

## Inhoudsopgave.

1.	Inleiding.	2
2.	Wanneer van toepassing.	2
3.	Gezamenlijke rail. (Common Rail)	2
4.	Bepalen welke spoorstaaf A, B, rood of blauw is.	3
5.	Aansluiting in een kort blok.	3
6.	Welke draad moet ik gebruiken voor de aansluiting naar de rails.	3
7.	Experiment met verschillende aansluitdraden.	4
7.1.	Opzet van het experiment.	4
8.	De Booster.	5
8.1.	Andere schalen.	5
9.	Welke draad dikte gebruiken voor de hoofdleiding.	6
10.	Afstand tussen de railaansluitingen.	7
11.	Elektrische verbindingen en solderen van raillassen.	7
12.	Maximale lengte van de hoofdleiding.	8
12.1.	Indifferentie.	9
12.2.	Vervormt digitaal signaal.	10
13.	Testen op correcte bedrading.	10
14.	Booster bedrading	12
15.	Tegen Polen.	13
16.	Verskillende fabricaten van boosters.	14
17.	Spoor en draad weerstand	16
17.1.	Het Skin effect.	16
17.2.	De meet resultaten.	16

# Bedrading voor digitale systemen.

## 1. Inleiding.

Ons bereiken veel vragen over hoe de bekabeling bij digitale systemen het beste uitgevoerd kan worden en hoe bepaalde storingen kunnen worden voorkomen.

Een vraag die niet eenvoudig is te beantwoorden omdat de omstandigheden nooit hetzelfde zijn. Er kunnen vele factoren zijn die tot uiteenlopende problemen kunnen lijden.

Dit document is dan ook bedoeld om de modelspoorders op weg te helpen en om de problematiek die kan optreden door verkeerde of slechte bekabeling te herkennen en op te lossen. Over dit onderwerp wordt regelmatig gesproken in diverse fora en leidt maar al te vaak tot verwarring. Je zult hier zaken tegen komen waar zelden of nooit over gesproken wordt, maar van wezenlijk belang kunnen zijn voor het goed functioneren van de modelbaan.

Bij een verkeerde benadering of het niet goed begrijpen waar het fout gaat of kan gaan, kan dit voor ware hoofdbrekers zorgen.

De praktijkervaring en achtergrond kennis hebben dit document opgeleverd.

Veel van de besproken delen zijn ook van toepassing op de "ouderwetse" analoge banen.

Niet alle besproken delen zullen voor iedereen interessant zijn of simpel zijn te begrijpen.

Lees het gewoon door en doe er je voordeel mee.

Het document geeft richtlijnen aan om de bekabeling op een juiste manier uit te voeren en dient gebruik te worden als leidraad.

## 2. Wanneer van toepassing.

Er zijn uiteenlopende digitale systemen te koop en elk systeem heeft zijn eigen specifieke toepassing en/of kenmerken.

In het document "*Bus bekabelingen*" wordt al het een het ander uitgelegd over het bekabelingssysteem dat betrekking heeft op LocoNet en XpressNet.

Dit document gaat in hoofdzaak over de manier waarop de bekabeling het beste aangelegd kan worden die het vermogen moet transporteren van booster naar de rails.

Er wordt alleen gesproken over DCC systemen, maar geldt evenzeer voor andere systemen zoals Motorola, Selectrix etc.

Het juist uitvoeren van bekabeling kan veel problemen voorkomen.

Vooraf bij grote en mobiele banen kunnen bekabelingsproblemen ware hoofdbrekers zijn. Vreemde verschijnselen zoals het niet detecteren van kortsluitingen, ander rijgedrag in een bepaald gedeelte van de baan, het "op hol" slaan van het rollend materieel of het spontaan defect gaan van locdecoders kunnen vaak voorkomen worden, indien de bekabeling met zorg en doordacht wordt aangebracht.

Afgezien van het feit dat hier gesproken wordt over een digitaal aangestuurd baan kan het evengoed voor analoge banen worden gebruikt.

## 3. Gezamenlijke rail. (Common Rail)

Traditioneel wordt er bij 2 rail (gelijkstroom) banen door modelspoorders vaak een gezamenlijke rail of voedingslijn toegepast.

Indien je gewend bent om dit te doen, ben je geneigd om dit ook bij DCC te doen.

Dit is echter niet aan te bevelen.

Verbindt nooit een uitgang van een booster met die van een andere.

Het gevaar van het maken van aardlussen is dan reëel en kan leiden tot data vermindering of kan tot andere problemen leiden.

In het ergste geval, indien er sluiting optreedt tussen de twee verschillende secties, kan een booster spontaan reageren door deze in auto reverse te schakelen (indien je booster dat kan), met alle gevolgen van dien.

In dat geval kan de decoder een dubbele spanning krijgen en zal deze vermoedelijk in rook opgaan.

Een defecte decoder is dan meestal het gevolg.

De meeste fabrikanten zullen er ook op wijzen dat er geen gezamenlijke rail (common rail) of een gezamenlijke verbinding (common wire) tussen de verschillende booster secties aanwezig mag zijn. Indien je een bestaande baan hebt waar dit zo is aangelegd, zul je beide spoorstaven en/of de gezamenlijke voedingslijn moeten onderbreken.

Uitzondering hierop zijn de massa gekoppelde systemen zoals bijvoorbeeld Märklin heeft toegepast.

Dit systeem heeft één verbinding dat in het gehele systeem alles met elkaar verbindt, wat inhoudt dat de

massa in alle aangesloten delen met elkaar is verbonden.

Hierbij wordt de massa ook via één van de rails verbonden en kan deze zonder problemen met andere booster sectie worden verbonden.

In het gedeelte van "booster bedrading" staat vermeld dat je de "ground" van de boosters kan verbinden.

Dit is heel iets anders dan booster uitgangen aan elkaar koppelen.

De "ground" mag wel met elkaar worden verbonden (indien de booster hiervoor een aansluiting heeft).

Om er zeker van te zijn of een common rail toegepast kan worden, dient men de de handleiding van de fabrikant te raadplegen.

#### 4. Bepalen welke spoorstaaf A, B, rood of blauw is.

Bij een complex baan ontwerp of indien je moeilijk van te voren kunt bepalen hoe de bedrading gaat lopen, kan deze simpele oplossing een hoop problemen voorkomen.

Neem een wagon en plak een stuk gekleurde tape op de zijkant die overeenkomen met de kleuren van de draden die je gaat gebruiken om de rails aan te sluiten.

Indien je geen plakband op een wagon wil plakken, kun je ook een blokje hout in een wagon plaatsen en deze voorzien van de kleuren op de zijkant.

Plaats de wagon op de rails en rij deze naar de plaatsen waar de bedrading moet worden aangesloten.

Markeer hier de plaatsen en geef nu ook de kleur aan of sluit direct de bedrading aan op deze plaats. Als bedrading niet tot je favoriete bezigheden behoort, kunnen we dit zeker aan bevelen.

Indien je een plaats tegen komt waarbij de kleuren tegen over elkaar komen te liggen bij een doorlopende rail, heb je te maken met een keerlus. Voor oplossingen t.a.v. keerlussen zie het gedeelte "Tegen polen".

#### 5. Aansluiting in een kort blok.

Indien je een kort blok hebt waar je maar één paar draden aan hoeft te sluiten, plaats deze dan in het midden en niet aan een uiteinde van een blok.

Indien het niet mogelijk is om deze in het midden te plaatsen, maak er dan geen drama van.

Het midden is het meest ideale, maar soms zijn er ook praktische problemen.

#### 6. Welke draad moet ik gebruiken voor de aansluiting naar de rails?

Indien er een hoofdleiding wordt gebruikt, kun je de rails elke meter aansluiten met een draad van ca 0,2mm<sup>2</sup> (24AWG).

Probeer hierbij de draad zo kort mogelijk te houden, meer dan 20cm is niet aan te bevelen.

Indien draden langer dan 20 cm zijn verdient het aanbeveling om een dikkere draad te gebruiken.

Is de draad dunner dan moet de lengte ook minder zijn.

Het beste kun je hier massieve draad voor gebruiken.

Deze kun je eenvoudig op de rails solderen en kunnen ook makkelijker op de hoofdleiding worden aangebracht.

