



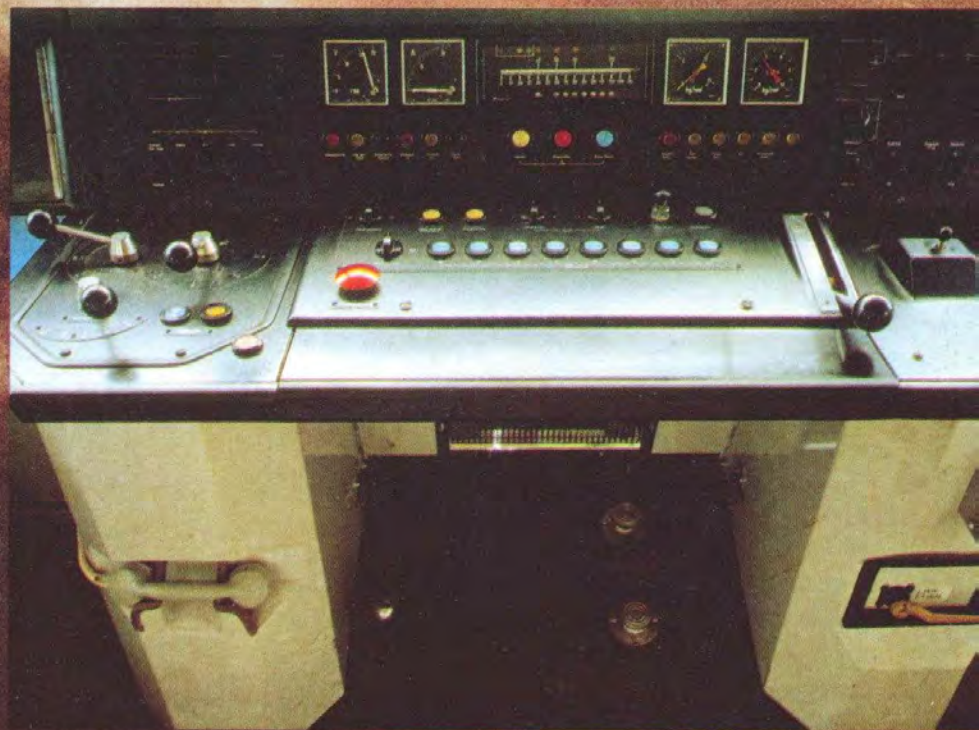
**De techniek  
staat  
de machinist  
terzijde**

Spoorwegbeveiligingssystemen zijn in de loop der jaren steeds verder geperfectioneerd. Bij de Nederlandse Spoorwegen is men sinds 1950 bezig om de oude armseinen te vervangen door lichtseinen. De zichtbaarheid van deze seinen is, vooral bij slechte weersomstandigheden, veel groter dan die van armseinen. Om echter een mogelijk falen van de man voorin de trein ook uit te sluiten zijn zgn. beïnvloedings-systemen ontwikkeld. Zij geven permanent informatie over de seinen langs de baan; indien de machinist aan deze seinen niet het juiste gevolg zou geven, brengen zij de trein automatisch tot stilstand. In dit artikel wordt uiteengezet hoe het systeem van Automatische Trein Beïnvloeding (ATB) bij de NS functioneert.



# AUTOMATISCHE TREIN BEVEILIGING

J. L. Berger  
*Nederlandse Spoorwegen  
Utrecht*





## Ontwikkeling van spoorwegbeveiligings-systemen

Bij het railverkeer, zoals dat bij de spoorwegen plaats vindt, kan de machinist alleen maar de snelheid van zijn voertuig regelen. Voor de andere aspecten van het besturen (het vrij zijn van de rijweg, de richtingskeuze via wissels, enz.) is hij afhankelijk van de 'vaste wal'. Hier wordt beschreven hoe - met name bij de Nederlandse Spoorwegen (NS) - de systemen, die nodig zijn om de machinist te informeren omtrent de snelheid die hij moet kiezen, steeds verder evolueerden tot een systeem van Automatische Trein Beïnvloeding.

Al in de beginjaren van het spoorwegverkeer is men er toe overgegaan om de machinist van een trein door middel van seinen langs de baan in te lichten of hij ongehinderd kon doorrijden

Rechts: Om treinen te laten rijden is een heel net van signalisatie, regeling en controle nodig. Om menselijk falen in dit complexe geheel zoveel mogelijk te vermijden, heeft men automatische controle-apparatuur gebouwd.

of dat hij moest remmen of zelfs stoppen. De machinist van een rijdende trein moet namelijk, om zijn taak goed te kunnen uitvoeren, van buitenaf geïnformeerd worden over de situatie die hij voor zich uit mag of moet verwachten, omdat de lange remwegen die in het treinverkeer onvermijdelijk zijn het onmogelijk maken om dit verkeer 'op zicht' af te wikkelen.

De seingeving gebeurde gedurende lange tijd met behulp van de ook thans nog aanwezige armseinen, totdat in de dertiger jaren een begin gemaakt werd met seingeving door middel van lichtseinen. De zichtbaarheid van lichtseinen is, vooral bij nacht en bij ongunstige weersomstandigheden, veel en veel groter dan die van armseinen, terwijl er ook meer - en meer gedetailleerde - informatie mee kunnen worden overgebracht.

De basis voor het bij de NS toegepaste lichtseinenstelsel wordt gevormd door de ook in in-

ternationaal verband overeengekomen kleurcode: groen - rijden, geel - remmen en rood - stoppen. De nuancerings in de seinbeelden voor 'rijden' en 'remmen' worden gegeven door het toevoegen van lichtcijfers. Zo betekent groen knipperlicht met cijfer 8 - rijden met 80 km/h en geel licht met cijfer 6 - remmen tot 60 km/h. Aan de vernieuwing van de seingeving en van het gehele beveiligingssysteem dat daarachter schuilgaat (automatisch blokstelsel, relaisbeveiliging, Centrale Verkeersleiding) is in de jaren na 1950 met kracht gewerkt (zie Intermezzo I).

De modernisering sluit reeds vele gevaren ten gevolge van een mogelijk menselijk falen uit, maar ondanks dat alles blijft de veiligheid van het spoorwegverkeer in laatste instantie afhankelijk van het juist reageren van de machinist op de opdrachten die hem door de seinen





langs de baan gegeven worden. In 1962, na een heel zwaar ongeval bij Harmelen, werd besloten om ook de laatste schakel aan het moderne beveiligingssysteem toe te voegen. Om de veiligheid van het spoorwegverkeer nog verder op te voeren besliste men over te gaan tot het installeren van een systeem van Automatische Trein Beïnvloeding - een systeem dat dient om de seinbeelden ook in de cabine zelf voor de machinist zichtbaar te maken, om zijn reacties op deze seinbeelden te controleren, en zonodig te corrigeren. Zo wil men voorkomen dat treinen met elkaar in botsing komen door een falen van de machinist om welke reden dan ook.

Alvorens over te gaan tot het beschrijven van dit door de NS gekozen systeem, wordt eerst een overzicht gegeven van de elders bestaande of in ontwikkeling zijnde systemen.

## Overzicht van systemen

Wanneer men op een trein wil controleren of voldaan wordt aan de opdrachten die de seinen aan de machinist geven, moet eerst een verbinding worden gemaakt tussen de beveiligingsapparatuur langs de baan en de rijdende trein. Zo kunnen dan deze opdrachten op de trein worden overgebracht. Bij de eerste pogingen om een dergelijke verbinding tot stand te brengen gebruikte men *mechanische systemen*: een hefboompje in of naast het spoor dat bij de onveilige stand van het sein in aanraking moest komen met een ander hefboompje op een ten onrechte passerende locomotief, waardoor dan een snelremming zou worden ingezet. Het eerste systeem, in 1920 volgens dit principe uitgewerkt, was van de Nederlandse spoorwegingenieur van Braam.





