volgens UL 94

De voorschrift UL 94 is van groot belang. Deze werd identiek in de DIN IEC 60695-11-10 en -20 en in de Canadese CSA C 22.2 overgenomen. Als ontstekingsbron dienen proefvlammen met een vermogen van 50 of 500 Watt, die twee keer kort op het testlichaam gericht zijn. Daarbij wordt de verbrandingstijd en het afvallen van brandende delen met behulp van een dot watten beoordeeld, die zich onder het testlichaam bevindt. De classificatie voor de geteste testlichaamsdikte vindt plaats in de niveaus 5V, V-0, V-1, V-2 (verticale test) en HB (horizontale test). Bij ingekleurde basismaterialen dient de toelating in combinatie met de kleurenbatch te worden uitgevoerd.

Dit wordt, zoals ook de andere genoemde tests, gedocumenteerd op een zogenaamde UL Yellow Card, onder een materiaalspecifiek E-nummer.



Afb. 61: Verticale test volgens DIN IEC 60695



Afb. 62: Horizontale test volgens DIN IEC 60695

Horizontale testsituatie UL 94 HB vlam 50 W

Dikte testlichaam	Verbrandingssnelheid	Klasse	
Willekeurig, vlam gaat uit voor 100 mm	-	HB	
3 ... 13 mm	≤ 40 mm/min	HB	
< 3 mm	≤ 75 mm/min	HB	

Verticale testsituatie UL 94 vlam 50 W

Dikte testlichaam	V 0	V 1	V 2
Naverbrandingstijd na elke blootstelling aan de vlam	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
Totale brandduur per set (10 blootstellingen)	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
Naverbrandingstijd/nagloeien na de 2de blootstelling	≤ 30 s	≤ 60 s	≤ 60 s
Afbrand tot aan de bevestigingsklem	nee	nee	nee
Ontsteking van de watten	nee	nee	ja

Tabel 9: Testcriteria volgens UL 94 resp. DIN IEC 60695-11-10

7.3 Materiaalcertificering

Om kunststoffen in elektrotechnische toepassingen te kunnen gebruiken, moeten ze eerst de hierboven genoemde tests ondergaan. Hier worden de kunststoffen getest, niet de daarmee geproduceerde behuizingen. Daarom is er in de tests sprake van testlichamen en niet van afzonderlijke artikelen. Vooral de voorschriften van de UL 94 (Underwriters Laboratories) zijn van toepassing. Deze werden in de DIN IEC 60695-11-10 en -20 en in de Canadese CSA C 22.2 overgenomen. De resultaten van deze materiaaltest worden per materiaal en producent op een Yellow Card bijgehouden. Hier kan worden nagelezen welk gedrag een kunststof bij een aangegeven materiaaldikte toont. Bovendien vindt u hier ook de informatie voor welke kleuren deze waarden gelden. Een Yellow Card kan dus betrekking hebben op alle kleuren van een materiaal of alleen op de hierin genoemde kleuren. Dit sluit niet uit, dat verdere kleuren niet ook voor deze test slagen. Het kan zijn, dat vanwege de kosten slechts een deel van de kleuren werden getest. In tabel 10 wordt een typisch voorbeeld van de karakteristieke waarden op een Yellow Card weergegeven.

Kleur	Minimale materiaaldikte (mm)	Brandklasse	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

Tabel 10: Typisch voorbeeld van karakteristieke materiaalwaarden voor UL-gecertificeerde kunststoffen

8 Tests van elektronicabehuizingen

Zodra de ontwikkeling van de elektronicabehuizing is afgesloten en de eerste artikelen van de voorserie zijn geproduceerd, moeten de gewenste eigenschappen in het laboratorium worden getest. Hiervoor gelden een aantal normen, die voor deze tests in aanmerking komen. Naast de materiaaltests en de tests van de mechanische eigenschappen, waarnaar tijdens de ontwikkeling werd gestreefd, moet nu nog het gedrag onder bepaalde gebruiksvoorwaarden worden getest.

8.1 Thermische en mechanische tests

8.1.1 Test voor de beoordeling van brandgevaar

Met de gloeidraadtest volgens DIN EN 60695-2.10:2014-04 resp. VDE 0471-2.10:2014-04 wordt het gedrag van een elektronicabehuizing bij inwerking van een externe ontstekingsbron onderzocht. De behuizing moet binnen een bepaalde tijd vanzelf uitdoven. Er mag geen gevaar van vallende, brandende druppels uitgaan.

Behuizingen van polyamide worden bij een temperatuur van 850 °C met een inwerktijd van 30 s getest. Hierbij worden de tijden gemeten waarin het testexemplaar gaat branden en totdat de vlam is gedoofd na het verwijderen van de ontstekingsbron en het aantal vallende druppels. De test is geslaagd, wanneer binnen 30 s de ondergrond (zijdepapier) niet is ontvlamt.

