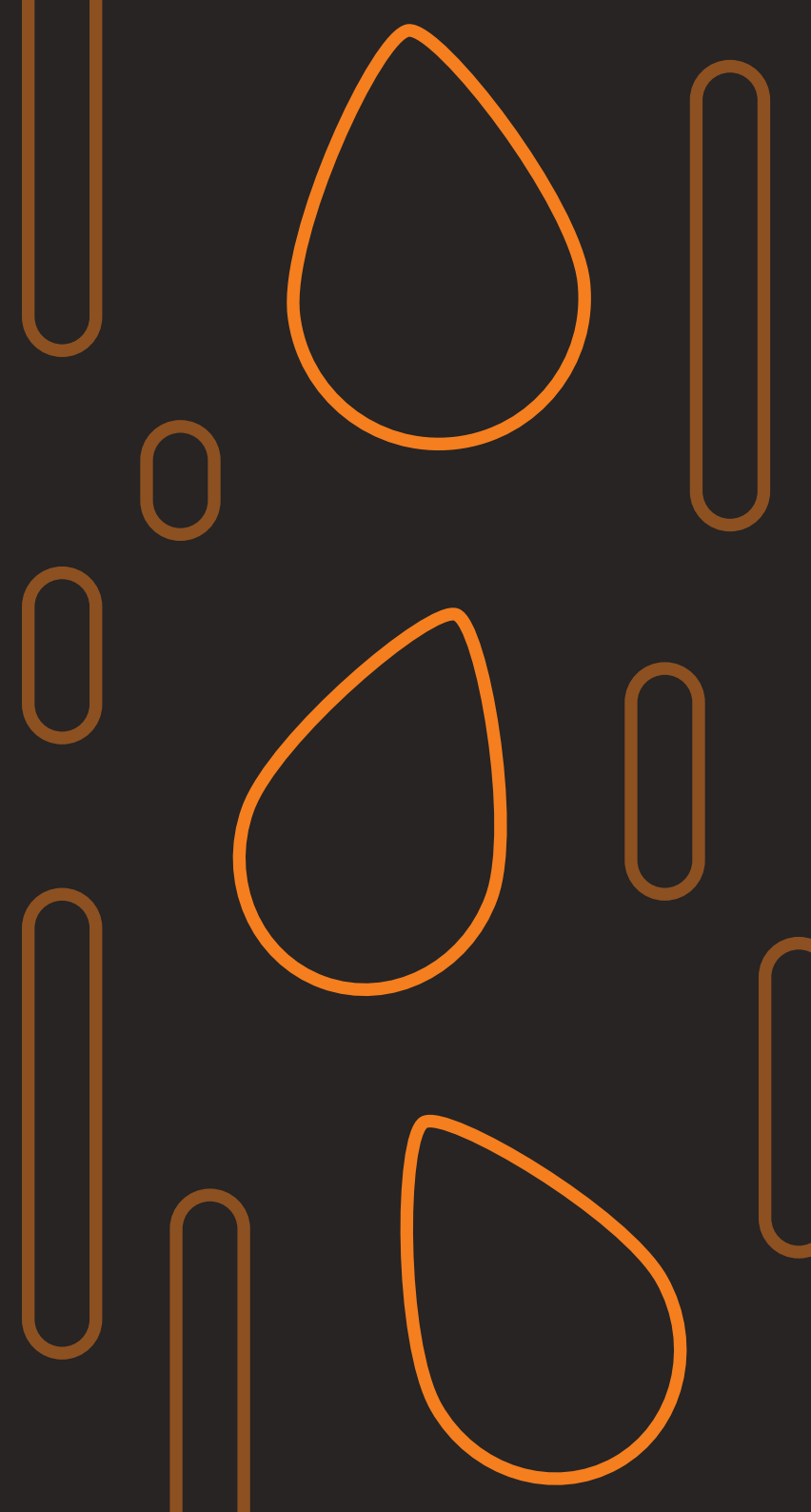


The Inner Glucose Conflict

Stijn van Sprang
student nr 2167015
2024



Voorwoord

Welkom in mijn exploratie over mijn eindproject welke ik presenteer in augustus 2024 voor de opleiding Communicatie Multimedia Design bij Avans hogeschool Breda. Een ontwerp rond diabetes: een auto-immunziekte die meer mensen dan ooit tevoren raakt en elk moment van het leven van een diabeet beïnvloed.

Een ziekte waar ikzelf al 12 jaar mee rondloop, en keer op keer zelf te zien krijg hoe weinig algemene kennis er is in de maatschappij over deze ziekte.

Vandaar dat ik in mijn makerschap en specialisatie in immersieve media in wilde zetten om het gesprek rond diabetes te starten met de naasten van diabeten, om hen zo een dieper begrip te geven op wat leven met diabetes betekent.

Er zijn foto's van naalden en bloed zichtbaar in dit procesboek: mocht u hier niet goed tegen kunnen wees, hier dan alstublieft alert op. Verder zijn de bronnen in de achterkant van dit werk te vinden, en linkjes naar bijlage als filmpjes en hoge-resolutie fotos te vinden op afstuderen.stijnvansprang.com Dank voor uw interesse, en ik wens u veel leesplezier!

Inhoud

Voorwoord	2	Wat	17	AI met diabetes	32
Inhoud	3	Waarom	17	Werken naar groenlicht	33
Waarom?	4	Hoe	19	Techniek	34
Persoonlijk verhaal	4	Reactie	20	Reactie gebruikers	35
De theorie	5	Iteraties	20	Wat hebben we geleerd?	35
Wat is diabetes?	6	Meegenomen naar eindontwerp	20	Vuurrode	37
Voor wie?	7	Verandering van onderwerp:	21	groenlichtsessie	37
Even samenvatten	8	AI in diabeteszorg	21	Verkeerde focus	39
Prototype 1:	10	Insulinepomp op zwart	22	Waarom verdwaalt?	39
low-fi diabetes ervaren	10	Waarom	22	Hervonden	40
Wat	11	Wat	23	Ondersteun het doel	40
Waarom	11	Fabrikant/DIY	23	Onderzoeksvragen	42
Hoe	11	De toekomst van loops	23	Wat	44
resultaten	13	Onderzoeksvraag rond AI	26	Hoe	44
Meegenomen naar eindontwerp	13	Future wheel	27	Vorm	44
Vragenlijst: Waar is die kennis?	14	Concepten > positie	27	Iteraties printen	45
Resultaten	14	Prototype Diabetes AI	28	Gebruikersinterface	48
Doel	14	Wat bestaat er al?	29	Nabeleving	48
Prototype 2:	16	Concepten computer met diabetes	30	In de toekomst	49
2D Multi-task Game	16	Prototype 3:	32	Bronnen	50

Waarom?

Persoonlijk verhaal

Tijdens een afscheidsuitje met mijn minor zat ik met enkele klasgenoten in een café, waar we een laatste afscheidsdrankje aan het doen waren. Iemand uit de groep merkte op dat er taart op de menukaart stond, en vroeg de groep wie er mee doet aan een rondje taart, welke ik vriendelijk afwijs. “ah, vanwege je diabetes kan je natuurlijk geen suiker eten!” was hier de reactie op. Nou, nee: ik ben ook allergisch voor gluten, waar de volledige taart mee gemaakt was. Na 6 maanden samen met deze groep aan projecten te hebben gewerkt verbaasde het mij eigenlijk een beetje hoe weinig kennis er was over deze chronische ziekte waar ik voor de rest van mijn leven, 24/7 mee rond loop waarna de vraag opkwam: “Hoe kunnen we

de kennissen van diabetes een beter beeld geven over hoe het is om met diabetes te leven?”

Na een half jaar besteed te hebben aan het onderzoeken en bouwen van immersieve ervaringen (VR/AR) was deze technologie de eerste oplossing waar ik aan dacht en waar ik mijn originele onderzoek omheen wilde baseren.



De theorie

Diabetes is een van de meest voorkomende ziektes in Nederland: 1.2 miljoen Nederlanders hebben al diabetes. Dat is één op de 14 Nederlanders (1, Diabetes fonds), en met 1,4 miljoen mensen die risico lopen op diabetes in 2024 (2, NOS) neemt het aantal mensen dat in contact komt met diabetes, of zelf diabetes krijgen hard toe in de aankomende jaren.

