

---

**Octrooiraad**



**⑫ A Terinzagelegging ⑪ 9001989**

**Nederland**

**⑲ NL**

---

- ⑤④ **Inrichting voor het beproeven van de wielophanging van een voertuig.**
- ⑤① Int.Cl.<sup>5</sup>: G01M 17/04.
- ⑦① Aanvrager: Analogic Engineering B.V. te Haarlem.
- ⑦④ Gem.: Drs. A. Kupecz c.s.  
Octroobureau Los en Stigter B.V.  
Postbus 20052  
1000 HB Amsterdam.

- 
- ②① Aanvraag Nr. 9001989.
- ②② Ingediend 10 september 1990.
- ③② --
- ③③ --
- ③① --
- ⑥② --

- 
- ④③ Ter inzage gelegd 1 april 1992.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

---

Inrichting voor het beproeven van de wielophanging van een voertuig

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het beproeven van de wielophanging van een voertuig, voorzien van tenminste een meetplaat, die door middel van een excitatiemechanisme in beweging kan worden gebracht, een eerste  
5 meetorgaan voor elke meetplaat voor het meten van de door de luchtband van het voertuig op de meetplaat uitgeoefende verticale krachten, een verwerkingseenheid voor het verwerken van de door het eerste meetorgaan geleverde meetwaarden en een weergeefeenheid voor het weergeven van een meetresultaat.

10 Tijdens het rijden over een oppervlak worden er in de wielophanging van een voertuig door de oneffenheden van het oppervlak trillingen opgewekt. De belangrijkste trillingsfrequenties, waaraan de wielophanging van het voertuig tijdens normaal gebruik op de weg wordt blootgesteld, liggen in een  
15 gebied tussen 0 en 25 Hz. In dit frequentiegebied vertoont de wielophanging in het algemeen twee resonanties, namelijk de resonantie van de afgeveerde massa (de opbouw), die tussen 0,7 en 2 Hz ligt, en de resonantie van de niet-afgeveerde massa (het wiel), die tussen 10 en 15 Hz ligt. Het vermogensdicht-  
20 heidsspectrum bij de gangbare snelheden van een voertuig over de gebruikelijke wegdek-oppervlakken bevat relatief veel inhoud bij lage frequenties, waardoor het gedrag van de wielophanging van het voertuig bij lage frequenties, met name rond de resonantiefrequentie van de opbouw, van groot belang is.

25 Bij de bekende inrichtingen van de in de aanhef genoemde soort worden uit het verloop van de dynamische verticale kracht over het bovengenoemde frequentiegebied conclusies getrokken met betrekking tot de werking van het trillingsdempende element in de wielophanging. De bekende inrichtingen  
30 hebben echter het bezwaar, dat de conclusies niet altijd juist zijn, omdat de verticale kracht, behalve door het trillingsdempende element, ook door andere variabelen in de constructie van het voertuig wordt beïnvloed. Zo heeft in het bijzonder de stijfheid van de luchtband grote invloed op de meetresultaten.

De uitvinding beoogt een verbeterde inrichting van de in de aanhef genoemde soort te verschaffen, waarmee de wielophanging van een voertuig met hogere nauwkeurigheid kan worden beoordeeld.

5           Hiertoe heeft de inrichting volgens de uitvinding het kenmerk, dat een tweede meetorgaan is aangebracht voor het meten van de positie, snelheid of versnelling van de meetplaat, waarbij de verwerkingseenheid uit de meetwaarden van de beide meetorganen een overdrachtsfunctie bepaalt van de als  
10 systeem met een aantal systeemelementen beschouwde wielophanging, waarbij de verwerkingseenheid met behulp van een vervangingsmodel van het systeem uit de overdrachtsfunctie de waarden van de systeemelementen berekent, waarbij de verwerkingseenheid met de berekende waarden van de systeemelementen, de  
15 waarde voor tenminste een beoordelingsgrootheid berekent en vergelijkt met een vastgelegde waarde voor deze beoordelingsgrootheid en waarbij de verwerkingseenheid uit deze vergelijking een beoordeling van de wielophanging afleidt en weergeeft op de weergeefeenheid.

20           Op deze wijze kunnen eenduidige numerieke waarden voor de verschillende systeemelementen van het gekozen vervangingsmodel voor de wielophanging van het voertuig worden berekend, met behulp waarvan een relatief nauwkeurige beoordeling kan worden gegeven. Als vervangingsmodel kan bijvoorbeeld een  
25 vereenvoudigd lineair tweevoudig massa-veersysteem worden gekozen, zoals hierna nog nader zal worden toegelicht.

Als beoordelingsgrootheden kunnen bijvoorbeeld worden gekozen de wegdeklbelasting, die door het betreffende wiel van het voertuig wordt uitgeoefend, de wegligingsveiligheid en  
30 het comfort voor de inzittende(n) van het voertuig.

Volgens een voorkeursuitvoering van de uitvinding vervangt de verwerkingseenheid een of meer berekende waarden van de systeemelementen door een standaardwaarde voor het betreffende systeemelement, bijvoorbeeld de waarde voor een  
35 luchtband met de juiste stijfheid, waarna de verwerkingseenheid met deze standaardwaarde een gecorrigeerde waarde voor de (elke) beoordelingsgrootheid berekent en met deze gecorrigeerde waarde de vergelijking met de vastgelegde waarde voor de (elke) beoordelingsgrootheid uitvoert voor het verkrijgen  
40 van een beoordeling van de wielophanging.

9001989

Op deze wijze is het mogelijk de wielophanging van het voertuig nagenoeg onafhankelijk van bijvoorbeeld de waarde van de bandenstijfheid tijdens de meting te beoordelen.