8.1.2 Mechanische bestendigheid (valtrommeltest)

Met de valtrommeltest volgens DIN EN 60998-1 resp. VDE 0613-1:2005-03 wordt de stabiliteit van de gemonteerde behuizing gecontroleerd. De test richt zich in de eerste plaats op de vergrendelingen en schroefverbindingen. In de roterende trommel vallen de behuizingen vijftig keer van een hoogte van 50 cm. De rotatiesnelheid bedraagt 5 omw/min, wat overeenkomt met 10 valbewegingen per minuut.

Indien vergrendelingen na 50 valbewegingen niet los zijn geraakt en er geen delen van de behuizing zijn afgebroken of afgesprongen, is de test geslaagd.



Afb. 63: Gloeidraadtest



Afb. 64: Valtrommeltest



Afb. 65: Test op mechanische dichtheid

8.1.3 Test op mechanische dichtheid

Om een uitspraak te kunnen doen over de mechanische dichtheid tegen binnendringen van vaste deeltjes en vloeistoffen, houdt men zich bij tests van behuizingen aan de productnorm voor connectoren DIN EN 61984 (VDE 0627):2002-09 en controleert en beoordeelt deze volgens de DIN EN 60529.

Omdat behuizingen voor montagerails zich in de regel in een schakelkast of een machine bevinden, is de test voor deze behuizingen beperkt geldig. Bij deze behuizingen gaat men er niet van uit, dat ze in een stoffige of vochtige omgeving worden gebruikt.

Voor veldbehuizingen die buiten de schakelkast worden toegepast, wordt deze test in volledige omvang uitgevoerd. De behuizingen worden besproeid, aan waterstralen blootgesteld en zelfs compleet ondergedompeld.

1e cijfer		Beschrijving	
ISO 20653	DIN EN 60529		
		bescherming tegen vaste voorwerpen	bescherming tegen aanraking
0	0	geen bescherming	geen bescherming
1	1	bescherming tegen vaste voorwerpen met diameter ≥ 50 mm	handrug aanrakingsveilig
2	2	bescherming tegen vaste voorwerpen met diameter $\geq 12,5$ mm	vingeraanrakingsveilig
3	3	bescherming tegen vaste voorwerpen met diameter $\geq 2,5$ mm	beschermd tegen toegang met °een gereedschap
4	4	bescherming tegen vaste voorwerpen met diameter $\geq 1,0$ mm	beschermd tegen toegang met °draad
5K	5	bescherming tegen stof	volledig beschermd tegen aanraking
6K	6	stofdicht	volledig beschermd tegen aanraking

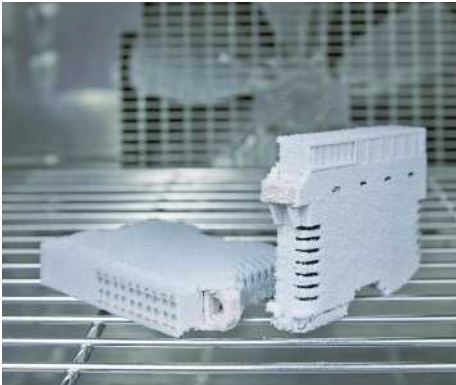
Tabel 11: Eerste cijfer van de IP-code

2e cijfer		Beschrijving	
ISO 20653	DIN EN 60529		
0	0	geen bescherming	
1	1	beschermd tegen spatwater	
2	2	beschermd tegen spatwater bij een schuinde van 15°	
3	3	beschermd tegen nevelwater tot 60° t.o.v. de verticale as	
4	4	bescherming tegen spatwater uit alle richtingen	
4K		beschermd tegen spatwater onder verhoogde druk	
5	5	bescherming tegen waterstralen uit alle hoeken	
6	6	beschermd tegen krachtige waterstralen	
6K		beschermd tegen krachtige waterstralen onder verhoogde druk, specifiek °voor °wegvoertuigen	
7	7	beschermd tegen tijdelijke onderdompeling	
8	8	beschermd tegen voortdurende onderdompeling	
	9	beschermd tegen water bij hogedrukreiniging / reiniging met stoomstralen, specifiek °in de landbouw	
9K		beschermd tegen water bij hogedrukreiniging / reiniging met stoomstralen, specifiek °voor wegvoertuigen	

Tabel 12: Tweede cijfer van de IP-code



Afb. 66: Stoftest



Afb. 67: Levensduurtest



Afb. 68: Draaimomenttest

8.1.4 Stoftest volgens DIN EN 60529

De stoftest is een van de tests voor het bepalen van het eerste kengetal van de IP-code volgens DIN EN 60529. Hiervoor wordt binnen de behuizing die moet worden getest een vacuüm geproduceerd. Deze wordt vervolgens in een gesloten kamer gebracht waarin zich talkpoeder bevindt. De temperatuur in de kamer moet tussen 15 °C en 35 °C liggen bij een relatieve luchtvochtigheid van 25% tot 75% en een luchtdruk van 860 ... 1060 mbar. Het vacuüm in de behuizing ligt bij 20 mbar. De hoeveelheid poeder bij 2 kg/m3. Door het vacuüm wordt bij een lek talkpoeder in de behuizing gezogen. De test is geslaagd als er na een inwerktijd van 8 uur geen zichtbare stofafzettingen in de behuizing te vinden zijn. Deze wordt alleen bij behuizingen toegepast die voor veldtoepassingen, dus niet in de schakelkast, zijn bedoeld.