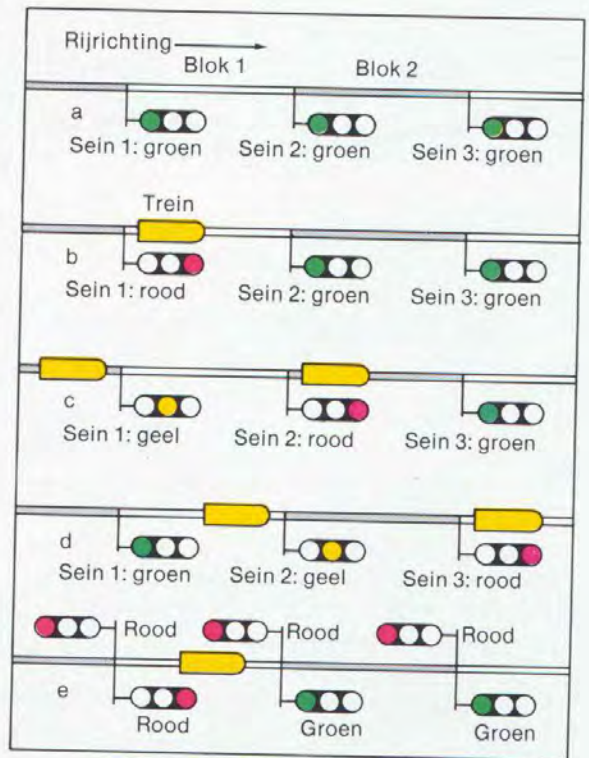
# Automatisch blokstelsel, relaisbeveiliging, centrale

De vernieuwing van de NS-beveiliging is vooral bedoeld om de veiligheid te verhogen. Echter, ook de noodzaak tot vergroting van de capaciteit van het spoorwegnet, de noodzaak om - vooral bij storingen - vanuit één centraal punt al het treinverkeer in een bepaald gebied te kunnen overzien en regelen, en de bedieningseisen van wissels, seinen e.d. ten behoeve van de 'seinhuiswachter', hebben een rol gespeeld bij deze vernieuwing.

Het *Automatisch Blokstelsel* is een beveiligingssysteem voor de 'vrije baan'. De vrije baan is de rijweg van het ene emplacement naar het volgende, ofwel een wat langer spoorgedeelte zonder wissels. Deze rijweg wordt door seinen in 'blokken' van ongeveer 1500 m verdeeld. Wanneer geen trein aanwezig is, staan al deze seinen op groen (zie Fig. I-1). Wanneer een trein sein 1 voorbijrijdt, wordt blok 1 bezet. Sein 1 gaat dan rood tonen om te voorkomen dat een tweede trein eveneens in blok 1 terecht komt. Wanneer de trein ook sein 2 gepasseerd is en blok 1 verlaten heeft, komt sein 2 op rood en sein 1 op geel. Door middel van dit gele sein krijgt een tweede trein die blok 1 binnenrijdt opdracht tot remmen. Deze trein mag blok 2, dat bezet is door trein 1, niet binnen rijden, maar moet voor het rode sein 2 tot stilstand komen. Deze seinvolgorde wordt via relaischakelingen automatisch tot stand gebracht. Ook het constateren van de blokbezetting vindt automatisch plaats.

Een uitbreiding van het automatisch blokstelsel is een systeem waarmee één spoor in twee richtingen bereden kan worden (zie Fig. I-1e). Wanneer een trein in een bepaalde richting over het spoor rijdt, tonen alle seinen in de tegenrichting rood, terwijl de seinen in de rijrichting volgens de automatische blokstelsel-voorwaarden functioneren. Op een groot aantal dubbelsporige baanvakken zijn beide sporen met dit tweerichtingssysteem uitgerust. Doordat dit blokstelsel één lang stuk tussen twee emplacementen (waarin zich maar één trein mag bevinden) in een aantal kortere blokken verdeelt, wordt de capaciteit van zo'n baanvak vergroot.

In de *relaisbeveiliging* wordt in het algemeen een emplacement vanuit één punt volledig bediend. Alle controles op het vrij zijn van rijwegen, het in de juiste stand liggen van wissels,





## verkeersleiding



Links: Fig. I-1. Een voorbijkomende trein zet in de blokken achter zich de seinen achtereenvolgens op rood, geel en weer groen. Zodra een andere trein het blok achter hem binnenkomt wordt deze door het gele sein vertraagd tot een snelheid van 40 km/h, zodat hij bij het volgende sein kan stop-

pen, wanneer dit blok nog bezet en het sein dus nog rood is. Om het verkeer zo flexibel mogelijk te houden, kunnen de meeste sporen in twee richtingen bereden worden. Bij bezetting van één blok zullen alle seinen in tegengestelde richting van het hele baanvak op rood staan.

bruggen, overwegen enz. worden via relais en relaischakelingen uitgevoerd. Ook de bediening van deze wissels vindt via drukknoppen elektrisch plaats. Op een paneel is de gehele sporenlayout van zo'n emplacement aangebracht. Door het bedienen van knoppen op dat tableau kunnen alle mogelijke rijwegen op het emplacement, van en naar de vrije baan verwezenlijkt worden. De gehele opbouw van de relaischakelingen is zodanig, dat door eventueel verkeerde bedieningshandelingen nooit 'gevaarlijke' rijwegen en seinstanden tot stand kunnen komen. Op het paneel worden treinposities, wissel- en seinstanden permanent zichtbaar gemaakt.

Dit staat in tegenstelling tot de *mechanische beveiliging*, waarbij wel sprake is van enige centralisatie (de bediening is geconcentreerd op en-

kele posten per emplacement) maar waarbij zowel de controles als de bediening via mechanische systemen plaats vinden. Hiertoe bestond er een ingenieus stelsel van trekdraden, hefboomen, vergrendelingen, pallen, enz.

Bij *Centrale Verkeers Leiding* (CVL) is de bediening van een aantal emplacementen in één post geconcentreerd. Door middel van een afstandsbediening worden de commando's naar verderweg gelegen emplacementen overgebracht en de informatie betreffende de situatie op dat emplacement naar de bedieningspost teruggestuurd. Doordat op één plaats de gehele treinsituatie van een gebied beschikbaar en beïnvloedbaar is, is een betere afhandeling van de steeds drukker wordende - treindienst mogelijk.



## Treinbeïnvloeding in België

Het bij de NMBS toegepaste treinbeïnvloedingssysteem is een intermitterend systeem, dat alleen ter plaatse van de voor- en hoofdseinen informatie geeft over het seinbeeld. Deze informatie wordt aan het railvoertuig overgedragen via een 'krokodil': een metalen plaat, aangebracht tussen de spoorstaven in, die afhankelijk van het getoonde seinbeeld, op een bepaalde spanning t.o.v. de spoorstaaf gebracht wordt: 0 Volt bij rood sein, + 18 Volt bij geel sein en - 18 Volt bij groen sein. Via een opneemborstel, die onder het railvoertuig gemonteerd is, en die bij het passeren contact maakt met de krokodil, wordt de informatie overgebracht naar de treinapparatuur. In deze treinapparatuur wordt de baaninformatie 'vertaald' in een cabinesignaal, dat overeen komt met het baansein.