In de praktijk hangen de beoordelingsgrootheden nauw  
5 samen met de voertuigklasse van het onderzochte voertuig. Hierbij is een voertuigklasse gedefinieerd als een bepaalde combinatie van waarden voor de systeemelementen van de wielophanging. In de praktijk kan bijvoorbeeld gedacht worden aan gewichtsklassen in combinatie met op sportief rijgedrag dan  
10 wel comfort afgestemd wielophangingssysteem.

Volgens de uitvinding is het van voordeel met behulp van een indeling in dergelijke voertuigklassen de berekende waarde voor de (elke) beoordelingsgrootheid te vergelijken met voor de betreffende voertuigklasse gebruikelijke waarde voor  
15 deze beoordelingsgrootheden. Volgens de uitvinding heeft de inrichting hiertoe het kenmerk, dat verschillende combinaties van waardebereiken voor de systeemelementen zijn vastgelegd en elke combinatie overeenkomt met een bepaalde voertuigklasse, waarbij de verwerkingseenheid het onderzochte voertuig aan de  
20 hand van de berekende waarden voor de systeemelementen indeelt in een bepaalde voertuigklasse en de berekende waarde voor de (elke) beoordelingsgrootheid vergelijkt met de voor de betreffende voertuigklasse geldende waarde voor deze beoordelingsgrootheden.

25 Teneinde de overdrachtsfunctie met voldoende nauwkeurigheid te kunnen bepalen, is het van belang de door het wiel op de meetplaat uitgeoefende verticale kracht met hoge nauwkeurigheid te meten. Hiertoe verdient het volgens de uitvinding de voorkeur, dat de verwerkingseenheid de meetwaarden van  
30 het eerste meetorgaan corrigeert voor de door de bewegende massa van de meetplaat veroorzaakte kracht.

Volgens een eenvoudige uitvoeringsvorm van de uitvinding bepaalt de verwerkingseenheid de door de massa van de meetplaat veroorzaakte kracht uit de meetwaarden van het twee-  
35 de meetorgaan en de voorafbepaalde massa van de meetplaat, waarbij deze kracht in de juiste fase vectorieel wordt afgetrokken van de meetwaarden van het eerste meetorgaan.

Volgens de uitvinding kan op eenvoudige wijze het eerste meetorgaan worden gekalibreerd, doordat de verwerkings-  
40 eenheid een kalibratie van het eerste meetorgaan kan uitvoe-

9001989

ren, waartoe de meetplaat onbelast in beweging wordt gebracht en de door de massa van de meetplaat veroorzaakte meetwaarde van het eerste meetorgaan wordt vergeleken met een krachtwaarde, die is berekend uit de voorafbepaalde massa van de meet-  
5 plaat, de amplitude van de beweging en de gemeten frequentie van de beweging.

Zoals hierboven reeds werd opgemerkt, ligt de resonantiefrequentie van de opbouw van het voertuig tussen 0,7 en 2 Hz en is de vermogensdichtheid in dit lage frequentiegebied  
10 bij rijden met de gangbare snelheden over de gebruikelijke wegdek-oppervlakken relatief hoog, zodat een nauwkeurige meting bij deze lage frequenties van groot belang is. Teneinde de invloed van het aandrijfmechanisme op de meting bij de lage frequenties zoveel mogelijk uit te sluiten, is volgens een  
15 gunstige uitvoeringsvorm van de uitvinding een door de verwerkingseenheid bedienbaar remorgaan aangebracht, waarbij de verwerkingseenheid bij voorkeur bij althans nagenoeg de resonantiefrequentie van de opbouw van het voertuig het aandrijfmechanisme stilzet. Hierdoor wordt bereikt, dat bij toepassing  
20 van een direct gekoppelde vliegwielaandrijving de onderlinge beïnvloeding van het aandrijfmechanisme en de resonantie van de opbouw wordt geminimaliseerd, zodat de krachten die de wielophanging bij resonantie van de opbouw van het voertuig op de meetplaat uitoefent, nauwkeurig kunnen worden gemeten. Bovendien heeft dit het voordeel, dat de totale meettijd wordt verkort, aangezien de meting niet behoeft te worden voortgezet, totdat het aandrijfmechanisme zelfstandig de resonantiefrequentie van de opbouw is gepasseerd.

Gewoonlijk is bij een inrichting van deze soort het  
30 weergeeforgaan gemonteerd in een huis met een voetstuk, welk huis in het algemeen op enige afstand van de meetplaat/-meetplaten in de rijrichting voorbij deze meetplaten is opgesteld. Hierdoor moeten tussen het huis van het weergeeforgaan en de meetplaat/meetplaten kabels worden aangebracht, waar-  
35 door de montage van de inrichting door deskundig personeel moet plaatsvinden en tijdrovend en duur wordt. Bovendien neemt de inrichting hierdoor relatief veel vloeroppervlak in beslag.

Volgens de uitvinding verdient het derhalve de voorkeur, dat het huis is voorzien van twee weergeeforganen met  
40 gelijke functie, waarvan het ene weergeeforgaan een scherpe

hoek en het andere weergeeforgaan een stompe hoek met de rij-  
 richting van het voertuig insluit, waarbij het huis naast de  
 meetplaat(-platen) van de inrichting is opgesteld, waarbij met  
 voordeel het huis met de (elke) meetplaat tot een bouweenheid  
 5 is verenigd.

Hierdoor wordt een compacte bouweenheid verkregen,  
 die weinig ruimte in beslag neemt en eenvoudig kan worden ge-  
 installeerd. Het ene weergeeforgaan is voor de bestuurder  
 zichtbaar bij het beproeven van de wielophanging van de voor-  
 10 wielen, terwijl het andere weergeeforgaan zichtbaar is bij het  
 beproeven van de achterwielen.

