

Ontwerpen voor Resonerende Robotica.

Onderzoekslab
CMD 2025-2026
Luka van Opstal



Voorwoord.

Als een van mijn belangrijkste kernwaarden is *verbinding* de afgelopen jaren vaak teruggekomen als thema in mijn ontwerperschap. Verbinding met jezelf, anderen en met de wereld om je heen. Hoewel het hoog in mijn waarden staat, worstel ik al een groot deel van mijn leven met precies dat: met mijzelf niet emotioneel afsluiten, isoleren en verbinding uit de weg gaan.

Ik denk dat dat een grote reden is waarom ik mij aangetrokken voelde tot het onderwerp van dit onderzoekslab: "Artificial Kinship". Met verwantschap als centraal thema, kreeg ik de kans om dieper in de stof van verbinding te duiken, niet alleen met mensen, maar ook met niet-menselijke actoren en uiteindelijk met mezelf. Omdat dit Lab veel ruimte gaf voor eigen positionering, zijn mijn onderzoek, proces en de uitkomst intiem verwoven met mijzelf, mijn interesses en fascinaties. Ik ben onderdeel van de doelgroep, samen met iedereen die soms de verbinding kwijtraakt in onze oneindig snel ontwikkelende wereld.

Dit verslag neemt je mee in een Research through Design-exploratie naar het ontwerpen van een resonerende relatie met een machine. Het is een zoektocht naar hoe technologie, vaak een oorzaak van vervreemding, getransformeerd kan worden tot een instrument voor verbinding.

Met dank aan Mark Meeuwenoord en Wander Eikelboom voor de begeleiding.

Luka van Opstal
Tilburg
11/01/2026

AI-Disclaimer

In dit verslag is gebruikgemaakt van Google Gemini 3 voor het herschrijven en verbeteren van de grammatica, spelling en leesbaarheid.

Ontwerpen voor resonerende robotica.

Dit project is onderdeel van het onderzoeksproject "Artificial Kinship". Artificial Kinship is een artistiek onderzoeksproject dat de synergie tussen kunst, technologie en zorg onderzoekt. Traditionele, rigide robotsystemen hebben moeite met de menselijke dynamiek in zorgverlening. Tegelijkertijd laten de ethische principes van de zorg weinig ruimte voor de onvoorspelbaarheid van praktijkexperimenten. Het benaderen van problemen in de zorg vanuit een artistieke invalshoek kan waardevolle inzichten bieden over het gebruik van nieuwe technologieën voor zorgkwesties. Dit onderzoekslab onderzoekt hoe kunstzinnige experimenten bijdragen aan het ontwerpen van mensgerichte zorgsystemen. Door middel van ontwerpmethodieken zoals speculatief ontwerp kunnen innovatieve toepassingen van technologie in de zorg worden bevraagd en onderzocht.

De hoofdvraag van het onderzoekslab is als volgt:

Hoe kunnen artistieke benaderingen van kunstmatig intelligente robotica helpen zorg- en welzijnsprocessen te transformeren, zodat deze beter inspelen op de complexiteit en onvoorspelbaarheid van menselijke interactie?

Om in te haken op dit onderzoek en om op een eigen individuele kernvraag te komen, is er vanuit eigen interesses en fascinaties onderzoek gedaan naar lichtkunst, mindfulness, non-dualiteit, artificial kinship, ademhaling en entrainment, wat uiteindelijk heeft geleid tot resonantietheorie. De kernvraag die dit onderzoek behandelt is als volgt:

Kan ademhaling ingezet worden om een resonante ervaring te creëren tussen mens en machine?

Het doel is om technieken te ontwikkelen die ruimte laten voor emergentie: systemen die de gebruiker niet dwingen of sturen, maar uitnodigen om betekenis en ritme te vinden, als antwoord op vervreemding.

Inleiding.

Tenzij je in een hutje op de berg leeft zonder elektriciteit, word je dagelijks blootgesteld aan een constante stroom van ruis en informatie. Appjes, notificaties en media smeken permanent om aandacht. We gunnen onszelf nauwelijks nog de kans om 'alleen' te zijn; de technologie die belooft ons te verbinden, isoleert ons paradoxaal genoeg vaak van onze directe omgeving en onze interne belevingswereld [1]. In plaats van een hulpmiddel dat ons ondersteunt, fungeert onze technologische omgeving steeds vaker als een obstakel dat ons weghoudt van werkelijke verbinding. We zijn sterk verbonden met data en updates van over de hele wereld, maar dreigen de verbinding met het hier en nu, en erger nog, met onszelf, te verliezen.

Deze staat van zijn is een symptoom van wat socioloog Hartmut Rosa omschrijft als sociale acceleratie [2]. Onze moderne samenleving wordt gedreven door een constante drang naar versnelling en controle: we moeten meer produceren, sneller reizen, sneller communiceren in minder tijd. Ooit werd gedacht dat technologische vooruitgang meer vrije tijd zou bieden, maar het lijkt erop dat we enkel meer en meer moeten behalen in dezelfde tijd. Onze actieradius is enorm gegroeid. We kunnen nu overal werken en altijd bereikbaar zijn en meer ervaren en consumeren dan ooit. De wereld is binnen handbereik, maar we lijken een gevoel van verbinding en betekenis te verliezen.

