

3. Fijne stof via de ‘foucault-test’.

Inhoud

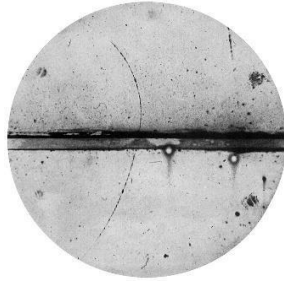
3.1. Geen al te grote verwachtingen.....	1
3.2. Krommingspunt en brandpunt	2
3.3. De foucault-opstelling op de optische bank.....	4
3.4. We bekijken de eigen hand	7
3.5. Een meervoudige verstoring	9
4.6. een blik op de optische bank	11

3.1. Geen al te grote verwachtingen

Zoals gezegd zou elk mens omgeven zijn door een aura, een aantal van steeds ijler wordende lagen, die niet allen van optische aard zijn. Enkel de minst ijle lagen zouden volgens sommigen onder welbepaalde voorwaarden optisch kunnen waargenomen worden. Hiermee is tevens gezegd dat de verwachtingen bij een dergelijk strikt wetenschappelijk onderzoek niet al te hoog kunnen zijn. Maar zelfs de minste aanwijzing van het bestaan van een aura lijkt ons al een hoogst belangrijk feit, en dit om de wetenschappelijke, filosofische en ja, zelfs religieuze consequenties. Zieners en ziensters zeggen ons dat een aura bestaat en dat hij bij sommige mensen behoorlijk groot kan zijn. Als we van die beweringen al een minimaal iets op een voor iedereen aanvaardbare wijze kunnen aantonen, dan wint hun bewering aan waarschijnlijkheid.

Wat kunnen we dan wel verwachten? Een aanwijzing? Een glimp ervan in een spel van licht en duisternis? Dat zou toch al een begin zijn. Laten we ons even verdiepen op wat realistisch mogelijk lijkt.

Verwijzen we b.v. naar de bewuste nevelkamer, ook wel een ‘wilsonvat’¹ genoemd. Het is een wetenschappelijk instrument dat van historisch belang is geweest bij de ontwikkeling van de deeltjesfysica. In 1911 lukte de uitvinder C. Wilson erin om hiermee de baan van o.m. een elektron fotografisch vast te leggen.



Zo een vat is met damp gevuld. Uiterst kleine bewegende deeltjes trekken hierin de dampmoleculen aan en maken daardoor hun baan zichtbaar. Wie van dit alles onwetend is, merkt op de bewuste foto enkel een flauw gebogen lijntje dat schijnbaar nauwelijks enig belang heeft. Wie weet heeft van het hele verhaal, ziet hierin een indrukwekkende praktische bevestiging van een theorie waar jarenlang werd op gezocht.

Of vergelijken we het met een echografie, een techniek gebaseerd op ultrageluid, dat de zachte en harde delen in het menselijk lichaam weet te onderscheiden. Wie onvoorbereid b.v. de foto van longen bekijkt, of van een nog niet geboren kind, weet de resultaten nauwelijks of niet te interpreteren. Het is even zoeken. Geheel anders ligt dit voor een gespecialiseerd iemand die bijna op zicht zulk een beeld kan duiden.

Daarom beginnen we best met toch wel getempered verwachtingen we aan onze optische zoektocht naar het mogelijk bestaan van fijne stof. Fortune en Brennan wezen ons reeds op het verschil in kijken met onze kegeltjes en onze staafjes. De kegeltjes helpen ons de kleuren te onderscheiden bij daglicht, de staafjes zijn er wanneer we in een schemerig licht willen waarnemen. Het is leuk te lezen dat astronomen hier ook rekening mee houden als ze door hun kijkers de sterrenhemel afspeuren. Zij hebben het over een donkergewenning, een aanpassing van het oog aan de nachtelijke duisternis. In een boeiende tekst aan de hand van de astronoom J. Van Gastel² lezen we dat deze gewenning wel tot meer dan een half uur kan duren. Dit tijdsinterval willen we echt voor ogen houden en respecteren om te zien wat er zich in onze kijker in het schemerduister toont. En hier treffen we een element aan dat een zekere subjectiviteit in zich draagt : de gevoeligheid van het oog. Die zou wel eens kunnen verschillen van mens tot mens. Sommigen zullen vlugger iets opmerken dan anderen. Laat ons dat echter niet weerhouden om onze experimenten nauwgezet uit te voeren.