Momenteel zijn twee varianten treinapparatuur in gebruik:

### *Het systeem Teloc*

De Teloc-apparatuur registreert alle binnenkomende baaninformatie en de reacties daarop van de machinist. Van de machinist wordt verwacht dat hij voor elk van de drie informaties een aparte kwiteerhandeling verricht waarmee hij zijn waakzaamheid toont. Bij ontvangst van geel of rood cabinesein kan de machinist toch voorkomen dat zijn trein gaat remmen of tijdens de remming deze beëindigen. Aan de hand van de registratie, die in de Teloc-apparatuur plaatsvindt, kunnen achteraf het ritverloop en de handelingen van de machinist gecontroleerd worden.

De mechanische systemen kwamen nimmer tot grote ontwikkeling of toepassing omdat zij niet voldoende bedrijfszeker bleken te zijn. Gedurende korte tijd is nog geëxperimenteerd met *optische systemen*, waarbij het signaal werd overgebracht op een foto-elektrische cel door een - al dan niet - onderbroken lichtbundel. Al spoedig bleek echter dat dergelijke gevoelige apparatuur in het spoorwegbedrijf te kwetsbaar was.

De mechanische en de optische systemen werden al spoedig achterhaald door de vandaag de dag nog toegepaste *elektrische systemen*. Hierbij strijkt een contactborstel onder aan de locomotief over een sleepstuk in de baan ter plaatse van een sein. Het sleepstuk staat onder positieve of negatieve spanning, afhankelijk van de stand van het sein. Dergelijke systemen zijn op grote schaal in Frankrijk en België in gebruik (zie Intermezzo II).

Een volgende fase kwam omstreeks 1930, met de uitvinding van de *inductieve systemen*. Hierbij beweegt een magneetspoel aan de trein op enige afstand boven een elektromagneet of een permanente magneet in de baan ter hoogte van het sein. De magneet in de baan is afgestemd op een bepaalde frequentie, welke frequentie wordt geïnduceerd in de spoel onder

aan de trein. Systemen volgens dit principe zijn op grote schaal in gebruik in Duitsland, Engeland, Zwitserland en Amerika.

Beide systemen, de elektrische en de inductieve met behulp van spoelen in de baan, hebben gemeen dat het *intermitterende systemen* zijn. Dit wil zeggen dat alleen op bepaalde punten langs de baan informatie op de trein wordt overgedragen, in het algemeen alleen daar waar seinen staan.

Daarnaast is in de USA een inductief systeem tot ontwikkeling gekomen waarbij continu, dus ononderbroken, informatie vanaf de baan op de trein wordt overgedragen, en waarbij de trein zijn toestemming om te rijden ook ononderbroken vanuit de baan moet ontvangen. Bij dit *continue systeem* worden de opdrachten die door de beveiligingsapparatuur aan de seinen worden gegeven bovendien via de rails uitgezonden in de richting van de aankomende trein. Op de trein zijn twee opneemspeelen gemonteerd die inductief de informatie uit het spoor opnemen. Door nu in de rails niet een continue maar een pulserende stroom te zenden, kunnen verschillende berichten worden overgedragen eenvoudig door de code, het aantal impulsen per minuut, te laten variëren. Systemen volgens dit principe van continue



### Het systeem Memor

Het systeem Memor is een uitbreiding van Teloc. Registratie vindt in deze apparatuur eveneens plaats. De uitbreiding t.o.v. Teloc bestaat uit het toepassen van snelremming: Bij verschijnen van een geel cabinesein dient binnen 4 sec gekwiteerd te worden, anders grijpt de Memor-apparatuur in door een snelremming. In tegenstelling tot Teloc is de snelremming bij Memor onherroepelijk. Voorbijrijden van een rood sein leidt ook tot snelremming.

Voor het toepassen van Memor dient aan de baanapparatuur per krokodil één condensator toegevoegd te worden. Men verwacht dat over ongeveer 3 jaar alle Teloc-installaties vervangen zullen zijn door Memor.



Boven: Het ATB bedieningskastje zoals het in het oudere materieel ingebouwd werd. Voor uitleg van de verschillende onderdelen zie Fig. 1 op de volgende pagina. Indien de trein, zoals hier, een elektropneumatische rem heeft, kan de machinist aan het remcriteriumlampje zien of hij voldoende geremd heeft.

informatie-overdracht zijn dus tot ontwikkeling gekomen in Amerika, maar werden nadien ook toegepast in Rusland en Japan (de nieuwe Tokaidolijn) en in enkele metrosystemen (Stockholm, Londen, Milaan en Rome).

Naast de systemen met informatie-overdracht via de rails, wordt in de laatste jaren in Duitsland ook geëxperimenteerd met een systeem waarbij de informatie wordt overgedragen via een in het spoor gelegde kabel. Zo kan men een groter aantal informaties overdragen dan bij een railsysteem mogelijk is.

Een globale vergelijking van de intermitterende en continue systemen, wijst uit dat een *continu systeem* principieel een belangrijk hogere graad van veiligheid zal bieden dan een *intermitterend systeem*. Immers: bij een continu systeem moet de trein zijn machtiging om te rijden uit het spoor ontvangen. Het wegvallen van die machtiging betekent onmiddellijk een opdracht om te remmen, die niet genegeerd kan worden. Bij een intermitterend systeem blijft bij de afwezigheid van informatie de machtiging om te rijden behouden. Wordt dus een remopdracht door storing van de apparatuur niet gegeven, of niet ontvangen, dan kan de trein ten onrechte toch doorrijden. Een ander punt dat uit veiligheidsoogpunt van groot belang is, is dat wanneer na het passeren van een 'veilig' sein het volgende sein, om welke reden dan ook, op 'stop' gezet wordt, het continue systeem de bijbehorende remopdracht alsnog direct aan de trein doorgeeft. Bij een intermitterend systeem, dat tussen twee seinen in normaal geen enkele informatie doorgeeft, blijft de toestemming om met volle snelheid door te rijden gehandhaafd.

Het omgekeerde van deze situatie, het 'veilig' gaan tonen van een sein nadat de trein dit sein reeds gepasseerd is, toont een plezierig facet van een continue systeem. De remopdracht die door het voorbijgereden sein gegeven is, wordt door het continue systeem onmiddellijk herroepen en de machinist mag het remmen staken en de snelheid van de trein weer verhogen, óók al kan hij het volgende sein nog niet persoonlijk waarnemen. Bij het intermitterende systeem wordt de remopdracht niet herroepen en zet onder bepaalde omstandigheden de trein zijn remming voort. Ook al kan de machinist de verbetering van het volgende sein met eigen ogen waarnemen, zijn machine kan dat nog niet.









## Globale beschrijving van het ATB systeem

Het systeem dat in 1962 door de NS gekozen werd, is een systeem met continue informatie-overdracht via de rails (zie Fig. 2). We bezien de werking eerst in vogelvlucht:

Vanaf het sein wordt de voor de trein bestemde informatie in gecodeerde vorm in het spoor gestuurd, de trein tegemoet. Bovendien worden, waar nodig, door middel van lichtcijfers de vereiste snelheden aangegeven. Deze snelheidsindicatie aan de seinen zou dus per decade mogelijk zijn. Terwille van de eenvoud en de economie is echter bij de ATB gekozen voor 5 snelheidstrappen, te weten:

*140 km/h:* de maximaal toegelaten snelheid op het NS-net.

*130 km/h:* de maximale snelheid op een groot aantal baanvakken.