Het overgrote deel van deze diabetes heeft type 2: 9 op de 10. Hierbij is het lichaam ongevoelig voor insuline. De andere 1/10 heeft type 1 wat een auto-immuun ziekte is, waarbij het lichaam zelf geen insuline meer aanmaakt.

Dat betekent dat meer en meer mensen in de samenleving in aanraking komen met de gevolgen van diabetes, zoals niet helder na kunnen denken, vermoeidheid, vermagering of zelfs een verminderd bewustzijn (3, UMC Utrecht)

En niet alleen de diabetes zullen dit merken: ook de naaste van deze dia-

betes. De ouders, vrienden, en klasgenoten zullen deze symptomen vaker tegen gaan komen.

Er is een belang bij het kunnen herkennen en helpen van diabetes, bijvoorbeeld wanneer deze een lage bloedsuiker hebben. Niet alle diabetes kunnen even goed aanvoelen wanneer hun glucose daalt (Diabetesfonds, 4). Dit kan als resultaat een slechte concentratie veroorzaken wat schoolwerk in de weg kan zitten, maar ook tot gevaarlijke situaties leiden wanneer de glucose te ver daalt:

Diabetes kunnen flauwvallen, of zelfs sterven als een hypo niet correct wordt opgelost. (VPK diabetesgeneeskunde, 5) Door kennis rond diabetes te verspreiden kunnen deze gevaarlijke situaties voorkomen worden, simpelweg doordat er meer mensen met kennis rond diabetes zijn die zouden weten wat te doen in een noodgeval.

Verder zijn mensen begripvoller voor de situatie waar een ander zich in bevindt, wanneer zij de situatie begrijpen. Dit resulteert in meer empathie en een soepelere manier van werken tussen een diabetes niet-diabetes (Theory of mind, wikipedia, 6) Denk bijvoorbeeld bij uitstellen van een meeting op werk, of ergens te laat aankomen vanwege een bloedsuiker welke eerst gestabiliseerd moet worden.

Wat is diabetes?

Diabetes bestaat in meerdere types, maar de hoofdzakelijke zijn type 1 en type 2. Type 1 en vaak type 2 patiënten hebben insuline nodig om de bloedglucose waarde te reguleren.

Gezonde mensen maken een hormoon aan in de alvleesklier genaamd insuline. Dit stofje zorgt ervoor dat de suikers (ofwel koolhydraten) uit het eten vanuit de bloedbaan de cellen in kunnen. Diabeten maken geen of te weinig insuline aan, waardoor deze suikers in je bloedbaan blijven hangen. De energie kan niet gebruikt worden omdat de cellen niet bij deze suikers kunnen wat resulteert in een te hoge bloedsuiker. (diabetesfonds, 7)

Te hoge glucose

Een hoge glucose heeft nare gevolgen op de lange termijn, omdat haarvaatjes beschadigd raken door deze hoge glucose wat kan resulteren in een diabetesvoet, hart- en vaatziekte of beschadigingen in de ogen wat zichtproblemen kan veroorzaken. Verder voelt de diabeet zich zwaar, omdat er geen energie vrij te spelen is. We noemen dit een hyper. (DVN, 8)

Glucose reguleren

Diabeten spuiten daarom kunstmatige insuline in: dit kan via een insulinepomp, welke in kleine hoeveelheden insuline kan afgeven welke permanent gedragen wordt, of een insuline pen waarmee enkele keren per dag insuline ingespoten kan worden

via een naaldje. Verder is een ontwikkelende technologische trend de loop, waar een sensor de glucose eens per minuut meet en een insulinepomp vervolgens met deze waarde een correctie kan uitvoeren.

Te lage glucose

Diabeten zijn uiteindelijk ook maar mensen, en kunnen dus een foutje maken bij het berekenen van de hoeveelheid insuline. Wanneer er meer insuline wordt ingespoten dan de hoeveelheid koolhydraten die berekend zijn, dan krijgt de diabeet een hypo. Blijft de glucose dalen, dan kan de diabeet flauw vallen. Wordt er niets gedaan en blijft de glucose dalen, dan zal op een gegeven moment de diabeet sterven. (DVN, 9)

Invloed op de glucose

Een goede bloedglucose ligt tussen de 4.0 en de 10.0, maar het kan erg lastig zijn de glucose tussen deze waarde te houden. Zo maakt beweging insuline efficiënter, waardoor op dezelfde hoeveelheid insuline de glucose harder kan dalen. (bvdg foundation, 10) Verder zijn er maaltijden die bestaan uit lange of korte koolhydraten, waardoor de glucose over lange tijd kan stijgen, of ik korte tijd kan pieken. (Diabetes fonds, 11)

Voor wie?

Om uit te vinden welke doelgroep het meeste te winnen heeft met het informeren rond diabetes heb ik een contextmap gemaakt om te observeren wie er te maken heeft met het leven van een diabeet, en waar ik mij in mijn onderzoek op zou kunnen focussen. Ik wist nog niet precies wat, hoe en voor wie ik iets wilde ontwikkelen, maar dankzij de contextmap kon ik al mijn mogelijke doelwitten markeren, elk met hun eigen uitdagingen.

Uiteindelijk heb ik gekozen voor de tak met vrienden van een diabeet, omdat hier nog het meeste te winnen valt: het blijkt lastig het gesprek aan te gaan rond dit serieuze onderwerp.



Even samenvatten

- Uit eigen ervaring heb ik gemerkt hoe weinig kennis er in de samenleving is rond diabetes, ondanks het feit dat dit een van de hardst groeiende chronische ziekte is
- 1 op de 14 Nederlanders heeft diabetes
- Een te hoge glucose kan grote invloed hebben op de lange termijn
- Een te lage glucose kan op korte termijn levensgevaarlijke situaties veroorzaken
- Er zijn veel factoren die de glucose kunnen beïnvloeden
- Dit onderzoek richt zich op vrienden, kennissen, en klasgenoten van diabetes

Prototype 1: low-fi diabetes ervaren

Wat

In mijn eerste prototype wilde ik onderzoeken wat er zou gebeuren wanneer ik alledaagse medestudenten een lage bloedglucose zou laten ervaren. Ik wilde testen of het begrip voor hetgeen dat diabetes elke dag doormaken zou groeien, of mogelijk de interesse naar de ziekte gewekt zou worden om het gesprek te starten rond deze ziekte.

Waarom

Ik heb veel ervaring in immersieve media waardoor VR vaak als logische oplossing voor mij naar boven komt drijven. Daarom werd mij aangehouden dit prototype zo simpel mogelijk te houden om mezelf niet vast te zetten aan een specifieke technologie en mijn opties open te houden.

Hoe

Ik heb besloten de volgende symptomen te simuleren en aan de hand van een vragenlijst deelnemers gevraagd aan te geven welke zij het meest extreem ervoeren. Ik hoopte dat ik deze resultaten kon vergelijken met echte diabetes, om er zo achter te komen of ik op de goede weg was om de ervaring van een lage glucose over te brengen:

- klam/zweterig dankzij een plantenspuit en ventilator
- duizelig door een bureaustoel voor 30 seconde onregelmatig te laten draaien
- slecht zicht door een bril, bekrast en bedekt met vaseline

Na het opwekken van de symptomen werd de deelnemers gevraagd een simpele rekensom op te lossen welke diabetes moeten kunnen oplossen tijdens een lage glucose: het berekenen van de hoeveelheid koolhydraten voor een maaltijd. (DVN, 12) De getallen zijn afgerond om het hoofdrekenen iets makkelijker te maken.

Omdat ik voor een groot deel in gesprek was met mede ontwerpers zijn er nog extra vragen gesteld rond vormgeving om inspiratie op te doen voor andere ervaringen



Testen van het eerste low-fi prototype

(DIA)BEETJE ERVAREN

Je besluit je lunch te eten. Vandaag heb je:

- 2 sneetjes brood (13 kh per sneetje)
- met chocopasta (12kh per sneetje).

Momenteel heeft je lichaam om 10 kh te verwerken 1 eenheid insuline nodig.

Hoeveel insuline ga je jezelf geven?