De uitvinding wordt hierna nader toegelicht aan de  
 hand van de tekening, waarin een uitvoeringsvoorbeeld van de  
 inrichting volgens de uitvinding schematisch is weergegeven.

15 Fig. 1 geeft in perspectief schematisch een uitvoe-  
 ringsvorm van de inrichting volgens de uitvinding weer tijdens  
 het beproeven van de wielophanging van de voorwielen van een  
 voertuig.

Fig. 2 geeft in perspectief de inrichting uit fig. 1  
 20 weer tijdens het beproeven van de wielophanging van de achter-  
 wielen van het voertuig.

Fig. 3 geeft sterk schematisch de wielophanging van  
 het voertuig weer, waarbij de inrichting volgens de uitvinding  
 schematisch is aangeduid.

25 Fig. 4 toont een schema van de wielophanging be-  
 schouwd als systeem voor het bepalen van de overdrachtsfunc-  
 tie.

Fig. 5 is een vereenvoudigd lineair tweevoudig massa-  
 veersysteem als vervangingsmodel voor de wielophanging van een  
 30 voertuig.

In de hierna volgende beschrijving wordt de uitvin-  
 ding toegelicht aan de hand van een uitvoeringsvorm met een  
 aandrijfmechanisme met direct met de (elke) meetplaat gekop-  
 peld vliegwiel, waarmee de (elke) meetplaat harmonisch kan  
 35 worden aangedreven. Het is echter ook mogelijk een ander type  
 aandrijving toe te passen, zoals bijvoorbeeld een zogenaamde  
 valbank met stapvormige excitatie van de (elke) meetplaat.

In de fig. 1 en 2 is in perspectief een inrichting  
 voor het beproeven van de wielophanging van een voertuig 1  
 40 weergegeven, welke inrichting is voorzien van twee meetplaten

2, waarvan er in de tekening slechts één zichtbaar is. Desgewenst is het ook mogelijk de inrichting met slechts één meetplaat uit te voeren. De meetplaten 2 zijn beweegbaar gemonteerd in een frame 3, dat op de vloer van bijvoorbeeld een garagebedrijf kan worden geplaatst.

De wielophanging van het voertuig 1 is sterk schematisch in fig. 3 weergegeven, waarbij een wiel 4 zichtbaar is met een luchtband 5, welk wiel 4 is bevestigd aan een draagarm 6, die via een scharnier 7 is verbonden met de voertuigcarrosserie 8. Tussen de carrosserie 8 en de draagarm 6 zijn een carrosserie-ondersteuningsveer 9 en een trillingsdemper 10 aangebracht. De veer 9 dient ertoe de band 5 voortdurend in contact te houden met het wegdek en comfort voor de inzittende(n) te verschaffen, ondanks oneffenheden in het wegdek. De trillingsdemper 10 absorbeert de overtollige bewegingsenergie van het wiel 4 en de draagarm 6. Voorts is in fig. 3 schematisch één van de beide meetplaten 2 afgebeeld van de inrichting voor het beproeven van deze wielophanging.

De meetplaten 2 kunnen op gebruikelijke wijze door middel van een aandrijfmechanisme 11 in een op en neer gaande beweging worden gebracht met een variabele bewegingsfrequentie voor het doorlopen van het frequentiebereik, waarin de frequenties liggen, die zich voordoen tijdens het rijden met een gangbare snelheid over het wegdek. Het aandrijfmechanisme 11 omvat bijvoorbeeld een motor met vliegwiel, waarbij de motor het vliegwiel in rotatie brengt tot een bewegingsfrequentie van de meetplaat van circa 25 Hz is bereikt, waarna de motor wordt gestopt en door het uitlopen van het vliegwiel de frequentie vanaf 25 Hz tot 0 Hz daalt. In dit frequentiegebied vertoont de wielophanging in het algemeen twee resonanties, namelijk de resonantie van de afgeveerde massa, dat wil zeggen de carrosserie 8 met het niet nader aangeduide chassis, tussen 0,7 en 2 Hz en de resonantie van de niet-afgeveerde massa, dat wil zeggen het wiel 4 met draagarm 6, tussen 10 en 15 Hz.

Voor het meten van de door het wiel 4 op het wegdek tijdens het rijden uitgeoefende dynamische verticale kracht is de beschreven inrichting voorzien van een eerste meetorgaan 12 voor elke meetplaat 2, die is aangesloten op een verwerkings-eenheid 13 voor het verwerken van de door dit meetorgaan 12 geleverde meetwaarden. Voorts is een tweede meetorgaan 14 aan-

gebracht voor het meten van de positie van de meetplaat 2, dat eveneens met de verwerkingseenheid 13 is verbonden. Het meetorgaan 14 kan eventueel ook zijn uitgevoerd voor het meten van de snelheid of de versnelling van de meetplaat 2, uit welke 5 gegevens de positie gemakkelijk kan worden afgeleid.

Uit deze verschillende meetwaarden leidt de verwerkingseenheid 13 een meetresultaat af, dat bij de beschreven inrichting wordt weergegeven op twee weergeefeenheden 15 resp. 16. Deze weergeefeenheden 15, 16 zijn gemonteerd in een huis 10 17 met een voetstuk 18, dat met het frame 3 van de meetplaten 2 tot een bouweenheid is verenigd. Hierdoor is een bijzonder compacte bouweenheid verkregen, die weinig ruimte in beslag neemt en eenvoudig kan worden geïnstalleerd. De weergeefeenheid 15 sluit een scherpe hoek met de rijrichting in, zodat 15 deze weergeefeenheid 15 door de bestuurder kan worden afgelezen tijdens het beproeven van de wielophanging van de voorwielen. De weergeefeenheid 16 sluit een stompe hoek in met de rijrichting, zodat deze weergeefeenheid 16 door de bestuurder kan worden afgelezen tijdens het beproeven van de wielophan- 20 ging van de achterwielen.