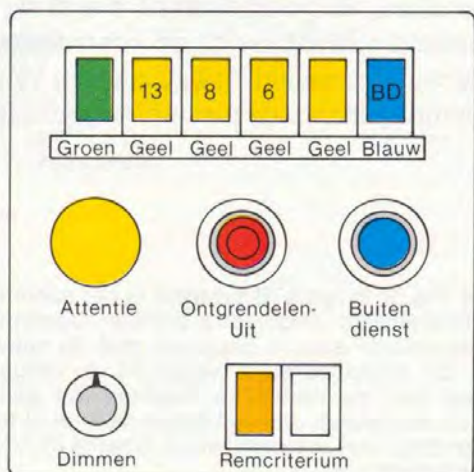
*80 km/h:* een tussensnelheid die vereist wordt op regelmatig voorkomende lange wisseltypen.

*60 km/h:* een tussensnelheid op lange wissels.

*40 km/h:* de snelheidstrap voor de lage snelheid vereist op het veel voorkomende korte wisseltype. Bovendien betekent het: remmen naar lage snelheid en rekenen op stoppen.

Links: Als een trein een ATB baanvak binnenkomt, moet de bestuurder de attentieknop indrukken om het systeem in werking te stellen, zoniet volgt automatisch een snelremming.

Onder: Fig. 1. In de oudere treinen is het ATB-signaleringspaneel in een apart kastje ondergebracht. We zien de lampjes groen, geel (met de toegelaten snelheden) en blauw (buiten dienst). 's Avonds kunnen de lampjes gedimd worden. De apparatuur kan bij het indrukken van de attentieknop - en de juiste baansignalen - in werking treden. Onder andere na ATB-snelremming moet de ontgrendelknop bediend worden. Dit wordt aangegeven door het rode lampje in de knop. Dit wordt aangegeven door het rode lampje in de knop.





Afhankelijk van de situatie op de baan en van de stand van de seinen wordt dus een informatie in het spoor gezonden overeenkomende met één van deze vijf snelheidstrappen. Vooraan de locomotief (of treinstel), vóór de eerste as en op ca. 20 cm boven de rails, zijn twee opneemscoepen bevestigd die de informatie inductief uit het spoor opnemen en doorgeven aan de centrale apparatenkast. Daar wordt in de eerste plaats de ontvangen informatie versterkt en gedecodeerd. De terugvertaalde informatie wordt naar de cabine van de machinist gestuurd en daar als zgn. cabinesein aan hem getoond.

In het oudere materieel is, bij de inbouw van ATB een apart cabinesignaleringskastje in de cabine geplaatst (zie Fig. 1). In nieuw materieel worden de indicatielampjes in de snelheidsmeter en de drukknoppen in de bedieningstafel geïntegreerd. De genoemde vijf snelheidstrappen worden de machinist getoond door resp. een groen lampje, een geel lampje met cijfer 13, 8 of 6 en een geel lampje zonder cijfer. De centrale apparatenkast krijgt ook doorlopend informatie omtrent de feitelijke snelheid van de trein, vanaf de zgn. asgenerator die op één van de assen gemonteerd is. De informatie uit het spoor geeft dus continu de toegelaten snelheid; de asgenerator geeft de werkelijke snelheid. Is de werkelijke snelheid op enig moment hoger dan de toegelaten snelheid, dan gaat er vanuit de apparatenkast een remopdracht naar de machinist. Vanuit de cabine wordt dan een bericht terugverwacht dat aan de opdracht voldaan is. Als dit bericht niet, of niet tijdig, komt dan grijpt de apparatuur zelf in en stelt de remmen in werking.

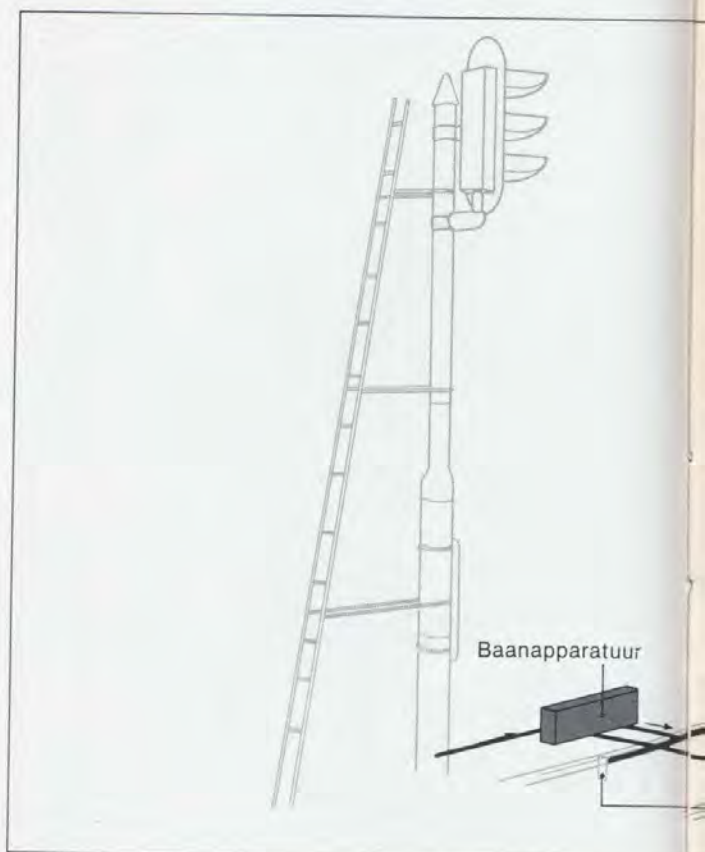
Het systeem moet dus een aantal verschillende taken tegelijk uitvoeren: het tonen van de cabineseinen; de voortdurende bewaking van de snelheid van de trein; de controle op de reactie van de machinist; het inleiden van een snelremming indien de machinist mocht falen.

Rechts: Fig. 2. In het ATB systeem is het spoor opgedeeld in elektrisch geïsoleerde blokken. Daarin wordt een gecodeerde stroom gestuurd, met de seininformatie. De treinapparatuur vergelijkt de toegelaten snelheid met de werkelijke snelheid die gemeten wordt op een wielas. Als de bestuurder niet of foutief reageert grijpt het systeem zelf in, waarna de trein tot stilstand komt.

## Het tonen van de cabineseinen

De cabineseinen geven de machinist doorlopend op elk punt van de baan aan, welke eisen de beveiliging op dat moment aan hem stelt. Konkreet: met welke snelheid hij mag rijden of tot welke snelheid hij moet afremmen. Dit in tegenstelling tot de seinen langs de baan die hem deze informatie gemiddeld om de 1500 m verschaffen. Het belang van deze continue seingeving is zonder meer duidelijk wanneer wij denken aan mist, aan bochten in de baan waardoor een sein eerst op korte afstand zichtbaar wordt, of het tussentijds verbeteren of verslechteren van de situatie die een onmiddellijke reactie van de machinist wenselijk of noodzakelijk maken.

In het dagelijks spraakgebruik zijn wij gewend te zeggen dat de cabineseinen de seinen langs de baan herhalen, hoewel deze uitspraak strikt genomen niet juist is. Een meer juiste, maar minder hanteerbare omschrijving zou zijn: De cabineseinen geven op elk punt van de baan de opdracht weer die een sein langs de baan gegeven zou hebben, indien er op dat punt een sein gestaan zou hebben.





