

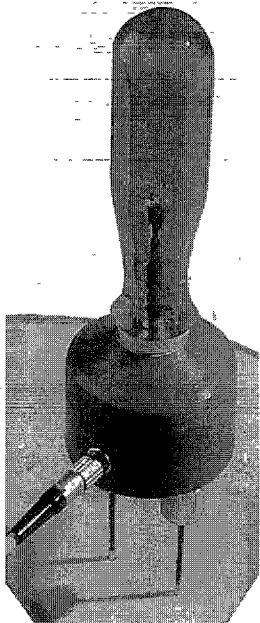
Ervaringen met "methodisch ontwerpen" in het onderwijs

F.J. Siers *Het is van belang dat studenten reeds tijdens de studie ervaren, dat problemen alleen dan oplosbaar zijn, indien de specifieke kenmerken van het probleem bekend zijn. Deze kenmerken zijn alleen op te sporen door studie van het tot dan onbekende vakgebied. Aan de hand van een tweetal voorbeelden zal het bovenstaande worden toegelicht.*

Houtvochtigheidsmeter

Ten behoeve van het meten van de vochtigheid van hout in de opslag of bij aankoop wordt gebruik gemaakt van een digitale houtvochtigheidsmeter in uitvoering volgens figuur 1. Deze bestaat uit een meetkop waarin de elektrodenaalden zijn bevestigd en tevens voorzien van een handgreep. De meetkop heeft een zeer hoge isolatieweerstand (100 Giga-Ohm) en een hoge mechanische sterkte. De pennen worden met de hand in het hout geslagen. Daartoe is de handgreep in twee lengtes leverbaar: een korte uitvoering of een lange, uitgevoerd met een apart slagstuk. Het inslaan in hardhout is toch wel een probleem, daarnaast treden veelvuldig

Figuur 1
Elektrodenpaar met handgreep voor het meten van de vochtigheid van hout



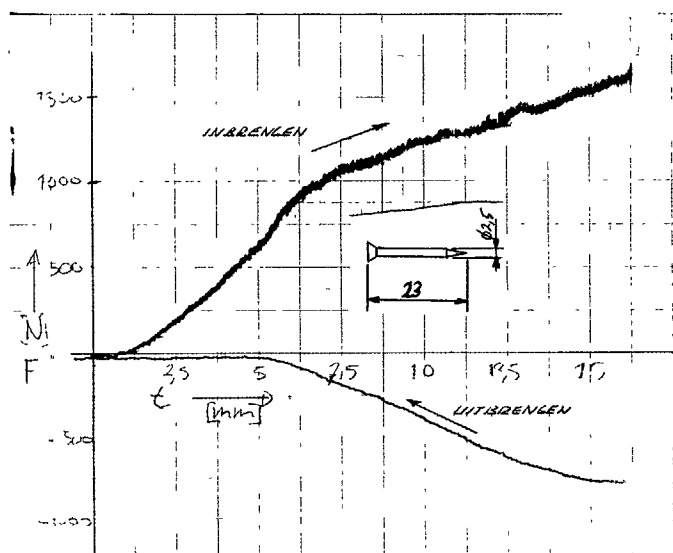
storingen op door beschadiging van de aansluitdraden naar de afleeseenheid.

Om hier enigszins verantwoord bezig te gaan, zijn de studenten gestart met het onderzoek naar de consequenties van het inslaan van de pennen op de meetnauwkeurigheid. In een trekbank met kracht-wegschrijver is het inpersen en uittrekken van twee types pennen in merbau (een harde houtsoort) beproefd. Figuur 2 en 3 geven de meetresultaten voor het gelijktijdig inpersen van 2 pennen en het vervolgens uittrekken bij een snelheid van 1 mm/sec. Ondanks de "verjongde" elektroden in figuur 3 is de benodigde perskracht meer dan 1000 N en de uittrekkraft meer dan 500 N.

