

Stabieler door scharnierende enkels

Daniël Karszen (strn. 1109960) en Frank Pasteuning (strn. 1101536)

Samenvatting

Onderzocht is of een loopwiel uitgerust met scharnierende enkels al bij een lagere snelheid stabiel is dan een loopwiel met vaste enkels. Uit experimenten is gebleken dat er tussen deze enkels geen meetbaar verschil is waar te nemen. Wel zijn er duidelijke verschillen waargenomen in het loopgedrag bij de verschillende enkels. Een loopwiel uitgerust met scharnierende enkels stabiliseert zich door te sturen, een loopwiel met vaste enkels door op de zijkant van de voet te gaan lopen.

1. Inleiding

De laatste looprobot (Denise^[1]) die ontwikkeld is bij het Delft Biorobotics Laboratory^[2] is uitgerust met scharnierende enkels (zie kader *De scharnierende enkels*). Uit simulaties blijkt dat deze enkels vergeleken met vaste enkels vanaf een bepaalde snelheid voor een verhoogde zijwaartse stabiliteit van de looprobot zorgen. In de praktijk is het effect van de scharnierende enkels echter nog niet vastgesteld. Het doel van dit onderzoek is om meer inzicht te verschaffen in de werking en het gedrag van deze scharnierende enkels in de praktijk. Voor het onderzoek wordt geen gebruik gemaakt van een looprobot. Deze kan namelijk naast zijwaarts ook voor- en achterwaarts vallen, waardoor het effect van de scharnierende enkels moeilijk vast te stellen is. Om dit te ondervangen hebben we een loopwiel ontwikkeld en geproduceerd (figuur 1). Dit wiel heeft rondom voeten waardoor het voor- en achterwaarts vallen wordt geëlimineerd.

De onderzoekshypothese is als volgt:

de minimale snelheid waarbij het loopwiel stabiel loopt ligt bij scharnierende enkels lager dan bij vaste enkels.



Fig. 1: het geproduceerde loopwiel

2. Methode

Werking loopwiel

Om de hypothese te toetsen wordt het loopwiel bij verschillende snelheden meerdere malen getest, met zowel de scharnierende als de vaste enkels. Andere

eigenschappen worden gelijk gehouden, waardoor overige stabiliserende factoren, zoals het gyroscopische effect, buiten de beschouwing worden gehouden. Het loopwiel wordt aangedreven met behulp van een motor die het zwaartepunt van het wiel naar voren verplaatst zodat het wiel gaat lopen (figuur 1). Er is voor deze aandrijving gekozen omdat hiermee, in tegenstelling tot een helling, eenvoudig een constante snelheid kan worden ingesteld en er over een lang traject kan worden gemeten. Om tot een goede configuratie van deze aandrijving te komen is er met behulp van Matlab een 2d-simulatie gemaakt van het loopwiel.

De scharnierende enkels

Het idee achter de enkels is dat door te sturen in de richting waarin de robot overheelt wordt voorkomen dat de robot valt (figuur 2). Dit principe is ook terug te vinden bij het fietsen met losse handen.

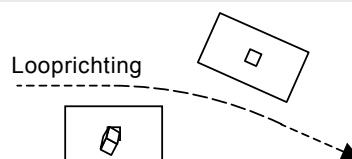


Fig. 2: stureffect door overhellen van loopwiel

De enkels hebben een as die van de achterkant van de voet schuin naar beneden naar de voorkant van de voet loopt (figuur 3). Deze as positie zorgt ervoor dat de robot schuin naar voren kan hellen terwijl de voet vlak op de grond blijft staan. Door de enkelhoek α van de as stuurt de robot naar de kant waar hij heen helt.

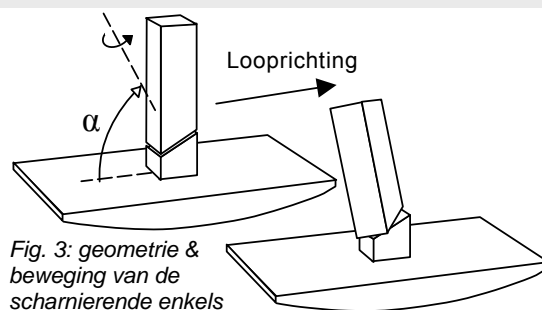


Fig. 3: geometrie & beweging van de scharnierende enkels

In dit onderzoek is de enkelhoek α van de scharnierende enkels gelijk gekozen aan die van Denise. Om de beide enkeldelen op elkaar te houden is gebruik gemaakt van veren. Een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van het loopwiel is te vinden in het kader *Loopwiel eigenschappen*.