Brood		Chocopasta		
13	+	12	=	kh sneetje
kh Sneetje		Aantal sneetjes		
	×		=	Totaal kh
Totaal kh		Insuline/kh ratio		Toe te dienen:
	÷	10	=	€

Berekening die de tester moeten maken terwijl ze duizelig zijn

Naam: _____

Welke diabetes symptomen heb je kunnen ervaren?

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ Duizelig | ☐ Slecht zicht |
| ☐ Zweeten | ☐ Bleekheid |
| ☐ Beverig | ☐ Honger |
| ☐ Hoofdpijn | ☐ Tranende ogen |
| ☐ Moe | ☐ Wisselend humeur |
| ☐ Hoge hartslag | ☐ Angstaanval |

Welk symtoom voelde het meest intens?

Welk symtoom voelde het minst intens?

Hoe zou deze intenser ervaren kunnen worden?

Heb je nog andere ideeën of feedback?

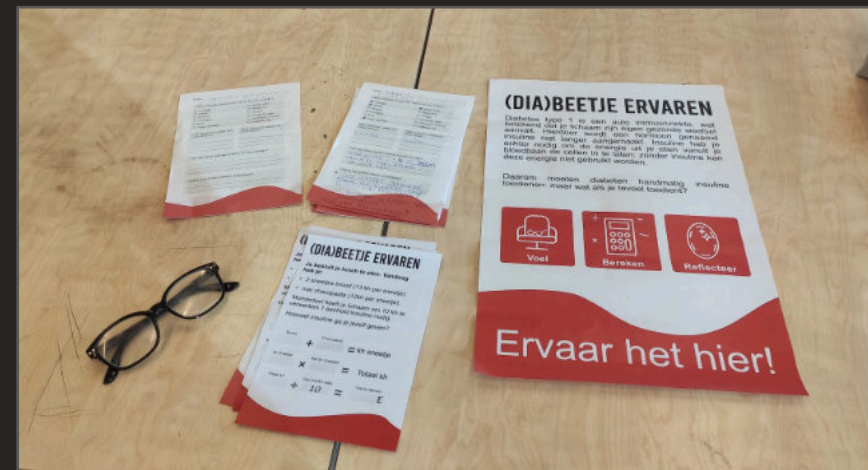
Feedback formulier voor andere ontwerpers rond vormgeving

resultaten



De resultaten uit deze test waren dat 50% van de deelnemers de rekensom niet correct op kon lossen tijdens het ervaren van de symptomen en deelnemers bleken verward over hoe extreem de effecten van een lage glucose zouden zijn en welke invloed dit heeft. Vooral de duizeligheid werd als extreem ervaren, wat ook aansluit bij mijn eigen ervaring als diabeet. De vraag die veel terugkwam was “Is het echt zo extreem en lastig om te rekenen met een lage glucose?” en veel deelnemers spraken uit dat ze zich niet bewust waren van de invloed die diabetes heeft op het alledaagse leven van een diabeet.

“Is het echt zo extreem en lastig?”



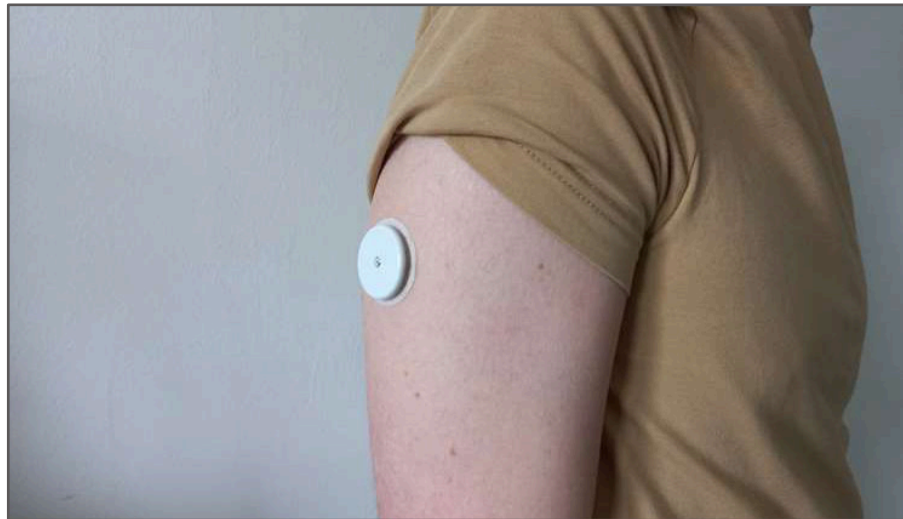
Meegenomen naar eindontwerp

Veel mensen zijn zich niet bewust van hoeveel invloed diabetes heeft op het alledaagse leven van diabeten: dit is een inzicht waar het eindontwerp omheen gebouwd is om deze missende kennis over te brengen

Vragenlijst: Waar is die kennis?

Doel

Prototype 1 riep bij mij vragen op: Waarom is er zo weinig kennis bij mijn medestudenten en vrienden? Om dit te kunnen beantwoorden heb ik een vragenlijst opgezet, gebaseerd rond één gegeven: Sinds vorig jaar is de Freestyle Libre flash glucose monitor volledig gedekt door zorgverzekeraars. Dit is een rond apparaatje dat permanent in de huid van de drager zit, en elke minuut de glucose controleert. Dit is een meer comfortable manier om de glucose te controleren in vergelijking met de traditionele methode waar met een naaldje een klein gaatje in de vingertop wordt geprikt en een druppeltje bloed met een meter gecontroleerd kan worden.



Een freestyle-libre glucose sensor

Resultaten

Diabeten zijn met deze sensor een stuk makkelijker te herkennen en er is een grote kans dat deze sensor dus door het grote publiek gezien wordt, wat een goede opening zou zijn om meer te leren over diabetes.

Op de vraag of mensen deze sensor wel eens gezien hebben blijkt dat het overgrote deel van de deelnemers deze herkende. Op de vervolgvraag waarom zij hier weinig over weten komen antwoorden zoals “Het komt onvriendelijk over hier zomaar over te beginnen”, “Het is niet mijn business” en “Ik voel me opgelaten hier zomaar over te beginnen”. In een vervolg gesprek met een van de deelnemers werd deze sensor vergeleken met een bril: “Daarvan vraag je de drager ook niet waar deze voor dient.”

“Het komt
onvriendelijk
over”

“Niet mijn
business”

Prototype 2: 2D Multi-task Game

Waarom

Uit mijn vragenlijst bleek dat veel van de testers geen idee hadden wat diabetes precies inhoudt, naast de bloedprikjes en de naalden die gebruikt worden om insuline in te spuiten. Daarom heb ik een 2D game gebouwd om het mentale aspect van diabetes ook over te kunnen brengen en te testen hoe gebruikers reageren op dit vaak onzichtbare aspect van diabetes. Er is gekozen voor een game om gamification of learning toe te passen: door spelelementen toe te passen kunnen studenten gemotiveerd worden meer te leren rond het onderwerp en om de aandacht rond diabetes vast te houden, zelfs nadat de game is afgelopen (The Gamification of Learning: a Meta-analysis, 14)

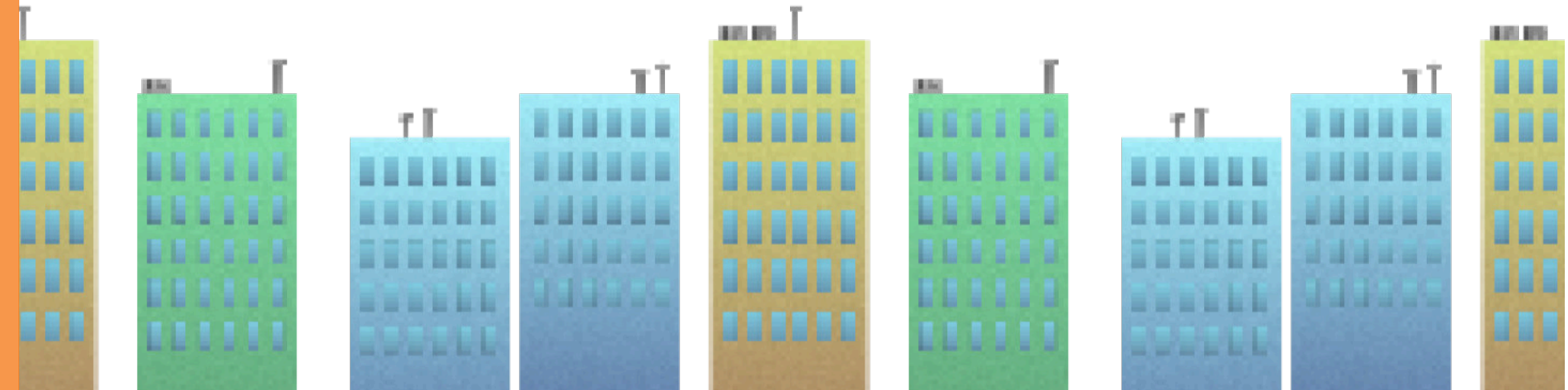
Wat

Deze game is een 2d endless runner, een subgenre van de platformer waarin de game een oneindige wereld genereert waar de speler doorheen moet rennen terwijl deze obstakels ontwijkt. (wikipedia, 13)

Echter heeft deze game een twist: **de speler moet multitasken door de bloedglucose in bereik te houden terwijl deze obstakels ontwijkt.** De speler kan insuline afgeven om de gesimuleerde glucose te doen dalen en onderweg chocoladerepen verzamelen om de glucose te doen stijgen.