Bij de beschreven inrichting wordt de wielophanging als systeem beschouwd, waaraan als ingangssignaal de positie van de meetplaat 2 wordt toegevoerd en als uitgangssignaal de dynamische verticale kracht op de meetplaat 2 wordt verkregen, 25 zoals schematisch in fig. 4 is aangeduid. Het positie signaal wordt gemeten door het meetorgaan 14, terwijl het krachtsignaal door het meetorgaan 12 wordt gemeten, waarbij de verwerkingseenheid 13 uit de meetwaarden van de beide meetorganen 12, 14 de overdrachtsfunctie bepaalt, die bij het beschreven 30 uitvoeringsvoorbeeld in het frequentiedomein is gedefinieerd als het quotiënt van de responsie van het systeem, de dynamische verticale kracht, en de excitatie, de positie van de meetplaat 2. In formulevorm volgt dan voor de overdrachtsfunctie  $H(\omega) = O(\omega) / E(\omega)$ .

35 De verwerkingseenheid berekent met behulp van een vervangingsmodel van het systeem uit deze overdrachtsfunctie  $H(\omega)$  de waarden van de systeemelementen. Als vervangingsmodel kan bijvoorbeeld worden gekozen voor een vereenvoudigd lineair tweevoudig massa-veersysteem, dat is weergegeven in fig. 6. 40 Hierin in M1 de onafgeveerde massa van het wiel 4, de lucht-

9001989



band 5, het niet weergegeven remsysteem en een deel van de massa van de veer 9, de trillingsdemper 10 en de draagarm 6. K1 en C1 zijn de eigenschappen van de luchtband 5, dat wil zeggen de veerstijfheid en de inwendige demping. Gewoonlijk 5 wordt de inwendige demping C1 van de luchtband 5 verwaarloosd. M2 is het gedeelte van de massa van de carrosserie 8 met chassis, dat door het bijbehorende wiel 4 wordt ondersteund, welke massa gewoonlijk de afgeveerde massa wordt genoemd. K2 is de veerstijfheid van de veer 9, terwijl C2 de demping van de 10 trillingsdemper 10 is.

De verwerkingseenheid 13 kan de numerieke waarden voor de systeemelementen M1, M2, K1, K2 en C2 bijvoorbeeld als volgt berekenen. Voor het vervangingsmodel uit fig. 4 worden de volgende variabelen gedefinieerd:

15  $\omega(h)$  is de ongedempte resonantiefrequentie van het subsysteem dat gevormd wordt door K1, K2 en M1;

$\omega(l)$  is de ongedempte resonantiefrequentie van het subsysteem, dat wordt gevormd door K2 en M2;

Z is de relatieve dempingsfactor van het subsysteem, dat wordt 20 gevormd door K2, M2 en C2;

$M=M1+M2$  is de totale massa;

$H(100)$  is de grootte van de overdrachtsfunctie bij 100 Hz.

Desgewenst kan ook een andere meetfrequentie worden gebruikt;

A0 is de amplitude van de beweging van de meetplaat 2.

25 Voor de onafhankelijke variabele Z wordt een reeks waarden gekozen tussen 0 en 2, waarbij de grootte van de tussenstappen afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid kan worden gekozen, bijvoorbeeld 0, 0,1, 0,2 enz. Voor elke waarde van Z voert de verwerkingseenheid 13 de volgende zeven stappen 30 uit:

- Neem aan dat geldt:  $Z = C2/(2*\text{SQRT}(K2*M2))$

- Neem aan dat geldt:  $(\omega h)^2 = (K1+K2)/M1$

- Neem aan dat geldt:  $(\omega l)^2 = (K2/M2)$

- Neem aan dat geldt:  $M = M1+M2$

35 - Neem aan dat geldt:  $H(100)=A0*K1$

- Bereken de systeemelementen M1, M2, K1, K2 en C2 uit de bovenstaande vergelijkingen.

- Bereken de grootte van de overdrachtsfunctie van de als systeem volgens fig. 4 beschouwde wielophanging over het frequentiegebied, waarover de meting van positie en dynamische verti- 40

cale kracht heeft plaatsgevonden, met dezelfde frequentieresolutie, als die waarmee is gemeten.

Vervolgens worden voor iedere waarde van  $Z$  de berekende waarden per frequentiepunt vergeleken met de gemeten  
5 waarden, volgens een gekozen criterium, bijvoorbeeld de kleinste kwadratenmethode, waarbij de verwerkingseenheid 13 de best passende kromme kiest, rekening houdende met eventueel andere te stellen randvoorwaarden. De waarden voor de systeemelementen, waarmee de best passende kromme is berekend, vormen dan  
10 de beste benadering van de gemeten wielophanging.

Met behulp van de aldus verkregen numerieke waarden voor de systeemelementen berekent de verwerkingseenheid 13 waarden voor verschillende beoordelingsgrootheden, aan de hand waarvan een beoordeling van de wielophanging kan plaatsvinden.  
15 Deze beoordelingsgrootheden zijn bijvoorbeeld de wegdekbelasting door het wiel 4, die niet beneden een bepaalde minimumwaarde mag komen, de wegliggingveiligheid en het comfort voor de inzittende(n) van het voertuig. De berekende waarde van beoordelingsgrootheid vergelijkt de verwerkingseenheid 13 met  
20 in een niet weergegeven geheugen vastgelegde waarden, waarbij uit deze vergelijking een beoordeling van de wielophanging volgt, die op de weergeefeenheden 15, 16 wordt weergegeven.