Het gevolg van deze structurele versnelling is een diepgaand gevoel van vervreemding. Wanneer onze psyche niet in staat is om de vooruitgang en versnelling van andere delen van onze wereld bij te benen, ontstaat desynchronisatie. Rosa stelt dat de wereld hierdoor "stom" wordt; wanneer alles gecontroleerd en voorspelbaar is, spreekt de wereld niet meer tot ons en zijn wij niet meer in staat om er een betekenisvolle relatie mee aan te gaan [3]. Dit verlies aan resonantie, het onvermogen om nog geraakt te worden door de wereld of zelf iets in beweging te zetten, vormt een zorgwekkend probleem voor onze moderne samenleving.

De effecten van dit probleem zijn zichtbaar in de cijfers rondom mentale gezondheid. Fenomenen als burn-out en depressie zijn in deze optiek niet alleen het gevolg van simpelweg 'te hard werken', maar symptomen van een crisis van resonantie [3]. Het zijn reacties op een omgeving die, ondanks alle technologische vooruitgang, koud en onbereikbaar aanvoelt. Rosa oppert ook dat dit zichtbaar is in de explosieve groei van wat hij "resonantie-oases" noemt, waar we in een poging om op adem te komen en verbinding te krijgen massaal naartoe vluchten: specifieke, afgebakende momenten zoals een yoga-retreat of een festival, waar we hopen de verloren verbinding tijdelijk te herstellen [3]. Op deze manier hebben we resonantie tot een uitzondering gemaakt, en bijna gecommercialiseerd.

Het is daarom belangrijk dat we onze relatie met technologie heroverwegen. Als we de vervreemding willen doorbreken, moeten we op zoek naar een andere vorm van interactie. We hebben behoefte aan technologie die niet gericht is op het optimaliseren van ons bestaan, maar ruimte biedt voor betekenisgeving [4]. Technologie die ons niet versnelt, maar die een resonante ruimte opent waarin we ons weer kunnen afstemmen op ons eigen ritme en dat van onze omgeving.

De resonantietheorie van Hartmut Rosa dient in dit onderzoek als perspectief om de wereld mee te begrijpen, problemen te analyseren en om betekenisvolle relaties te definiëren.

Ontwerpen voor resonantie

De vraag of we kunnen ontwerpen voor resonantie lijkt op het eerste gezicht een tegenspraak. Rosa benadrukt immers dat resonantie gekenmerkt wordt door 'onbeschikbaarheid' (Unverfügbarkeit); het laat zich niet afdwingen of programmeren [4]. Je kunt niet op een knop drukken om een betekenisvolle verbinding te starten.

Hoewel we resonantie niet kunnen afdwingen, is de hypothese van dit onderzoek dat we wel ruimte kunnen creëren voor resonantie, door in het ontwerp ruimte te maken voor emergentie en systemen te maken waarin de gebruiker zelf betekenis en verbinding kan vinden. Met emergentie wordt bedoeld dat de betekenis van de interactie niet is voorgeprogrammeerd, maar ontstaat in het moment van samenspel tussen mens en machine.

Dit onderzoek richt zich daarom op het ontwerpen van dispositionele resonantie: het scheppen van condities waarin de kans op een resonante ervaring gemaximaliseerd wordt, door het mogelijk maken van het ontstaan van een band tussen mens en machine.

Ademhaling

In dit onderzoek wordt ademhaling gebruikt als brug tussen de gebruiker en een systeem. Ademhaling is bijzonder geschikt voor dit doel, omdat het synchroniseren van biologische ritmes, een proces dat bekend staat als 'entrainment', fundamenteel is voor hoe mensen sociale banden vormen en onderhouden [5]. Wanneer ritmes van twee entiteiten zich op elkaar afstemmen, ontstaat er zogeheten 'bio-behavioral synchrony'. Uit neurowetenschappelijk onderzoek blijkt dat deze vorm van synchronisatie niet alleen esthetisch aangenaam is, maar ook direct bijdraagt aan groepscohesie en positieve affectieve ervaringen [5]. Meer dan slechts een gedeelde beweging, faciliteert neurale en fysieke resonantie een gevoel van 'self-other merging', waarbij de grenzen tussen het zelf en de ander vervagen. Door dit mechanisme toe te passen in een mens-machine interactie, wordt het delen van ademhaling wellicht een middel om de afstand tussen mens en technologie te overbruggen en kan het bijdragen aan het scheppen van een betekenisvolle band.

De resonantietheorie definieert vier soorten resonante relaties, beschreven als assen waarmee wij ons verhouden tot de wereld [2].

De Horizontale As: Dit betreft de resonantie tussen mensen onderling, zoals in liefdesrelaties, vriendschappen en de politieke ruimte. Een primair voorbeeld hiervan is de band tussen een pasgeborene en de verzorger, waarbij acceptatie of afwijzing de fundamentele hechtingspatronen vormt.

De Verticale As: Deze as beschrijft de relatie tot abstracte, ontologische categorieën die het individu overstijgen, zoals de natuur, geschiedenis, religie of kunst. Het gaat hier om het gevoel deel uit te maken van een groter geheel.

De Diagonale As: Dit is de relatie tot de wereld van de 'dingen' en materiële objecten. Wanneer iemand zich aangesproken voelt door materiële zaken zoals een kunstwerk, een berglandschap of zelfs gebruiksvoorwerpen.

De As van het Zelf: Een recente vierde toevoeging aan de theorie, die de mate beschrijft waarin iemand een niet-vervreemde relatie ervaart met het eigen lichaam en de eigen psyche [2].