Verder neemt de snelheid toe hoe langer de speler speelt en de glucose daalt

harder hoe sneller de speler rent: net zoals dit in een echte diabeet zou werken. (androidAPS docs - Insulin type differences, 15)

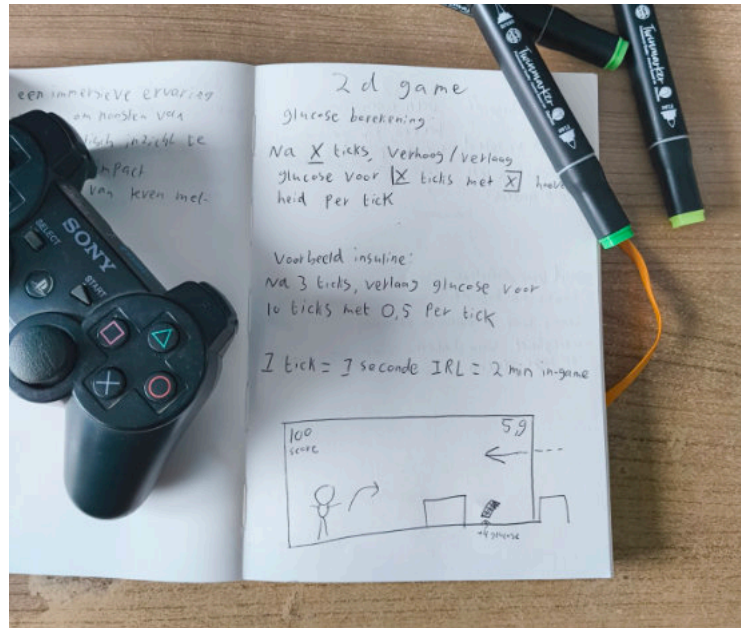




De 2D endless runner met rechts bovenin de glucose

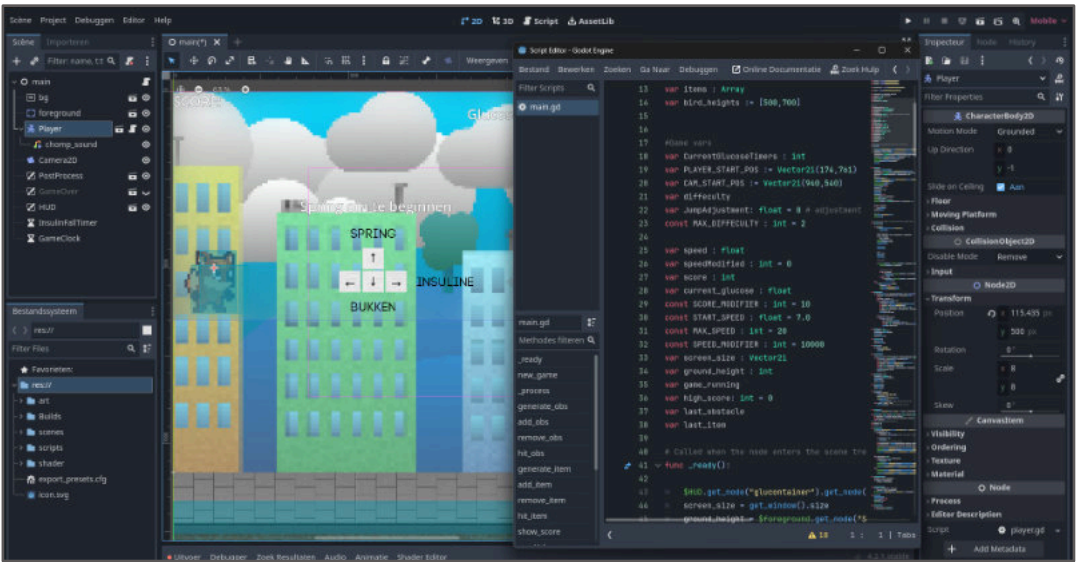
Hoe

Deze 2D game is ontwikkeld in de Godot Game engine, versie 4 wat een goede introductie voor mij was in deze nieuwe versie van de engine, omdat veel code aangepast was in vergelijking met versie 3 waar in in het 2e jaar van CMD mee heb gewerkt. De grootste uitdagingen waren het programmeren van een glucose model dat lijkt op het echte leven, maar niet te ingewikkeld wordt voor de speler om te begrijpen. Daarom heb ik dit model eerst op papier uitgetekend voordat ik deze in de game engine heb geïmplementeerd.



De achtergrond heb ik zelf in Affinity designer getekend en met een pixel filter dezelfde stijl gegeven als het hoofdpersonage: een rennende vos welke ik online had gevonden als placeholder. Dit prototype was in 3 dagen gebouwd om zo snel mogelijk te kunnen testen met medestudenten en om absoluut noodzakelijke verbeteringen prioriteit te kunnen geven.

Zoals ik ook al in mijn vorige prototype merkte ga ik vaak te diep in op de details, waardoor ik vergeet feedback te vragen waar mijn product daadwerkelijk beter van kan worden. Vandaar dat dit prototype met een extreem korte deadline mij hielp te doen wat fysiek mogelijk was om mijn idee te testen, zonder hier direct weken in te verliezen.



Het project in de Godot Game engine

Iteraties

Na dit prototype te hebben getest met enkele medestudenten zijn de volgende elementen verder uitgebreid:

- Er is een sneltoets toegevoegd waarmee spelers insuline af kunnen geven: het klikken met de muis, en springen met het toetsenbord bleek voor de spelers een te ingewikkelde taak wat zich uitte in frustratie.
- Er is een startmenu toegevoegd welke de speler uitlegt welke toetsen ze kunnen gebruiken tijdens het spelen van de game om verwarring te voorkomen wanneer ik niet in de buurt ben om de speler te begeleiden.
- Verder is er een realistischer insuline model geprogrammeerd: bij een grotere hoeveelheid insuline daalt deze harder waarmee de aandacht van de spelers beter bewaard bleef.
- Als laatste is een export naar het web gemaakt om de ervaring met meer mensen te kunnen delen.

Reactie

De reactie was over het algemeen positief: iedere speler had een uitdaging, of dit nu de timing van het springen was, of het focussen op de glucose.

Een stukje strategie ontstond bij elke speler na een paar rondjes, waar ze insuline afgeven voordat ze eten in het spel vonden wat erg lijkt op hoe diabeten in de werkelijkheid ook proberen voor te bereiden op een maaltijd.

Ook na het ervaren van dit prototype waren deelnemers verbaast over de invloed die diabetes op het dagelijkse leven heeft. Er werd door deelnemers opgemerkt hoe elke actie een reactie heeft, hoe de glucose op een gegeven moment uit de aandacht verdwijnt vanwege het multitasken en hoe lastig het is om je voor te bereiden en acties te ondernemen op een veranderend speelveld.