Indien je dikkere draad gebruikt, probeer ze dan niet langer dan 50cm te maken van hoofdleiding tot het aansluitpunt.

Hieronder een overzicht van aansluit draaddiktes t.a.v. de gebruikte schaal.

Schaal	Aanbevolen draad in AWG(mm <sup>2</sup> )	
	Min.dikte	Max.dikte.
Z	24 (.205)	22 (.327)
N	24 (.205)	22 (.327)
HO	24 (.205)	20 (.519)
S,O	22 (.327)	16 (1.307)
G	20 (.519)	14 (2.082)

Tabel 1

Indien je dikkere draad wilt gebruiken zoals hierboven is vermeld zal dit over het algemeen geen problemen opleveren.

Het is alleen bedoeld als indicatie.

Indien (groot)spoor ook buiten gebruikt wordt is het zelfs beter om wat dikkere draad te gebruiken omdat je dan wat meer mechanische sterkte hebt.

Het duurt langer dat de draad is doorgeroest, is minder kwetsbaar en breekt minder snel af.

Handig als je eromheen nog gaat graven.

## 7. Experiment met verschillende aansluitdraden.

Sommige modelspoorders hebben een ware fobie over de zichtbaarheid van de railaansluiting. Meestal besluiten ze de meest dunne draad te gebruiken die voorhanden is.

We hebben wat experimenten gedaan om te kunnen bepalen wat de minimale draad dikte en maximale lengte hierbij mag zijn.

Er zijn een aantal factoren die hierbij een rol spelen. Wat belangrijk is, is het vermogen van de toegepaste booster en de gebruikte kortsluitbeveiliging. Daarnaast is het van belang welke diameter en lengte er voor de aansluitdraden en welke grote van de spoorstaaf is gebruikt.

Voorop gesteld dat je een hoofdleiding gebruikt die dik genoeg is, heeft de lengte van de hoofdleiding ook invloed op een goede werking. Het was echter niet mogelijk om dit in alle mogelijke varianten uit te voeren, dus de resultaten van de testen die we hebben uitgevoerd, kun je gebruiken om door te rekenen naar andere varianten.

Het meest belangrijke is dat de booster afschakelt in het geval van sluiting of overbelasting. Meer informatie vindt je in het gedeelte "[Testen op correcte bedrading](#)".

Tijdens de test is er gebruik gemaakt van een Lenz centrale/booster LVZ100 (5 Ampère), ingesteld op 14V uitgangsspanning.

Hieraan gekoppeld de hoofdleiding met een lengte van 10 meter, type AWG14 (  $2,082 \text{ mm}^2$  ).

De rede dat er een korte lengte en grote doorsnede is gebruikt is dat deze weinig of geen invloed mag hebben op de metingen.

*Voor het bepalen van de maximale lengte die je kunt gebruiken voor een DCC gestuurde modelbaan vindt je in hoofdstuk 12 "[Maximale lengte van de hoofdleiding](#)".*

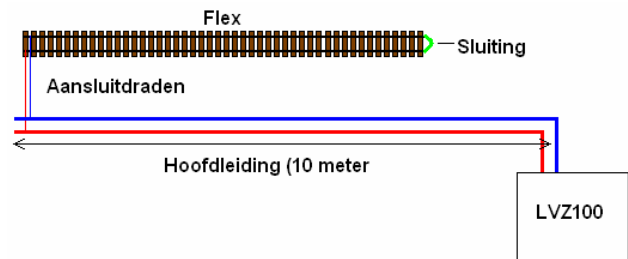
*Dus als jou baan een hoofdleiding heeft van 10 meter of minder van voldoende doorsnede, kun je dit zonder wijzigingen gebruiken.*

Het uiteinde van de hoofdleiding is verbonden aan de dunnere aansluitdraden naar de rails.

Voor de rails is er gebruik gemaakt van:

Rocoline flex rail (Ho)

Piko flex rail (N)



Figuur 1.

Nickel-Zilver rails is populair onder de modelbouwers. Eigenschappen zoals langzame oxidatie en goede soldeerbaarheid maakt hem populair, maar het is niet bepaald de beste geleider.

Juist bij de N en Z schaal heeft de afstand van waar de sluiting optreed tot de aansluiting op de hoofdleiding een grote invloed op het juist functioneren van de kortsluitbeveiliging.

Het beste is om elke rail aan te sluiten op de hoofdleiding, maar in de praktijk is een afstand van ongeveer een meter nog voldoende.

De HO flex rails hebben een lengte van ongeveer 90 cm, de N flex rail ongeveer 76 cm. Bij gebruik van flex rail kun je dus het beste elk flexrail aansluiten op de hoofdleiding.

Zo is het dan ook aangesloten bij dit experiment.

### 7.1 Opzet van het experiment.

De resultaten van het experiment staan in onderstaande tabel.

De testen zijn 3 x achter elkaar uitgevoerd. Er is een "Ja" ingevuld indien de booster onmiddellijk afschakelde na het veroorzaken van een kortsluiting tussen de rails.

Indien de booster niet direct of pas na langere tijd afschakelde is er "Mar" ingevuld en schakelde de booster totaal niet af dan is er een "Nee" ingevuld. Zoals eerder al vermeld, zijn er diverse factoren die voor het uitschakelen van de booster in geval van kortsluiting een belangrijke rol spelen.

Er kunnen een aantal zaken van belang zijn, indien jouw situatie anders is als van dit experiment.

Echter, zonder een gelijksoortig experiment te doen in jou situatie is het moeilijk of met zekerheid te zeggen hoe de resultaten zullen zijn.

90cm HO Flex Rail						76cm N Flex Rail					
AWG (mm <sup>2</sup> )	18 (.817)	20 (.519)	22 (.327)	24 (.205)	26 (.128)		18 (.817)	20 (.519)	22 (.327)	24 (.205)	26 (.128)
15cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	15cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
30cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	30cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
60cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	60cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Med
90cm	Ja	Ja	Ja	Ja	Med	90cm	Ja	Ja	Med	Nee	Nee
120cm	Ja	Med	Med	Nee	Nee	120cm	Ja	Med	Nee	Nee	Nee
180cm	Med	Nee	Nee	Nee	Nee	150cm	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

Tabel 2

Vast staat wel dat lengte en diameter van de aansluitdraden van rails naar hoofdleiding, zoals eerder genoemd, invloed zullen hebben op de resultaten.

Daarom bevelen wij aan om niet te veel van de minmaal aangegeven diameter en de maximale aansluitlengtes af te wijken.

Blijf je hier ruim boven, dan zullen de behaalde resultaten niet of nauwelijks nadelig worden beïnvloeden.

Indien je de laagste resultaten van het experiment volgt, kun je op de rand zitten van goed of niet goed functioneren van je baan.

Indien je dit wel doet, zul je het juist functioneren regelmatig moeten controleren.

Contact problemen die kunnen optreden bij slechte solderingen, raillassen etc. kunnen leiden tot het niet goed functioneren van een kortsluitbeveiliging met alle gevolgen van dien.

## 8. De Booster.

Hoe lager het vermogen van de booster is, des te hoger de totale weerstand mag zijn. Omgekeerd natuurlijk ook, hoe hoger het vermogen van de booster, hoe lager de totale weerstand mag zijn.

Voor HO is een booster van meer dan 5 Ampère niet aan te bevelen. Voor N en Z is 4 ampère wel het maximum.

Voor de grotere schalen is 8 tot 10 Ampère nog toelaatbaar. (afhankelijk van spoorstaaf afmetingen) Schade die kan optreden bij een kortsluiting waarbij de booster niet afschakelt, is het grootste probleem waarmee we te maken kunnen hebben.

Zaken zoals weg gesmolten plastic delen aan het onderstel of ingebrande flenzen is in een dergelijk geval geen uitzondering.

Bij de lichtere boosters, tot ongeveer 3 Ampère, kun je eventueel dunnere of langere aansluitdraden van rail naar hoofdleiding gebruiken of de afstand tussen de onderlinge aansluiting wat vergroten. Voor zwaardere boosters, 5 Ampère en hoger, kun je beter wat dikkere en kortere aansluitdraden van rails naar hoofdleiding gebruiken en is het raadzaam om de afstand tussen de aansluitingen kleiner te nemen.