Doordat bij de beschreven inrichting voor alle systeemelementen van het gekozen vervangingsmodel numerieke waarden zijn berekend, kunnen één of meer systeemelementen worden  
25 vervangen door een standaardwaarde, teneinde de beoordelingswaarden te berekenen op basis van deze standaardwaarden, zodat voor alle voertuigen eenduidige meetresultaten worden bereikt. In de praktijk blijkt bijvoorbeeld de stijfheid van de lucht-  
30 band 5 een grote invloed op de meting te hebben. Deze invloed op de berekening van de waarde voor de beoordelingsgrootheden kan worden geëlimineerd door de stijfheid  $K_1$  van de luchtband 5 te vervangen door een standaardwaarde, bijvoorbeeld de gemiddelde stijfheid van de luchtband 5. Na deze vervanging kan  
35 de verwerkingseenheid 13 gecorrigeerde waarden voor de beoordelingsgrootheden berekenen en de vergelijking met de vastgelegde waarden uitvoeren met deze gecorrigeerde waarden. De beoordeling van de wielophanging van het voertuig wordt hierdoor nagenoeg onafhankelijk van de waarde van de stijfheid van  
40 de luchtband 5.

9001989

De waarden van de beoordelingsgrootheden hangen nauw samen met de voertuigklasse van het onderzochte voertuig. Een voertuigklasse is hierbij gedefinieerd als een combinatie van waardebereiken voor de systeemelementen van het vervangingsmodel. Een voorbeeld voor verschillende voertuigklassen is opgenomen in de hierna volgende tabel I.

Tabel I

	vooras					achteras				
	M1	M2	K1	K2	Z	M1	M2	K1	K2	Z
10 in:	kg	kg	kN	kN		kg	kg	kN	kN	
Klasse 1.										
van	25	150	90	15	.3	20	75	90	15	.3
tot	35	200	115	18	.4	30	125	115	18	.4
Klasse 2.										
15 van	30	150	100	15	.25	20	100	150	15	.25
tot	35	200	150	18	.35	30	150	180	18	.35
Klasse 3.										
van	35	350	150	15	.2	35	300	150	15	.2
tot	50	450	200	18	.3	50	350	200	18	.5

20 In deze tabel is als beoordelingsgrootheid de relatieve dempingsfactor Z opgenomen. Uit de voor het onderzochte voertuig berekende waarden voor de systeemelementen kan de verwerkingseenheid 13 met behulp van deze tabel het voertuig in een bepaalde voertuigklasse indelen en vervolgens de voor 25 dit onderzochte voertuig berekende waarde voor de beoordelingsgrootheid Z vergelijken met het voor de betreffende voertuigklasse geldende waardebereik voor Z. Wanneer de berekende waarde Z buiten dit waardebereik valt voldoet de trillingsdempers 10 niet meer aan de specificaties.

30 Teneinde de in het voorgaande toegelichte berekeningen met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren, is het uiteraard van groot belang een nauwkeurige meting van de dynamische verticale kracht uit te voeren, die voldoende informatie bevat bij de genoemde resonantiefrequenties van de wielophanging.

35 Voor een zeer nauwkeurige meting van de dynamische verticale kracht, die door het wiel 4 op de meetplaat 2 wordt

uitgeoefend tijdens de verticale bewegingen van de meetplaat 2, moet de invloed van de massa van de meetplaat 2 zelf worden geëlimineerd. De verticale kracht, die het meetorgaan 12 meet is immers de vectoriële som van de momentele kracht, die door 5 het wiel 4 op de meetplaat 2 wordt uitgeoefend, en de momentele kracht, die wordt veroorzaakt door de versnelling van de massa van de meetplaat 2. Bij de beschreven inrichting corrigeert de verwerkingseenheid 13 de meetwaarden van het meetorgaan 12 in de juiste fase voor de door deze bekende massa van 10 de meetplaat 2 veroorzaakte kracht, zodat de aldus gecorrigeerde meetwaarden nauwkeurig overeenkomen met de dynamische verticale kracht, die door het wiel 4 wordt uitgeoefend.

Deze correctie kan bijvoorbeeld worden bereikt door de massatraagheidskrachten, die op de meetplaat 2 worden uitgeoefend door de versnelling van de massa met inachtneming van de 15 momentele fase vectorieel af te trekken van de totale gemeten kracht. Wanneer het meetorgaan 14 de positie van de meetplaat 2 meet, kan de momentele versnelling eenvoudig worden bepaald door de positie twee maal naar de tijd te differentiëren.

20 Bij de beschreven inrichting kan het kalibreren van het eerste meetorgaan 12 op eenvoudige wijze plaatsvinden. Deze kalibratie wordt bereikt, door de meetplaat 2 met bekende massa MM onbelast te laten bewegen. Bij toepassing van een aandrijfmechanisme 11 met harmonische aandrijving geldt, dat 25 de verticale kracht, die op het meetorgaan 12 wordt uitgeoefend, ook harmonisch is met dezelfde frequentie. De maximale amplitude van deze verticale kracht is dan  $-\omega^2 \cdot A_0 \cdot MM$ , waarin  $\omega$  de cirkelfrequentie en  $A_0$  de amplitude is. In geval van een aandrijving met stapvormige excitatie moet de kracht uiteraard 30 volgens een andere formule worden berekend. Uit de door het meetorgaan 12 geleverde meetwaarde en de bijbehorende frequentie kan de verwerkingseenheid 13 op eenvoudige wijze de kalibratie- of vermenigvuldigingsfactor bepalen voor het omzetten van de meetwaarden van het meetorgaan 12 in krachtwaarden in 35 de gewenste eenheid.