3.2. Krommingspunt en brandpunt

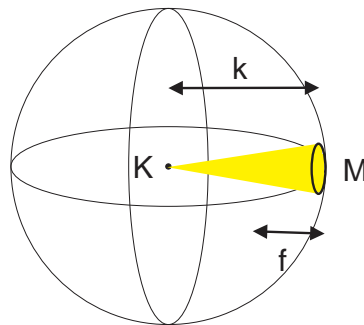
Gaan we van start met het effectief bouwen van de opstelling, vereist voor het uitvoeren van de foucault-test. De test werd in 1858 door de Franse natuurkundige Léon Foucault beschreven. Fouten die ontstaan bij het ‘slijpen’ van sferische spiegels worden hiermee

zichtbaar en dit tot op een onderdeel van een golflengte van het licht. Het is zowat de standaardtest, en is gekend bij alle amateur spiegelslijpers. Door het weloverwogen techniek van het over elkaar schuren van twee glasschijven, waartussen zich een brei van harde korrels bevindt, wordt de bovenste glasschijf geleidelijk bol, en de onderste hol. Eens afgewerkt zal deze laatste van een spiegelende laag voorzien worden en uiteindelijk als spiegel voor onze kijker dienen.

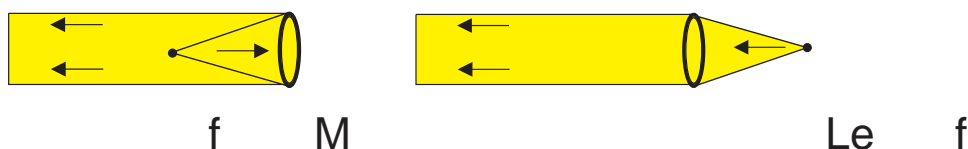
Hierbij wordt de reeds geslepen holle glasschijf vanuit zijn ‘krommingsmiddelpunt’ belicht. We verduidelijken dit zo dadelijk.

De tekening hieronder stelt een perfecte bol voor. Zijn omtrek bestaat uit een laag glas. K (de hoofdletter) is er het middelpunt van. In dit punt bevindt er zich een kleine lichtbron. Vanuit hieruit belichten we een deel van de omtrek, aangegeven met de gele divergerende lichtbundel.

De ruimte op de bol, rechts aangegeven met de zwarte kleine cirkel en de hoofdletter M is onze glasschijf die later de holle of sferische spiegel wordt. Het middelpunt K is tevens het krommingsmiddelpunt van de glasschijf M. De afstand van K tot M, weergegeven met de kleine letter k, is de krommingsafstand. Men zegt dat de glasschijf M, of later de afgewerkte spiegel M (van Mirror), hier op krommingsafstand staat. In deze stand zullen alle divergerende stralen na weerkaatsing op M, convergeren in datzelfde punt K.

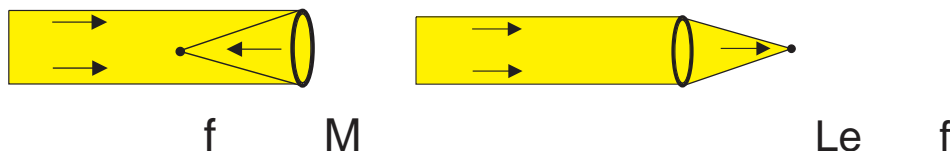


Illustreer we het onderscheid tussen de krommingsafstand en de brandpuntsafstand. De brandpuntsafstand f van de spiegel M gelijk is aan de helft van de krommingsafstand k . De tekening hieronder illustreert dat een spiegel M of een lens L die belicht wordt vanuit het brandpunt, de lichtstralen evenwijdig zal weerkaatsen.