De focus van dit onderzoek ligt op de derde en vierde as. Er wordt onderzocht of ontwerp een resonante relatie kan ondersteunen tussen mens en machine, en later in het onderzoek worden bevindingen gedeeld die de vierde as betrekken.

Om te bepalen of een gebruiker een resonante ervaring beleeft, is het belangrijk om te definiëren wat dat precies inhoudt. De ervaring precies kaderen is lastig, omdat het gaat om subjectieve gevoelens, maar Rosa beschrijft structurele kenmerken van resonantie die voor dit onderzoek vertaald worden naar ontwerpcriteria [2]:

Binnen dit onderzoek wordt een 'resonante ervaring' gedefinieerd als: Een interactie waarin de gebruiker zich emotioneel geraakt voelt door het artefact (Affizierung), direct ervaart dat diens eigen ademhaling invloed heeft op het artefact (Selbstwirksamkeit), en waarbij deze wederkerige afstemming leidt tot een verandering in de interne staat van de gebruiker (Transformatie), zonder dat deze uitkomst is afgedwongen (de uitkomst wordt bepaald door de samenkomst van de gebruiker en het ontwerp) (Unverfügbarkeit)[2].

Prototyping: Meting van de ademhaling

Hoe kan de ademhalingscyclus accuraat gemeten worden en de data visueel weergegeven worden?

Om te beginnen met het Research through Design-proces is er onderzoek gedaan naar verschillende methodes om ademhaling te meten. De meting moet aan een aantal voorwaarden voldoen:

- De meting moet stabiel zijn
- De data moet een beeld kunnen geven van de ademhalingscyclus, of genoeg informatie geven om dit te benaderen
- De meting moet met geen of minimale vertraging gemaakt en doorgegeven kunnen worden, voor gebruik in een visuele simulatie

Voor het visueel spiegelen van ademhaling is met name de uitzetting van de borstkas geschikt, omdat deze data een accurate weerspiegeling is van de complete ademhalingscyclus.

Andere methodes, zoals infrarood-detectie onder de neusgaten, die detecteren wanneer een gebruiker in- of uitademt, kunnen wellicht bruikbaar zijn, maar leveren minder informatie. Deze methodes zouden gebruikt kunnen worden als benadering, en de cyclus tussen de inademing en uitademing zou gesimuleerd kunnen worden om een spiegeling van de ademhalingscyclus in real-time te genereren.

Allereerst is onderzocht of de uitzet van de borstkas gemeten kan worden met een mmWave Breathing Sensor. Deze sensor is in staat om afstand te meten tot een object, en zou in staat moeten zijn om door middel van de afstand tussen de sensor en de borstkas de ademhalingscyclus te extrapoleren [6]. Wanneer de gebruiker inademt, krimpt de afstand, en de afstand groeit bij uitademing. Deze sensor is met name aantrekkelijk omdat het een non-invasieve methode biedt. De gebruiker hoeft geen sensoren te dragen of in een masker te ademen. Wel is het vereist dat de gebruiker langere tijd stilzit voor een succesvolle meting. Kleine verschuivingen beïnvloeden de data, waarna de sensor weer zou moeten herkalibreren. Uit tests bleek ook dat deze sensor niet het gehoopte resultaat leverde. Hoewel de sensor er in theorie toe in staat zou moeten zijn, is het niet gelukt om bruikbare data te verkrijgen uit de metingen. Naast de gevoeligheid van de sensor, lijkt het erop dat de sensor een algoritmische benadering probeert te maken van de ademhalingscyclus, die niet nauwkeurig overeenkomt met de werkelijkheid.

Hierom is er uiteindelijk gekozen om gebruik te maken van een conductive rubber stretch sensor, om de uitzetting van de borstkas te meten. Dit is gedaan door een riem te maken, die op een punt verbonden is met een geleidende rubberen draad, waarvan de rek kan worden gemeten.

Voor dit prototype is een heuptas gebruikt als basis, waarin een microcontroller de data van de sensor uitleest en doorgeeft aan een computer. Deze methode is erg betrouwbaar, geeft relatief stabiele data en geeft een compleet beeld van de uitzet van de borstkas, en dus de ademhalingscyclus. Het vereist wel dat de gebruiker de sensor om de borst draagt en hierdoor licht beperkt is in bewegingsvrijheid. Om deze sensor zo toegankelijk en minimaal invasief mogelijk te maken, heb ik de microcontroller vervangen door een kleiner model, met mogelijkheid tot draadloze verbinding. Zo kan de gebruiker zich vrij bewegen zonder negatieve gevolgen voor de meting.

De rek van deze sensor vergt geen complexe transformatie. Hoe hoger de rek, hoe meer de borstkas uitgezet is, hoe meer de gebruiker ingeademd is.

Voor de visualisatie van de ademhaling wordt in dit onderzoek gebruikgemaakt van TouchDesigner, een node-based programmeertaal en interface [7]. TouchDesigner maakt het mogelijk om in één workflow de data te ontvangen, te transformeren en te visualiseren.



Conductive rubber sensor
[B.1]



mmWave breathing Sensor
[B.2]

Prototyping: Visualisatie

Als eerste experiment om de ademhaling visueel te spiegelen is de data gekoppeld aan de grootte van een lichtcirkel. Dit diende als eerste proof of concept en manier om het systeem te kunnen testen, om te zien tegen welke problemen het systeem aan kan lopen en hier vroegtijdig verbeteringen in aan te brengen. In dit onderzoek worden tests uitgevoerd met medestudenten en vrijwilligers buiten de kring van de opleiding, en door middel van zelfonderzoek. In dit eerste experiment werd geen gevoel van een band met de simulatie ervaren door testpersonen. Dit was niet onverwacht, de vorm is simpel en is een bewegende afbeelding op een laptop, een algemeen gebruiksobject. Het blijkt hierdoor moeilijk om het als meer te zien dan dat, en de weerspiegeling als meer te zien dan een meting.