De beschreven inrichting heeft door de aanwezigheid van het meetorgaan 14 voor het meten van de positie van de meetplaat 2 nog het voordeel, dat dit meetorgaan 14 een eventueel niet-harmonisch zijn van de aandrijving door het aan- 40 drijfmechanisme 11 meet, zodat hiermee bij de berekening van

de overdrachtsfunctie automatisch rekening wordt gehouden. Dergelijke niet-harmonische verschijnselen doen zich vooral voor bij lage frequenties, doordat de aandrijving dan wordt beïnvloed door de reacties van het onderzochte voertuig op de 5 meetplaat 2. Dit is in het bijzonder het geval bij een aandrijfmechanisme met vliegwiel, waarbij het vliegwiel op de hierbovengenoemde wijze eerst wordt versneld en vervolgens uitloopt.

Vanwege de eerder genoemde resonantiefrequentie rond 1 10 Hz van de carrosserie 5 van het voertuig 1 en de hoge vermogensdichtheid in het frequentiespectrum bij lage frequenties bij de gangbare snelheden van een voertuig over de gebruikelijke wegdek-oppervlakken, is een nauwkeurige meting bij deze lage frequenties van groot belang. Teneinde de onderlinge 15 beïnvloeding van het aandrijfmechanisme en de resonantie van de opbouw bij deze lage frequenties zoveel mogelijk te elimineren, is een remorgaan aangebracht, dat door de verwerkings-eenheid 13 wordt bediend, waarmee het aandrijfmechanisme wordt stilgezet, zodra de opbouw in resonantie komt. Dit kan de ver- 20 werkingseenheid 13 bijvoorbeeld vaststellen aan het toenemen van de waarde  $|F|$  bij afnemende frequentie. Door het stilzetten van de aandrijving kan het meetorgaan 12 de krachten, die het wiel 4 bij resonantie van de carrosserie op de meetplaat 2 uitoefent met hoge nauwkeurigheid meten. Bovendien wordt hier- 25 door bereikt, dat de totale meettijd wordt verkort, aangezien niet langer hoeft te worden gewacht, totdat het aandrijfmechanisme 11 door uitlopen van het vliegwiel de resonantiefrequentie van de carrosserie is gepasseerd. Desgewenst kan het aandrijfmechanisme reeds door het remorgaan worden stilgezet 30 na het passeren van de resonantie van de wielophanging, waardoor de meettijd nog verder wordt bekort.

Het niet nader weergegeven remorgaan kan bijvoorbeeld bestaan uit een mechanische rem of als alternatief kan het remmen door elektrisch afremmen van de motor van het aandrijf- 35 mechanisme worden gerealiseerd.

Opgemerkt wordt dat de in het voorgaande beschreven maatregelen voor het verbeteren van de nauwkeurigheid, het kalibreren van het meetorgaan 12 en/of het stilzetten van de aandrijving ook kunnen worden toegepast bij een inrichting van 40 de beschreven soort die op gebruikelijke wijze de wielophan-

ging van een voertuig beproeft, waarbij geen berekening van een overdrachtsfunctie en systeemelementen plaatsvindt. Voorts is het ook mogelijk de behuizing met twee weergeefeenheden ook bij andere testapparatuur toe te passen, eveneens bij voorkeur 5 met het betreffende apparaat verenigd tot een bouweenheid.

De uitvinding is dan ook niet beperkt tot het in het voorgaande beschreven uitvoeringsvoorbeeld, dat binnen het kader der uitvinding op verschillende manieren kan worden gevarieerd.

## CONCLUSIES

1. Inrichting voor het beproeven van de wielophanging van een voertuig, voorzien van tenminste een meetplaat, die door middel van een excitatiemechanisme in beweging kan worden gebracht, een eerste meetorgaan voor elke meetplaat voor het  
5 meten van de door de luchtband van het voertuig op de meetplaat uitgeoefende verticale krachten, een verwerkingseenheid voor het verwerken van de door het eerste meetorgaan geleverde meetwaarden en een weergeefeenheid voor het weergeven van een meetresultaat, met het kenmerk, dat een tweede meetorgaan is  
10 aangebracht voor het meten van de positie, snelheid of versnelling van de meetplaat, waarbij de verwerkingseenheid uit de meetwaarden van de beide meetorganen een overdrachtsfunctie bepaalt van de als systeem met een aantal systeemelementen beschouwde wielophanging, waarbij de verwerkingseenheid met be-  
15 hulp van een vervangingsmodel van het systeem uit de overdrachtsfunctie de waarden van de systeemelementen berekent, waarbij de verwerkingseenheid met de berekende waarden van de systeemelementen, de waarde voor tenminste een beoordelingsgrootte berekent en vergelijkt met een vastgelegde waarde  
20 voor deze beoordelingsgrootte en waarbij de verwerkingseenheid uit deze vergelijking een beoordeling van de wielophanging afleidt en weergeeft op de weergeefeenheid.

2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de verwerkingseenheid een of meer berekende waarden van de  
25 systeemelementen vervangt door een standaardwaarde voor het betreffende systeemelement, bijvoorbeeld de waarde voor een luchtband met de juiste stijfheid, waarna de verwerkingseenheid met deze standaardwaarde een gecorrigeerde waarde voor de (elke) beoordelingsgrootte berekent en met deze gecorrigeer-  
30 de waarde de vergelijking met de vastgelegde waarde voor de (elke) beoordelingsgrootte uitvoert voor het verkrijgen van een beoordeling van de wielophanging.

3. Inrichting volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat verschillende combinaties van waardebereiken voor de  
35 systeemelementen zijn vastgelegd en elke combinatie overeenkomt met een bepaalde voertuigklasse, waarbij de verwerkingseenheid het onderzochte voertuig aan de hand van de berekende waarden voor de systeemelementen indeelt in een bepaalde voertuigklasse en de berekende waarde voor de (elke) beoordelings-

grootheid vergelijkt met de voor de betreffende voertuigklasse geldende waarden voor deze beoordelingsgrootheden.

