

## Rapport

### **Chauffeurbeschermingssysteem voor heftruckchauffeurs - deurbeugel van het type „PilotProtector“ van IWS (Ingenieurgesellschaft Weiner & Schröter mbH)**

#### **1. Taakstelling**

IWS heeft ons de door haar vervaardigde deurbeugel van het type „PilotProtector“ overhandigd met de taakstelling om in een rapport vast te stellen of deze deurbeugel het risico van de chauffeur van een heftruck conform de eis uit cijfer 3.1.5 van de richtlijn 95/63/EEG beperkt om bij zijdelings kantelen van het vloertransportmiddel door het cabinebeschermdak te worden gegrepen. IWS is een onderneming uit de particuliere sector die Dipl.-Ing. Weiner, een voormalige medewerker van het vakgebied productietechniek van de Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, mede heeft opgericht. Dhr. Weiner heeft zich in het kader van zijn werkzaamheden meerdere jaren met problematiek van ongevallen rond heftrucks beziggehouden en heeft op doorslaggevende wijze aan het succes van het onder 2 genoemde onderzoeksproject bijgedragen. De ontwikkeling van het hier te beoordelen deurbeugelsysteem vond niet plaats in het kader van zijn aanstelling binnen het vakgebied.

#### **2. Grondslagen van de beoordeling**

Het volgende rapport is qua fundamentele inzichten gebaseerd op het eindrapport van het onderzoeksproject „Rückhaltesysteme für Gabelstaplerfahrer“ (= beschermingssysteem voor heftruckchauffeurs) van 30-09-1998, dat door het Fertigungstechnische Labor (productietechnisch laboratorium) van de Gerhard-Mercator-Universität Duisburg onder leiding van ondergetekende in opdracht van de Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften met medewerking van enkele fabrikanten van heftrucks en heftruckstoelen werd opgesteld. Het eindrapport concludeert dat starre heupgordels, gordelsystemen met mechanische kantelsensor, heupsteunen, zijdelings steunende in de stoel geïntegreerde beugels en in het voertuig geïntegreerde deurbeugels elk op verschillende wijze aan de bovengenoemde eisen van een beschermingssysteem voor heftruckchauffeurs voldoen.

In het kader van dit onderzoeksproject zijn experimentele onderzoeken uitgevoerd die bestonden uit rijtests met een vorkheftruck (fabrikaat Linde, type H30 D) tot een kantelhoek van 15° en tests op de speciaal hiervoor ontwikkelde testbank van FTL Duisburg. De resultaten waren als volgt:

## 2.1 Rijtests tot een kantelhoek van 15°

Bij de rijtest „Een bocht nemen“ werd de heftruck vanuit stilstand rechttuit rijdend tot maximaal 24 km/h versneld. De chauffeur stuurt hierbij met zijn linker hand, die de stuurknop omsluit, de rechter arm ligt intussen op zijn rechter bovenbeen. De chauffeur neemt vervolgens met de heftruck een bocht naar rechts met een radius van 5 m. Dezelfde rijtest werd ook achteruit rijdend uitgevoerd; in dat geval werd echter een bocht naar links genomen. Het verschil komt voort uit de plaatsing van de steunarm (aan de linkerkant van de heftruck aangebracht, om te voorkomen dat het apparaat omvalt) evenals uit de constructie van het testvoertuig. Alle bovengenoemde geteste beschermingssystemen zorgden er tijdens deze rijtests voor dat de chauffeur tot een kantelhoek van 15°, echter met verschillend goede resultaten, in de chauffeurscabine bleef.

## 2.2 Tests op de testbank van FTL Duisburg

Op de door FTL Duisburg ontwikkelde en opgebouwde testbank kunnen dynamische en statische kanteltests tot een kantelhoek van 90° worden uitgevoerd.

Het testplatform (afbeelding 1) kan de te onderzoeken chauffeurscabine bij instelbare radii en bij toenemende baansnelheid tot aan het moment van kantelen versnellen. Op het moment van kantelen werkt er een dwarsversnelling van ca. 0,6 g. De beweging van de chauffeur tijdens het kantelen kan uit video-opnames worden geanalyseerd, die door een op de testdrager gemonteerde camera worden opgenomen. Het neerkomen van de chauffeurscabine wordt gedempt door hydraulische remcilinders. Uitspraken betreffende het risico op verwondingen van de chauffeur bij het neerkomen kunnen daarom niet worden gedaan; nog afgezien van het feit dat proefpersonen op de testbank om veiligheidsredenen slechts tot een kantelhoek van 60° kunnen worden ingezet.