### 8.1 Andere schalen.

Bij Z en N schaal is het beter om tabel 2 aan te houden omdat de rails aanmerkelijk meer weerstand heeft.



*Ondanks dat de treinstellen een laag stroom verbruik kunnen hebben, is het sterk aan te bevelen de aanbevolen draaddikte aan te houden, om de kortsluitbeveiliging te activeren in geval van sluiting.. Er kan onnodige schade aan het rollend materieel ontstaan door de hoge stromen indien de kortsluitbeveiliging van de booster niet wordt geactiveerd.*

Het feit dat bij N schaal kortere aansluitdraden worden voorgeschreven duidt al op het feit dat de rails een hogere weerstand heeft. Indien je dunnere draden gebruikt, is het zaak om vaker een aansluiting van rail naar hoofdleiding aan te brengen.

S schaal en groter hebben een aanzienlijk dikkere rail en bied de mogelijkheid om de onderlinge afstand tussen de aansluitingen wat groter te maken.

Veel hobbyisten solderen de draden aan de onderzijde van de railschoenen. Hoe groter de rail, hoe makkelijker dit uit te voeren is.

Het is echter beter om de draad direct op de spoorstaven te solderen omdat railschoenen na verloop van tijd slechter contact kunnen maken met de spoorstaven.

Hierdoor ontstaat er een overgangsweerstand die bij kortsluiting of overbelasting de kortsluitbeveiliging nadelig kan beïnvloeden.

## 9. Welke draad dikte gebruiken voor de hoofdleiding.

Hier volgen wat tips wat betreft het gebruik van een draaddikte voor een hoofdleiding.

Er zijn geen harde of vaste regels voor welke draaddiameter er gebruikt moet worden voor de hoofdleiding.

De draad moet ieder geval dik genoeg zijn om de maximale stroom te kunnen verdragen maar ook dik genoeg zijn om de booster af te schakelen indien er op het verste punt in de baan een sluiting tussen de rails ontstaat.

Ondanks dat een bepaalde draaddikte de maximale stroom kan verdragen, kan het zijn, dat de weerstand die de maximale stroom ondervindt, te hoog is om in het geval van kortsluiting de kortsluitbeveiliging van de booster te activeren.

Je kunt daarom altijd een draad voor de hoofdleiding gebruiken die dikker is dan de aanbevolen dikte volgens tabel 3.

De aangegeven aanbevolen dikte is alleen maar een indicatie om aan te geven dat een dikkere draad niet nodig is.

Er kunnen andere rede zijn om dikkere draad te gebruiken.

Het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat de dikkere draad wat makkelijker te verkrijgen is.

Het gebruik van massieve draad is verre weg het makkelijkst, omdat deze het beste te strippen is en de aansluitdraden naar de rail eenvoudig zijn te monteren.

Het gebruik van draad wat bestaat uit meerdere aders is echter beter te vormen en is iets beter voor het transport van DCC signalen, hoewel de verschillen minimaal zijn.

De keuze hangt ook mede af waar deze moet worden ingezet.

Voor een buitenbaan heeft een massieve draad echter de voorkeur vanwege de mechanische sterkte en kleinere invloed van corrosie op de draad.

Voor een binnenbaan kan een draad met meervoudige aders weer aantrekkelijk zijn om te gebruiken, omdat deze makkelijker te vormen is.

Schaal	*Max stroom	Aanbevolen draad dikte in AWG(mm <sup>2</sup> )	
		Min.dikte	Max.dikte.
	Min/Max		
Z	10A/15A	16 (1.307)	14 (2.082)
N	10A/15A	16 (1.307)	14 (2.082)
HO	10A/20A	16 (1.307)	12 (3.307)
S,O	15A/25A	14 (2.082)	10 (5.260)
G	15A/25A	14 (2.082)	10 (5.260)

\* Stroom per 100 meter draad

**Tabel 3.**

Voor HO kan een 1,5 mm<sup>2</sup> massieve draad echter uitstekend bruikbaar zijn en is bovendien makkelijk te verkrijgen.

De keuze van de soort draad hangt dus af waar deze gebruikt wordt, verkrijgbaarheid en de persoonlijke voorkeur die men heeft.

De aangegeven minimale draad diktes (tabel 3) hebben in hoofdzaak te maken met de weerstand die de stroom ondervindt om een goed functioneren van de kortsluitbeveiliging te kunnen garanderen. Zeker bij grote lengtes (>10 meter) kan dit een belangrijke rol gaan spelen.

De aangegeven maximale stroom in tabel 3 geldt voor een totale lengte van 100 meter draad in de vrije lucht.

## 10. Afstand tussen de railaansluitingen.

Het beste is om de railaansluitingen in het midden van een blok of tussen twee geïsoleerde stukken te plaatsen.

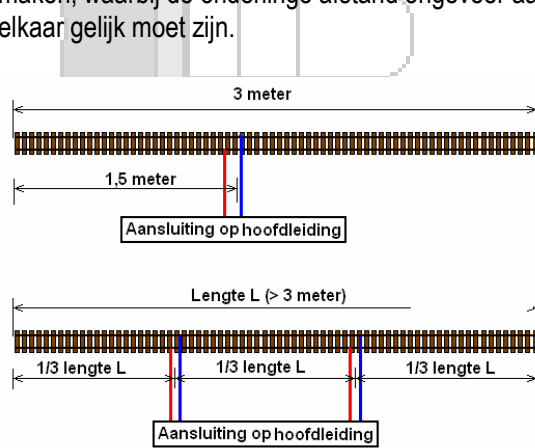
Op deze manier is de afstand van het begin van het blok (of einde van het blok) tot de aansluiting hetzelfde.

De afstand die tussen de aansluiting zit hangt af van de soort rail, booster vermogen en draaddikte van de hoofdleiding die gebruikt is.

Een regel die je kunt hanteren voor H0 met code 100 rail is 3 meter.

Voor code 83 en lager is 2 meter een goed hanteerbare afstand.

Indien je blokken hebt die langer zijn verdient het aanbeveling om een tweetal aansluitingen te maken, waarbij de onderlinge afstand ongeveer aan elkaar gelijk moet zijn.



**Figuur 2.**

Figuur 2 verduidelijkt het een en het ander.

## 11. Elektrische verbindingen en solderen van raillassen.

Er is een basisregel: Zorg dat elk deel van de baan verbinding maakt met de hoofdleiding (indien je deze gebruikt).

In de loop der tijd zullen raillassen slechter contact maken en kunnen voor ware hoofdbrekers zorgen. De vraag die regelmatig wordt gesteld is of dan ook de raillassen gesoldeerd moeten worden.

Vaak wordt beweerd dat dit bij een digitale baan wel moet gebeuren maar ons advies is om dit niet te doen.

Beter is om ervoor te zorgen dat elke rail met een draad is verbonden aan de hoofdleiding.

Tijdens temperatuursveranderingen zal de rails krimpen of uitzetten.

Raillassen hebben buiten de functie van een elektrisch contact ook de functie om mechanische spanning op te vangen.

Als de raillassen aan de rail worden gesoldeerd is er geen of beperkte mogelijkheid voor de rail om uit te zetten of te krimpen.

Hierdoor scheurt de soldeerverbinding en is het contact slecht of onderbroken.

In plaats van de voedingsdraden aan de rail te solderen, zou je deze ook aan de raillassen kunnen solderen.

Maar omdat bij raillassen de elektrische verbinding op den duur slechter zal worden is het is echter beter om de draad aan de rail te solderen en deze te verbinden met de hoofdleiding.

In feite maak je net zoveel solderingen, maar de betrouwbaarheid is een stuk hoger.

## 12. Maximale lengte van de hoofdleiding.

Het is bekend dat er problemen kunnen ontstaan indien de hoofdleiding vanuit de booster langer is dan 10 meter.

Niet alle merken hebben hier overigens problemen mee.

De doorsnede modelbaan, zoals deze thuis staat, zal deze lengte waarschijnlijk niet halen, maar modulaire, club en buiten banen halen deze lengtes met gemak.

Zonder gedegen kennis van radio of RF techniek zijn de problemen die kunnen ontstaan moeilijk uit te leggen.