Meegenomen naar eindontwerp

Het gamification element kan gebruikers geïnteresseerd houden rond het onderwerp en zorgt ervoor dat zij uit willen vinden hoe diabetes en de onderliggende systemen werken wat een goede manier is om de conversatie rond diabetes te beginnen

Verandering van onderwerp: AI in diabeteszorg

Insulinepomp op zwart

De automatisering die ikzelf rond mijn diabetes had opgezet viel tijdens mijn onderzoek weg: door het crashen van mijn telefoon werd ik teruggeworpen op een oudere methode van het beheren van mijn diabetes. Ikzelf gebruik iets genaamd een “Loop”. Dit houdt in dat mijn glucose sensor mijn glucosewaarde naar mijn pompsysteem stuurt, welke hier enkele berekeningen op los laat om vervolgens te berekenen hoeveel insuline er nodig is om de glucose te corrigeren. Dit systeem stuurt vervolgens een commando aan een insulinepomp om insuline af te geven.

Waarom

Ik ben deel van een community DIY-loopers: diabeten die zelf loop systemen bouwen omdat de commerciële oplossingen niet door de zorgverzekering gedekt worden, of omdat bedrijven er simpelweg te lang over doen om deze systemen uit te brengen. Een groep mensen die via open source projecten meer diabeten de mogelijkheid geven een loop te bouwen en hun ziekte te beheren op een manier die voor hen werkt. (OpenAPS, 16)

Het wegvallen van deze hulp deed mij beseffen dat ik erg afhankelijk ben van deze technologie, maar ook dat lang niet iedereen toegang heeft tot deze hulpmiddelen. Het bleek zelfs dat 70% van de diabeten nog steeds handmatig insuline injecteert. (JDRF, 17)

Veel diabeten gebruiken dus geen technologie in het beheren van hun diabetes, maar **meer en meer mensen gaan deze technologie gebruiken (Insulin Pump Utilization in 2017-2021: observational study, 18) en hier afhankelijk van worden.** Ik wil uitzoeken wat deze afhankelijkheid betekenen voor de gezondheid van deze patienten, en welke risico's ze lopen wanneer de technologie wegvalt zoals dat voor mij ook gebeurde.

We are not waiting

Wat

Ik heb een infographic uitgetekend aan de hand van onderzoek naar de trends op dit moment in diabeteszorg, zoals de toename aan het gebruik van glucose sensoren nu deze door verzekeringen gedekt worden (Zorginstituut NL, 19) en de toename van producenten die loop-systemen aanbieden. (Diabetesvereniging NL, 20) Het testen van insuline systemen kost veel tijd en geld om de juiste certificaten te bemachtigen waarmee we zeker zijn dat de insulinepomp 100% betrouwbaar is.

Fabrikant/DIY

Betrouwbaarheid is natuurlijk extreem belangrijk wanneer er letterlijk een leven op het spel staat, maar dit remt ook de innovatie rond deze ontwikkelingen. (Diabetespro, 21) De DIY-loop-community gebruikt daarom ook de tagline ‘We are not waiting’ omdat zij oplossingen bieden welke het leven van een diabeet extreem kunnen versimpelen en dit nu beschikbaar willen maken, maar met de waarschuwing dat deze niet zo uitgebreid getest is als commerciële oplossingen.

De toekomst van loops

Vandaar dat ik een projectie heb geprobeerd te maken naar de toekomst en het heetste onderwerp van dit jaar erin verwerkte: Artificiële intelligentie (AI). Hoe beïnvloedt dit ons leven als diabeten, en welke data zouden we kunnen gebruiken om een computer een completer beeld te geven van het complexe leven van een diabeet?





Veel diabeten zullen een loop gebruiken, wat betekend dat de glucose sensor en de insulinepomp met elkaar kunnen praten. Een keer per minuut wordt de glucose doorgestuurd naar de pomp welke berekend wat er nodig is om de glucose binnen een goede waarde te houden.

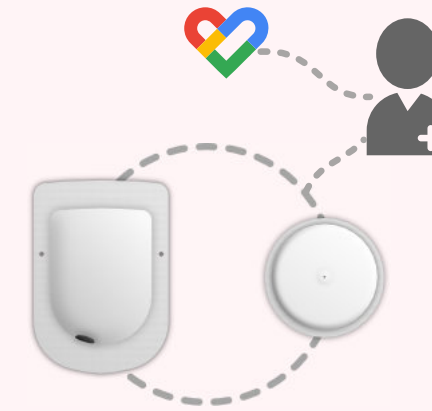
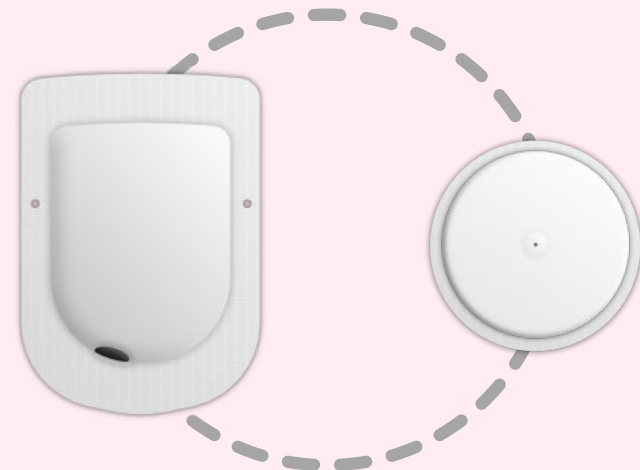
Wanneer de glucose begint te dalen vanwege een fietstocht kan de hoeveelheid insuline automatisch worden afgenomen. Ook zullen er apps beschikbaar zijn welke automatisch het eten kunnen herkennen van een foto en een aanbeveling kunnen doen voor de hoeveelheid koolhydraten voor die maaltijd.

Nu

+2.5 jaar

Veel diabeten (70% in 2020) gebruiken nog steeds insulinepennen, wat betekent dat alles handmatig moet gebeuren: voedsel wegen, koolhydraatgehalten berekenen, insuline handmatig toedienen op basis van geplande activiteiten, en voor sommigen, handmatig bloedsuiker meten.

Het nadeel hiervan vergeleken met een glucose sensor is dat je niet kunt zien wat er tussen twee metingen met de glucose gebeurt. Dit brengt uitdagingen met zich mee, zoals het vinden van koolhydraatgehalten van voedsel (die soms ontbreken op verpakkingen) en het constant rekening houden met geplande activiteiten, zoals een wandeling die de bloedsuikerspiegel kan beïnvloeden.



+5 jaar

Databronnen zullen meegestuurd worden met de glucosedata, zodat artsen mee kunnen denken over manieren om de glucose beter in bereik te houden. Zo zou data uit bijvoorbeeld google fit te zien zijn, waarin informatie van een smartwatch opgeslagen is.

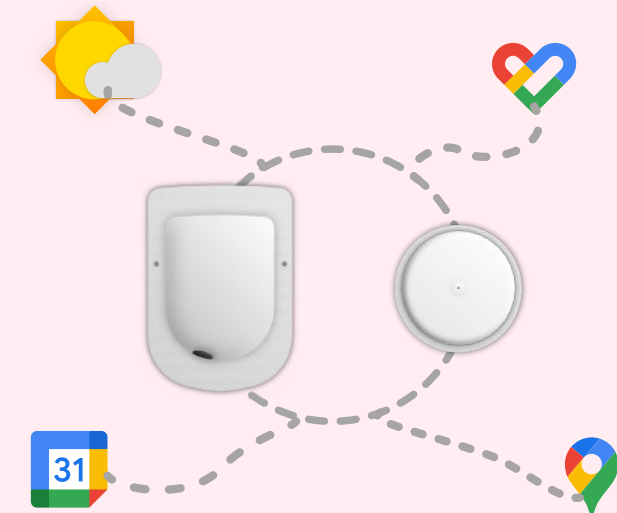
Op deze manier kan een arts een beter begrip krijgen op wat een patient doet, hier patronen in proberen te vinden en de patient helpen om de loop beter af te stellen voor bepaalde sportmomenten.

AI maakt deel uit van de loop: stel je voor dat via google Maps bepaald wordt dat je aan het fietsen bent: dan kan de loop de hoeveelheid insuline naar beneden draaien zoals ook 5 jaar geleden al mogelijk was.

Echter kan de AI de context begrijpen, dus wanneer je op kantoor aangekomen een kopje thee pakt met veel suiker, dan kan de AI de correlatie zien, en juist meer insuline geven in voorbereiding van de thee, zelfs als de glucose daalt vanwege het harde fietsen.