De benodigde krachten zijn zo hoog, dat het moeilijk is om de meetkop met pennen zodanig in het hout te persen, dat de pennen niet ontoelaatbaar vervormen en geen ontoelaatbaar grote gaten achterlaten na het uittrekken.

Bij een goed verloop van het inpersen is de verrichte arbeid laag, zodat de gedissipeerde energie weinig nadelige invloed heeft op de meetwaarden.

Figuur 2 De grootte van de inpers- en uittrekkraft bij een snelheid van 1 mm/s



Alternatieve oplossingen

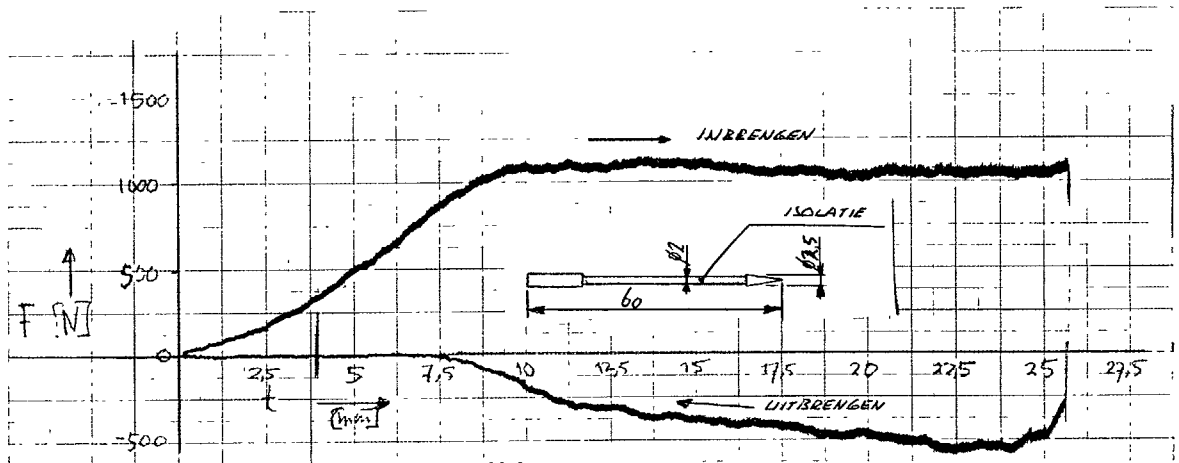
Op de wijze, zoals reeds meer malen in deze artikelenserie is aangegeven, is een aantal structuren voor mogelijke oplossingen ontstaan, die in figuur 4 zijn geschetst.

Eigenlijk blijkt alleen oplossing 'D' in termen van het voorgaande toelaatbaar, doordat alleen bij deze methode de perskracht gering is. Deze oplossing bestaat uit het boren van 2 gaten op een onderlinge afstand van 30,1 mm in het te meten hout met behulp van een boormachine voorzien van een tweespillige boorkop als extra component.

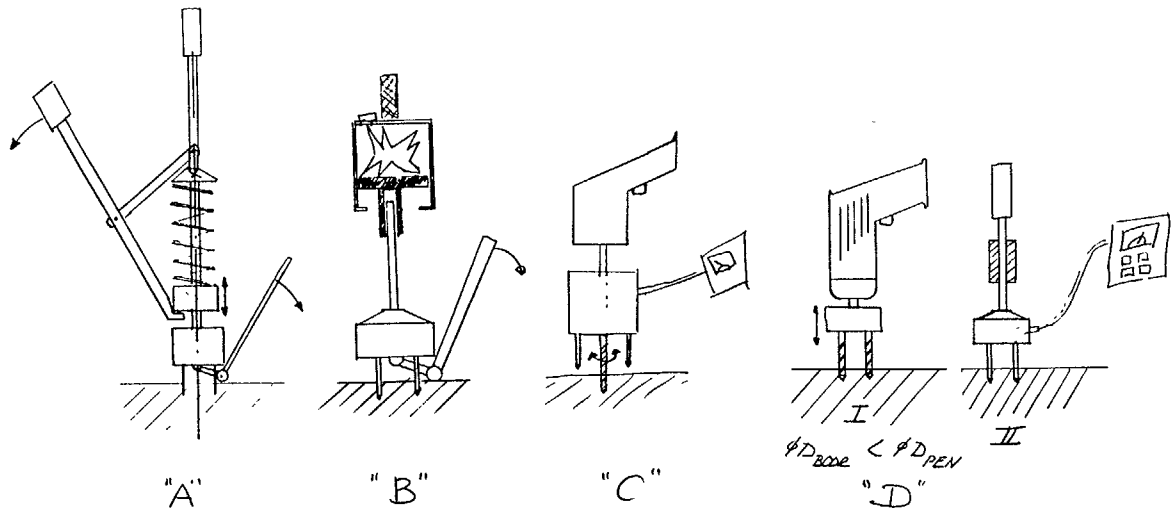
Door de boorgatdiameters een weinig kleiner te kiezen dan de diameter van de in te persen elektroden die vast in de