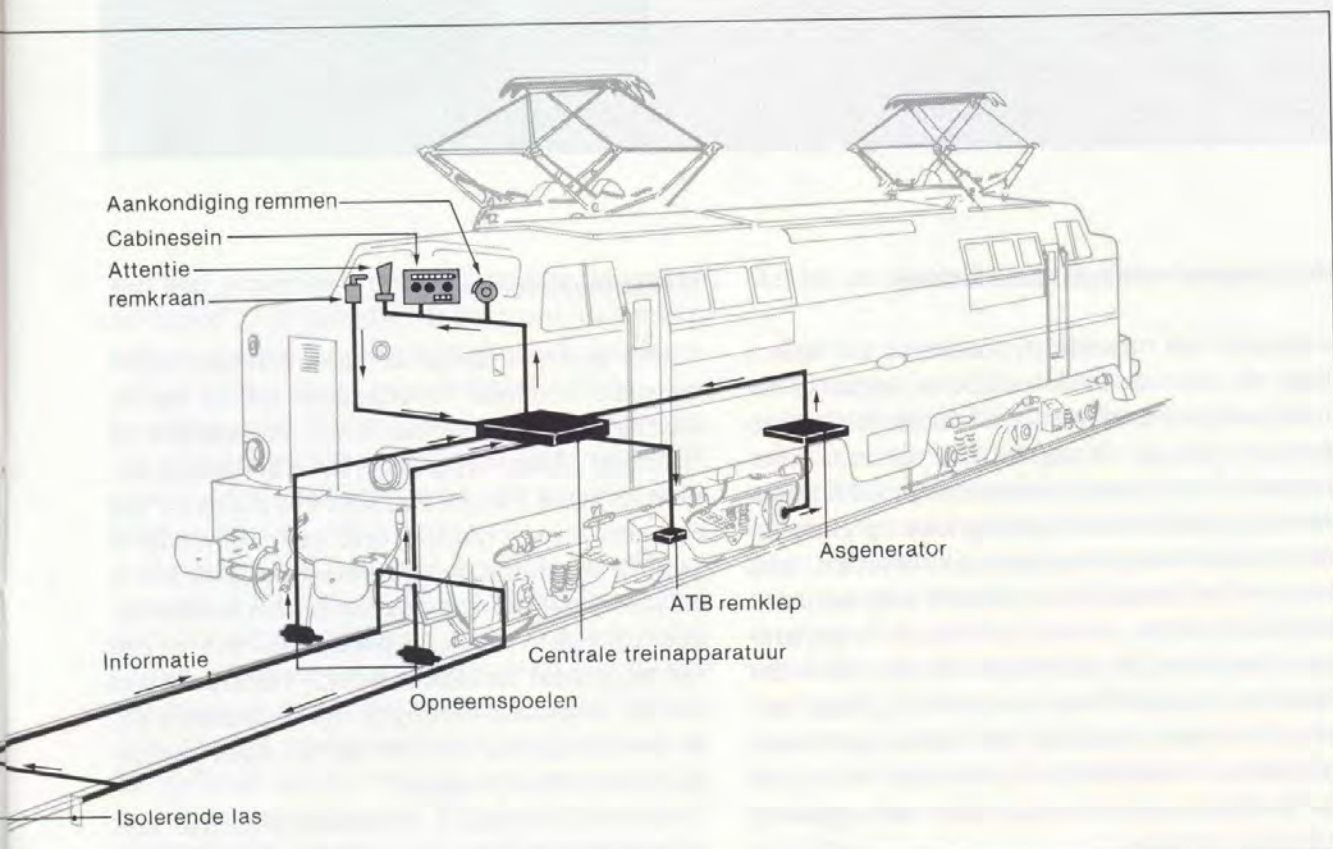
## De voortdurende bewaking van de snelheid

De apparatuur vergelijkt doorlopend de toegelaten snelheid met de werkelijke snelheid van de trein; zolang de werkelijke snelheid beneden de toegelaten snelheid blijft, is de machinist vrij in zijn handelingen. Wordt de werkelijke snelheid echter groter dan de toegelaten snelheid, dan wordt een remming vereist. Dit gebeurt wanneer de trein een sein passeert dat remmen naar een lagere snelheid opdraagt of doordat de machinist de snelheid van zijn trein per ongeluk opvoert boven het ter plaatse toegelaten niveau.

Passeert de trein met een snelheid van 120 km/h een sein dat remmen naar 60 km/h opdraagt, dan ontvangt hij voorbij dat sein meteen het bericht: Vereiste snelheid 60 km/h. De werkelijke snelheid is echter nog 120 km/h; er moet dus geremd worden. De machinist wordt op de cabine-seinwisseling attent gemaakt door een gongslag. Is de vereiste snelheid bereikt dan is de apparatuur weer tevreden, maar zou de machinist bij vergissing zijn snelheid weer boven de 60 km/h willen opvoeren dan volgt opnieuw een remopdracht.

## De controle op de reactie van de machinist

Volgens de bestaande reglementering is de machinist verplicht om een remming in te zetten, ten laatste bij het passeren van het sein dat remmen opdraagt. Hij kan echter al veel eerder beginnen te remmen, van zodra hij het sein in zicht krijgt. Indien zo gehandeld wordt (en dit is gelukkig regel) dan komt de ATB alleen nog maar als mosterd na de maaltijd, want eerst een paar seconden na het passeren van het sein wordt de nieuwe opdracht in het cabinesein herhaald. Indien de juiste remming dan reeds ingezet is volgt er geen afzonderlijke ATB opdracht meer. Zou de machinist nog niet, of niet voldoende sterk, geremd hebben, dan krijgt hij alsnog een laatste opdracht via een belsignaal. Indien hij daarop alsnog direct reageert is het systeem toch nog tevreden. De ATB apparatuur controleert dus of er tijdig geremd wordt en of de remming niet bij vergissing te vroeg wordt onderbroken. Zodra de vereiste snelheid bereikt is krijgt de machinist, weer door een belsignaaltje, toestemming om de remmen te lossen (dit om te voorkomen dat de snelheid onnodig laag zou worden).







### Het inleiden van een snelremming

Mocht een machinist, ondanks de seinen langs de baan en in de cabine en ondanks het belsignaal, niet of niet voldoende sterk remmen dan brengt de apparatuur de trein automatisch tot stilstand. Een vanuit de ATB apparatuur ingeleide snelremming kan op geen enkele manier ongedaan gemaakt worden, niet door de machinist door ook zelf nog een remming in te zetten, en ook niet door de apparatuur, wanneer bij voorbeeld tijdens de remming het volgende sein van rood in groen verandert en een remming dus, strikt genomen, niet meer noodzakelijk is. De machinist kan pas de beheersing over zijn trein verkrijgen na volledige stilstand.

### Het cabinesein 'geel'

Een geel sein langs de baan betekent reglementair: Snelheid verminderen tot 40 km/h, daarna 'op zicht' verder rijden en rekenen op 'stoppen'. Deze bepaling is letterlijk overgenomen in het ATB systeem. Na het passeren van een geel sein verandert ook het cabinesein in geel, de machinist moet remmen naar 40 km/h en wordt daarna vrij gelaten bij het verder rijden 'op zicht'. De ATB dwingt dus wel tot een remming naar de lage snelheid, verhindert wel het bij vergissing verhogen van de snelheid tot boven dit niveau van 40 km/h, doch dwingt niet positief tot stoppen.