Ook bracht dit experiment inconsistenties in de simulatie aan het licht. Zo is gebleken dat de simulatie schokkerig kan zijn, door bewegingen van de gebruiker en inconsistenties in de data. Dit deed af aan de ervaring, omdat dit gedrag niet overeenkomt met de ademhaling van de gebruiker, en de weerspiegeling verbroken wordt.

Om deze problemen op te lossen wordt de data in een aantal stappen getransformeerd. Grote inconsistenties worden uit de data gefilterd, om plotselinge sprongen door fouten in de data te voorkomen. Ook wordt het verloop van de data vertraagd (lag): er wordt een verloop toegevoegd tussen het laatste en het nieuwe ontvangen datapunt van de sensor. Hierdoor verloopt de simulatie iets langzamer, maar ook organischer en vloeiender.

Het eerste experiment deed vermoeden dat een abstracte vorm waarin de ademhaling gevisualiseerd wordt meer ruimte biedt voor het vormen van een relatie. Vanuit een fascinatie voor lichtkunst is er gekeken naar verschillende opties. Het projecteren van het bewegende licht uit het eerdere experiment diende als een simpele manier om de computer uit de ervaring te halen en te experimenteren met een nieuwe vorm. Tests zijn uitgevoerd met dezelfde pulserende vorm en er is een nieuwe visualisatie gemaakt, een mandalavorm met een warmkleurig “ademend” effect.

In een experiment waarin deze projectie voor een periode van 30 minuten in een leefruimte actief was, werden een aantal interessante effecten ervaren.

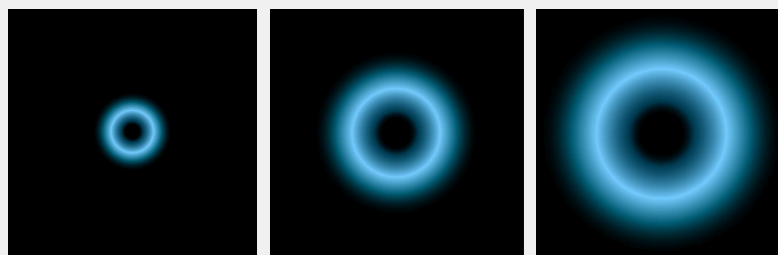
- Een verhoogd bewustzijn van de eigen ademhaling.
- (af en toe) Het gevoel van de aanwezigheid van een ander.
- Een licht verhoogd gevoel van waardering voor de eigen ademhaling.

Het bewustzijn van en waardering voor de eigen ademhaling kan vermoedelijk positieve effecten hebben op de mentale staat en gezondheid van een gebruiker, op basis van kennis vanuit mindfulness en meditatie [1].

Het verhoogde gevoel van waardering komt vermoedelijk voort uit een bewondering/waardering voor de vorm waarin de ademhaling gevisualiseerd wordt, waarna dit gevoel teruggekoppeld en geïnternaliseerd wordt, naar de ademhaling van de gebruiker zelf.

Kalibratie

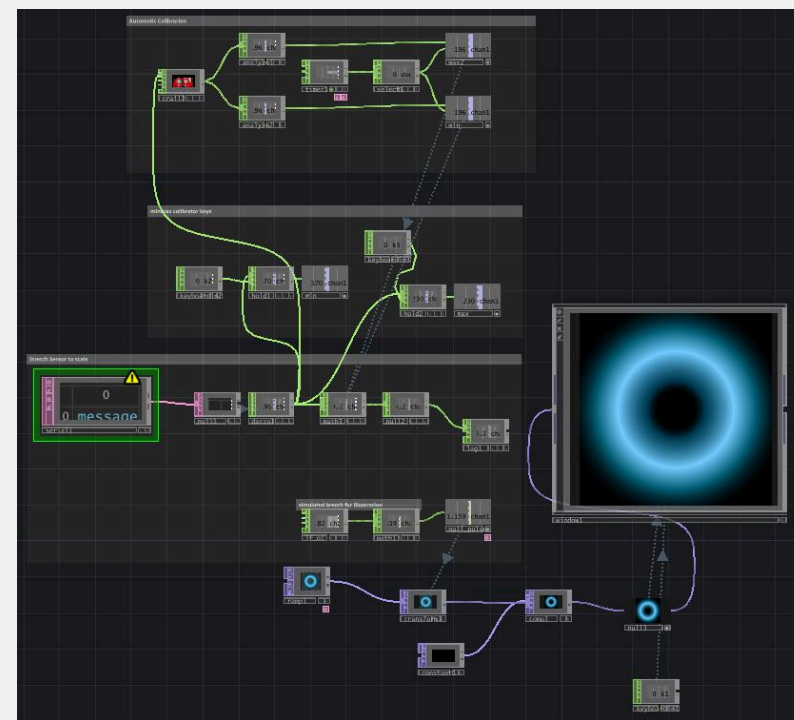
Om het systeem accuraat de ademhaling te laten weerspiegelen is kalibratie nodig. Het systeem heeft data nodig over de piek en het dal van de ademhalingscyclus. Deze waarden zijn essentieel voor het vertalen van de data naar een visualisatie, zoals felheid van licht. In eerste instantie wordt dit gedaan door de gebruiker te vragen om volledig in en uit te ademen en met deze waarden het systeem te initialiseren. Echter stapelen veranderingen in de positie en daarmee de rek van de sensor zich na langer gebruik op, en houdt deze methode geen rekening met verandering in de diepte van de ademhaling. Hierom is het systeem aangepast om elke 8 seconden (waarde benaderd door testen) de verkregen data te analyseren en de hoogste en laagste waarde opnieuw op te nemen. Wederom wordt hier gebruikgemaakt van een vertraging om plotselinge sprongen in de visualisatie te voorkomen.