Of omgekeerd, een evenwijdige lichtbundel gericht op de spiegel M, zal in het brandpunt convergeren. Dat doet zich voor bij een newtontelescoop (zie de tekening hieronder links).

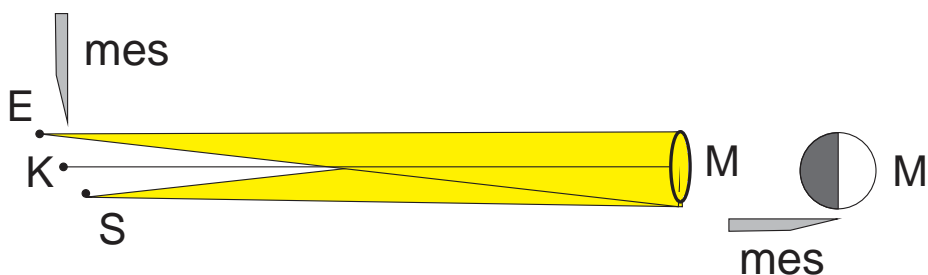
Een evenwijdige bundel zonlicht gericht op een lens convergeert in een klein vlakje. Dat wordt zo heet dat we er een stukje papier mee laten branden.



3.3. De foucault-opstelling op de optische bank

Bij het uitvoeren van de foucaulttest zal het licht (bijna) vanuit het krommingspunt belicht worden, zoals weergegeven op de glazen bol hoger in deze tekst. Na weerkaatsing op de glasschijf zal het weer (bijna) convergeren naar dit krommingspunt K.

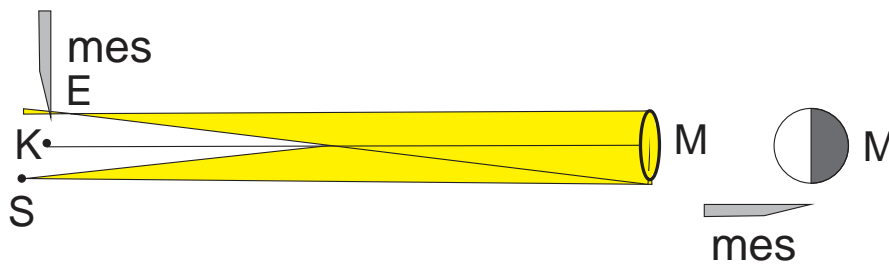
De foucaulttest bestaat er in deze convergerende kegel in de buurt van het convergentiepunt K te snijden met een mes. Hierbij vertonen zich licht- en schaduwlierten die bij een juiste interpretatie mogelijke fouten in de glasschijf aan het licht brengen en een aanwijzing geven om ze weg te werken. Verduidelijken we hieronder het principe van deze test.



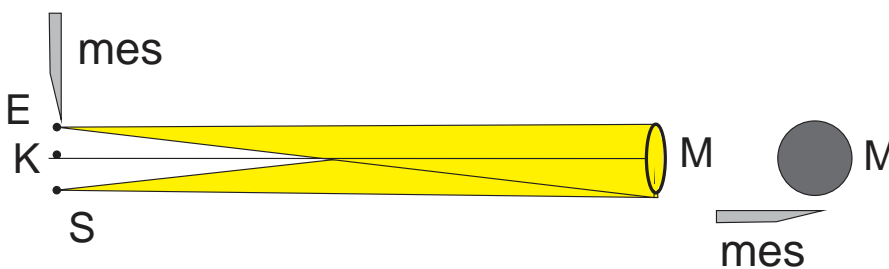
In de afbeelding hierboven, een bovenaanzicht, wordt de spiegel M divergerend vanuit de lichtbron S (Source) belicht. Het punt S ligt dicht bij K, maar er nog net naast. In de tekening hierboven ligt dit punt S dicht bij de spiegel dan het krommingspunt K. Het licht weerkaatst op de spiegel M en convergeert in het punt E ('E' van Eye).