De in het kader van dit onderzoeksproject geteste beschermingssystemen hielden de proefpersonen binnen de door daksteunen en beschermdak gevormde chauffeursruimte. Vervolgens werden kanteltests met een dummy tot een kantelhoek van 90° uitgevoerd (zie afbeelding 2).



Afbeelding 1: testbank voor stat. en dyn. kanteltests



Afbeelding 2: kanteltest met een dummy

### 3. Beschrijving van de deurbeugel van het type „PilotProtector“ van IWS

De te beoordelen deurbeugel (afbeelding 3) werd aan de achterste dakdraagbalk met scharnierplaten en aan de voorste dakdraagbalk met een dagslot gemonteerd en vormt dus tussen de achterste en voorste beschermingsdakdraagbalk een beschermende ruimte, met begrenzing links van de chauffeur. De chauffeur kan bovendien bij gesloten deurbeugel niet uit het voertuig springen. Hierbij wordt de chauffeur in zijn bewegingsvrijheid, in het bijzonder bij achteruitrijden, niet beperkt. De ons ter beschikking gestelde deurbeugel kon eenvoudig geopend en gesloten worden. Bovendien biedt de deurbeugel de chauffeur in het gebied van het bekken, de heup en de schouder resp. de bovenarm door een aan de binnenzijde aangebrachte zachte bekleding extra bescherming tegen verwondingen en tegen het zijdelings wegglijden uit de door de deurbeugel gevormde beschermende ruimte.

De montagehoogte van de deurbeugel werd conform VDI-richtlijn 2198 overeenkomstig zithoogte h7 gekozen. Overeenkomstig DIN 33402 deel II zijn wij uitgegaan van een bovenbeenhoogte van 165 mm (95e percentiel, mannelijk, leeftijd 26 tot 40 jaar). Dienovereenkomstig moet de middellijn van de onderste drager van de deurbeugel op een hoogte van ongeveer 80 tot 90 mm boven de zithoogte van de testchauffeurscabine (originele chauffeurscabine van de vorkheftruck van Linde AG, type E16) lopen.



Afbeelding 3: de geteste deurbeugel

**De vermelde maten moeten afhankelijk van het type heftruck en de fabrikant dienovereenkomstig worden gecorrigeerd. Hierbij dient in het bijzonder rekening te worden gehouden met de eventuele afwijkende veerweg van de bestuurdersstoel. Alleen dan kan het ergonomisch gebonden bijzondere beschermingseffect van de deurbeugel worden bereikt.**

### 4. Beschrijving van de uitgevoerde tests

Wij hebben het ons ter beschikking gestelde beugelsysteem in verschillende dynamische testseries met een dummy tot een kantelhoek van 90° getest. De chauffeurscabine komt bij een maximale hoek van 90° op hydraulische remcilinders terecht en wordt gedurende de volgende 10° met een gelijkmatige vertraging afgeremd.

De van buiten gestuurde snelheid van het op een cirkelbaan rijdend testplatform werd tot aan het bereiken van het kantelpunt verhoogd.