Ervaringen met "methodisch ontwerpen" in het onderwijs

Figuur 3 De grootte van de inpers- en uittrekkraft bij een snelheid van 1 mm/s met "verjongde" elektroden



Figuur 4 Structuren voor mogelijke oplossingen. Alleen D voldoet aan de eis van een lagere pers- en uittrekkraft

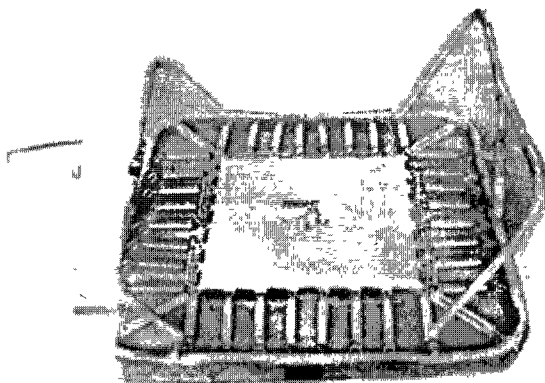


meetekop zitten, wordt bereikt dat

- de inslagkracht c.q. loswerkkracht van de meetkop in het hout laag is,
- het contact tussen de elektrode en het hout minig is.

De tweespillige boorkop bestaat uit een tandwielkastje met twee boortjes, gemaakt van precisieonderdelen,

Figuur 5 Mini-trampoline, de zogenaamde mini-tramp



van een bekend Engels fabrikaat.

N.b. Uit de studie kwam naar voren dat de situatie volgens figuur 1 enigszins misleidend is, omdat het voor het verkrijgen van goede meetwaarden niet aan te bevelen is de meetpennen in het kopse hout te slaan