Het vraagt veel uitleg en bezorgd vermoedelijk alleen maar hoofdpijn.

Het is echter goed om te weten, dat lange leidingen, die aan een booster gekoppeld worden, problemen kunnen opleveren.

Er zijn gevallen bekend, dat een lange leiding decoders kunnen vernielen.

Zonder moeilijke termen en ingewikkelde materie te behandelen proberen we aan de hand van wat foto's en afbeeldingen hier wat duidelijkheid in te scheppen.

Je leert zo de problemen te constateren en deze eventueel al te verhelpen voordat er schade is aangericht of je baan onbestuurbaar wordt.

Niet alle fabricaten van booster hebben deze problemen en hangt sterk af van het toegepaste ontwerp van de booster.

Het is echter goed om te weten, dat dit soort problemen kunnen ontstaan en er al wat aan te doen, voordat er decoders defect gaan.

De grootste problemen waarmee we te maken kunnen hebben indien er lange leiding worden gebruikt, zijn problemen met de kortsluitbeveiliging, vermindering van het digitale signaal en indifferentie. Over het probleem van het niet activeren van de kortsluitbeveiliging hebben we het al uitgebreid gehad.

Gebruik van dikke draden en regelmatig aansluiten van de rail zijn methodes om deze problemen te voorkomen.

Het vervormen van het digitale signaal en indifferentie is nog niet aan de orde geweest.

Indien je zelf over een oscilloscoop kunt beschikken, kun je op je baan controleren of je met dit probleem te maken hebt.

*“Oscilloscoop is een meetinstrument dat elektrische signalen zichtbaar kan maken.”*

Nogmaals, niet alle fabricaten hebben hier problemen mee, maar “voorkomen is beter dan genezen”.

## 12.1. Indifferentie.

Laten we eerst eens kijken naar indifferentie. Sommige modelspoorders die werken met een digitaal systeem herkennen dit probleem wel. Met de handregelaar heb je geen controle meer over je baan of de aansturing van digitale onderdelen lijken af en toe niet te reageren.

Dit wordt vaak veroorzaakt door indifferentie die kan ontstaan door lange leidingen die het digitale vermogenssignaal transporteren.

De oorzaak van dit probleem is makkelijk te verklaren.

Het digitale signaal, dat wordt opgewekt door de centrale, wordt versterkt door de booster en dient in feite als een soort zender.

De aangesloten bedrading naar de rails en de rails zelf is in feite de antenne.

Het is goed mogelijk dat een radio in de buurt van de baan dan ook verstoord wordt.

Indien de bedrading van de handregelaar dicht bij de hoofdleiding ligt, worden de signalen van de handregelaar verstoord.

Dit kan vreemde gevolgen hebben zoals het niet meer kunnen regelen van de loc, geen controle meer over de baan etc.

Het probleem is relatief eenvoudig op te lossen door de bekabeling van de hoofdleiding weg te houden van de andere bekabeling.

Een afstand van meer dan 15 cm kan al een heel groot verschil uitmaken.

Indien de afstand verdubbeld (30 cm) is het effect 4 x zo groot.

Waarom dit effect 4 x zo groot is kan wel uitgelegd worden, maar we hebben beloofd om je geen hoofdpijn te bezorgen.

Een andere toepasbare methode is het twisten (in elkaar draaien) van de hoofdkabel.

Het twisten van de hoofdleiding moet je eigenlijk al doen voordat er iets op wordt aangesloten.

Indien de baan al is aangesloten is dit nagenoeg niet meer uit te voeren.

Nadeel van deze methode is dat de aansluiting naar de rail iets moeilijker te maken is.

Door de draden te twisten wordt de indifferentie al behoorlijk onderdrukt.

Indien je de draden wilt twisten moet dit ongeveer 3 tot 4 slagen per meter zijn. Dit is voldoende, meer mag, maar is niet nodig.

Het makkelijkst kun je de draden twisten met behulp van een boormachine waarvan het toerental regelbaar is.

Indien je dit nog nooit gedaan hebt staat hierna hoe je dit kunt doen.

Neem een stevige ooghaak van redelijke omvang en bevestig deze stevig in bijvoorbeeld een bankschroef of aan de muur.

Neem van beide even lange draden het uiteinde en knoop deze stevig aan elkaar vast.

De twee andere uiteinde bevestig je in de kop van een boormachine waarvan het toerental regelbaar is. De aan elkaar genoopte draden haak je in de ooghaak.

Span nu de draden door weg te open van het bevestigingspunt van de ooghaak (bankschroef of muur).

Indien de draden strak staan laat je de boormachine langzaam draaien totdat er voldoende wikkelingen zijn gemaakt.

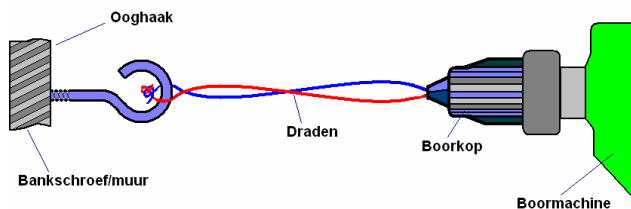
Maak wat extra wikkelingen, omdat na het losmaken van de draden uit de boorkop deze enigszins terug draaien.

Uiteindelijk zijn 3 tot 4 slagen per meter voldoende, meer mag, maar is niet nodig.



Meer slagen belemmerd het afstrippen van de kabel op plaatsen waar een aansluiting naar de rail gemaakt moet worden.

Figuur 3 laat zien hoe dit in de praktijk gedaan kan worden.



**Figuur 3.**

## 12.2. Vervormt digitaal signaal.

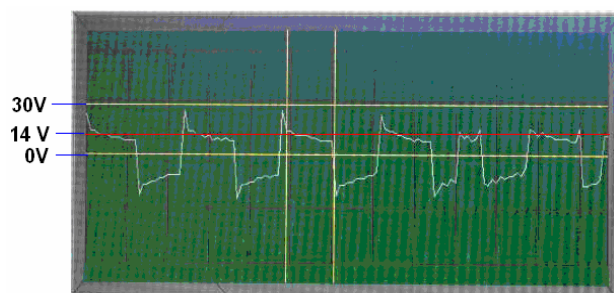
Een vervormd digitaal signaal kan de treinen langzamer laten rijden, en in het ergste geval kan het een decoder vernielen.

Vervorming kan optreden door reflecties die ontstaan in de leidingen of door overmatige of buitensporige zelfinductie

Deze probleem worden vaak veroorzaakt door een niet afgesloten kabel einde. Het risico wordt groter, naarmate de lengte van de kabel toeneemt.

Bij clubbanen, module banen en buitenspoor worden lengtes boven de 10 meter in veel gevallen makkelijk gehaald en zal dit probleem eerder optreden.

Figuur 4 laat een DCC signaal zien dat vervormd is ten gevolge van het aansluiten van een lange leiding die is aangesloten op een booster waarbij geen afsluiting van het kabeleinde is toegepast.



**Figuur 4.**

De vorm van het signaal is niet meer blokvormig, maar vertoont pieken naar boven (positieve spanning) en naar beneden (negatieve spanning). Deze pieken, spikes genoemd, zijn veel hoger dan de normaal aangeboden spanning (in figuur 4 is normaal spanning ca 14V ) en kunnen in sommige

gevallen een veelvoud zijn van de normale spanning (bijna 30V in figuur 4).

Dit kan ernstige gevolgen hebben.

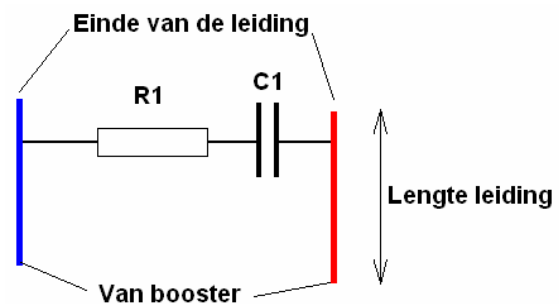
Een decoder kan hierdoor defect gaan, de data informatie wordt door de decoder verkeerd begrepen of commando's worden genegeerd. Dit is iets wat we liever willen voorkomen.

De oplossing is echter relatief simpel.