Het zou uiteraard technisch mogelijk zijn deze dwang tot stoppen in het systeem op te



nemen, maar in de praktijk zou dit leiden tot bijzonder onaangename consequenties. In de eerste plaats zouden praktisch alle treinen ver vóór het stopsein tot stilstand komen daar de seinafstanden variëren van 1000 tot 1800 m en de treinen in grote meerderheid binnen 1000 m tot stilstand kunnen komen. Zij moeten echter tot stilstand komen *bij* het sein want daar is de mogelijkheid om via een telefoon nadere instructies te vragen. In de tweede plaats wordt in de exploitatie regelmatig gebruik gemaakt

den 40 km/h botsingen, door misverstand of plotseling onwel worden van de machinist niet door de ATB kunnen voorkomen worden. Daarom is de bestuurder verplicht om regelmatig, met tussenpozen van ten hoogste 20 s, een zgn. kwiteerknop te bedienen ten teken dat hij attent is op de mogelijke nadering van een gevaarpunt. Laat de machinist de bediening van deze kwiteerknop achterwege, dan volgt alsnog automatisch de snelremming vanuit het ATB systeem.

Links: De centrale kast is bij de Sprinter treinstellen (zie ook de foto rechts) in de buurt van de deuren ingebouwd. Ze bevat alle elektronica en is opgebouwd volgens een module-systeem, zodat defecte gedeelten heel snel kunnen worden vervangen. Onderaan zien we ook de zgn. B-relais (veiligheidsrelais). Bij de huidige stand van de techniek zou het geheel veel kleiner uitgevoerd kunnen worden. Dat dit (nog) niet gebeurt komt omdat aan dergelijke apparatuur heel hoge veiligheidseisen worden gesteld.

Rechts: Een proefserie van vijftien 'Sprinter' treinstellen kwam halfweg de zeventiger jaren in dienst. Nu rijden er vijftenzeventig in het westen van Nederland. Zij hebben tweemaal zoveel motoren (één per draaistel) als de oude treinstellen. De machinist kiest zijn snelheid door middel van drukknoppen, een automatische regeling doet de rest.



van wat genoemd wordt 'binnenkomst op bezet spoor'. Dit is nodig bij het combineren van treinen en bij het voortbrengen van een locomotief voor een gereedstaande trein. En tenslotte moet het mogelijk zijn om een sein dat niet om veiligheidsredenen maar tengevolge van een storing op rood staat, met lage snelheid voorbij te rijden.

De algemeen gangbare praktijk bij toepassing van ATB met continue beïnvloeding is dan ook om de mogelijkheid te bieden 'op zicht' verder te rijden, rekening houdend met de seinen langs de baan. Dit natuurlijk alleen indien de machinist op de juiste wijze geremd heeft en de snelheid van de trein tot het lage snelheidsniveau is teruggebracht. Zonder verdere voorzorgsmaatregelen zou dat betekenen dat bene-

### Het in- en uitschakelen van de treinapparatuur

Komt een trein voorzien van ATB apparatuur van een baanvak dat nog niet van de nodige apparatuur is voorzien op een ander baanvak waar dit wel het geval is, dan moet de treinapparatuur worden ingeschakeld. Deze inschakeling zou volledig automatisch vanuit de baan tot stand kunnen komen, doch om op dat moment zeker te zijn van het goed in dienst komen van het gehele systeem, wordt bij dit inschakelen de medewerking van de machinist vereist. Hij moet op zijn ATB paneel de 'attentie'-knop indrukken. Blijft de inschakeling of de medewerking van de machinist daarbij achterwege, dan volgt automatisch remming tot stilstand.



Bij het verlaten van een ATB baanvak moet de treinapparatuur op 'buiten dienst' geschakeld worden. Dit gaat door middel van een speciale uitschakelinformatie vanuit de baan; een handeling van de machinist is hierbij niet vereist. Wel wordt hij hierop attent gemaakt door een aantal gongslagen in de cabine.

### Technische uitvoering van de baanapparatuur

Bij de technische uitvoering van het systeem onderscheiden we de baanapparatuur en de treinapparatuur. De opdrachten van het beveiligingssysteem worden gecodeerd ingevoerd in de zgn. codelijnen en via deze circuits overgebracht op de 'spoorstroomlopen'. Deze geïsoleerde spoorstroomlopen zijn ook reeds voor de beveiliging aanwezig. Hiermee wordt namelijk gedetecteerd of een spoorgedeelte, een 'blok', al dan niet bezet is (zie Intermezzo I). Deze detectie is mogelijk door de spoorstaven van bepaalde spoorgedeelten te isoleren en op te nemen in een elektrisch circuit. Het kortsluiten van beide spoorstaven door de assen van de trein geeft dan spoorbezetting aan. Deze zelfde spoorstroomlopen worden nu gebruikt om bij bezetting door een trein dat gedeelte van het spoor met een gecodeerde stroom te voeden. Dit gebeurt door de stroom te laten pulseren. De codelijnen dienen om aan al de geïsoleerde spoorstroomlopen die zich tussen twee seinen bevinden de juiste gecodeerde informatie toe te voeren (zie Intermezzo III).

Rechts: De elektrische ATB signalen worden inductief overgebracht naar een spoel onder de trein. Deze spoel is op de foto links onder de traprede duidelijk te zien.

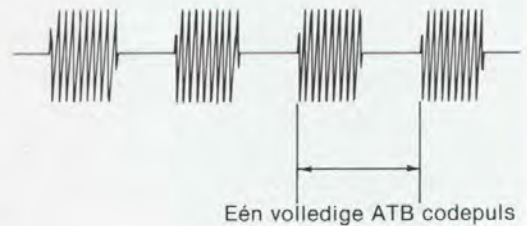
Geheel rechts: De werkelijke snelheid van de trein wordt via de wielas gemeten. Dergelijke toestellen moeten aan hoge eisen van bedrijfszekerheid voldoen. Het defect raken van de asgenerator leidt direct tot een ATB-snelremming.

## Het ATB baansignaal

Als 'draaggolffrequentie' van het ATB baansignaal is 75 Hz gekozen. Het aantal aan/uitschakelingen per minuut bepaalt de maximaal toegestane snelheid van de trein, waarvoor het betreffende baansignaal bestemd is. Het baansignaal ziet er dus uit als in Fig. III-1. De toegepaste 'codefrequenties':

- 220 ATB codepulsen per minuut: geel 6; maximaal 60 km/h
- 180 ATB codepulsen per minuut: geel 8; maximaal 80 km/h
- 120 ATB codepulsen per minuut: geel 13; maximaal 130 km/h
- 96 ATB codepulsen per minuut: groen; maximaal 140 km/h

Onder: Fig. III-1. Een ATB puls gaat 1 tot 4 maal per seconde 'aan' en 'uit'. Het 'aan' signaal heeft zelf een frequentie van 75 Hz.





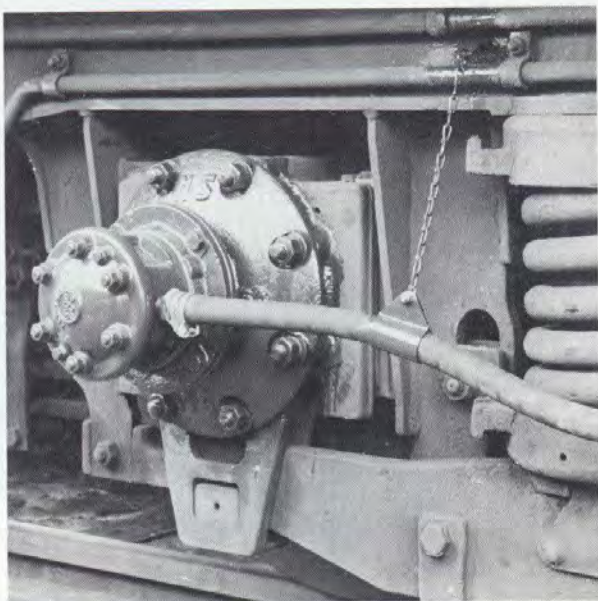
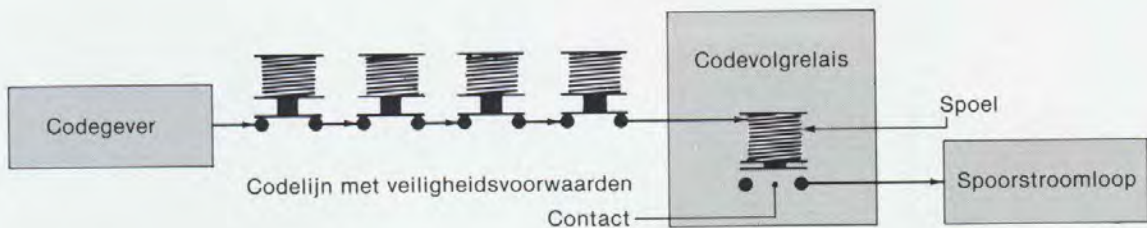
75 ATB codepulsen per minuut; code t.b.v. automatisch uitschakelen  
 'geen code': geel; maximaal 40 km/h.