Volgens de spiegel formule $1/f = 1/v + 1/b$ zal het licht in E, net voorbij het krommingspunt convergeren. Ter hoogte van K wordt het mes geleidelijk in de lichtbundel geschoven. Is de

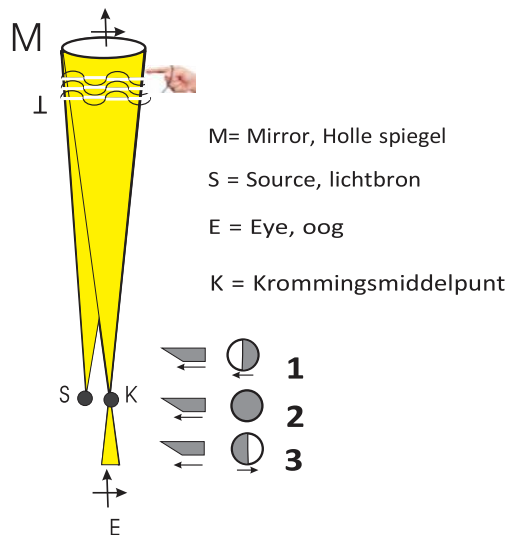
lichtbundel op die plaats nog niet helemaal geconvergeerd, anders gezegd, zijn alle lichtstralen ter hoogte van het mes nog niet in één ‘punt’ samenkomen, dan ziet men vanuit E de spiegel, die we hier in vooraanzicht zien, geleidelijk verduisteren van links naar rechts. Dit is : mee met de beweging van het mes. Hierdoor weet men dat S en E niet op krommingsafstand van M liggen. S ligt te dicht bij M. Om hieraan te verhelpen moet de puntlichtbron S verder van de spiegel M geplaatst worden. Of, wat op hetzelfde neerkomt, de spiegel moet iets verder van de puntlichtbron staan. Dat is in overdreven mate gebeurd in de volgende tekening.



In de afbeelding hierboven wordt de spiegel weer vanuit S belicht. S ligt evenwel verder van de spiegel M dan het krommingsmiddelpunt K. Het licht vanuit S dat de spiegel M bereikt, weerkaatst en convergeert nog voor het krommingspunt K in E. Maar dat betekent dat het licht voorbij E terug divergeert. Licht plant zich nu eenmaal rechtlijnig voort. Het mes snijdt dan eerst de lichtstralen die niet van links, wel van rechts komen. Dat zien we weer in vooraanzicht uiterst rechts. Men weet dat S te ver van de spiegel staat.

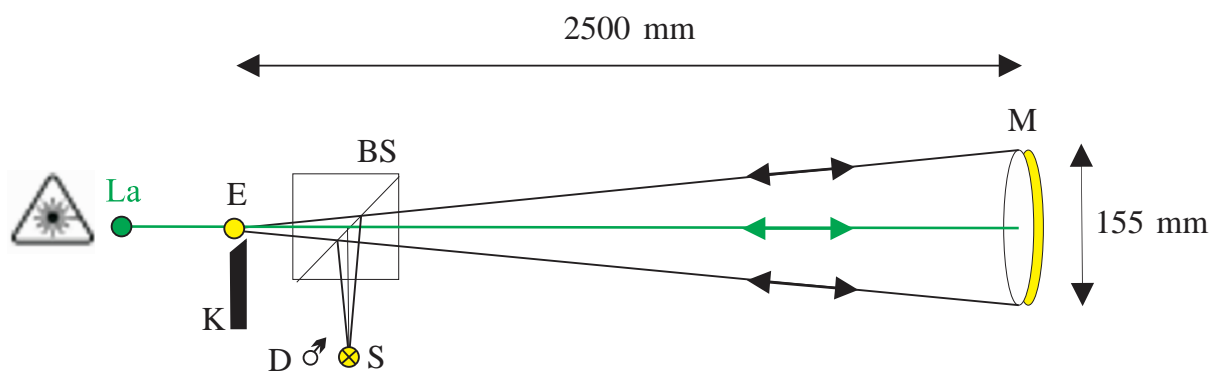


Tenslotte staat S ter hoogte van het krommingspunt K. De weerkaatste stralen convergeren netjes in E. Het mes in de lichtbundel zal nu de spiegel M niet eerst van links naar rechts of omgekeerd, maar wel geleidelijk op het hele oppervlak verduisteren. We zullen deze laatste situatie aanwenden om onze spiegel zoveel mogelijk op krommingsafstand te plaatsen. De drie verschillende situaties worden hieronder in één tekening samengevat.



