

# Pepper's Ghost als context bij vlakke spiegels

Bij het behandelen van het domein optica komt de vlakke spiegel als een van de eerste onderwerpen ter sprake. Dit studiejaar heb ik besloten om de vlakke spiegel te introduceren aan de hand van de context 'Pepper's Ghost'. Mede door de opkomst van 'holografische' optredens van overleden artiesten staat deze techniek weer volop in de belangstelling.

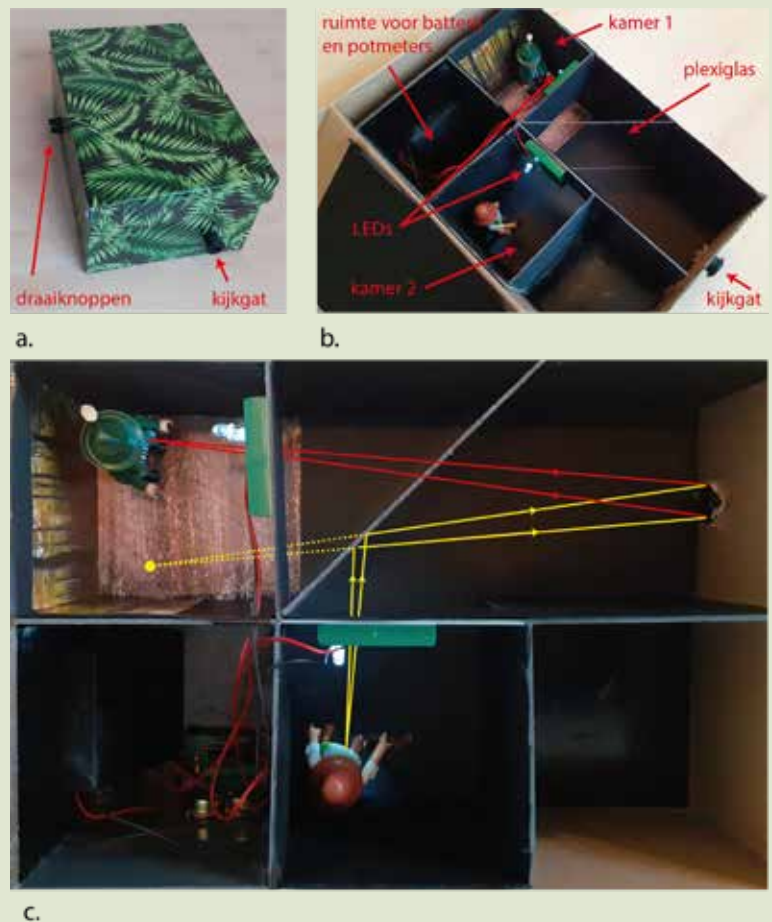
Pepper's Ghost werd in de negentiende eeuw voor het eerst op het toneel toegepast door John Henry Pepper<sup>1</sup>. De techniek is eigenlijk vrij eenvoudig. Een acteur, die voor het publiek niet direct zichtbaar is, wordt belicht. Lichtstralen die van deze acteur komen, worden vervolgens via een glazen plaat naar het publiek toe gespiegeld. Achter de glazen plaat bevindt zich het decor en de overige acteurs. Omdat de plaat transparant is, en dus nagenoeg onzichtbaar voor het publiek, zien we naast het spiegelbeeld van de acteur ook alles wat zich achter de plaat bevindt. De gespiegelde acteur is hierbij zichtbaar als een spookachtige verschijning tussen de andere acteurs.

In de Efteling wordt deze techniek nog altijd bij verschillende attracties toegepast<sup>2</sup>. Een modernere variant van Pepper's Ghost maakt gebruik van digitaal bewerkt videomateriaal, meestal van een overleden artiest. Deze opnamen worden onder of boven een schuinstaande transparante plaat afgespeeld waardoor de opname naar het publiek toe wordt gespiegeld. De artiest lijkt zich hierdoor op het podium, achter de onzichtbare plaat, te bevinden. Achter de plaat kunnen levende artiesten eventueel live meezingen of meespelen. Het duet tussen de overleden rapper 2Pac en de springlevende Snoop Dogg in 2012 was de eerste keer dat Pepper's Ghost

op deze manier werd toegepast<sup>3</sup>. Laten we nu eens kijken hoe we beide toepassingen vorm kunnen geven binnen het klaslokaal.