Loopwiel eigenschappen	
Aantal voeten:	8
Totale massa:	8,5 kg
Diameter:	80 cm
Breedte voet:	10,5 cm
Laterale voetafstand:	12 cm
Snelheidsbereik:	0,3 - 0,8 m/s
Enkelhoek α :	65 graden

Meetmethodiek

Als maat voor de stabiliteit van het loopwiel is het aantal stappen genomen voordat het loopwiel omvalt. Uit praktische overwegingen is aangenomen dat het loopwiel bij meer dan veertig afgelegde stappen stabiel is. Per instelling (soort enkel en snelheid) is een reeks van 10 metingen uitgevoerd.

3. Resultaten

De verkregen meetresultaten zijn in figuur 4 weergegeven.

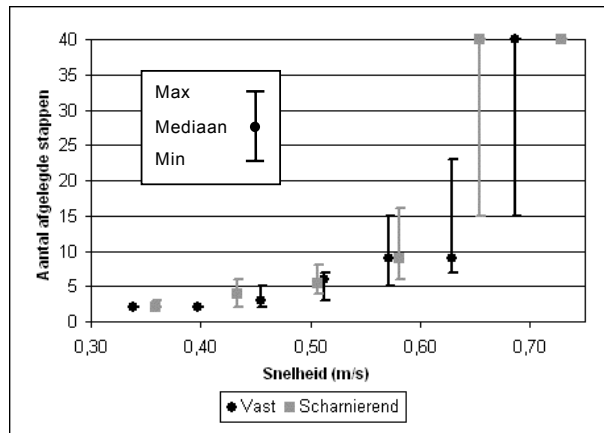


Fig. 4: meetresultaten

Bij de metingen is een potmeter gebruikt om de snelheid in te stellen. Bij eenzelfde potmeterstand bleek de snelheid, door verandering van de accuspanning, niet steeds hetzelfde te zijn. Om deze reden is er bij de verschillende enkels niet bij dezelfde snelheden gemeten.

4. Discussie

Aan de hand van de resultaten kan de hypothese niet worden geverifieerd of gefalsifieerd omdat de meetresultaten van de scharnierende en vaste enkels te dicht bij elkaar liggen en een te grote spreiding hebben. In figuur 4 is te zien dat het loopwiel onder een snelheid van $\pm 0,55$ m/s, ongeacht welke enkels, instabiel is. Het toenemende aantal stappen wordt

hier veroorzaakt doordat bij een hogere snelheid het loopwiel meer stappen maakt tijdens het vallen. Boven een snelheid van $\pm 0,65$ m/s loopt het loopwiel stabiel.

Naast de kwantitatieve resultaten zijn ook nog een aantal kwalitatieve resultaten behaald:

- Met scharnierende enkels is duidelijk te zien dat de voeten draaien.
- Met vaste enkels loopt het loopwiel vaak op de randen van de voeten in tegenstelling tot met scharnierende enkels, waarbij de voeten plat op de grond blijven.
- Oneffenheden van de ondergrond en asymmetrie in de massaverdeling hebben een sturend effect op een loopwiel met scharnierende enkels en geen sturend effect bij vaste enkels. Hierdoor heeft een loopwiel met vaste enkels, meer dan met scharnierende enkels, de neiging om rechtdoor te lopen.

5. Conclusies

Uit de experimenten kan geconcludeerd worden dat er, tussen een loopwiel uitgerust met scharnierende enkels en vaste enkels, weinig verschil is in de minimale snelheid waarbij het loopwiel stabiel is. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit geldt voor de onderzochte scharnierende enkels. Enkels met andere configuraties, bijvoorbeeld een andere enkelhoek, kunnen andere resultaten opleveren.

Tot slot is te concluderen dat het mogelijk is een loopwiel aan te drijven door met een motor het zwaartepunt te verplaatsen. Het door ons geproduceerde loopwiel functioneert goed en kan gebruikt worden bij verder onderzoek aan de enkels van looprobots.

6. Aanbevelingen vervolgonderzoek

Als vervolg kan onderzoek worden gedaan naar:

- De optimale enkelhoek en veerconfiguratie van de scharnierende enkels.
- De mogelijkheid van het actief sturen met een verplaatsbare massa.
- Het effect van externe verstoringen op het gedrag van scharnierende enkels ten opzichte van vaste enkels.
- Het gedrag van het loopwiel, met scharnierende of vaste enkels, bij verschillende laterale voetafstanden.
- Het toepassen van demping in het enkelscharnier om zo het slingeren van het loopwiel te dempen.

Referenties

[1] Wisse M., *Essentials of dynamic walking* PhD thesis, Technische Universiteit Delft, Nederland, 2004. ISBN 90-77595-82-1.
 [2] Website. Delft Biorobotics Laboratory. (dbl.tudelft.nl).