4. Inrichting, bij voorkeur volgens één der voorgaande conclusies 1-3, met het kenmerk, dat de verwerkingseenheid 5 de meetwaarden van het eerste meetorgaan corrigeert voor de door de bewegende massa van de meetplaat veroorzaakte kracht.

5. Inrichting volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de verwerkingseenheid de door de massa van de meetplaat veroorzaakte kracht bepaalt uit de meetwaarden van het tweede 10 meetorgaan en de voorafbepaalde massa van de meetplaat, waarbij deze kracht in de juiste fase vectorieel wordt afgetrokken van de meetwaarden van het eerste meetorgaan.

6. Inrichting, bij voorkeur volgens één der voorgaande conclusies 1-5, met het kenmerk, dat de verwerkingseenheid 15 een kalibratie van het eerste meetorgaan kan uitvoeren, waartoe de meetplaat onbelast in beweging wordt gebracht en de door de massa van de meetplaat veroorzaakte meetwaarde van het eerste meetorgaan wordt vergeleken met een krachtwaarde, die is berekend uit de voorafbepaalde massa van de meetplaat, de 20 amplitude van de beweging en de frequentie van de beweging.

7. Inrichting, bij voorkeur volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een door de verwerkingseenheid bedienbaar remorgaan is aangebracht, waarbij de verwerkingseenheid het aandrijfmechanisme stilzet, na het passe- 25 ren van de resonantiefrequentie van de wielophanging.

8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de verwerkingseenheid het aandrijfmechanisme stilzet bij althans nagenoeg de resonantiefrequentie van de opbouw van het voertuig.

9. Inrichting, bij voorkeur volgens één der conclusies 1-7, waarbij het weergeeforgaan is gemonteerd in een huis met een voetstuk, met het kenmerk, dat het huis is voorzien van twee weergeeforganen met gelijke functie, waarvan het ene weergeeforgaan een scherpe hoek en het andere weergeeforgaan 35 een stompe hoek met de rijrichting van het voertuig insluit, waarbij het huis naast de meetplaat van de inrichting is opgesteld.

10. Inrichting volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat het huis met de (elke) meetplaat tot een bouweenheid is 40 verenigd.