Is de spiegel mooi sferisch geslepen, en brengt men het mes ter hoogte van het krommingspunt K in de lichtweg, dan zullen verstoringen in deze weg een spel van licht en schaduw veroorzaken. Donkere slierten en turbulenties tonen zich in de lichtweg. Hierop is de zogenaamde ‘Schlierenfotografie’ gebaseerd. Dat ligt evenwel uiten het terrein van ons thema. Wij zullen het mes verder niet meer gebruiken.

Wat doen we dan wel? We behouden de opstelling maar werken on-axis. Dit betekent dat we onze holle spiegel (M) op krommingsafstand (2500 mm) plaatsen van zowel onze lichtbron S (‘S’ van Source) als de plaats van de waarneming (‘E’, van Eye, oog). We gebruiken hiervoor een beamsplitter, een doorzichtig kubusje met hierin diagonaal een half doorlatend spiegeltje, (‘BS’, 20mm²) en lijnen uit met een laser (‘La’).

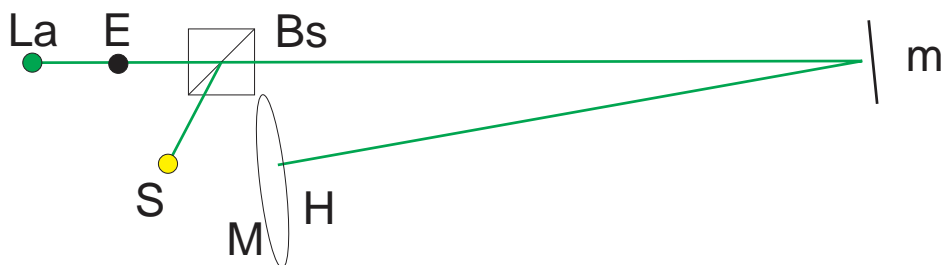


De laser bevindt zich achter de waarnemer zodat deze nooit in het verblindende en schadelijke laserlicht kan kijken. Vanuit onze lichtbron (een lampje van 25 watt, voorzien van een dimmer, D) gaat het licht van het ene einde van een glasvezel naar de ‘punt’-opening (een dun stukje metaal met hierin een opening van 0.3 mm, gemaakt met een accupuncturnaald)

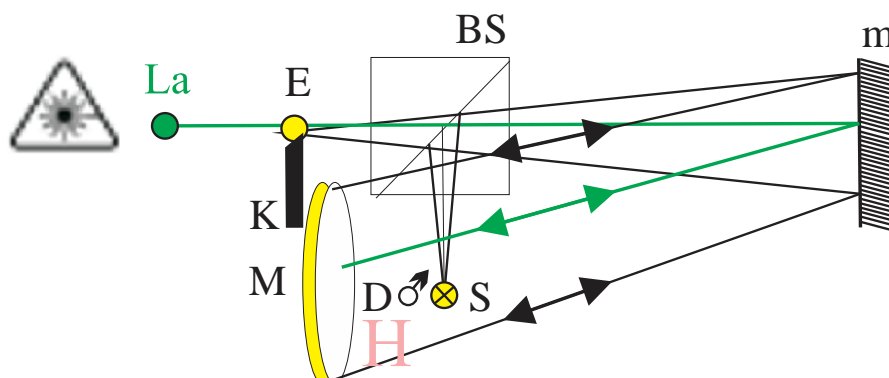
aan het andere einde van de vezel. De glasvezel is op de tekening, die een bovenaanzicht geeft, niet weergegeven. Van daaruit gaat het licht divergerend via de splitter naar de spiegel, en vervolgens na weerkaatsing, convergerend naar het oog E. Om de spiegel M op zijn juiste krommingsafstand te plaatsen gebruiken we het mes K ('K' van Knife, mes) geheel analoog zoals dat gebeurt bij de foucault-test.

