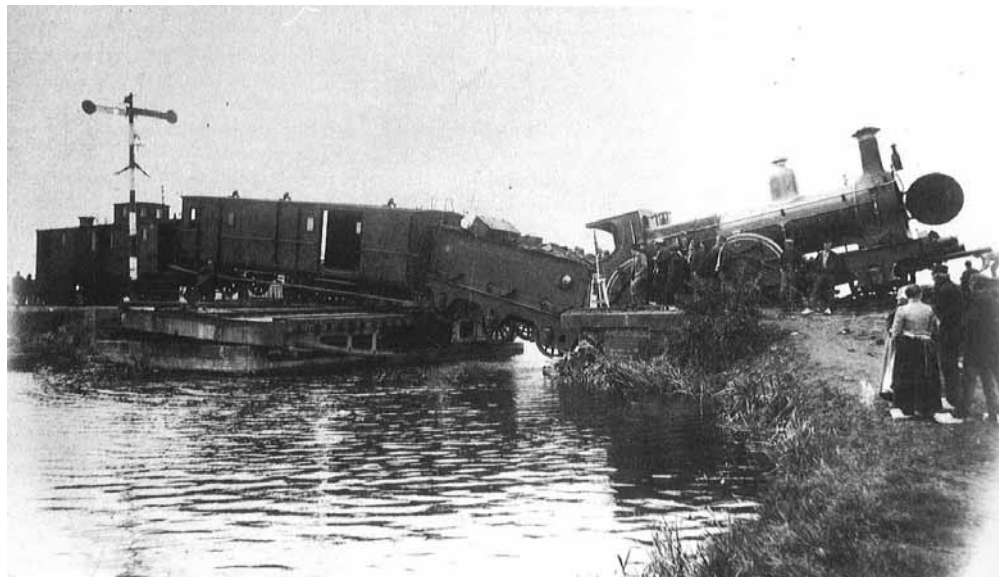


# VEILIGHEID BEWEEGBARE SPOORBRUGGEN

ir. Gert-Jan van Westerlaak (Movares) , ing. Paul Vos (Prorail) en Aad Moor, (Baas R&D)

## Introductie

Het veilig passeren van een beweegbare brug door een trein, werd in het verleden door de brugwachter en later door een omvangrijk mechanisch systeem gegarandeerd. In de nabije toekomst stelt een nieuw systeem, gebaseerd op glasvezelsensoren, de veilige berijdbaarheid van een brug vast. Dit artikel beschrijft de geschiedenis en achtergronden van het gegarandeerd veilig verklaren van een beweegbare brug, te beginnen met de brugwachter.



Ongeval met stoomloc (foto: collectie NVBS)

## Veiligheid, ongevallen.

Het allereerste dodelijke slachtoffer van een treinongeval in Nederland viel 10 maart 1843 bij de ontsporing van locomotief Vesta op de brug over de Warmonder Leede. Door een bedieningsfout van de brugwachter ontbrak voor de uiteinden van het beweegbare brugdeel een goede ondersteuning, waardoor de locomotief ontspoorde en kantelde. De aspirant-ingenieur die de trein bestuurde, kwam onder de stoomlocomotief terecht en overleed ter plekke. Sindsdien hebben zich nog verschillende ongevallen bij beweegbare bruggen voorgedaan, waarbij in 1902 eveneens één dode was te betreuren. Het laatste ongeval op een beweegbare brug vond in Vlaardingen (1980, twaalf gewonden) plaats<sup>1</sup>.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele ongevallen op beweegbare bruggen en laat zien dat in de eerste eeuw van de spoorwegen de beweegbare bruggen een bron van onveilige situaties waren.

1843	Warmonder Leede
1856	Utrecht, Brug over de Vaartsche Rijn
1866	Heerenveen
1874	Delfshavense Schie
1883	Voorburg
1899	Nieuwerkerk
1902	Woerden-Bodegraven, Wiericke brug
1904	Apeldoorn
1956	Maassluis
1980	Vlaardingen

TABEL 1: "overzicht ongevallen bij beweegbare bruggen met reizigerstreinen".