Daarnaast heeft de AI toegang tot de kalender, en kan deze hier patronen in proberen te vinden: wanneer er bijvoorbeeld een examen benoemd wordt en de afgelopen 4 keer bij een vergelijkbare gebeurtenis de glucose is gaan stijgen door spanning, dan kan de loop hier op inspelen door vooraf gaande alvast wat meer insuline te geven.

+10 jaar



Onderzoeksvraag rond AI

Door mijn defecte loop werd ik teruggeworpen op mijn vroegere ervaring met het beheer van diabetes: handmatig insuline berekenen en elk uur handmatig mijn basis insuline bijstellen. Hierdoor werd ik attent gemaakt op de afhankelijkheid van technologie welke ik op dit moment heb: ik had een goede paar dagen nodig om mezelf terug te kalibreren op leven met diabetes zonder automatisering waardoor ik met afvroeg: **“Wat zou er gebeuren als ik geen idee had hoe ik dit handmatig moet aanpakken?”**

Vandaar uit heb ik besloten mijn onderzoeksvraag aan te passen:

Hoe kunnen we diabeten en specialisten aanzetten tot reflecteren op een toekomst waar Artificiële intelligentie een grote rol speelt in het beheren van de bloedglucose van een diabeet, zodoende dat de diabeet zelf geen begrip meer heeft op deze diabeteszorg

De focus was verwijderd van naasten van diabeten en verplaatst naar diabeten en zorgspecialisten om deze groeiende uitdaging van verminderende kennis in diabetes onder de aandacht te brengen.



Een insuline pen voor het handmatig toedienen van insuline

Future wheel

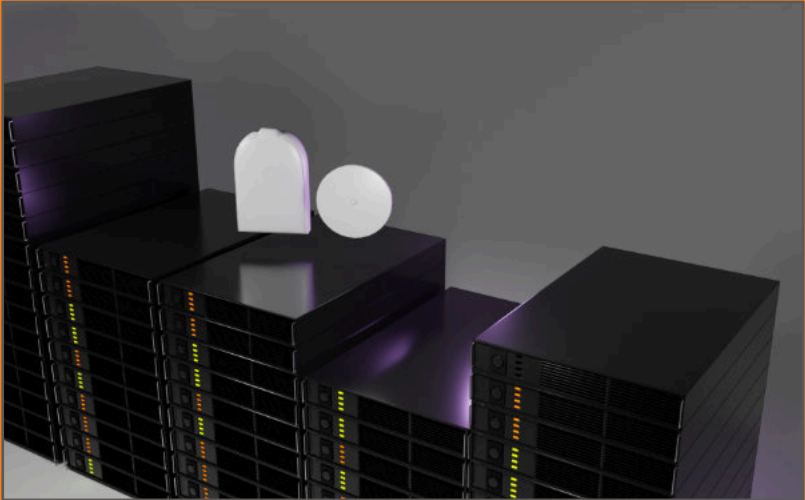
Ik heb rond dit onderwerp een future wheel ingevuld om te kijken op welke verschillende elementen van de samenleving beïnvloed zouden worden door het gebruik van AI in diabeteszorg.

Vooral de culturele kant sprak mij aan, omdat dit inspeelde op mijn eerdere inzichten over hoe de samenleving vaak niet het volledige plaatje heeft rond het leven van een diabeet en een AI gebaseerde loop zou dit alleen maar erger maken omdat de ziekte uit het zicht verdwijnt.

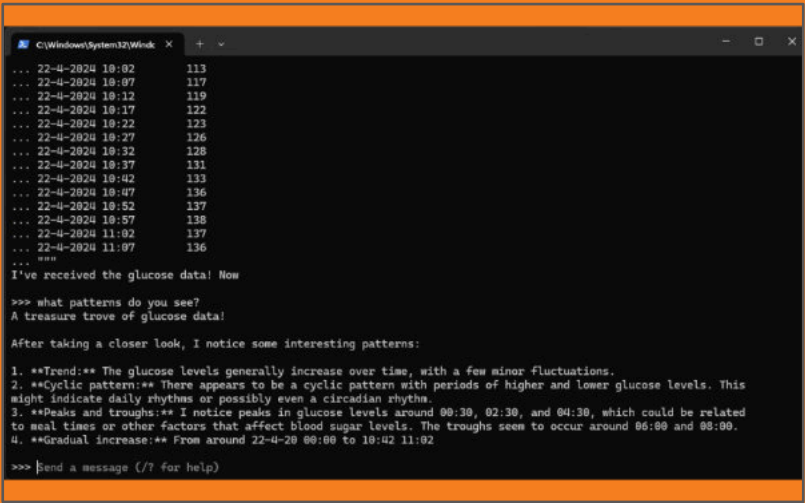
Concepten > positie

Vanuit dit future wheel heb ik geprobeerd een positie in te nemen rond AI in diabeteszorg: is deze positief, of negatief? En welke toekomstprojectie zou ik het beste kunnen verbeelden in een ontwerp om met anderen te delen? Hieruit ontstonden meerdere concepten om mij te helpen een positie te nemen in dit ingewikkelde thema.





Render van een insulineloop, ondersteund door servers



Screenshot van Llama 3, een lokale open-source generatieve AI

Prototype Diabetes AI

Één van deze prototypes bestond uit het zelf bouwen van een AI om de diabetes te beheren om op die manier te testen hoe groot de problemen rond AI daadwerkelijk zouden zijn en of de voordelen tegen de nadelen opwogen. Ook wilde ik testen of het mogelijk zou zijn een systeem te bouwen zonder afhankelijk te zijn van Big Tech.

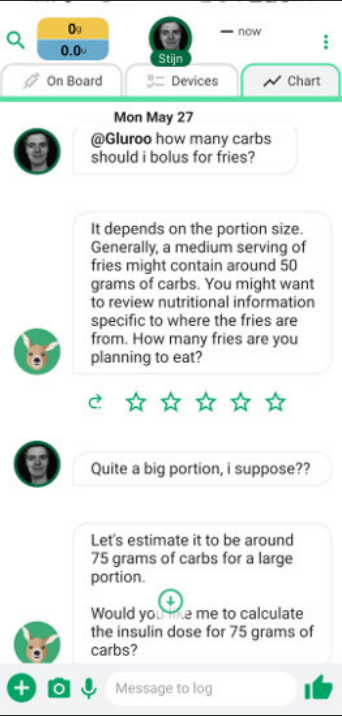
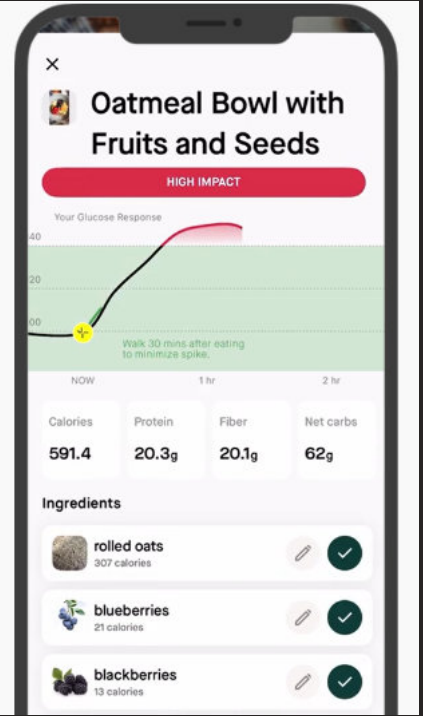
Ik had hiervoor een lokale AI geïnstalleerd (Llama 3) en deze een grote hoeveelheid van mijn diabetesdata gegeven om te kijken of dit model hier ook maar iets mee zou kunnen. De AI bleek echter helaas door de hoeveelheid parameters te zijn zodra de data ingeplakt werd, waardoor deze vergat wat het doel met deze data eigenlijk was. Dit zou opgelost kunnen worden door een AI te gebruiken met een groter geheugen, maar dit is op het moment niet praktisch zelf op een lokale computer uit te voeren.

Wat bestaat er al?