3.4. We bekijken de eigen hand.

Halverwege de opstelling voorzien we nog een vlakke spiegel m (uiterst rechts op de tekening hieronder) die het licht weerkaatst in de richting van de waarnemer. Stellen we dat hieronder schematisch voor, met enkel het laserlicht.



De holle spiegel komt dan net voor en ter hoogte van de borst van de waarnemer. Deze kan dan de eigen hand (H) net voor (niet tegen!) de holle spiegel houden, terwijl hij deze doorheen de splitter bekijkt. Geven we de opstelling weer met divergerende en convergerende lichtbundels dat verkrijgen we wat de tekening hieronder toont.



Onze opstelling komt in een totaal verduisterde kamer. 'Duister' betekent dat het geen verschil maakt of we onze ogen nu open of gesloten houden; alles blijft inktzwart. Nadat alles met de laser is uitgelijnd nemen we voldoende tijd om onze ogen aan de duisternis te laten

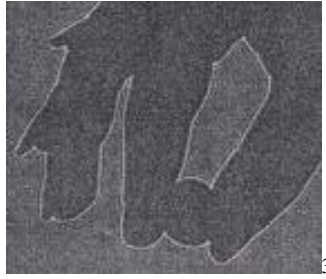
wennen. Nadien plaatsen we de hand voor de spiegel. We belichten de spiegel eerst met maximale lichtsterkte. We zien de hand, verlicht, tegen de achtergrond van de spiegel. Meer toont er zich niet. Geven we van elke situatie hieronder een ingekleurde tekening.



Vervolgens dimmen we de lichtsterkte geleidelijk tot net niet nul, terwijl we de hand blijven bekijken. We bewegen de vingers zachtjes heen en weer. Zijn onze ogen voldoende aan de duisternis aangepast dan hebben we de indruk dat een flauwe, nauwelijks merkbare en nevelige massa onze vingers omgeeft en zachtjes mee beweegt, zij het met enige vertraging.



Dit laatste is niet zonder belang want het vertelt ons dat het niet om een mogelijke diffractie gaat. Bij diffractie buigen lichtgolven af langs een ondoordringbare hindernis. De foto hieronder toont zulk een diffractie. Men ziet inderdaad een dunne en gelijkmatig afgelijnde band naast de hand en de knikker. De band is erg dun en volgt zonder de minste vertraging elke beweging van de hand.

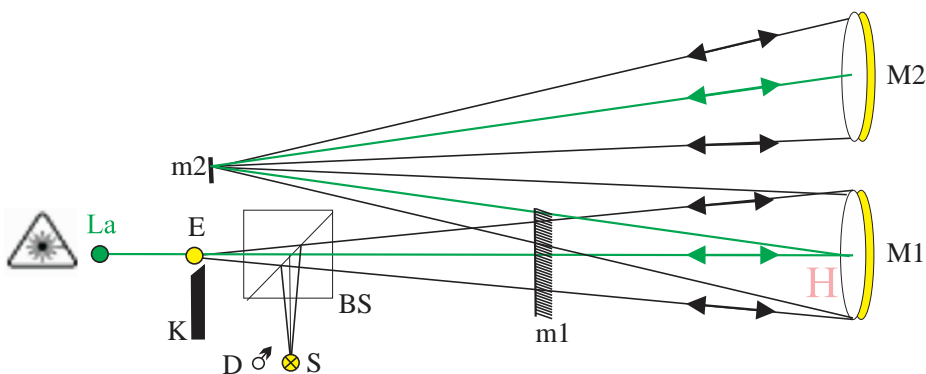


Het beeld in onze foucault-opstelling is evenwel zo flauw dat de ongeoefende kijker niet veel zal merken. We kunnen de critici die beweren dat er nauwelijks iets te zien is, niet helemaal ongelijk geven. Voor velen is dit zeker geen hard wetenschappelijk bewijs. Kijken we verder.