9001989



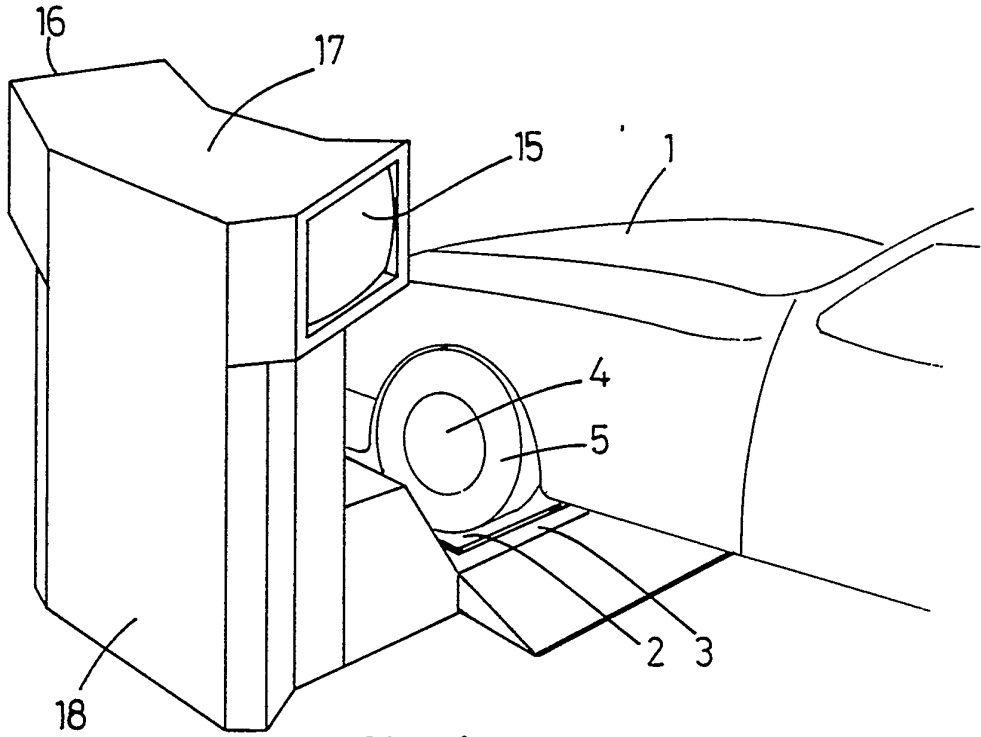


fig.1

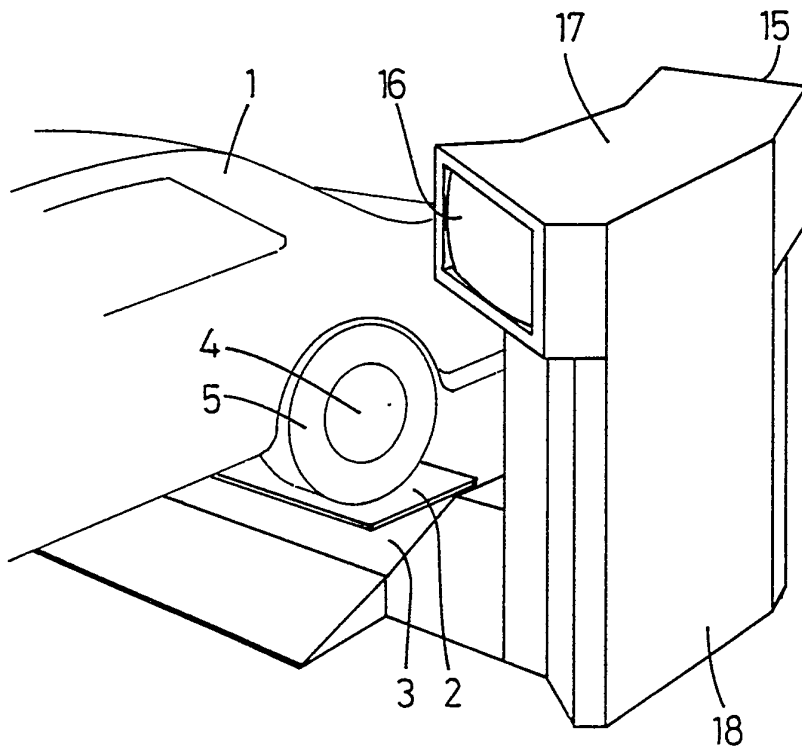


fig.2

9001989

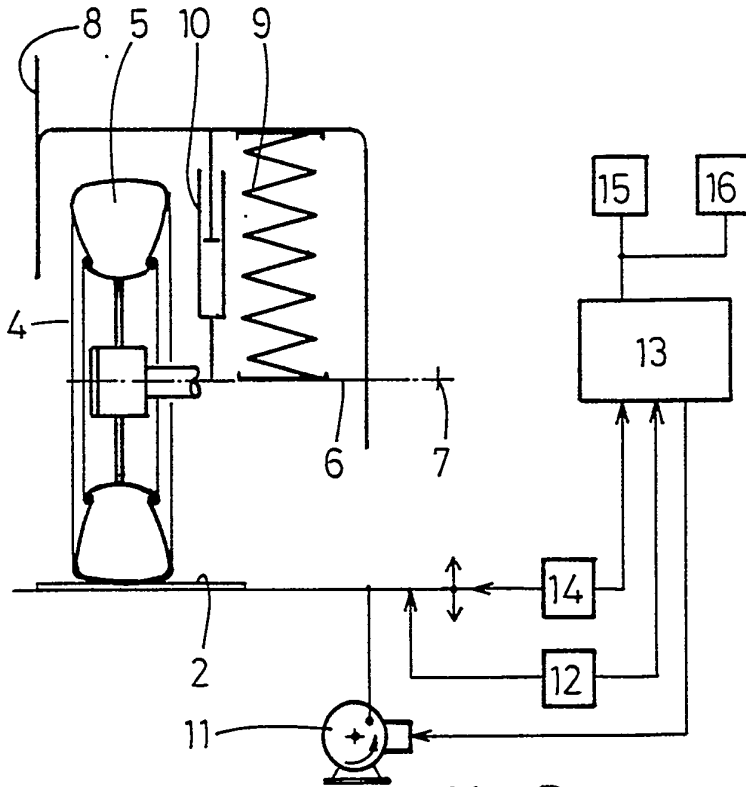


fig.3

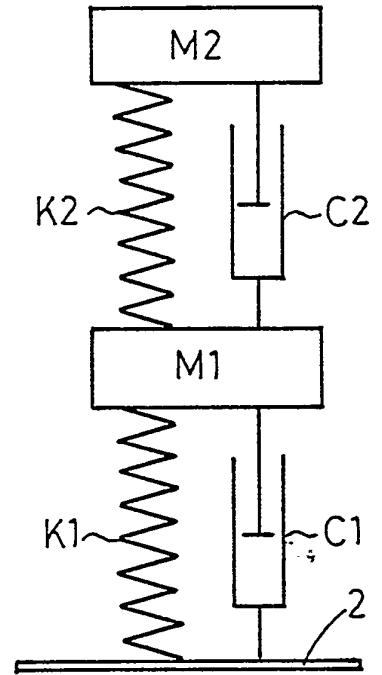


fig.5

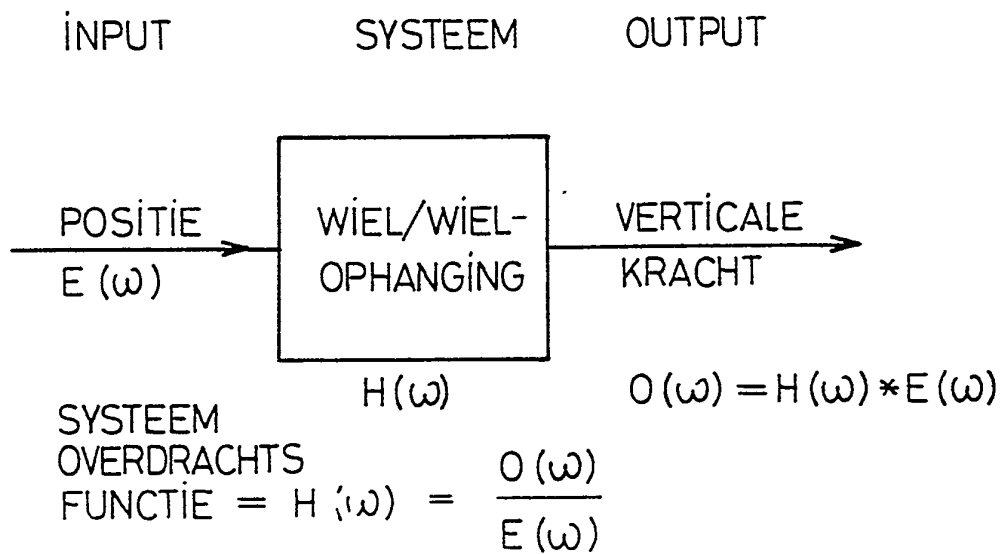


fig.4