Pulserende visualisatie van de ademhaling [B.3]



Projectie van de mandalavisualisatie [B.4]



TouchDesigner Interface [B.5]

Prototyping: Fysiek artefact

Hoe heeft de vorm (esthetisch) van het artefact invloed op de ervaring?

Uit de eerste testen bleek dat de vorm van het systeem invloed heeft op de betekenisgeving en mate van verbinding.

Om de effecten van verschillende vormen verder te onderzoeken is er in stappen een fysiek prototype ontwikkeld. Deze vorm is bewust ontwikkeld om dichtbij en vast te kunnen houden. In tegenstelling tot het vorige experiment, is deze vorm klein en tastbaar.

Dit prototype is getest in korte testsessies van 4 minuten, waarin de gebruiker wordt gevraagd gedurende die tijd stil te zitten met het object, in een prikkelarme ruimte. Hierin is verder zo min mogelijk context gegeven, om beïnvloeding te voorkomen. Ook is het object, zoals in het vorige experiment, getest voor een langere periode in de leefruimte van de gebruiker. Een terugkerend fenomeen dat observeerbaar was bij deze testen is dat dit object als iets kwetsbaars werd ervaren. Gebruikers merkten een gevoel van verantwoordelijkheid op voor het object. Ook werd het object vaker ervaren als een extensie van het zelf dan een opzichzelfstaand systeem. De relatie met het object werd als symbiotisch beschreven: het object is afhankelijk van de gebruiker, en de gebruiker ontleent er een verhoogd gevoel van zelfbewustzijn aan.

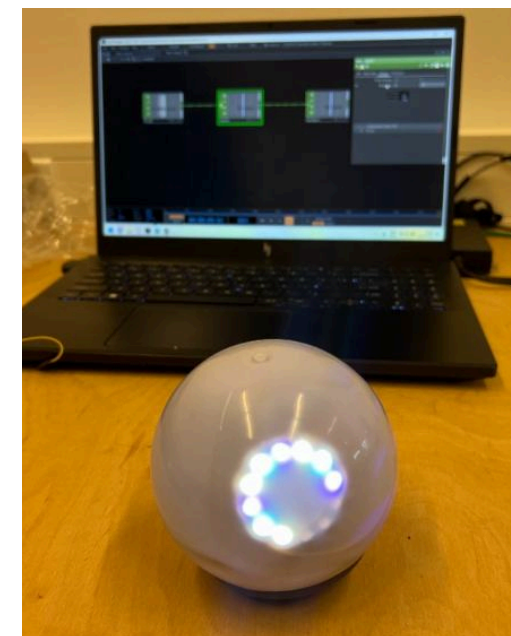
Een bijzonder fenomeen dat enkele keren emergeert is de terugkoppeling van het gevoel van zorg voor het object naar de gebruiker zelf. Hierin ontstaat er een gevoel van zelfliefde en zelfwaardering, vermoedelijk door het weer internaliseren van de gevoelens voor een externalisatie van het zelf.

Deze interactie kan gezien worden als een teken van een betekenisvolle band tussen de gebruiker en de technologie, of in ieder geval, de technologie ondersteund een betekenisvolle band van de gebruiker met zichzelf. Dit is meer in lijn met de vierde as van resonantie, de as van het zelf.

De vorm van het object lijkt hierin erg sturend. De relatie die de gebruiker heeft met het object wordt beïnvloed door de verschijning, wat dus invloed heeft op het gevoel dat de gebruiker terugkoppelt naar zichzelf.

In de langere sessies wordt ook een kalmerend effect geobserveerd. Omdat de spiegeling van de ademhaling door hoe het systeem opgezet is iets vertraagd is, observeren gebruikers dat zij soms automatisch hun eigen ademhaling vertragen, om te synchroniseren met de weerspiegeling. Dit lijkt een teken van entrainment, een fenomeen dat kan wijzen op affectieve verbondenheid [5].

Hierna is kort geëxperimenteerd met vertraging toevoegen na een paar minuten van interacteren met het systeem, met als hypothese dat de gebruiker na een periode gesynchroniseerd adem te hebben gehaald met het object automatisch mee zou vertragen. Dit fenomeen zou toegepast kunnen worden voor kalmeringsdoeleinden. Deze loskoppeling zorgde echter sneller voor een verstoring van de ervaring, wanneer gebruikers merkten dat de ademhaling niet meer accuraat gespiegeld wordt. Hierom is er niet dieper gekeken naar dit concept, mede omdat de feedback-loop die ontstaat in de ervaring zonder deze vertraging al veel interessante inzichten bood.