Vervolgens heb ik geprobeerd een positie te vinden aan de hand van onderzoek rond de mogelijkheden van AI in diabeteszorg op dit moment, en wat er om de hoek staat te wachten. Zo bestaat er ondertussen apps zoals Diabtrend (22) welke beloven via AI glucosevoorspellingen een insulinevoorstel te kunnen doen. Januari AI (23) belooft de koolhydraten voor je te tellen zodat je geen eettabel meet uit je hoofd hoeft te leren om te berekenen hoeveel koolhydraten er in een maaltijd zitten en Gluroo laat je chatten met je diabetes alsof het een sms-service is. (24)



Een hoop bedrijven die beloven dat AI het leven van diabeten enorm gaat versimpelen, en taken van hen over zullen nemen zoals het nadenken over de koolhydraten. Voor mijn groenlicht-sessie ben ik toen tot de conclusie gesprongen dat als deze trend van AI in diabeteszorg zou doorzetten er op een gegeven moment geen kennis meer bij de diabeet zelf zou zijn, omdat deze volledig vertrouwen op dit gereedschap.





Samenwerking in specialisatie

2 spelers hebben hetzelfde doel: het bereiken van de hoogste score van die dag (leaderboard). Een speler probeert vragen te beantwoorden door deze aan de Ai te stellen welke bij een goede glucose de vragen snel beantwoordt, waarmee de score toeneemt. De tweede speler is in controle van het controleren van de bloedsuiker, en door insuline in te spuiten kan de glucose gecontroleerd worden.

Bij een te hoge glucose genereert de AI antwoorden langzamer Bij een te lage glucose vallen zinnen uit elkaar en missen er woorden.



Samenwerking in dataverzameling

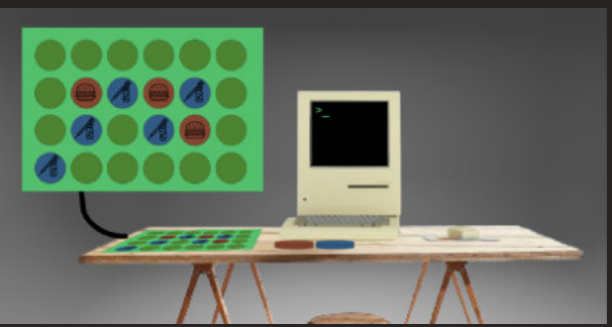
Een AI heeft een rij met taken welke voltooid moeten worden. De AI heeft een energiemeter welke met eten op niveau kan worden gehouden en een bloed glucose welke met insuline op niveau kan worden gehouden.

één speler gebruikt een voedseltabel om te bekijken hoeveel koolhydraten het eten bevat, een andere speler beheert de insuline toevoer met als doel om zo veel mogelijk taken af te ronden in een dag. Spelers kunnen eten aan de AI geven om energie op niveau te houden en via een insuline pen de computer insuline geven.



Competitie glucose in bereik

Competitieve game, waar spelers een AI toegewezen krijgen waarvan de glucose in de gaten moet worden gehouden. Hoe langer de AI in bereik blijft hoe beter, en hoe meer punten de speler krijgt. De AI simuleert een algemene dag van een diabeet waar de coach op moet reageren.



AI en bordspel

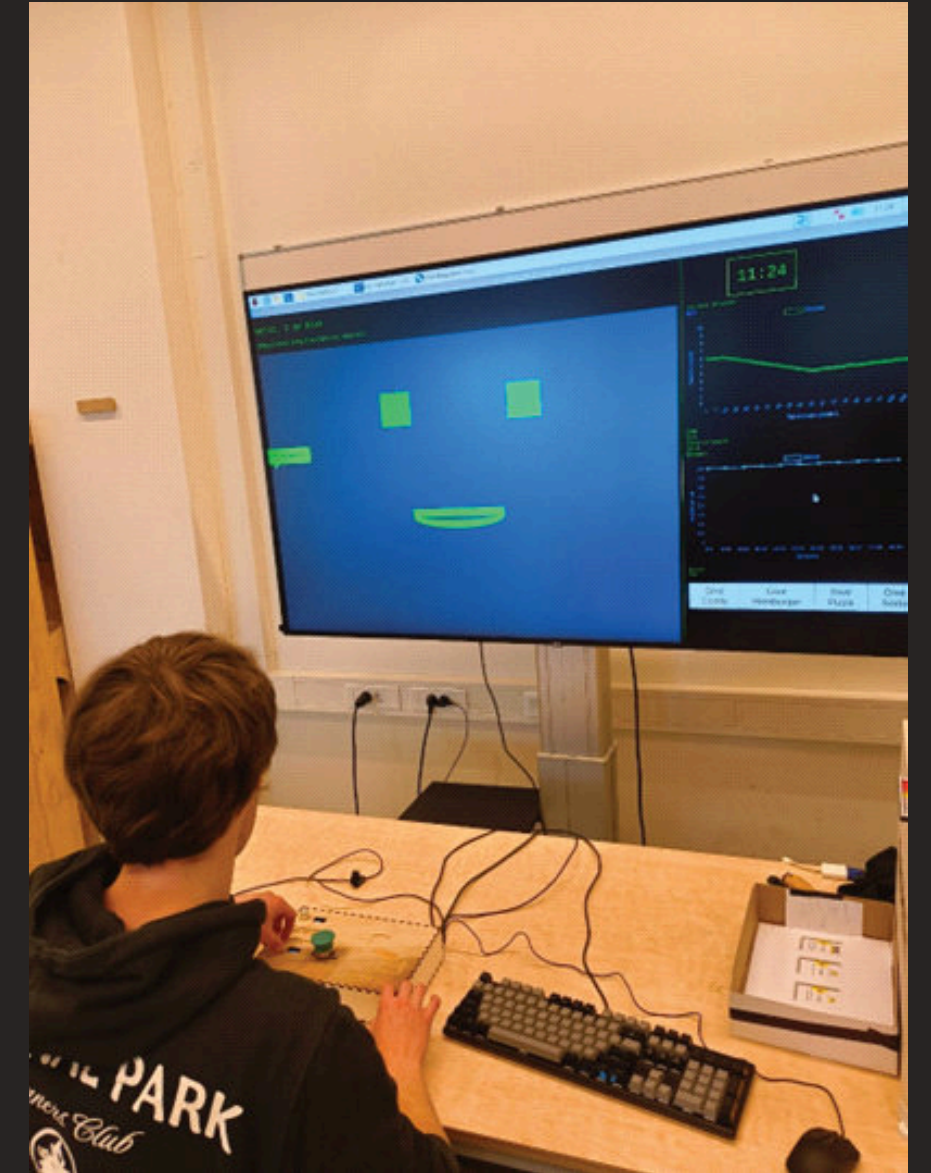
Spelers krijgen het rooster van een AI te zien, waarna ze een insuline plan moeten invullen: elk uur kan er eten of insuline worden afgegeven.

Prototype 3: AI met diabetes

Werken naar groenlicht

Uiteindelijk heb ik dit concept van een AI met diabetes doorgezet tot een ontwerp dat ik presenteerde tijdens de groenlichtsessies: het doel van de speler is om de glucose in bereik te houden terwijl de Ai probeert vragen te beantwoorden. Dit laat niet-diabeten zien hoe ingewikkeld het kan zijn om een stabiele glucose te houden door de dag en maakt diabeten bewust van de hoeveelheid acties die zij op een dag ondernemen.