## Pepper's Kijkdoos

Om de werking van de klassieke Pepper's Ghost te demonstreren heb ik een kijkdoos



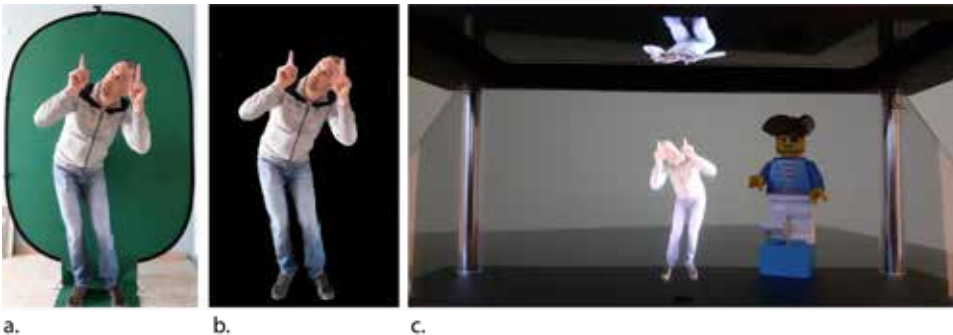
Figuur 1: de doos bevat aan de voorkant een kijkopening en aan de linkerkant twee draaiknoppen (a) waarmee de belichting in kamers 1 en 2 onafhankelijk van elkaar kan worden ingesteld (a,b). Door het tekenen van de lichtstralen kan het spiegelbeeld worden geconstrueerd waardoor duidelijk wordt waarom we de vader links van de jager zien staan (c).



**ROGER RIKKEN** is lerarenopleider natuurkunde aan de Fontys Lerarenopleiding Tilburg en de auteur/programmeur van SimuFysica. <https://nl.linkedin.com/in/roger-rikken-a5946b10b>



Figuur 2: het effect, zoals gezien door het kijkgat, als we de belichting in kamer 2 opvoeren.



Figuur 3: een filmopname voor een green screen (a) maakt het gemakkelijk om later de gehele achtergrond zwart te maken (b). Vervolgens kan het filmpje worden afgespeeld boven een schuinstaande transparante plaat met daarachter een fysisch aanwezig object<sup>4</sup> (c).

gemaakt waarin de gehele opstelling is verwerkt. Een kijkdoos kan gemakkelijk worden doorgegeven zodat elke leerling het effect te zien krijgt. Door vervolgens het deksel van de kijkdoos op te lichten kan naderhand de opstelling bekeken en besproken worden. In de doos zijn twee afzonderlijke kamers gecreëerd welke loodrecht op elkaar staan (figuur 1).

Een transparant plaatje van plexiglas maakt een hoek van 45° met beide kamers. Aan de voorkant van de doos is een opening gemaakt waardoor we direct, door het plexiglas heen, kamer 1 kunnen bekijken. Kamer 1 vormt als het ware het toneel wat zowel het decor (een bos) als een toneelspeler bevat (de jager). We willen de overleden vader van de jager als geestverschijning tevoorschijn toveren. We plaatsen daarom onze tweede toneelspeler, het poppetje van de vader, in kamer 2. Vanuit de opening is de inhoud van kamer 2 alleen te zien als lichtstralen vanuit deze kamer via spiegeling op het plexiglas de opening van de kijkdoos bereiken (figuur 1c). De wanden en de vloer van kamer 2 zijn zo donker mogelijk gemaakt met zwart vilt of zwart papier. Hierdoor spiegelt vanuit kamer 2 alleen het poppetje en blijft het decor van kamer 1 rond de geestverschijning zoveel mogelijk zichtbaar.