Door het toepassen van een filter op het uiteinde van de leiding kunnen dit soort problemen voorkomen worden.

Hoe het filter gemaakt kan worden, staat afgebeeld in figuur 5.

De waarde van de componenten zijn niet echt kritisch, maar de waarde van de weerstand ligt tussen 100 en 150 ohm en de waarde van de condensator ligt tussen de 0,1 en 0,47µF.(tabel 4)



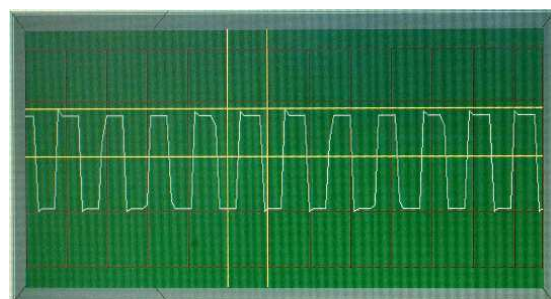
**Figuur 5.**

Schaal		Waarde
Z - Ho	R1	100Ω / ½W
S-G	R1	100Ω / 1W
Z-G	C1	0,1 µF / 50V

**Tabel 4.**

Indien je in het bezit bent van een oscilloscoop, of heb je iemand in je vriendenkring die er een heeft, dan kun je het signaal zelf meten en bepalen of een filter inderdaad nodig is.

Indien je het niet kunt nameten, doe je er verstandig aan om bij leidingen die langer zijn dan 10 meter, op het uiteinde een dergelijk filter te plaatsen.



**Figuur 6.**

Het signaal ziet er uit volgens figuur 6 nadat het filter is toegepast.

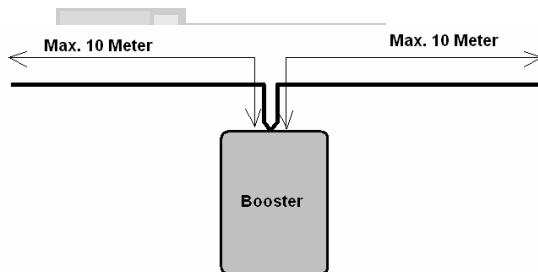
Je ziet dat de spikes (pieken) nagenoeg zijn verdwenen.

Een andere aanpak voor de problemen die kunnen ontstaan bij lengtes van meer dan 10 meter, is een andere verdeling van de lengtes.

Indien vanuit de booster de leiding naar twee of meer zijdes kan worden verdeeld, kan in veel gevallen de lengte worden vergroot, zonder dat dit nadelig is voor de digitale signalen.

Een lus maken is niet aan te raden in verband met aardlussen en data vermindering.

In figuur 7 wordt er een totale lengte van 20 meter overbrugd, maar is verdeeld over twee zijde, waarvan elke zijde een lengte heeft van maximaal 10 meter.



**Figuur 7.**

Indien de modelbaan het toelaat, kunnen er natuurlijk meerdere lengtes van 10 meter of minder worden aangesloten.

Je kunt dus vanuit de booster meerdere leidingen met een lengte van 10 meter aan sluiten, zonder dat dit nadelige gevolgen heeft.

Bij het ontwerpen of plannen van de bedrading kan het handig zijn om eerst het baanontwerp op schaal te tekenen en zo het geografische middelpunt van de baan te bepalen.

Vanuit dit punt kunnen dan de leidingen die het digitale vermogen moet brengen naar de diverse baan delen getekend worden en kan zo de lengte bepaald worden en of er filters nodig zijn.

### 13. Testen op correcte bedrading.

Het is belangrijk dat de bedrading goed is aangesloten en dat de kortsluitbeveiliging altijd goed functioneert.

Een niet of slecht functionerende kortsluitbeveiliging kan je materieel onherstelbaar beschadigen.

Het smelten van plastic delen of het beschadigen van een onderstel is dan niet uitgesloten.

In het ergste geval kan er zelf brand ontstaan omdat de booster niet afschakelt in geval van kortsluiting en er op dat moment hoge stromen kunnen gaan vloeien.

Voordat je met deze test begint, moet je ervan overtuigd zijn dat de toegepaste booster gevoed wordt uit een transformator die het maximum (of meer) vermogen kan leveren voor de toegepaste booster.

Om de bedrading te testen op een correcte werking kan de volgende methode gebruikt worden.

Zorg dat er geen materieel op de baan staat en schakel de boosters in zodat er een digitaal signaal op de rail komt te staan.

Meet de spanning op de aansluitklemmen van de booster en noteer deze.

Indien er meerdere boosters worden gebruikt dit van alle boosters noteren.

Er is hiervoor geen speciale meter nodig, indien er maar een AC spanningsbereik op zit.



**Figuur 8.**

Het gaat hier niet om een exacte waarde maar om een indicatie van de afgegeven spanning.

Meet vervolgens of deze spanning ook op de verschillende baansecties staat.

Omdat er geen verbruikers zijn, moet deze gemeten spanning overeen komen met de gemeten spanning op de uitgang van de desbetreffende booster.

Indien hier wel verschil tussen zit kan dit verschillende oorzaken hebben.

Controleer in dat geval of er slecht soldeerverbinding zijn of dat er draden zijn verwisseld met een andere sectie.

De oorzaak kan vaak gezocht worden in een slechte verbinding (raillas, soldering, bevestiging aan de ringleiding, aansluiting op de booster etc.).

Een andere rede kan zijn dat, indien men een grote afstand moet overbruggen, er mogelijk een filter geplaatst moeten worden aan het uiteinde van de bedrading, maar dan moet er belast gemeten worden.

Zijn de spanningen goed, dan wordt het zaak om de kortsluitbeveiliging te testen.

Wil men volledige zekerheid dan moet de booster direct uitschakelen nadat en een sluiting optreed. Indien het langer duurt voordat de booster afschakelt, kan dit een indicatie zijn, dat na verloop van tijd de kortsluitbeveiliging niet goed meer werkt.

Men zal dan regelmatig moeten controleren of de kortsluitbeveiliging dan nog werkt.

Neem bij voorbaat het punt dat is aangesloten op het uiteinde (of het verste punt) van de bedrading en veroorzaak nu een sluiting tussen de railstaven.

Als alles goed is schakelt de booster direct af.

Verwijder de sluiting en herstel het digitale signaal op de baan.

Herhaal dit minstens 3 keer en in alle gevallen moet de booster onmiddellijk afschakelen.

Indien de booster tijdens deze test niet direct of binnen  $\frac{1}{2}$  seconde afschakelt moeten alle verbindingen (raillassen, draadverbindingen, solderingen, booster aansluiting) goed gecontroleerd worden op eventuele gebreken.

Is hier geen oorzaak in te vinden, dan is het waarschijnlijk de kabeldikte die hier debet aan is.

Controleer op deze manier alle secties die zijn aangesloten op een booster.

In alle secties moet de booster in geval van sluiting onmiddellijk afschakelen.

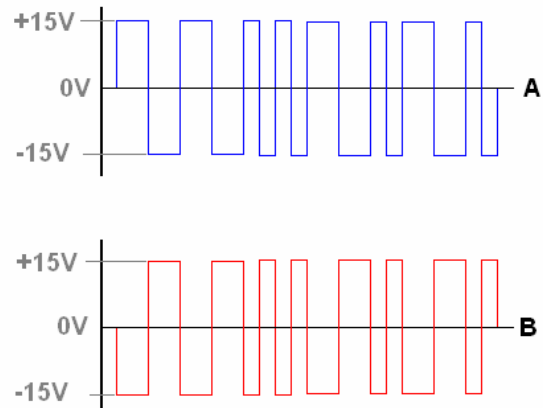
Indien er meerdere boosters worden gebruikt is het ook belangrijk dat alle secties die aan elkaar liggen in fase zijn met elkaar.

Hoewel een digitaal signaal min of meer beschouwd kan worden als een wisselspanning, is het wel zaak dat de signalen van de verschillende booster op hetzelfde moment positief dan wel negatief is.

Is dit het geval, dan spreken we over het in fase zijn dan de boosters.