Fysiek prototype 1 [B.6]



Fysiek prototype 2 [B.7]
(foto bewerkt met AI)



Fysiek prototype 2 [B.8]

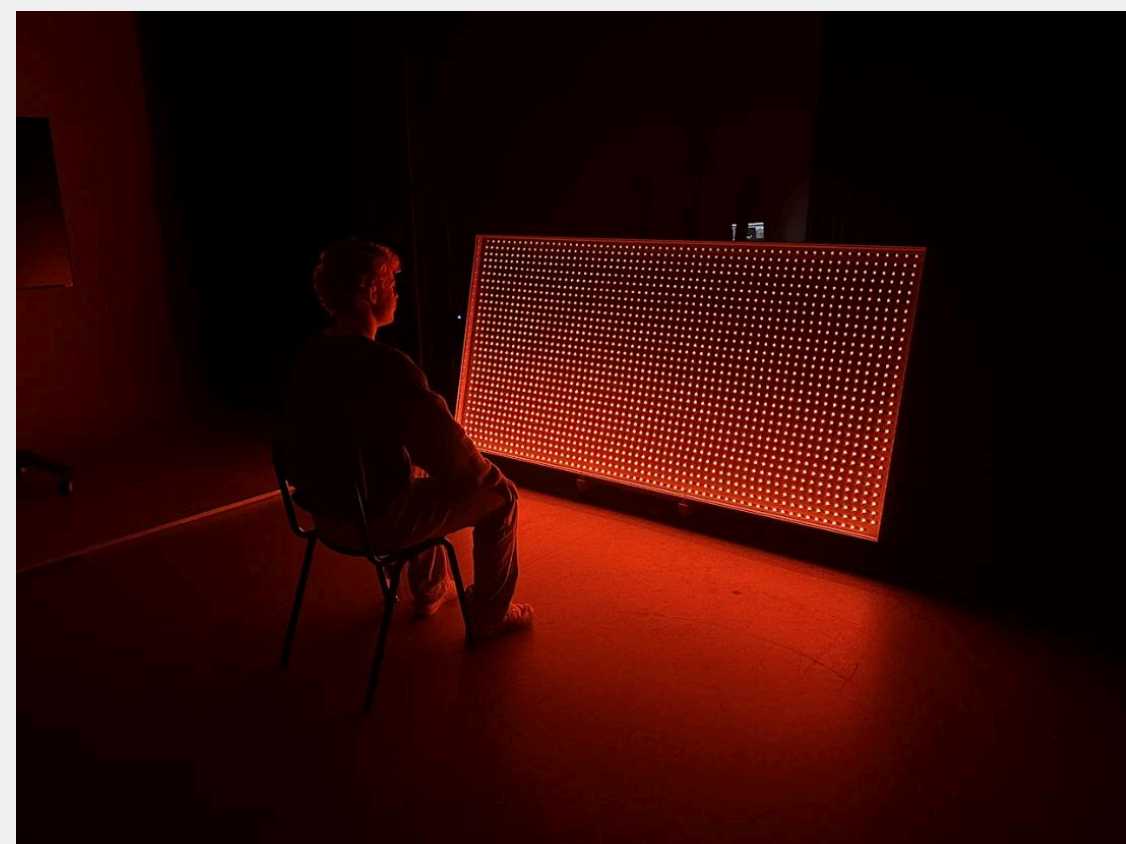
Prototyping: Immersie

In een ander experiment is gebruikgemaakt van een LED-array-installatie om eenzelfde soort effect van pulserend licht te creëren. Hierin is bewust gekozen voor warme roodgetinte lichtkleuren, om de grote, robuuste vorm van deze installatie verder te associëren met concepten zoals kracht, moed en passie, uit belangstelling of dit terug te zien zou zijn in de resultaten van de ervaren gevoelens. Omdat dit een radicaal andere vorm is, maar de interactie vrijwel identiek, is hiermee onderzocht of er hierdoor een andere betekenis en relatie gevormd wordt met het object.

In dit experiment werd wederom een verhoogde bewustwording van de ademhaling bij gebruikers geobserveerd en werd de relatie als symbiotisch beschreven. De ervaring van zorg dragen voor het artefact was hier in mindere mate aanwezig dan in het voorgaande experiment. Wel was er een hogere mate van immersie, wat bijdraagt aan de intensiteit van de ervaring.

De minder abstracte vorm van de installatie staat vermoedelijk wel het vormen van een betekenisvolle relatie in de weg. De zichtbare LEDs en simpele vorm doen af aan de illusie van een levend object en maken het makkelijker om het te zien als een datavisualiserend computersysteem, zoals eerder het geval was bij het testen op een scherm.

Het inzicht dat de immersie die deze installatie biedt bij kan dragen aan de ervaring is wel iets wat meegenomen kan worden in verder onderzoek.



[B.9]



[B.10]

Prototyping: Responsieve kunst

Om dit onderzoek te vervolgen is het interessant om verder te kijken naar mogelijke vormen van de installatie en de gegeven context aan de gebruiker. In de voorgaande experimenten is weinig context gegeven aan de gebruiker, om de ervaring niet te beïnvloeden, maar is wel opgemerkt dat deelnemers die meer kennis hebben over het onderwerp, zoals studenten die onderdeel zijn van dit onderzoekslab, meer de verwachting hadden om een band te scheppen met de installatie, en dit ook meer ervoeren.

Ontworpen context kan dus waarschijnlijk helpen met het openstellen van de gebruiker voor het vormen van een betekenisvolle band. Vermoedelijk kan het inrichten van de ervaring als een ritueel betekenisvorming stimuleren.