Mini-tramp

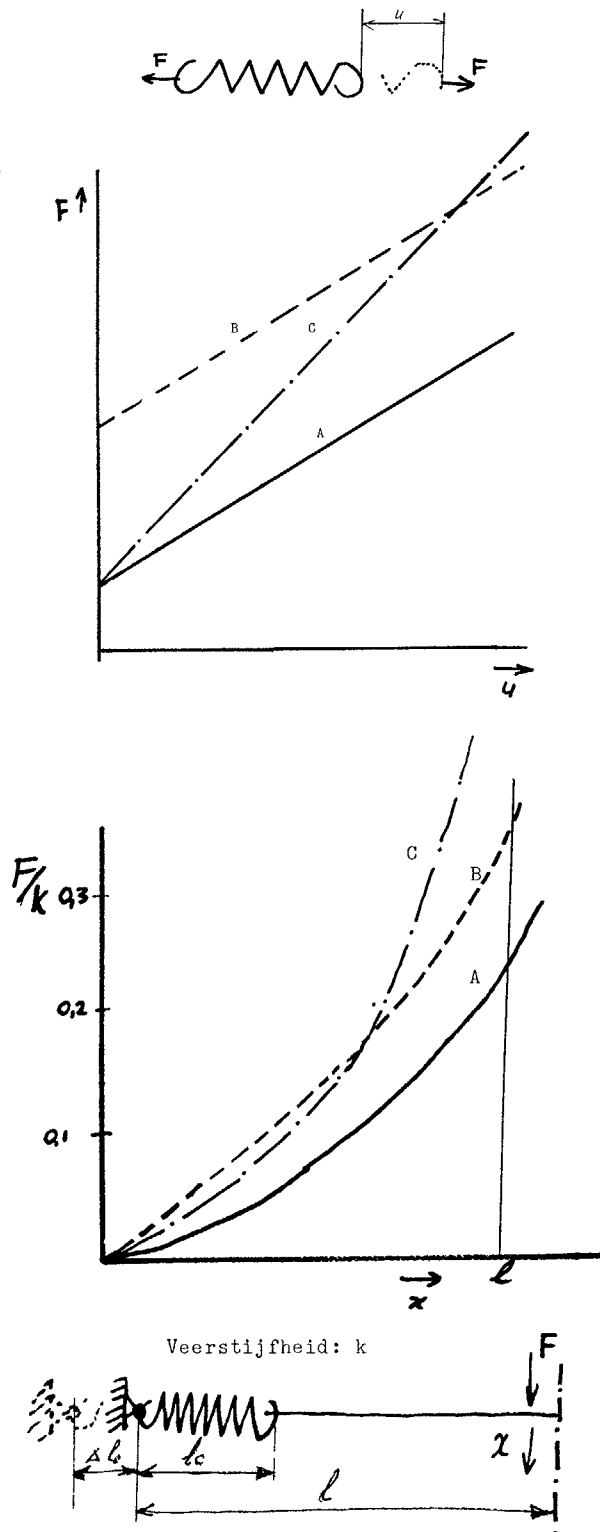
Een tweede groepje studenten werd geconfronteerd met de volgende problemstelling:

De mini-trampoline, kortweg mini-tramp genoemd, is een hulpmiddel, of beter gezegd een stuk gereedschap, in gebruik bij het bewegingsonderwijs en bij turnverenigingen. Deze bestaat uit een vlak buisframe, in de vorm van een vierkant, waarbinnen een springmatje van ca. 50 cm vierkant met behulp van 36 torsieveren bevestigd is.

Deze mini-tramp, zie figuur 5, moet de potentiële energie die wordt opgewekt bij de aansprong door de gymnast, transformeren in kinetische energie door de mini-

Ervaringen met "methodisch ontwerpen" in het onderwijs

Figuur 6.
Veercharacteristieken A) standaard veer, B) standaard veer met verhoogde voorspanning, C) veer met hogere stijfheid



Figuur 7 Invloed van de keuze van de ophangveren op de veercharacteristiek van de mat A) mat opgehangen in standaardveren, B) mat opgehangen standaardveren met een verhoogde voorspanning gelijk aan $0,1 \ell$, C) mat opgehangen in veren met een twee maal zo hoge stijfheid

$$\text{In formule } \frac{F}{k} = (\Delta \ell_0 + \sqrt{\ell^2 + x^2} - \ell) \sin \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{\ell^2 + x^2}}\right)$$

tramp uit te oefenen op het lichaam van de gymnast. Daar de gebruikers veel in massa (40 -- 100 kg), sprongkracht en sprongtechniek verschillen, ontstond de vraag naar het ontwerp van een universele mini-tramp

Deze zou moeten voldoen aan de volgende eisen:

- instelbare vering, hetzij door instellen van de voorspanning, hetzij door instellen van de veerstijfheid,
- inspringhoek instelbaar (van 0 tot 30°),
- hoogte instelbaar, maximale hoogte achterzijde 45 cm,
- gemakkelijk opbergbaar,
- maximum gewicht van de mini-tramp circa 40 kg,
- eenvoudige en begrijpelijke bediening

Men had alreeds een naam bedacht. Flexi-tramp

Rugpijn door onjuist vering

Bij de huidige mini-tramp deed zich het probleem voor dat zware springers de ophangveren van de mat zo sterk utrekten dat de mat bijna de vloer raakte, terwijl bij de lichtste categorie springers de veren nauwelijks rekten.