Het in fase zijn van de verschillende secties is belangrijk omdat in het geval van tegenfase een

decoder een dubbele spanning kan krijgen wat de decoder waarschijnlijk in rook doet opgaan. Het enige wat mag roken op de modelbaan is een schoorsteen of een stoomlocomotief die voorzien is van een rookgenerator.



**Figuur 9.**

Figuur 9 toont een voorbeeld van een digitaal signaal dat in tegenfase is

Signaal **B** is altijd omgekeerd in polariteit ten opzichte van **A**.

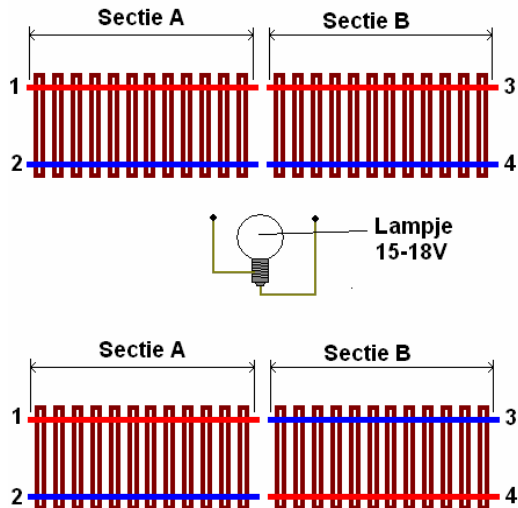
Het is eenvoudig om te bepalen of signalen in fase dan wel tegenfase zijn door gebruik te maken van een lampje.

Bovendien kun je met deze methode ook kijken of de bedrading juist en goed is aangesloten.

Neem bij voorkeur een lampje dat ook wat vermogen nodig heeft.

Een goede methode is om een autolamp van 20 of 50W te gebruiken.

Aan de hand van figuur 10 zullen we uitleggen hoe je dit kunt meten.


**Figuur 10.**
**1: Lampje aangesloten op railstaaf 1 en 2:**

Lampje gaat in alle gevallen branden, spanning is ok. Brandt hij niet dan is één of zijn beide spoorstaven niet aangesloten.

Brandt hij zwak dan is er een probleem met één van de aangesloten draden. (slecht contact, slechte soldering of slecht aan ringleiding aangebracht)

**2: Lampje aangesloten op railstaaf 3 en 4.**

Lampje gaat in alle gevallen branden, spanning is ok. Brandt hij niet dan is één of zijn beide spoorstaven niet aangesloten.

Brandt hij zwak dan is er een probleem met één van de aangesloten draden. (slecht contact, slechte soldering of slecht aan ringleiding aangebracht)

**3: Lampje aangesloten op railstaaf 1 en 4.**

Lampje moet gaan branden, spanning is ok. Brandt hij niet dan is de "Ground" van de boosters niet met elkaar verbonden (zie hoofdstuk 14 "Booster bedrading" ) of de boosters staan in tegenfase.

**4: Lampje aangesloten op railstaaf 2 en 3.**

Lampje moet gaan branden, spanning is ok. Brandt hij niet dan is de "Ground" van de boosters niet met elkaar verbonden (zie hoofdstuk 14 "Booster bedrading" ) of de boosters staan in tegenfase.

**3: Lampje aangesloten op railstaaf 1 en 3.**

Lampje behoort uit te blijven. Gaat het lampje fel branden dan zijn de spoorstaven in tegenfase (onderste deel van de tekening).

**4: Lampje aangesloten op railstaaf 2 en 4.**

Lampje behoort uit te blijven. Gaat het lampje fel branden dan zijn de spoorstaven in tegenfase (onderste deel van de tekening).

In het geval van tegen fase moet je controleren of één van deze booster die aangesloten is op deze secties misschien in reverse mode staat (indien de booster dit kan).

Staat de booster niet in reverse mode dan moet je in dit geval na gaan waar de verdraaiing (verkeerde aansluiting) van de draden heeft plaats gevonden. Dit kan zowel op de rail, ringleiding of booster zijn. Controleer, indien mogelijk, ook of het aangeboden signaal aan de booster (digitale data signaal) goed is aangesloten.

Indien deze verkeerd om is aangesloten kan de booster ook in tegenfase staan.

Indien alle mogelijkheden zijn getest en er zijn geen problemen geconstateerd dan is alles in orde.

Voer dit uit bij alle aangesloten secties.

Het maakt in dit geval niet uit of er één of meer boosters gebruikt zijn.

Als er tijdens deze test slechte verbindingen zijn gevonden en hersteld, is het verstandig om de kortsluittest opnieuw uit te voeren.

Het is niet ondenkbaar dat er nu betere resultaten behaald worden op de plaatsen waar de kortsluiddetectie niet of slecht functioneerde.

## 14. Booster bedrading.

Indien de modelbaan groter wordt, kan er doorgaans met meer materieel gereden worden. Naarmate er meer materieel wordt ingezet zal het totale stroom verbruik toenemen.

Elk type booster kan een maximaal vermogen afgeven en is dus indirect gekoppeld aan een maximaal inzetbaar materieel.

Factoren zoals verlichte rijtuigen, uitgevoerd met lampjes en/of LED's zullen het stroomverbruik alleen maar doen stijgen, waardoor er minder materieel ingezet kan worden op de baan.

Indien het maximale vermogen dat een booster kan leveren wordt overschreden, zal de booster (normaal gesproken) zichzelf uitschakelen.

Dan wordt het tijd om een extra (of meerdere) boosters in te gaan zetten.

In dat geval dient de baan opgedeeld te worden in secties.

Aan elke sectie wordt dan een aparte booster aangesloten, zodat het vermogen verdeeld kan worden over meerdere boosters.

Een andere oplossing kan zijn door de bestaande booster te vervangen door een zwaarder type. In theorie klinkt dit als een goede oplossing, maar in de praktijk kan dit voor problemen zorgen. Buiten de vraag of de bekabeling hierop is ingericht hebben we ook te maken met grotere stromen, wat een kortsluitbeveiliging negatief kan beïnvloeden. De factoren die hierbij een rol spelen zijn al reeds behandeld in hoofdstuk 8.

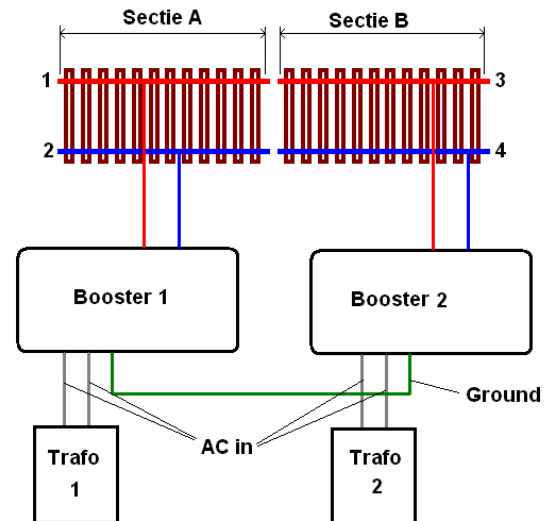
Afhankelijk met welke schaal men rijdt, wordt er een maximaal vermogen en uitgangspanning per booster aanbevolen. Het overzicht vindt je in tabel 5.

Schaal	Aanbevolen maximum	Uitgangspanning
Z	4 A	12 tot 14 Volt
N	4 A	12 tot 14 Volt
HO	5A	13 tot 16Volt
S.O	8A	16 tot 20Volt
G	10A	18 tot 22 Volt

**Tabel 5.**

Over het gebruik van de juiste draad is al uitgebreid gesproken.

Belangrijk bij het gebruik van meerdere boosters, is dat beide spoorstaven onderbroken dienen te zijn op de scheiding van de secties zoals figuur 10 en 11 tonen.



**Figuur 11.**

Indien de booster een "Ground" aansluiting heeft, verdient het aanbeveling om deze met elkaar te verbinden (Figuur 11).

*Let op ! Een ground aansluiting mag nooit op de rand aarde aansluiting van het net worden aangesloten. Dit zal onherroepelijk de aangesloten apparatuur onherstelbaar beschadigen !! Verbind in geen geval de uitgangen van de boosters met elkaar, zoals in een analoge baan gebruikelijk is. (gezamenlijke rail // common rail)*

Hiermee kunnen aardlussen tot een minimum worden beperkt en ontstaan er minder verstoringen in de signalen.