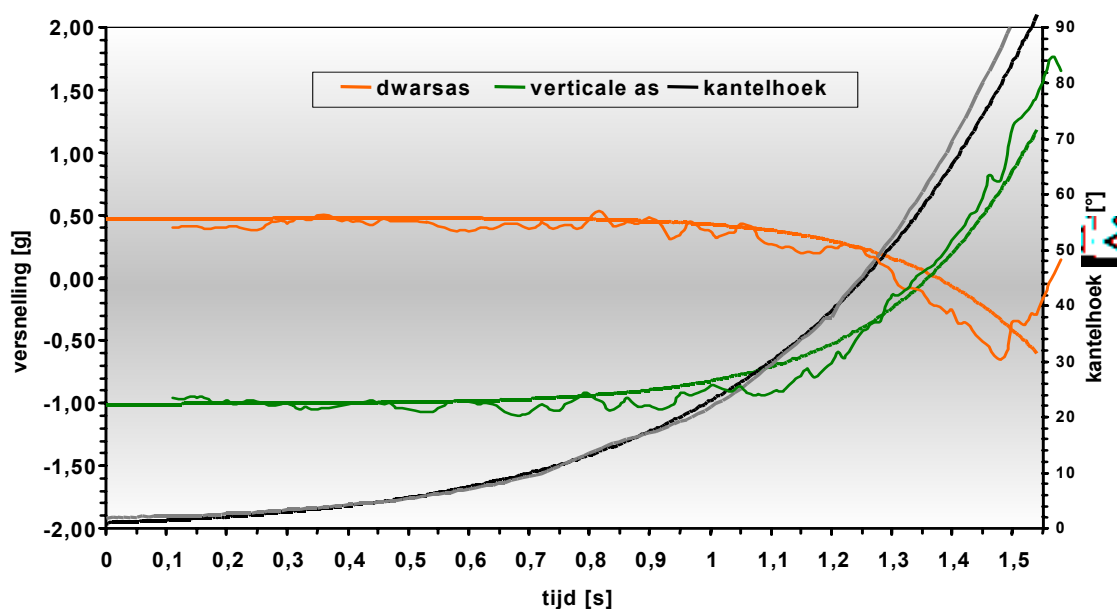


Afbeelding 4: de gebruikte dummy

Dit komt in principe overeen met het rijden met een heftruck die in een bocht met constante radius zijn rijnsnelheid tot aan de kantelgrenssnelheid verhoogt.

Tijdens elke testrit werden de rijnsnelheid, de kantelhoek en de werkende versnellingen in drie assen gemeten. Deze metingen dienen hoofdzakelijk ter controle van de vooraf ingestelde en aan te houden testparameters. Uit de baanradius van de cabine van 2,57 m (wiel buitenkant bocht) en de hoogte van het totale zwaartepunt van cabine, kantelinrichting en dummy ontstaat een kantelgrenssnelheid van ca.  $3,9 \text{ m/s}$ . Deze waarde komt overeen met een dwarsversnelling (eveneens op wiel buitenkant bocht) van ongeveer 0,6 g. Bij een kantelhoek van  $7,5^\circ$  wordt het afremproces gestart, zodat het snelheidsverloop van het platform het snelheidsverloop van een heftruck bij een werkelijk kantelongeval benadert (Deze snelheidsverlopen werden tijdens het onderzoeksproject rekenkundig en simulatief bepaald). Op afbeelding 5 zijn het verloop van de kantelhoek en de versnellingen dwars op de stoel en verticaal op de stoel te zien. De versnellingssensor bevindt zich rechts van de bestuurdersstoel in de buurt van de bedieningshendel voor de hefinrichting (ca. 0,9 m van de buitenste kantelrand verwijderd).

**Afbeelding 5:** Meetwaardeverloop bij dynamisch kantelen



Voor elke versnellingswaarde zijn twee lijnen te zien. Hierbij vormen de onrustige verlopende lijnen de gemeten waarden en de gladde lijnen de berekende verlopen. Voor het verloop van de kantelhoek geeft de grijze lijn de meetwaarde aan en de zwarte lijn de rekenwaarde. Het evenwichtspunt van de kantelinrichting met cabine en dummy ligt bij ongeveer  $27^\circ$ . Totdat deze waarde is bereikt, verstrikt vanaf kantelbegin ( $1^\circ$ ) ca. 1 s. Tot aan dit moment veranderen de versnellingswaarden nauwelijks. Op de verticale as wordt de negatieve aardversnelling (-1g) geregistreerd, op de dwarsas de werkende dwarsversnelling van 0,6 g. Met een verdere toename van de kantelhoek wordt de kanteldynamiek duidelijk zichtbaar. De resterende kanteltijd van het evenwichtspunt ( $27^\circ$ ) tot aan het moment van neerkomen bij  $90^\circ$  ( $2/3$  van de totale weg) bedraagt slechts nog 0,5 s. Tussen  $50^\circ$  en  $55^\circ$  kantelhoek wordt de invloed van de verticale aardversnelling nul (gerelateerd aan de positie van de sensor). Dit is het moment, waarop de dummy het contact met de stoel verliest en zich in de richting van het beschermdak beweegt.

## 5. Resultaten van de dynamische kanteltests

**Opmerking:** De hier beschreven tests vormen de afrondende tests, waarin de hoogst mogelijke rijnsnelheid en dus ook de hoogst mogelijke belasting voor de dummy en het beschermstelsel werd gesimuleerd.