Wordt tijdens de afsprong de vloer geraakt, dan is dit op de duur funest voor de rug van de gymnast. Tevens heeft de lange contacttijd met de mat een negatieve uitwerking op de controle van de sprong. Een te korte contacttijd met de mat is ook nadelig voor de besturing van de sprong.

Figuur 6 geeft een drietal principiële mogelijkheden voor de keuze van de karakteristiek van de ophangveren waaraan de mat bevestigd wordt, te weten: standaardveer, standaardveer met verhoogde voorspanning en stijvere veer

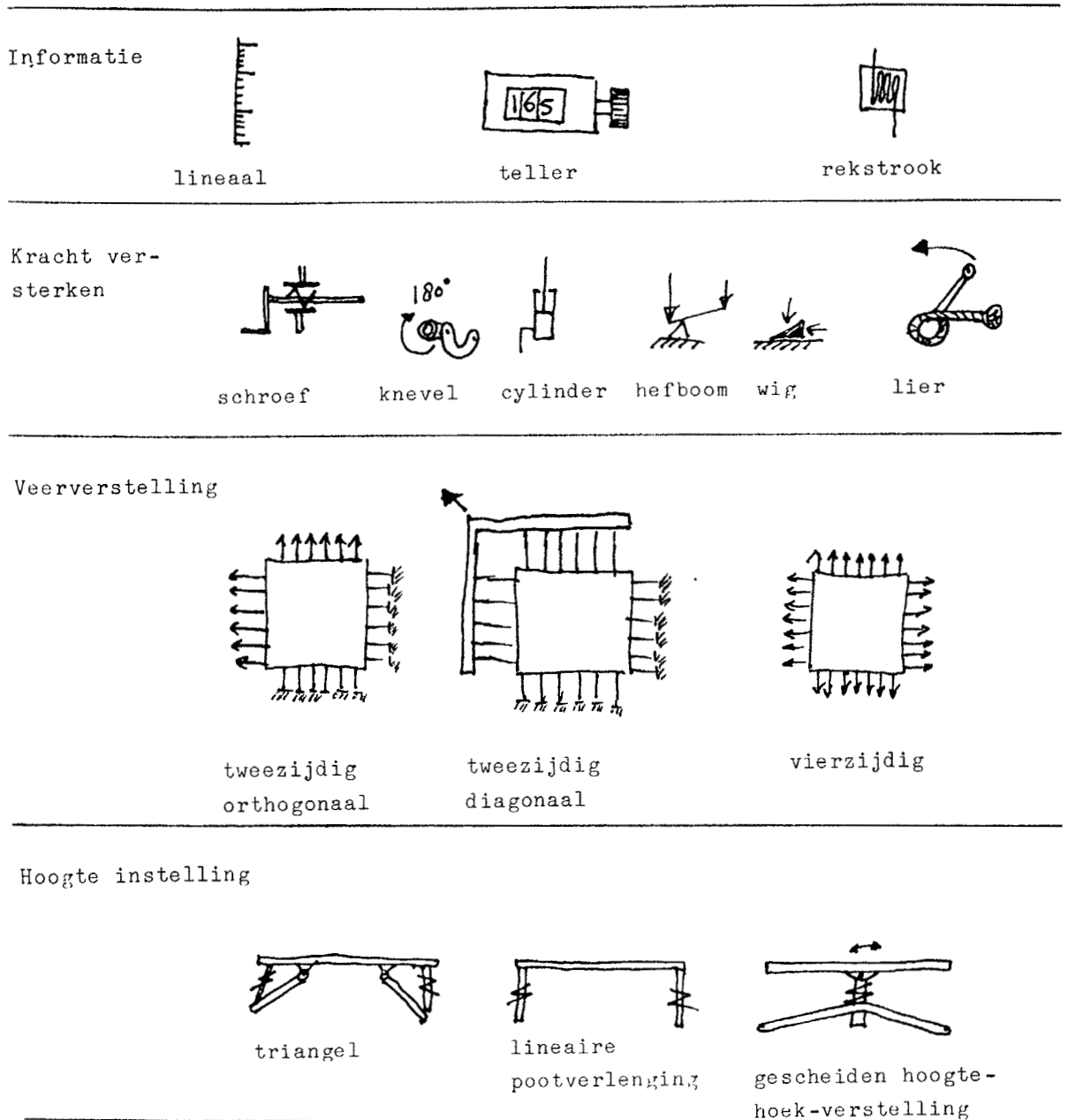
Figuur 7 geeft de doorzakking van de mat en zijn bevestiging onder invloed van de kracht uitgeoefend door de gymnast. De verschillende lijnen geven de invloed van voorspanning en veerconstante weer.