## 15 Tegen polen.

Een ander aspect is de fase gelijkheid en de inzet van een booster met auto reverse mogelijkheid. Hoewel er al het een en het ander is besproken ten aanzien van de fase gelijkheid, kan het zijn dat men tussen twee secties nooit kan voldoen aan de fase gelijkheid.

Men heeft hier te maken met een de keerlus problematiek (geldt alleen voor twee rail systemen).

Om dit probleem op te lossen zijn verschillende oplossingen te bedenken, elk met zijn eigen voor en nadelen.

Een van de oplossingen zou kunnen zijn om een booster met een auto reverse mogelijkheid toe te passen.



In geval van een fase ongelijkheid tussen twee secties zal de booster met auto reverse mogelijkheid de polariteit automatisch omkeren. Wees echter voorzichtig met het toepassen van deze mogelijkheid.

Indien er meer boosters zijn die een auto reverse mogelijkheid hebben, zorg er dan voor dat slechts één booster in de auto reverse mode staat.

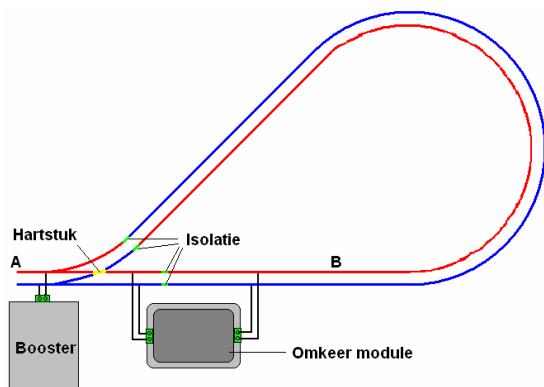
Doorgaans is deze mogelijkheid uit te schakelen door het omzetten van een schakelaar of het plaatsen of verwijderen van een jumper.

Indien er twee of meer boosters zijn die deze mogelijkheid hebben ingeschakeld, loop je de kans dat het automatisch ompolen op beide boosters gebeurt, wat opnieuw tot problemen kan leiden. Er ontstaat op dat moment opnieuw een tegenfase. Doorgaans gaan beide of een van de boosters dan in kortsluitbeveiligingsmode staan en kan het hele systeem afgeschakeld worden. Wat erger is, is dat de decoder die zich op deze scheiding bevindt, hierdoor defect kan gaan.

Een andere mogelijkheid voor het oplossen van tegen polen is het toepassen van een auto reverse module.

Deze kun je toepassen indien de booster niet is voorzien van een auto reverse mogelijkheid. Voorbeelden staan afgebeeld in figuur 12 en 13. Figuur 12 geeft dit aan bij een "normale" keerlus, figuur 13 toont het voorbeeld bij een driehoeksverbinding.

In de voorbeelden worden de rails voorgesteld door de rode en blauwe lijn, die tevens de polariteit weergeven.



**Figuur 12.**

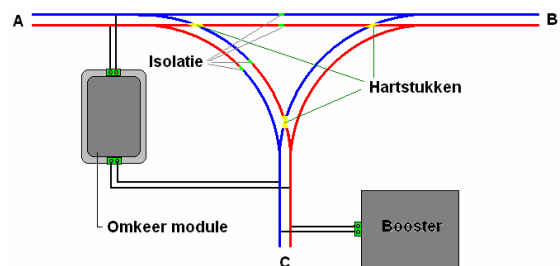
Daar waar de rode en blauwe lijn tegen over elkaar liggen, zijn de signalen niet in fase, dus omgekeerde in polariteit.

In figuur 12, is een "normale" keerlus afgebeeld. Indien er een trein komt vanuit A en rechtdoor gaat naar B doet de omkeer module nog niets.

Indien deze door rijdt via B, door de lus naar A en hier die isolatie bij de wissel passeert, schakelt de omkeer module om en is de polariteit in de lus omgedraaid.

Hiermee wordt de sluiting opgeheven en kan de trein gewoon doorrijden.

Het enige waar goed rekening gehouden dient te worden is dat de gehele treinlengte in het geïsoleerde gedeelte moet passen, dus in figuur 12 in gedeelte B.



**Figuur 13.**

Figuur 13 geeft een schematische voorstelling van een driehoeks verbinding.

De trein kan normaal van A naar B en van C naar B zonder dat de omkeer module iets hoeft te doen. (rood en blauw liggen hierbij nergens tegen over elkaar).

Indien er echter van A naar C gereden moet worden liggen de rode en blauwe spoorstaven tegen over elkaar. Indien de isolatie wordt overschreden, zal de omkeer module de polarisatie van A omdraaien waardoor de rood en blauw wordt omgekeerd. De trein kan nu zonder problemen van A naar C komen.

Indien er een booster wordt gebruikt die een auto reverse mogelijkheid heeft, dient in figuur 12 de omkeermodule verwijderd te worden en moet de booster met auto reverse aangesloten worden op sectie B.

In figuur 13 vervalt dan ook de omkeer module en wordt op sectie A de booster met auto reverse aangesloten.

## 16 Verschillende fabrikaat boosters gebruiken.

Indien men gebruik maakt van verschillende boosters van verschillende fabrikanten, is het belangrijk dat men er op let, dat de boosters van hetzelfde type zijn en gelijkwaardige eigenschappen hebben wat betreft de uitgangsspanning.. In de praktijk bestaan er twee verschillende soorten boosters.

Er zijn booster die gebaseerd zijn op een H-bridge principe en booster die zijn gebaseerd op common ground.

Gebruik de verschillende types niet door elkaar. Dit geeft onherroepelijk problemen bij de overgang tussen deze twee secties.

Een booster die gebaseerd is op het H-bridge principe heeft een "zwevende" uitgang. Hierbij is geen van beide aansluitingen direct gekoppeld aan het voedingscircuit van de booster. Dit type boosters wordt doorgaans toegepast bij DCC systemen.

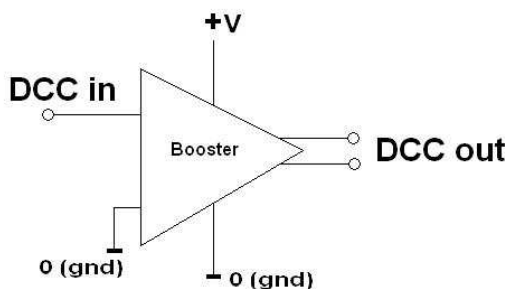
Een booster die gebaseerd is op common ground heeft geen "zwevende" uitgang.

Hierbij is één van de aansluitingen gekoppeld aan het voedingscircuit van de booster.

Het voordeel van deze laatste is, dat alle apparatuur die hierop aangesloten wordt, een gezamenlijke verbinding hebben.

Dit type booster wordt toegepast bij onder andere Märklin, FMZ, Uhlenbrock en Selectric systemen.

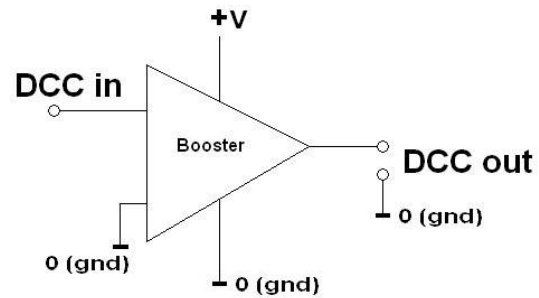
Figuur 15 en 16 geven een schematische voorstelling van beide type boosters.



Figuur 15.

Figuur 15 geeft een schematische weergave van een H-bridge booster.

Het uitgangssignaal (DCC out) is "zwevend" en is niet direct gekoppeld met de voeding van de booster (ligt vrij van gnd).



Figuur 16.

Figuur 16 geeft een schematische weergave van een common ground booster.

Van het uitgangssignaal (DCC out) is één aansluiting direct gekoppeld aan de massa (gnd). Om na te gaan met welk type booster je te maken hebt, moet de gegevens van de fabrikant er op na slaan.

Buiten het type booster is het ook van belang dat de uitgangsspanningen van de booster aan elkaar gelijk zijn.