Nemen we aan dat de eerste laag van fijne stof het licht doet afwijken, ook al zien we het nauwelijks. In onze opstelling doorloopt het licht tweemaal deze veronderstelde fijne stof rondom de hand. Eenmaal divergerend, eenmaal convergerend.

3.5. Een meervoudige verstoring

Niets belet ons om in onze opstelling een tweede holle spiegel M2 met een gelijkaardig diafragma (eveneens op krommingsafstand) te plaatsen. Kijken we naar de tekening hieronder. We hebben de grote vlakke spiegel m1 tussen Bs en M1 nog wel getekend, maar niet meer de stralengang die hierop gereflecteerd wordt. Dit om de tekening te vereenvoudigen. Uiteraard blijft de holle spiegel M1 in de buurt van de waarnemer staan, zodat deze de hand voor de spiegel kan brengen terwijl hij kijkt. Daarop wijst nog de intekening van de vlakke spiegel m1, ofschoon die stralengang niet meer werd uitgetekend.



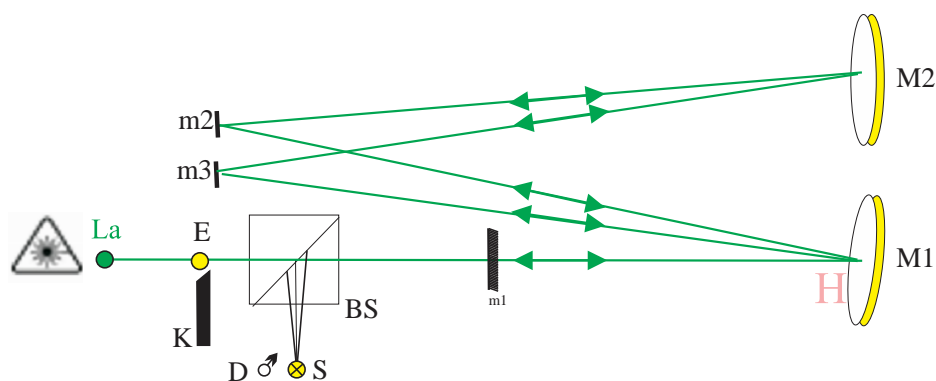
Het licht gaat vanuit S via Bs naar M1, m2, M2 en terug naar m2, M1, Bs en E. We merken dat de hand (H) nu viermaal doorlopen wordt van het licht, iets wat in vergelijking met de vorige opstelling, de verstoring verdubbelt. Men ziet dat de opstelling off-axis wordt. Het

convergerende licht dat naar het kleine vlakke spiegelje m2 (de kleine letter ‘m’) geleid wordt, zorgt theoretisch voor een parallax. Plaatst men evenwel spiegelje m1 en splitter zo dicht mogelijk bij elkaar, slechts enkele mm dus, dan is deze parallax, op een krommings-afstand van 2500 mm, te verwaarlozen.

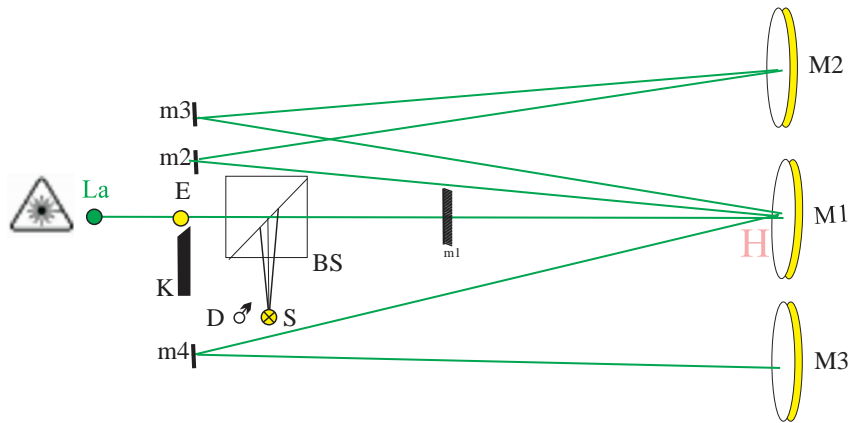
Geven we onze ogen voldoende tijd om zich aan de duisternis aan te passen. Kijken we nu opnieuw, dan wordt de laag rond onze hand al heel wat lichtsterker. We zien ook iets duidelijker een aantal bijna doorzichtige flauwe slierten van warmere lucht vanuit de hand opstijgen. Het lijkt enigszins op de projectie van de damp van kokend water dat door het zon belicht wordt. Zoals verwacht zijn die slierten niet fel wit-zwart contrasterend. We werken inderdaad niet met het mes. Het zijn geen beelden de ‘Schlieren-fotografie’ ons toont.