In het volgende concept worden verkregen inzichten samengebracht in een artistieke installatie. Door middel van projection mapping op een driedimensionale structuur kan een ademhalingscyclus op een artistieke en abstracte manier gevisualiseerd worden en nog steeds waargenomen worden als fysiek artefact [B.11]. Vermoedelijk verstoort dit de ervaring minder dan bij het vorige prototype, terwijl de immersie behouden kan worden.

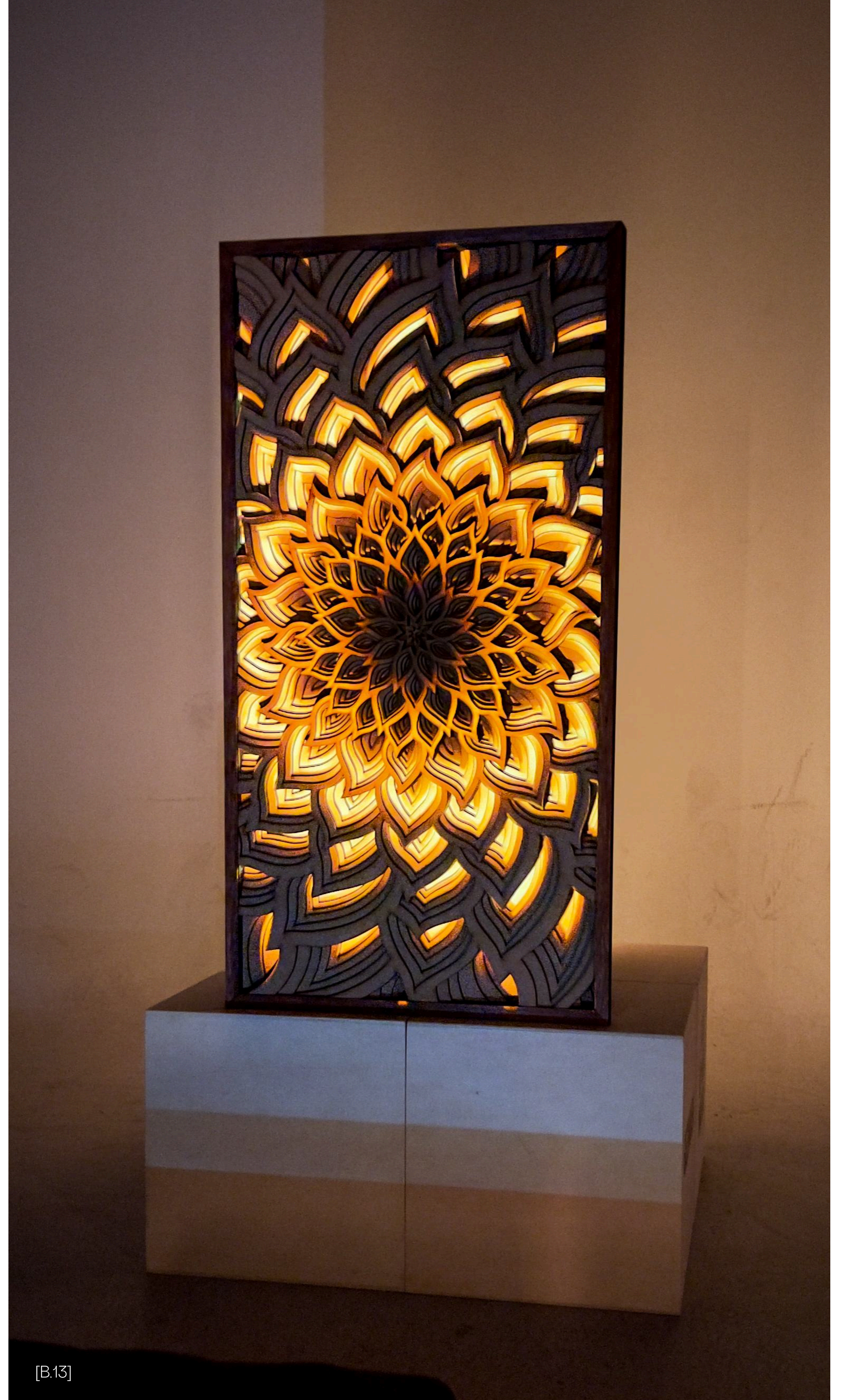
Dit concept dient, naast dat het nieuwe onderzoeksmogelijkheden biedt, als een esthetische representatie van de inzichten die zijn opgedaan in dit onderzoeksproces als afronding van dit lab. In volgende stappen zal de draagbare sensor ontwikkeld worden naar een kleinere, lichtere band, die ook esthetisch meer in lijn is met de rest van de ervaring, om immersie en toegankelijkheid te verbeteren.

Om de vraag “is het mogelijk om een resonante ervaring te creëren met technologie?” te beantwoorden wordt er gekeken naar de opgestelde criteria. Gebruikers hebben wisselende ervaringen, wat ook verwacht wordt als het gaat om resonantie. Een verandering van emotionele staat wordt in sommige gevallen gezien, en voor alle gebruikers is de relatie tussen hen en de technologie duidelijk. Ook kunnen de kalmerende effecten gezien worden als verandering van de interne staat, ontstaan uit de feedback-loop tussen mens en systeem. Deze fenomenen zijn wisselend aanwezig, en de intensiteit ervan verschilt ook. Uit de resultaten is te concluderen dat een resonante ervaring volgens deze criteria ontstaan is, al is deze niet van grote intensiteit geweest. Verdere testuitvoeringen kunnen wellicht richting geven aan verbetering van de ervaring. Hierin is het belangrijk om kritisch te zijn op de onderzoeksmethode, gezien de subjectiviteit van de ervaringen van gebruikers.