Om de illusie te laten slagen is het noodzakelijk om de belichting van beide kamers goed op elkaar af te stemmen. Voor een

overtuigend effect moeten beide figuren een vergelijkbare helderheid hebben. In de kijkdoos is dit gerealiseerd door de leds in elke kamer via een afzonderlijke potmeter op de batterij aan te sluiten. Deze instelbare weerstand vormt meteen een draaiknop waarmee de lichtintensiteit precies geregeld kan worden. Door de belichting in kamer 1 constant te houden en de lichtintensiteit in kamer 2 langzaam te verhogen kunnen we de geestverschijning oproepen (figuur 2).

Bij de bespreking van het effect kunnen een aantal natuurkundige en technische vragen besproken worden. Is het beeld van de spookverschijning reëel of virtueel? Is het beeld twee- of driedimensionaal? Hoe bepaal je waar het beeld ontstaat? En voor de doordenkers: waarom lijkt de geestverschijning een heel klein beetje wazig? Dit laatste wordt namelijk veroorzaakt door een dubbele spiegeling. Hoewel het meeste licht op de voorkant van het plexiglas reflecteert zal er ook wat reflectie op de achterkant van het plexiglas plaatsvinden. Dit laatste zorgt voor een tweede spiegelbeeld dat iets zwakker is en een heel klein beetje naar rechts is verschoven ten opzichte van het eerste. Dit effect kan worden verminderd door een zo dun mogelijk stukje plexiglas te gebruiken.

### Pepper's Ghost met een smartphone

Deze versie van Pepper's Ghost is qua opstelling wat eenvoudiger. Elk filmpje met

een volledig zwarte achtergrond kan worden gebruikt door het te spiegelen via een stukje plexiglas. Er zijn voldoende geschikte filmpjes op YouTube te vinden. Kleine opstellingen voor smartphones zijn commercieel verkrijgbaar maar kunnen ook eenvoudig zelf worden gemaakt. Voor mijn lessen heb ik besloten een opname van mezelf te maken waarin ik de werking van Pepper's Ghost uitleg. Hiervoor heb ik gebruikgemaakt van een green screen, waarna ik de omgeving volledig zwart heb gemaakt met behulp van video-editingsoftware. Het filmpje kan vervolgens worden afgespeeld boven een transparante plaat dat een hoek van 45° met de bodem maakt (figuur 3).

Achter de plaat heb ik een legopoppetje geplaatst waardoor de mogelijke interactie tussen de Pepper's Ghost en het fysisch aanwezige poppetje duidelijk wordt. Het gebruik van een donkere achtergrond tijdens het afspelen kan de Pepper's Ghost eventueel nog wat zichtbaarder maken.

Omdat het filmpje tweedimensionaal is zal het spiegelbeeld ook tweedimensionaal zijn. Dit is een wezenlijk verschil met de Pepper's Ghost in de kijkdoos. Ik wijs mijn studenten er ook altijd op dat Pepper's Ghost niet berust op holografie, maar simpelweg een spiegelbeeld is. De vraag wat holografie dan wel is, behandelen we pas op het moment dat we aan interferentie en buiging van licht zijn toegekomen.

### Tot slot

Beide opstellingen zijn in mijn les gebruikt als demonstratie. Het is natuurlijk ook mogelijk om leerlingen zelf een Pepper's Ghost te laten maken. Daarbij zijn vakoverstijgende projecten met bijvoorbeeld techniek of de kunstzinnige vakken zeker denkbaar. ●

Foto's: Roger Rikken

### NOTEN

<sup>1</sup> Greenslade, T.B. (2011). Pepper's Ghost. *The Physics Teacher*, 49, 338-339.

<sup>2</sup> Toepassingen van Pepper's Ghost in de Efteling zijn te zien op: [https://www.youtube.com/watch?v=7\\_fjBN6mCUQ](https://www.youtube.com/watch?v=7_fjBN6mCUQ)

<sup>3</sup> De Pepper's Ghost van 2Pac is te zien op: <https://www.youtube.com/watch?v=TGbrFmPBVOY>

<sup>4</sup> Een filmpje van de Pepper's Ghost in figuur 3 is te zien op: <https://www.youtube.com/watch?v=4waP5ZjyWwE>