De voor de ATB baansignalen benodigde 75 Hz spanning wordt met behulp van roterende omvormers van het landelijke 50 Hz-net afgeleid. Zij komt via een hoogspanningskabel (3000 V) en transformatoren in de relaiskasten met baanbeveiligingsapparatuur. Ook de andere baanschakelingen werken op 75 Hz. De ATB codefrequenties worden ter plaatse gegenereerd door 'codegevers': mechanische oscillatoren, die zeer nauwkeurig het gewenste coderitme kunnen produceren. De door de codegever opgewekte, in het ATB coderitme pulserende spanning wordt

via een codelijn op een 'code-volgrelais' aangesloten (zie Fig. III-2). In de codelijn zijn alle veiligheidsvoorwaarden voor het aanbieden van de betreffende ATB code, via relaiscontacten, opgenomen. Wanneer dus aan alle veiligheidsvoorwaarden voldaan is, schakelt het codevolgrelais in het door de codegever bepaalde ritme aan en uit. Via contacten op dit codevolgrelais wordt de 75 Hz spanning op het spoor aangesloten. Alle relais die in de baanschakelingen toegepast worden, zijn veiligheidsrelais, d.w.z. zeer robuuste en uiterst betrouwbaar werkende relais, die door de constructie én de toepassing in de schakelingen niet tot onveilige seinbeelden kunnen leiden.

Onder: Fig. III-2. Een schakeling controleert of aan alle veiligheidsvoorwaarden voldaan is voor het aanbieden van de ATB aan-uit code. Wanneer dat

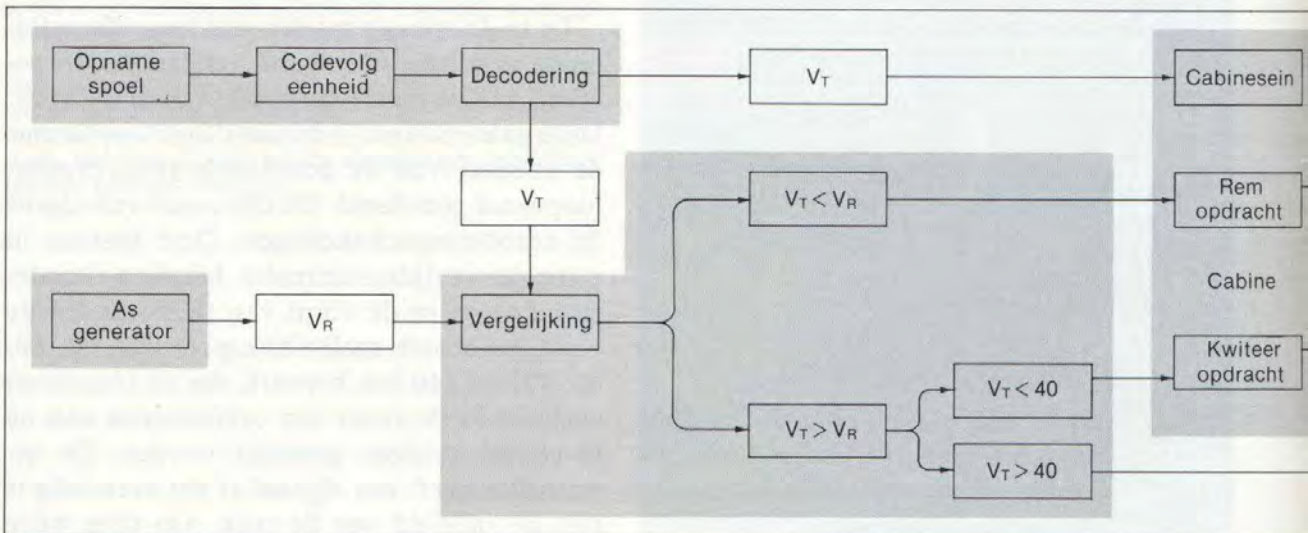
het geval is, wordt de spoorstroomloop gevoed door het codevolgrelais, dat met de juiste frequentie opent en sluit.



### Werking van de treinapparatuur

De in de opneemspoelen geïnduceerde pulserende wisselspanning wordt versterkt en toegevoerd aan de codevolgeenheid CR (zie Fig. 3). Deze gaat pulseren in hetzelfde ritme waarmee de voeding van de geïsoleerde spoorstroomloop werd gecodeerd. De CR stuurt vervolgens de decoderingsschakelingen. Deze bestaan in principe uit tijdmeetcircuits. Uit deze decoding komen in de vorm van relaisstanden de reeds genoemde snelheidstrappen van 40, 60, 80, 130 en 140 km/h voort, die als toegelaten snelheid in de vorm van cabineseinen aan de machinist kenbaar gemaakt worden. De as-generator geeft een signaal af dat evenredig is met de snelheid van de trein. Op deze wijze









zijn dus zowel de maximaal toegelaten snelheid  $V_T$  als de reële snelheid van de trein  $V_R$  aan de apparatuur bekend. Deze beide snelheden worden nu met elkaar vergeleken, waarbij zich de volgende gevallen kunnen voordoen:

$$V_T > V_R:$$

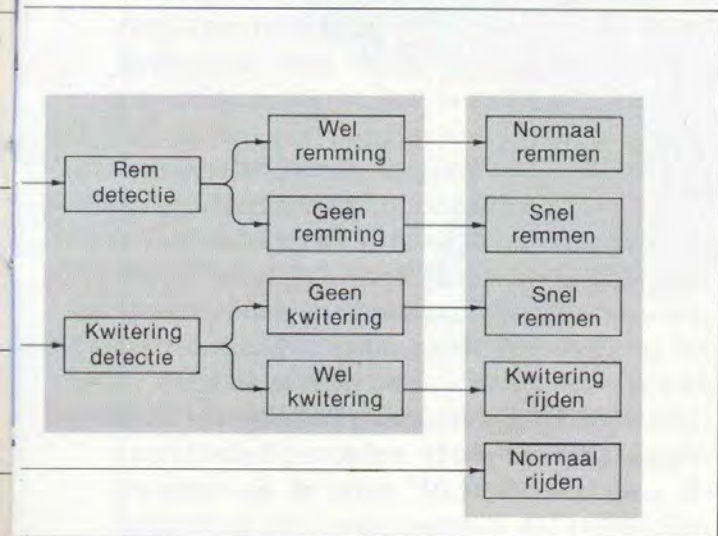
Hierbij is nog weer onderscheid te maken in:  $V_T > 40$  km/h: De machinist kan dan zonder meer zijn snelheid kiezen mits deze maar kleiner blijft dan  $V_T$ .