[B.12]



[B.13]

Conclusie

Kan ademhaling ingezet worden om een resonante ervaring te creëren tussen mens en machine?

Hoewel het af te vragen is of er in dit onderzoek echt een resonante ervaring is ontstaan tussen een gebruiker en de ontwikkelde prototypes, zijn er wel interessante interacties ontstaan tussen gebruiker en systeem, wat verder onderzoek aantrekkelijk maakt. Gebruikers waren in verschillende mate in staat om een band te vormen met de technologie en er zijn verschillende positieve uitkomsten voortgekomen uit dit fenomeen. Zo biedt de terugkoppeling van emotie kansen om dit soort technologie in te zetten om zelfreflectie en verbinding aan te moedigen. De verhoogde bewustwording van de eigen ademhaling kan een hulpmiddel zijn om mentale gezondheidspraktijken zoals mindfulness te ondersteunen. Ook is er co-regulatie te zien tussen de gebruikers en het systeem, wat interessante openingen kan bieden in bijvoorbeeld stressvermindering. Hiermee vormt dit project ook een potentiële invalshoek om de hoofdvraag van dit onderzoekslab te beantwoorden: technologie die verder gaat dan enkel instrumenteel gebruik, die ruimte maakt voor emergentie, betekenisgeving en ontworpen is voor het vormen van een band met de gebruiker, lijkt verschillende positieve effecten te kunnen hebben in de context van (mentale) zorg.

Hoewel dit onderzoek niet genoeg data levert om te concluderen of een resonante ervaring tussen mens en machine ontworpen kan worden met de gebruikte technieken, zijn de geobserveerde fenomenen hoopvolle signalen en nodigen ze uit tot meer onderzoek.

Nawoord

Ik heb tijdens dit proces immens veel geleerd en mezelf kunnen ontwikkelen in zowel praktische vaardigheden zoals werken met TouchDesigner en interactieve technologie, als op het gebied van kennis. Ik heb veel geworsteld met sociologische, filosofische en maatschappelijke stof, wat uiteindelijk geresulteerd heeft in dit project. Het heeft vaak gevoeld alsof ik stof aan het interpreteren was waarvoor jaren aan kennis nodig is om met respect mee aan de slag te gaan, en zo voelt het in alle eerlijkheid soms nog. Ik geloof echter wel dat het betrekken van grotere ideeën of theorieën zoals resonantie een extra diepgang en begrip kan geven aan een onderwerp, en ik ben blij dat ik hiermee heb kunnen oefenen. Door een gebrek aan tijd en ruimte heb ik een aantal ideeën en experimenten laten vallen of verkort die mij erg interessant leken. Mocht er een kans zijn om in de toekomst verder in de stof van dit onderzoek te duiken, diep ik het graag verder uit.

Bronnen

[1] T. N. Hanh, Silence: The Power of Quiet in a World Full of Noise. New York, NY, USA: HarperOne, 2015.

[2] H. Rosa, Social Acceleration: A New Theory of Modernity. New York, NY, USA: Columbia University Press, 2013.

[3] H. Rosa, Resonance: A Sociology of Our Relationship to the World. Cambridge, U.K.: Polity Press, 2019.

[4] H. Rosa, The Uncontrollability of the World. Cambridge, U.K.: Polity Press, 2020.

[5] J. D. Lomas et al., "Resonance as a design strategy for AI and social robots," Frontiers in Neurorobotics, vol. 16, Art. no. 850489, Apr. 2022.

[6] Seeed Studio, "Getting Started with MR60BHA2 60GHz mmWave Module," Seeed Studio Wiki. [Online]. Beschikbaar: https://wiki.seeedstudio.com/getting_started_with_mr60bha2_mmwave_kit/. [Geraadpleegd: 24 okt. 2025].

[7] Derivative, "TouchDesigner," [Software]. Beschikbaar: <https://derivative.ca>. [Geraadpleegd: 27 okt. 2025].

Beelden:

[B.1] Foto van de gemaakte ademhalingsensor, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.2] Seeed Studio, "MR60BHA2 60GHz mmWave Sensor - Breathing and Heartbeat Module," Seeed Studio. [Online]. Beschikbaar: <https://www.seeedstudio.com/MR60BHA2-60GHz-mmWave-Sensor-Breathing-and-Heartbeat-Module-p-5945.html>. [Geraadpleegd: 12 jan. 2026].

[B.3] Schermafbeelding van ademhalingsvisualisatie, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.4] Foto van projectie van ademhalingsvisualisatie, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.5] Schermafbeelding van het TouchDesigner interface, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.6] Foto van fysiek prototype 1, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.7] Google, Nano Banana Pro (via Gemini), 2026. [Generative AI] Beschikbaar: <https://gemini.google.com/>

[B.8] Foto van fysiek prototype 2, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.9] Foto van fysiek prototype 3 met gebruiker, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.10] Foto van fysiek prototype 3, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.11] Foto van fysiek prototype 4, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.12] Foto van fysiek prototype 4, gemaakt door Luka van Opstal.

[B.13] Foto van fysiek prototype 4, gemaakt door Luka van Opstal.