Al voor het kantelbegin wordt de dummy licht tegen de deurbeugel aan geschoven. Bij een kantelhoek van ongeveer 45° tot 50° (afbeelding 6) verliest de dummy zijn houvast op de stoel, wordt echter niet sterker tegen de deurbeugel gedrukt.



**Afbeelding 6:** dynamische kanteltest met een hoek van ca. 45°

Wij hebben deze test onder dezelfde testvoorwaarden meerdere malen uitgevoerd. Bij geen enkele van deze tests heeft het testlichaam tijdens de fase van het kantelen de deurbeugel merkbaar aangeraakt. Dit blijkt duidelijk op afbeelding 7, waarop de positie van de dummy als

voorbeeld voor alle tests tijdens de tweede fase van het kantelverloop is te zien. De dummy bevindt zich bij een kantelhoek van ca. 75° nog volledig binnen de door de deurbeugel afgegrensde beschermende ruimte, zonder zichtbaar contact te maken met de deurbeugel. Ook direct voor het neerkomen (afbeelding 9) raakt de dummy de deurbeugel niet aan.

Pas bij het neerkomen van de chauffeurscabine wordt ook de dummy op de deurbeugel geslingerd. Over de hierbij optredende krachten kunnen wij echter geen voor de praktijk geldende uitspraken doen, omdat wij bij onze tests stootdempende hydraulische cilinders moesten gebruiken.

## 6. Statische kanteltest

Bij de statische kanteltest wordt de chauffeurscabine bij een ter plekke gefixeerd testplatform zo ver opgetild, totdat deze het kantelpunt bereikt. Hierbij glijdt een proefpersoon eerst tegen de deurbeugel. Bij het aansluitende kantelen werken rekenkundig duidelijk geringere krachten op het testlichaam in dan bij de dynamische kanteltest. De deurbeugel vervult hierbij een nuttige functie voor het opvangen van de heftruckchauffeur, die bij het statisch kantelen dientengevolge niet uit de door beschermdakdraagbalken en deurbeugel gevormde beschermende ruimte kan vallen.

## 7. Sterktetest van de deurbeugel

Wij hebben de geleverde deurbeugel tijdens een andere test horizontaal statisch met een kracht van 200 dN belast. De deurbeugel is hierbij niet blijvend vervormd.



Afbeelding 7: dynamische kanteltest met meekantelende camera

beschermdak

beschermbegel



stuur

Afbeelding 8: dynamische kanteltest bij ca. 76°

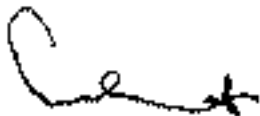


Afbeelding 9: dynamische kantelpoging - moment van neerkomen

## 8. Samenvattende beoordeling

De te onderzoeken deurbeugel van het type „PilotProtector“ is goed geschikt om bij bevestiging aan beide voertuigzijden op de achterste draagbalk en vergrendeling op de voorste draagbalk van het beschermdak een extra beschermende ruimte te vormen. De deurbeugel is stabiel genoeg om zijwaartse krachten tot 200 dN zonder blijvende vervorming op te nemen. Hij kan de heftruckchauffeur bij onverwachts optredende centrifugale versnellingen, die bijvoorbeeld typisch zijn voor nauwe bochten, door zijn economische constructie met hoge zekerheid ervoor behoeden om uit de heftruck geslingerd te worden. Bij zijdelings kantelen (b.v. ten gevolge van bedieningsfouten bij opgetilde last) wordt de chauffeur ten gevolge van de ergonomische constructie van de deurbeugel binnen de gevormde beschermende ruimte gehouden.

Onafhankelijk hiervan belet het onderzochte beugelsysteem, zoals wij reeds in het bovengenoemde onderzoeksproject hebben geconstateerd, de chauffeur van de heftruck om op het moment van onverwacht, plotseling kantelen, uit de heftruck te springen. Het risico van de chauffeur om in dat geval bij het zijdelings omvallen van het vloertransportmiddel door de draagbalken van het beschermdak te worden gegrepen, wordt dientengevolge door de beoordeelde deurbeugel extra beperkt.



Prof. Dr.-Ing. D. Elbracht

Duisburg, 30-10-2000