Bij proeven werd geconstateerd dat zware springers een stoot in de rug voelen, ook al komt de mat niet in aanraking met de vloer. De verklaring voor dit fenomeen werd gevonden in de loop van de krommen volgens figuur 7.

De spankracht op de mat kan bij een bepaalde keuze van de vering een zodanig progressief verloop vertonen dat dF/dx zeer grote waarden kan aannemen. Daar het oppervlak onder de krommen de verrichte arbeid weergeeft, valt te concluderen dat het aanbrengen van voorspanning een gunstiger effect heeft dan het monteren van veren met een grotere stijfheid.

Ervaringen met "methodisch ontwerpen" in het onderwijs

Figuur 8 Morfologisch overzicht



Daarentegen wordt de matophanging aan veren met een grotere stijfheid exponentieel stugger naarmate de mat verder wordt ingedrukt. Dit wordt als zeer onprettig ervaren door de gymnast.

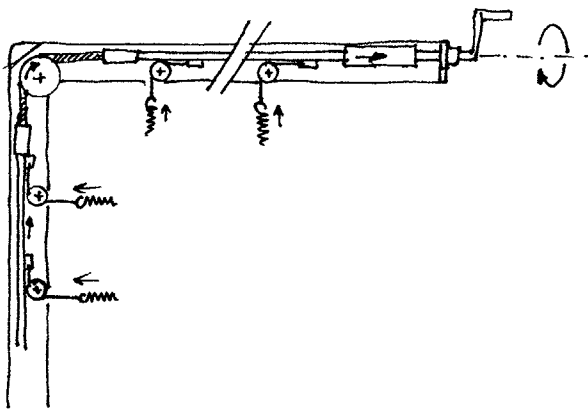
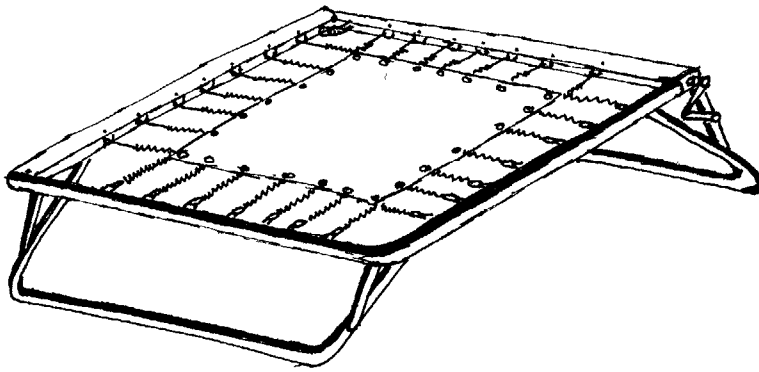
Verstelbare voorspanning

Aangezien het instellen van de voorspanning van de veren technisch beter uitvoerbaar is, wordt in het morfologisch overzicht van figuur 8 dan ook alleen van instelbare voorspanning uitgegaan. In dit overzicht zijn voor een aantal functies een aantal mogelijkheden geschetst.