8.1.5 Levensduurtest volgens DIN EN 0620-1:2010-02

Lang aanhoudende thermische inwerking en afkoeling leidt altijd tot veroudering van het kunststof die een verandering in de mechanische en elektrische eigenschappen met zich meebrengt. Voor de simulatie van een complete levenscyclus van een elektronicabehuizing worden deze in het laboratorium aan zware temperatuur- en vochtomstandigheden blootgesteld. Kou en vochtige en droge warmte mogen de functionaliteit niet nadelig beïnvloeden. Terwijl de testexemplaren de tests doorlopen, wordt de levenscyclus met betrekking tot temperatuurwisselingen in versneld tempo nagebootst.

Volgens DIN EN 0620-1:2010-02 wordt een temperatuur van 70 °C +- 2 °C gedurende 168°uur vereist. Daarna een opslag van minimaal 96 uur bij een relatieve luchtvochtigheid van 45 ... 55%.

De test is geslaagd als het testexemplaar geen uitwendige beschadigingen vertoont en het functioneel is gebleven.

8.1.6 Tests van de aansluittechniek volgens IEC 60947-7 en IEC 60999

De aansluittechniek bij een behuizingssysteem wordt zoals bij alle andere klemverbindingen ook, volgens de relevante normen getest. Bij de draaimomenttest (IEC 60947) worden schroeven met het voor hen vastgelegde koppel meerdere keren aangehaald en weer losgedraaid. Het aansluitpunt moet deze test zonder herkenbare beschadiging doorstaan.

Op aansluitpunten worden tevens aderuittrektests volgens IEC 60947-7-1/2 en IEC 60999 uitgevoerd. Hierbij moet het aansluitpunt 60 s lang de aan de aansluitdoorsnede toegewezen trekkracht trotseren (tab. 13). Voor een strengere test kan vooraf een buigtest plaatsvinden waarbij de ader met een gewicht eraan met behulp van een roterende schijf 135 keer om zijn eigen as wordt bewogen. De ader en het aansluitpunt mogen daarna niet beschadigd zijn.

Doorsnede mm²	0,2		0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
Trekkracht N	10		20	30	35	40	50	60	80	90	100	135	190

Tabel 13: Verhouding tussen trekkracht en doorsnede

8.2 Trillingen en schokken volgens DIN EN 60068-2-6 en 60068-2-27

8.2.1 Trillingen

Voor een praktijkgerichte simulatie van de trillingsbelasting worden elektronicabeuizingen in alle drie richtingen blootgesteld aan ruisvormige trillingen met een grote bandbreedte. Hiervoor wordt de in de IEC 60068-2-6 beschreven trillingstest toegepast. Daarbij worden harmonische, sinusvormige trillingen op het testexemplaar overgedragen om roterende, pulserende of oscillerende krachten te simuleren. De test wordt uitgevoerd aan alle drie de assen (X, Y, Z). De test doorloopt een frequentiebereik van 10 Hz tot 150 Hz. De acceleratie bedraagt 5g bij een amplitude van 0,35 mm. De test is geslaagd, als er geen zichtbare beschadigingen aan de behuizing zijn opgetreden en er geen interne verbindingen of vergrendelingen in de behuizing zijn losgeraakt.

8.2.2 Schokken

Om de bestendigheid van een elektronicabeuizing te testen met onregelmatig optredende schokken met verschillende intensiteit, wordt deze test toegepast. Om de schokken te definiëren zijn de versnelling en de duur hiervan voorgeschreven. Volgens IEC 60068-2-27 dienen alle drie de assen elk driemaal (X, Y, Z) aan positieve en negatieve schokken te worden blootgesteld. Gesimuleerde versnellingen bereiken 50 m/s² bij een schokduur van 30 ms. Aan de behuizingen mogen hierbij geen beschadigingen optreden. Hier wordt speciale aandacht aan het bereik van de voetgrendel besteed. Bovendien mogen er ook geen afzonderlijke delen of vergendelingen van de behuizing losraken.



Afb. 69: Trillingstest

Frequentie	10 – 150 – 10 Hz
Snelheid	1 octaaf/ min
Amplitude	0,35 mm
Acceleratie	5g
Testduur	2,5 uur per as
Testrichting	X, Y en Z-as

Tabel 14: Testvoorwaarden trillingen

Uw partner op locatie

Phoenix Contact is een wereldwijde marktleider met het hoofdkantoor in Duitsland. De ondernemingsgroep staat voor toekomstgerichte producten en oplossingen op het gebied van elektrificatie, netwerkkoppeling en automatisering binnen alle bedrijfstakken en de infrastructuur. Dankzij een wereldwijd netwerk is er altijd iemand bij de klant in de buurt.

Uw lokale partner treft u aan op
phoenixcontact.com