$V_T < 40$  km/h: De machinist kan zijn snelheid kiezen tussen 0 en 40 km/h, maar hij is dan verplicht elke 20 s de kwiteerknop te bedienen, om te melden dat hij attent is op de mogelijke nadering van een gevaarpunt. Er gaat daarom elke 20 s een attentiesignaal naar de cabine en er wordt gedetecteerd of inderdaad gekwiteerd wordt; zo nee, dan volgt snelremming.

$$V_T < V_R:$$

In dit geval gaat er een remopdracht naar de cabine. De ATB moet nu vanuit het remsysteem de melding ontvangen dat een remming is ingezet. Blijkt bij deze detectie dat niet geremd wordt dan volgt automatisch snelremming tot stilstand. Wordt er wel geremd dan behoudt de machinist de beheersing over zijn trein en kan hij, wanneer de vereiste lagere snelheid bereikt is, zijn remming normaal beëindigen.

Links: In de nieuwe treinstellen van de 'Sprinter' zijn de ATB bedieningsknoppen al ingebouwd in het stuurpaneel.



Links: Fig. 3. De treinapparatuur in blokschema. De gedecodeerde informatie gaat naar de cabine en wordt vergeleken met de werkelijke snelheid. Indien nodig, geeft het ATB-systeem rem- of kwiteeropdrachten aan de machinist. De rem- en kwiteerdetectoren controleren of die opdracht uitgevoerd wordt en kunnen zonodig een snelremming inzetten.



## De veiligheid van spoorwegbeveiligingsapparatuur

Een eis die aan spoorwegbeveiligingsapparatuur gesteld wordt, is dat wanneer ergens een defect optreedt, dit nooit mag leiden tot een onveilige seingeving (dit geldt zowel voor de baansein en als voor de ATB cabineseinen). Men noemt dit de 'fail-safe' eis.

Een toepassingsvoorbeeld van deze eis is het seinbeeld 'geel' met cijfer '8'. De betekenis van dit seinbeeld: afremmen tot 80 km/h. Wanneer nu door een defect in de apparatuur de '8' gedoofd zou zijn, wordt het seinbeeld geel, hetgeen betekent: afremmen tot lage snelheid en rekenen

op stoppen. Het defect leidt dus tot een restrictiever opdracht, namelijk afremmen tot lage snelheid, in plaats van afremmen tot 80 km/h. Een ander voorbeeld is het continu treinbeïnvloedingssysteem. Wanneer tengevolge van een defect, bijvoorbeeld in de aansluitkabel aan het spoor, geen code in de spoorstaven terecht zou komen, terwijl code 130 (geel 13) aangeboden zou moeten worden, moet een trein daar ten hoogste 40 km/h gaan rijden.

Als gevolg van deze 'fail-safe' eis zijn de schakelingen in de spoorwegbeveiligingsapparatuur

Fig. 4: Een overzicht van het ATB net. De vakken in volle lijn zijn al in dienst. De vakken in stippellijn moeten tegen 1986 klaar zijn.





vaak zeer gecompliceerd en de kwaliteitseisen van de toegepaste componenten zeer hoog. Dit leidt er ook toe dat nieuwe technieken (bijvoorbeeld micro-elektronica) niet meteen toepassing vinden in de beveiligingsapparatuur. Eerst moet zeer grondig onderzocht zijn, welke defecten en foutieve werkingen in dergelijke nieuwe en onbekende apparatuur op kunnen treden en hoe schakelingen gerealiseerd kunnen worden, die tegen die defecten bestand zijn. Pas dan wordt hun invoering mogelijk en verantwoord.

### Ontwikkeling tot op heden

Het aanbrengen van *baanapparatuur* vereist de aanwezigheid van moderne beveiliging, met name geïsoleerde spoorstroomlopen. Deze moderne beveiliging was eind 1960 slechts op  $\pm 40\%$  van het net aanwezig en er zijn daarom twee gescheiden programma's opgezet: Het aanbrengen van de aanvullende ATB-apparatuur op die baanvakken die reeds van moderne beveiliging zijn voorzien en een moderniseringsprogramma voor het overige, grootste deel van het net. Dit moderniseringsprogramma houdt het aanbrengen in van: automatisch blokstelsel op de vrije baan; relaisbeveiliging op de emplacementen; centrale verkeersleiding installaties; automatische beveiliging van nagenoeg alle bewaakte overwegen en van zeer vele onbeveiligde overwegen; de baanapparatuur voor de ATB. De programma's zijn beide in uitvoering en thans is ruim 1100 km van het net uitgerust met ATB baanapparatuur. Het gehele programma ( $\pm 1800$  km) zal omstreeks 1985 voltooid zijn.

Het ontwerp van *treinapparatuur* stamt uit 1962. Het is een combinatie van traditionele relaistechniek en van, voor die tijd moderne, elektronica. Na aanloopmoeilijkheden op het eind van de zestiger jaren is in het begin van de jaren zeventig de apparatuur (fase II genaamd) operationeel geworden. (Fase I betreft een experiment uit de jaren '50.) Met deze fase II-apparatuur zijn op dit ogenblik 435 treinstellen

en 129 locomotieven uitgerust. In 1972 is een geheel nieuwe opzet van de ATB treinapparatuur ontworpen: fase III. De voordelen van dit ontwerp t.o.v. fase II zijn onder andere: betere onderhoudsmogelijkheden; minder bewegende delen en dus minder slijtage; snellere codewisselingen; modernere en bedrijfszekerder componenten (fase II componenten zijn niet alle meer leverbaar); hogere bedrijfszekerheid.

In 1975 is een prototype serie van 15 fase III-ATB kasten in dienst genomen. Nadat de in de praktijk noodzakelijk gebleken verbeteringen in het ontwerp verwerkt waren, is de fase III-treinapparatuur sinds 1978 operationeel. Momenteel zijn ruim 100 locomotieven en treinstellen van fase III-apparatuur voorzien. Er zijn ook plannen voor nieuw materieel en voor gedeeltelijke vervanging van fase II-kasten door fase III bij de revisie.

### Mogelijke ontwikkeling in de toekomst

Met betrekking tot de baanapparatuur bestaan momenteel geen concrete plannen: Vanwege de sterk verhoogde veiligheid door het ATB systeem is gekozen voor het zo snel mogelijk voltooien van het programma. Wel vinden regelmatig ontwikkelingen plaats die bepaalde componenten of schakelingen in de bestaande baanapparatuur verder verbeteren.

De huidige fase III-apparatuur functioneert goed, zodat om die reden een nieuw ontwerp niet noodzakelijk is. De huidige ontwikkelingen in het toepassen van microprocessors in de spoorwegbeveiliging wijzen er echter op, dat binnen een beperkt aantal jaren ATB treinapparatuur, bestuurd door een microcomputer, mogelijk wordt. Gezien de voordelen die 'fase IV' lijkt te zullen gaan bieden, worden deze ontwikkelingen bij de NS met belangstelling gevolgd.

---

#### Literatuur

*De beveiliging bij de Nederlandse Spoorwegen*, Op de Rails, december 1980 (themanummer).

#### Bronvermelding illustraties

Nederlandse Spoorwegen, Utrecht: pag. 260 (inzet), 262-263, 264-265, 268-269.

Algemene Sein Industrie B.V.: pag. 267, 272, 274 links, 274 rechts.

Holec, Machines & Systems Group, Slikkerveer: pag. 273, 276-277.

---