Uit het contact met toekomstige gebruikers kwam naar voren dat de vorm van de flexi-tramp zoveel mogelijk gelijk aan die van de bestaande mini-tramp zou moeten zijn, om kans te maken op een commercieel succes. Figuur 9 geeft de in eerste instantie gekozen uitvoering, met tweezijdig diagonale verstelling. Nadere beschouwing leverde een ernstig bezwaar op. Bij het voorspannen verplaatst de mat uit het midden naar de hoek van het freem. Door deze excentrische ligging komt de mat bij het springen zodanig scheef te staan ten opzichte van de veren, dat de verbinding aan de mat zou kunnen losscheuren.

Ervaringen met "methodisch ontwerpen" in het onderwijs

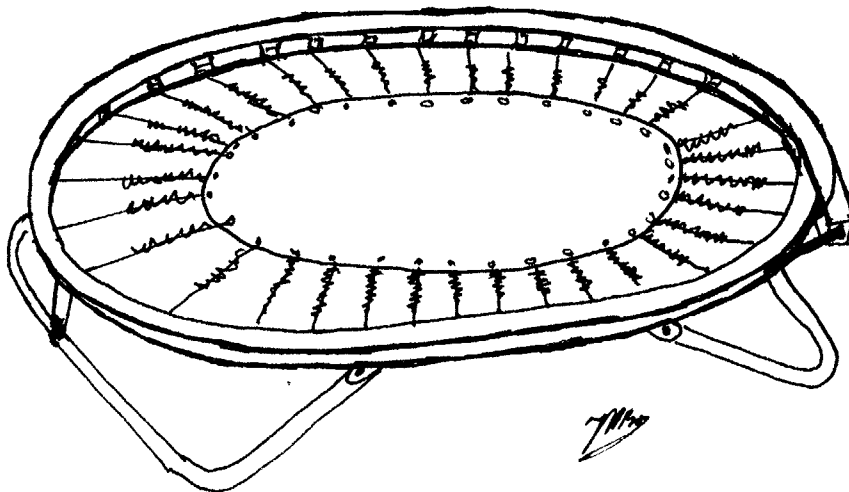
Figuur 9 Tweezijdige diagonale veerverstelling. Deze methode heeft als nadeel dat de mat uit het midden verplaatst en daardoor scheef trekt als er op gesprongen wordt. Het risico van uitscheuren van de bevestiging van de veer aan de mat ten gevolge van de asymmetrische ophanging is niet alleen denkbeeldig



Dit probleem is op te lossen door alle zijden in gelijke mate voor te spannen door voor een vierzijdige verstelling te kiezen. De mat blijft dan in het midden. Het gevolg is echter een dure en zware constructieve uitvoering. Op grond van deze argumenten ging men, in afwijking van het eerder gestelde, akkoord met het ontwerp van

tevens als geleiding van de stalen strip. Verplaatsing van de strip langs de U-omtrek geeft voor elke veer eenzelfde gewenste verandering van de voorspanning. De bediening vergt weliswaar enige krachtsinspanning van de gymnast, maar vraagt geen grote inspanning van zijn of haar voorstellingsvermogen. En dat was de bedoeling.

Figuur 10 De uiteindelijke oplossing, waarbij de mat tijdens het voorspannen in het midden blijft



de flexi-tramp met het buisfreem in een ronde vorm, zie figuur 10. De uiteindelijk tot stand gekomen uitvoering van de flexi-tramp is een rondgezet U-vormig freem met een uitwendige diameter van 1250 mm en scharnierende poten. In deze U, met afmetingen 40 x 30 x 30 mm, ligt langs de gehele omtrek van de rug van de U een stalen strip, die door middel van een schroefvormig deel aan het uiteinde, langs de omtrek van de U verplaatst kan worden.

De veren zijn uitgevoerd als torsieveren die via koorden, geleid over kunststofrolletjes die in de openzijde van de U gemonteerd zijn, verbonden zijn met de stalen strip. De stalen strip is daartoe over zijn gehele lengte van haakjes voorzien.

De kunststofrolletjes dienen