Men kan opstellingen met 2 of meer holle spiegels ontwerpen waarbij het licht nog een groter aantal keer de hand doorloopt. We geven enkele ervan hieronder schematisch weer. Zelf hebben we ze (nog?) niet gebouwd. Het licht van onze laser legt hierbij al een grote afstand af en divergeert steeds meer en meer, iets wat het afstellen en uitlijnen behoorlijk bemoeilijkt. Willen we deze opstelling toch bouwen, hebben we wellicht een krachtigere laserstraal nodig.

In de eerste opstelling hieronder doorloopt het licht de hand 6 keer. Ter vereenvoudiging van de tekening hebben we de divergerende en convergerende lichtbundels weggelaten en ons beperkt tot het weergeven van de laserstraal. Het licht doorloopt de opstelling als volgt : S, BS, M1, m2; M2; m3, M1, Bs, en E. De tekening geeft een indrukwekkende parallax, maar praktisch kunnen m2 en m3 zeer dicht bij de splitter gebracht worden.

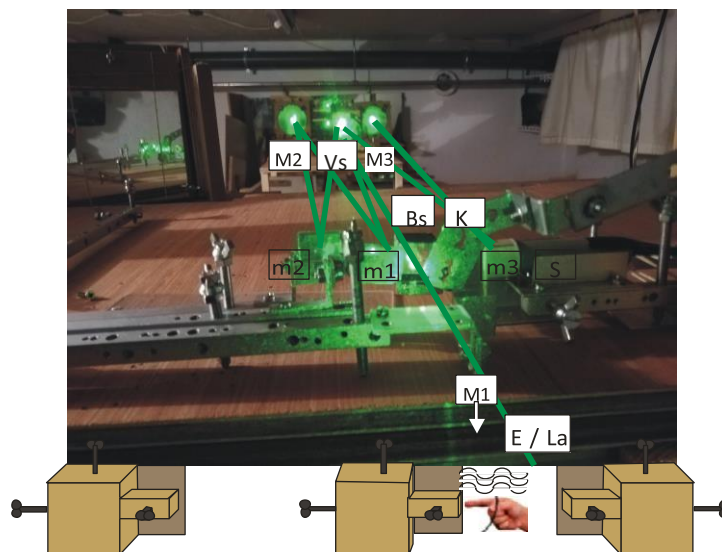


In het volgende ontwerp doorloopt het licht de hand 8 keer. De lichtweg gaat van S, BS, M1, m3, M2, m2, M1, m4, M3, m4, M1, m3, M2, m2, M1, Bs en E.



4.6. een blik op de optische bank

Praktisch, op de optische bank gebouwd, ziet de opstelling eruit als de foto hieronder dit alles weergeeft. De grote spiegels M1, M2 en M3 staan achteraan op karretjes gemonteerd, en deze zijn net onder het oppervlak van de optische bank voorzien van balken zodat de spiegels vanuit de plaats van de waarnemer vooruit, achteruit en wat naar links of rechts kunnen gedraaid worden. De laserlijnen zijn nadien op de foto aangebracht.



¹ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Nevelvat>

² <file:///C:/Users/Walter/Desktop/opica%20nieuw%202024/donkeraanpassing.pdf>

³ Foto, zie : Diffraction, Hecht optics, Addison Wesley Publicing company, p. 392