De ongevallen in dit overzicht vonden met reizigerstreinen plaats. Ook tijdens rangeer-werkzaamheden zijn regelmatig locomotieven of wagens in het water verdwenen.

Het voorgaande overzicht illustreert dat een beweegbare brug binnen het spoorstelsel als een gevaarlijk object is te beschouwen. Doordat bij een ongeval een trein te water kan raken heeft een beweegbare brug een hoog risicoprofiel; tientallen tot honderden slachtoffers kunnen verdrinken. De veilige berijdbaarheid van de brug dient daarom met zekerheid te worden vastgesteld. In de loop der jaren dienden verschillende technieken en procedures de veilige berijdbaarheid te garanderen.

## Brugwachter en de staf

In de eerste eeuw van de spoorwegen was het veelal de brugwachter die zowel de brug voor scheepvaartverkeer als het toeleidende sein voor het treinverkeer bediende. De veilige berijdbaarheid was daarmee afhankelijk van de functionaris en als hij een fout maakte door ten onrechte het sein op 'veilig' te zetten, deed zich direct een onveilige situatie en soms een ongeval voor. Zoals uit het ongeval bij de brug over Warmonder Leede blijkt, maken mensen nu eenmaal fouten.

Bij bruggen zonder beveiliging werd rond 1900 een staf gebruikt; wie in bezit was van de staf mocht de brug openen dan wel berijden.

Pas vanaf 1875 is een technische oplossing beschikbaar gekomen waarbij de correcte ligging van de beweegbare brug aan de seingeving is gekoppeld.

<sup>1</sup>. voor een gedetailleerde bespreking van de historie in spoorwegveiligheid wordt de uitgave "spoorwegongevallen in Nederland 1839 – 1993" van R.T. Jongerius van harte aanbevolen.



De staf

### Wat is veilige berijdbaarheid?

Een brug is voor het treinverkeer veilig te berijden nadat aan drie voorwaarden is voldaan:

1. de spoorstaven sluiten correct aan,
2. de brug is opgezet,
3. het grendel is uitgestoken.

De eerste voorwaarde is triviaal; een discontinuïteit in de spoorstaven leidt tot ontsporing. Ook de tweede voorwaarde spreekt voor zichzelf; de brug dient de krachten die de rijdende trein op de brug uitoefent op te vangen en door te voeren. De derde voorwaarde sluit bij gebalanceerde beweegbare bruggen uit dat deze in beweging kan worden gebracht.

Sinds ruim een eeuw worden deze voorwaarden met een mechanische constructie gecontroleerd.

### Mechanische controle inrichting

Om de correcte ligging van een beweegbare brug te controleren is vanaf 1875 tot heden ten dage de Mechanische Controle Inrichting (MCI) in gebruik. De MCI bestaat uit een groepering van stangen en schieters, al of niet elektrisch bewogen, dienende om de veilige berijdbaarheid van een beweegbare spoorbrug te controleren. De stangen en schieters tasten de gevaarpunten af en controleren de ligging van de spoorstaaf t.o.v. de spoorstaafdraagconstructie en de ligging van de spoorstaafdraagconstructie t.o.v. de aansluitende landhoofden en aanbruggen.

Aan het gebruik van de MCI kleven enkele zwaarwegende nadelen.

1. Het systeem is gevoelig voor storingen, met name door de speling die op veel plaatsen in het stangenstelsel aanwezig is en door de uitzetting door temperatuurstijging van stangen en schieters. Ook



De juiste stand van de brug wordt gecontroleerd met glasvezelsensoren

- al omdat de hoofdas (de lange stang, die bovenaan de foto zichtbaar is) zich in de lengterichting van de brug verplaatst wat vanuit mechanisch oogpunt een storingsgevoelige beweging is.
2. Het systeem vereist veel en regelmatig onderhoud (schilderen en smeren) waardoor de kosten voor de instandhouding oplopen.
3. De veiligheid, die wordt voorgeschreven in de ARBO-wet, vereist bij onderhoud aan het systeem een buitendienststelling. Gezien het intensieve gebruik van veel baanvakken, ook in de nachtelijke uren, zijn de buitendienststellingen ten behoeve van onderhoud voor de beheerder in toenemende mate moeilijk te accepteren.