Er zijn boosters waarbij de uitgangsspanning instelbaar is, maar ook boosters die een uitgangsspanning hebben die afhankelijk is van de aangeboden voedingsspanning (trafo spanning). Om snelheidsverschillen en onbalans tussen de secties te voorkomen, is het verstandig om een type booster te gebruiken die een nagenoeg zelfde uitgangsspanning hebben.

Indien de uitgangsspanning instelbaar is, dient men ervoor te zorgen dat deze voor alle boosters hetzelfde zijn ingesteld.

Het beste is om hetzelfde fabrikaat aan te houden. De boosters hebben dan allemaal dezelfde eigenschappen en hebben gelijkwaardige uitgangen.

Indien men gebruik wil maken van verschillende fabricaten, is het zaak om van te voren na te gaan of er niet te veel verschil zitten tussen de boosters. Het belangrijkste hierbij is dat de uitgang van de booster van hetzelfde principe is als van de al gebruikte booster.

Indien de uitgangsspanningen een onderling verschil hebben van minder dan 1 Volt, zal dit niet of nauwelijks merkbaar zijn.

Wordt dit groter dan 1 Volt dan kan het merkbaar worden.

Meer dan 2 volt heeft al behoorlijk wat invloed en is dan ook niet aan te raden.

## 17. Spoor en draad weerstand

In dit deel komen de weerstand van spoorstaven en bedrading aan de orde.

Tevens wordt er uitgelegd wat het skin effect is en in hoeverre dit invloed heeft.

Leest het gewoon even door en doe je voordeel ermee.

De metingen die zijn verricht zijn uitgevoerd met een LCR meter.

Met deze meter ben je in staat om zeer kleine verschillen in weerstand, inducties en capaciteiten te meten bij verschillende frequenties.

Om de uitwerking van het skineffect aan te tonen zijn er ook metingen verricht met een frequentie die boven het normale gebruik liggen.

Er zijn metingen op drie verschillende frequenties gedaan.

De eerste metingen zijn verricht op een frequentie van 100Hz, simpelweg omdat geen lagere frequentie was in te stellen.

Het voorval wil, dat een gelijk gerichte, niet afgevlakte spanning vanuit een normale netspanningstransformator ook een frequentie heeft van 100Hz, maar dit is echter geen sinus golfbeweging.

De tweede meting is verricht op een frequentie van 10KHz, omdat deze redelijk overeen komt met het digitale signaal zoals dat uit een centrale komt (DCC)

De laatste meting is gedaan op 100kHz om het skin effect te tonen.

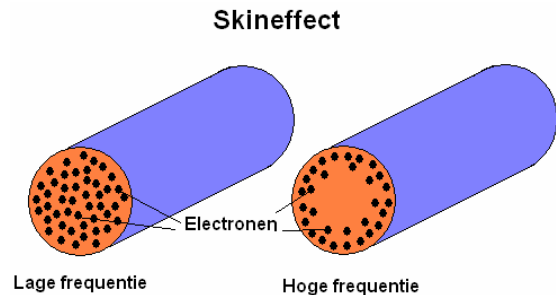
Voor de technici onder ons misschien een uitdaging om dit nader te onderzoeken met de Fourier analyse omdat het digitale signaal een blok vorm is en de metingen zijn verricht door middel van een sinus signaal.

Voor de andere lezers, het is niet nodig om een Fourier analyse te begrijpen en zal verder ook niet worden besproken.

### 17.1 Het Skin effect

Het skin effect treedt op naarmate de frequentie toeneemt.

Het is een verschijnsel waarbij de elektronen, dus de stroom door de draad, aan de buitenzijde van de geleider gaan zitten. (figuur 14)



Figuur 14.

De elektrische stroom zal zich dus verplaatsen aan de buitenzijde van de geleider, ongeacht de dikte van de geleider.

In het binnenste deel zal dus geen elektrische stroom gaan lopen.

Dit betekent dat naarmate de frequentie toeneemt, de binnenkant van de geleider (of ader) geen elektrische stroom geleid en de stroom zich aan de buitenzijde van de geleider concentreert.

Dit is ook de reden dat in hoogfrequent technieken vaak holle geleiders gebruikt worden.

Voor ons betekent dit dat de weerstand van de geleider, of dit nu de rails of de aangesloten draad is, zal toenemen indien de frequentie toeneemt.

### 17.2 De meet resultaten.

In de tabellen 6, 7 en 8 staan de gegevens van de meetresultaten vermeld bij verschillende condities. Er is gemeten aan massieve draad en aan draad wat bestaat uit meerdere aders.

Opgemerkt dient te worden dat de draad die uit meerdere aders bestaat, niet alleen uit koper bestaat, maar ook een vertinde buitenlaag heeft. Dit beïnvloedt de weerstand van de draad wel, maar de verschillen zullen niet groot zijn, althans niet op een normale lengte voor een modelspoorbaan. Verzilverde draad zal op zijn beurt ook andere resultaten opleveren, maar ook hier geldt dat de verschillen niet erg groot zullen zijn.

Je ziet ook dat er weinig verschil zit tussen de massieve en meervoudige draad.

De verschillen zijn zo klein, dat dit is te verwaarlozen, zelfs als het skineffect hierin wordt meegenomen.

Het zelfde geldt voor de spoorstaven.  
 Hoewel de gebruikte rails allemaal bestaat uit nikkel/zilver, kunnen de samenstellingen per fabrikant verschillen.

Ook hier kunnen dus verschillen in zitten.

De verschillen zullen hier wel groter zijn omdat de samenstelling per fabrikant sterk kan verschillen.

De gebruikte meter heeft een nauwkeurigheid van 0,0001 Ohm en er is gemeten op 30 cm draad of rail.

De spanningsval is gemeten bij een DCC signaal.

<b>30 cm Meervoudige draad (koper/vertind)</b>								
AWG	Weerstand 100 Hz	Weerstand 10 kHz	Weerstand 100 kHz	Spanningsval 1 A	Spanningsval 2 A	Spanningsval 3 A	Spanningsval 4 A	Spanningsval 5 A
#14	0,0023	0,0025	0,0055	0,0028	0,0052	0,0102	0,0156	0,0206
#16	0,0034	0,0035	0,0071	0,0037	0,0073	0,0148	0,0221	0,0298
#18	0,0043	0,0045	0,0090	0,004	0,009	0,017	0,027	0,035
#20	0,0099	0,0102	0,0152	0,011	0,021	0,043	0,064	0,085
#22	0,0157	0,0169	0,0369	0,015	0,031	0,062	0,092	0,123
#24	0,0251	0,0272	0,0589	0,024	0,049	0,099	0,148	0,197

**Tabel 6.**

<b>30 cm Massieve draad (koper)</b>								
AWG	Weerstand 100 Hz	Weerstand 10 kHz	Weerstand 100 kHz	Spanningsval 1 A	Spanningsval 2 A	Spanningsval 3 A	Spanningsval 4 A	Spanningsval 5 A
#10	0,0010	0,0013	0,0035	0,001	0,003	0,005	0,008	0,010
#12	0,0016	0,0019	0,0047	0,002	0,004	0,007	0,011	0,015
#14	0,0025	0,0026	0,0072	0,003	0,006	0,011	0,017	0,023
#18	0,0045	0,0047	0,0102	0,006	0,011	0,021	0,031	0,041
#20	0,01	0,0104	0,0161	0,012	0,022	0,045	0,067	0,089

**Tabel 7.**

<b>30 cm Nickel-Zilver (enkele rail)</b>								
Code	Weerstand 100 Hz	Weerstand 10 kHz	Weerstand 100 kHz	Spanningsval 1 A	Spanningsval 2 A	Spanningsval 3 A	Spanningsval 4 A	Spanningsval 5 A
100	0,0273	0,0273	0,0287	0,027	0,056	0,111	0,166	0,217
83	0,0422	0,0422	0,0436	0,042	0,085	0,127	0,172	0,255
70	0,0755	0,0755	0,0768	0,076	0,153	0,228	0,303	0,454
55	0,1105	0,1106	0,1112	0,111	0,221	0,334	0,446	0,664
Marklin Z	0,0678	0,0684	0,0785	0,068	0,134	0,198	0,268	0,333

**Tabel 8.**