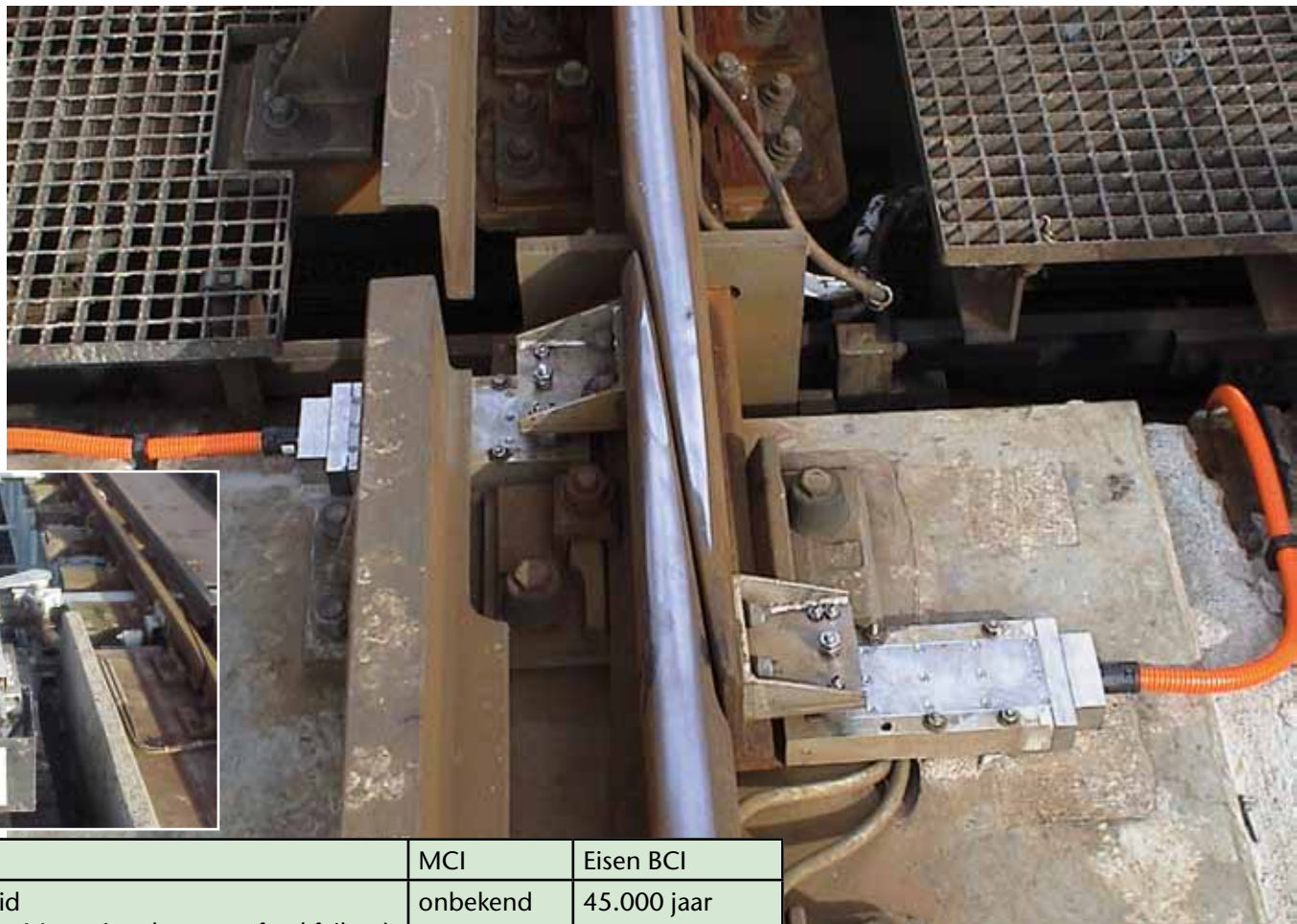
Hoewel de MCI vanuit veiligheidsoogpunt nog voldoet, is door ProRail om redenen van beschikbaarheid en kostenreductie de ontwikkeling van een nieuw controle systeem geïnitieerd.

### Ontwikkeling nieuw systeem

Naast strenge eisen aan de veilige werking van het systeem waarmee de veilige berijdbaarheid wordt vastgesteld, diende het nieuwe systeem aan hoge eisen voor de beschikbaarheid te voldoen. Het systeem diende genoeg onderhoudsvrij te zijn (alleen inspectie en één per zes jaar vervangen van componenten) en slechts een heel lage storingsfrequentie was acceptabel. Tabel 2 geeft een beknopt overzicht van de eisen weer.

De veiligheid en beschikbaarheid van een systeem worden in een faalfrequentie uitgedrukt. Omdat techniek altijd een keer ook onveilig kan falen, dient de faalfrequentie van veiligheidsfouten dermate laag te zijn dat het onwaarschijnlijk is dat zich zo'n fout





	MCI	Eisen BCI
Veiligheid (MTBFF – Mean time between fatal failure)	onbekend	45.000 jaar
Storingsfrequentie (MTBF – mean time between failure)	8 maanden	6 jaar
Onderhoudstijd	24 uur/jaar	30 minuten/jaar

de Brug Controle Inrichting met glasvezelsensoren  
TABEL 2: “Vergelijking MCI en de eisen aan de BCI.”

tijdens de levensduur van een brug voordoet. Daarom is geëist dat het interval tussen twee fatale faalwijzen uitzonderlijk groot is en vele malen de levensduur van een brug overschrijdt; 45.000 jaar.

### Glasvezelsensoren

Vanuit het perspectief van omgevingscondities is een beweegbare brug een bijzonder onvriendelijk milieu voor een meetstelsel;

- passerende treinen veroorzaken een trillingspectrum met hoge intensiteit,
- de tractiestroom en -retourstroom bedreigen de elektromagnetische compatibiliteit,
- weer, wind en luchtvochtigheid tasten de levensduur aan.

Twee verschillende elektrische stromen kunnen elkaar door magnetische koppeling beïnvloeden. Bij de spoorwegen zijn de tractie- en retourstromen op geëlektrificeerde baanvakken een beruchte bron voor beïnvloeding van elektrische apparatuur in de directe omgeving van het spoor. Deze beïnvloeding wordt met de term EMC, elektromagnetische compatibiliteit, aangeduid. Met name de eisen aan deze elektromagnetische compatibiliteit bleken voor de reeds beschikbare meetstelsels moeilijk te realiseren.

Door de firma Baas R&D is daarom in opdracht van ProRail Railsystemen en met begeleiding van Movares een meetstelsel op basis van glasvezelsensoren ont-

wikkeld, omdat deze techniek ongevoelig is voor het onvriendelijke EMC-milieu waarin het systeem operationeel dient te zijn. Deze opvolger voor de Mechanische Controle Inrichting heeft de naam ‘Brug Controle Inrichting’, of kortweg BCI, gekregen.

Met de BCI worden de drie voorwaarden voor veilige berijdbaarheid van de brug met een tolerantie van enkele millimeters geverifieerd. Bij sluiten van de brug wanneer het beweegbare deel van de brug zijn eindtoestand nadert, duwt deze de meetstiften van enkele verplaatsingsopnemers in.

De BCI bestaat daarmee eigenlijk uit een verplaatsingsopnemer op basis van glasvezeltechniek die bij de opzetstoelen, de spoorstaafovergangen en het grendel van de brug, de correcte ligging van het beweegbare deel met een meting vaststelt.

Op grond van het continue karakter van de metingen en de nauwkeurigheid van het systeem, levert de BCI onverwacht en onbedoeld ook inzicht in het dynamische gedrag van de brug onder invloed van treinpassages en de atmosfeer. Mogelijk dat ontwerpers van beweegbare bruggen hiermee in de toekomst hun voordeel doen en de ontwerpen van beweegbare bruggen verder optimaliseren.

Met de komst van de glasvezelsensoren in de BCI, nadert na meer dan een eeuw trouwe dienst het einde van de levensloop voor de traditionele mechanische controle inrichting. Wellicht dat ook dit nieuwe systeem het eeuwfeest zal bereiken...