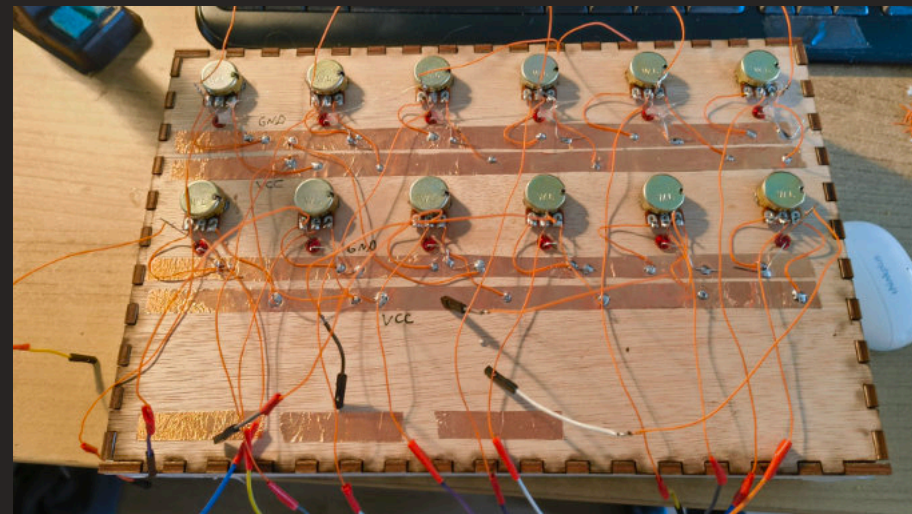
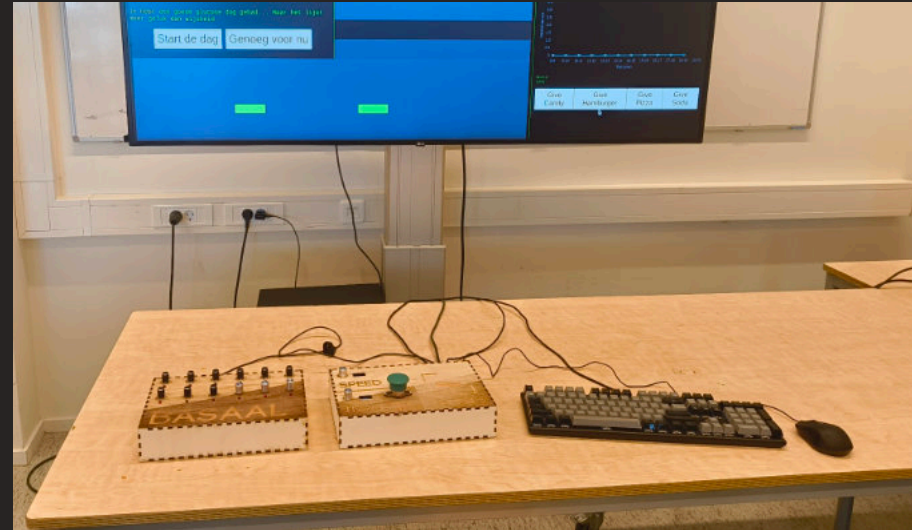
De interface is met opzet ingewikkeld gemaakt met veel lampjes en knoppen welke allemaal een introductie hebben voordat je begrijpt wat deze precies doen: dit is gedaan om duidelijk te maken dat een AI veel elementen over zou nemen in de toekomst waar een basiskennis van diabetes voor nodig is, en wijst de gebruiker op de mogelijkheid dat deze weg zou kunnen vallen.



Techniek

De installatie draait op een Raspberry pi 3B+ waaraan 2 oled schermen van 128x64 vervonden zijn waarop de toe te dienen insuline is weergegeven, en de snelheid van de simulatie. Verder kan de gebruiker met behulp van 2 rotary encoders deze waarden handmatig aanpassen. Een grote groene knop bevestigt de hoeveelheid insuline die toegediend moet worden. Een 2e door is verbonden met de eerste: in deze doos bevindt zich een esp32 WROOM S3 en 12 led-lampjes, samen met 12 potentiometers waarmee tijdens de simulatie voor 12 uur kan worden ingesteld hoeveel basaal er moet worden afgegeven: het lichaam laat de glucose altijd langzaam stijgen zonder insuline, en dankzij de basaal kan dit worden tegen gegaan, omdat ermee wordt ingesteld hoeveel insuline er over één uur moet worden afgegeven.

Verder was er een web interface, welke de waarde van alle knoppen toonde, de 'AI' die vragen aan het beantwoorden was en knoppen om de AI eten te geven waardoor de glucose zou stijgen.



Reactie gebruikers

De hoeveelheid knoppen was overweldigend voor de gebruikers, en er was minimaal 5 minuten aan uitleg over diabetes benodigd om elke functie van de simulatie volledig te begrijpen. Dit was in de eerste ronde van de ervaring voor de meeste gebruikers te veel, maar in de tweede ronde begrepen ze wat er gaande was en wat er nodig was om de glucose in bereik te houden. Ze begrepen welke invloed zij uitoefende op de simulatie. De meeste gebruikers gaven aan dat dit prototype goed laat zien hoeveel aspecten van het leven van een diabeet beïnvloed worden door de diabetes.

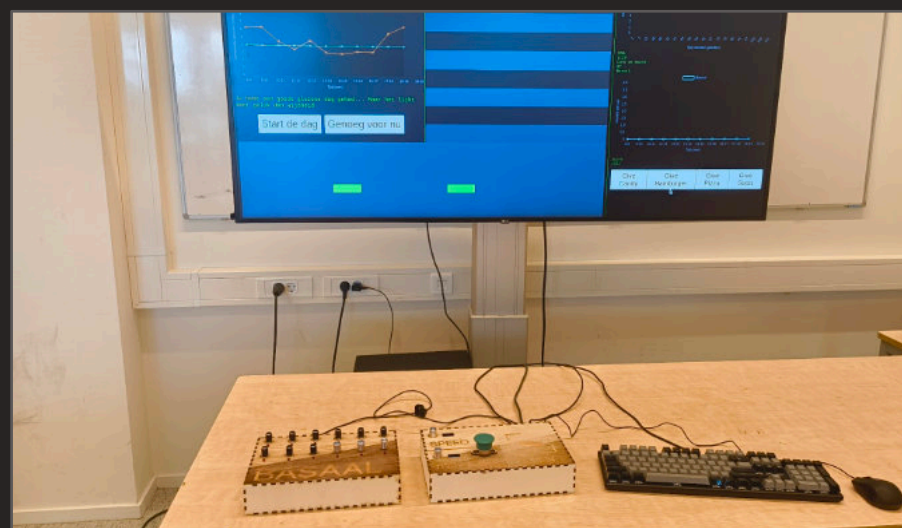


Wat hebben we geleerd?

Gebruikers zijn geïnteresseerd in het ervaren van diabetes, mocht de setting ervoor correct zijn zodat zij vragen kunnen stellen en kunnen experimenteren. Veel gebruikers worden verward vanwege de hoeveelheid nieuwe informatie over diabetes en de hoeveelheid knoppen, wat een grote hoeveelheid aandacht vereist.

Ook is het een feit dat ikzelf deel uitmaakte van de ervaring met de hoeveelheid informatie die gegeven moest worden, wat niet het uiteindelijke doel was.

Verder blijkt dat de feedback voor gebruikers ook belangrijk is: als zij niet begrijpen waarom iets in de simulatie gebeurt, heeft het geen toegevoegde waarde aan de beleving. Verwarren is dus geen goede methode om informatie over te brengen over diabetes of welke gevaren AI hierop zou kunnen hebben.



Het prototype dat op de groenlichtsessie gepresenteerd is

Vuurrode groenlichtsessie

Tijdens mijn groenlicht sessie presenteerde ik wat ik tot nu toe gebouwd had, welke conclusies ik getrokken had en waarom ik deze richting op ben gegaan. Hier kwam ik er echter achter dat ik een paar grote fouten had gemaakt:

- De manier waarop ik mijn conclusie presenteerde dat AI een gevaar gaat vormen voor toekomstige diabeten welke niet langer zelfstandig aan de slag kunnen me hun diabetes was veel te kort door de bocht en niet genoeg onderbouwd. Ik hoopte dat door een extreme stelling te nemen mijn onderwerp beter serieus zou worden genomen, maar de onderbrekende onderbouwing hielp hier zeker niet bij

- Het prototype was te ingewikkeld: door de 5 minuten aan uitleg die benodigd was voor het prototype werd ik zelf deel van het prototype wat niet de bedoeling was.

- Het prototype zag er te goed uit; dit was een onverwachte voor mij, maar doordat er geen draadjes zichtbaar waren, de doosjes met de controlepanelen goed paste en het diabetes model er al zo goed uitzagen, konden de beoordelaars het niet zien als een iteratief ontwerp, maar een eindontwerp, ondanks dat de intentie was om na meer gebruikerstesten een betere, gepolijste versie op te bouwen

- De keuzes die ik had gemaakt waren niet duidelijk onderbouwd: waarom een bepaalde vormgeving was aangehouden, of waarom een bepaalde manier van interactie. Dit haakt in op het vorige bolletje, omdat dit prototype eigenlijk bedoeld was om achter de antwoorden op deze vragen te komen

Met een rood licht als advies en ook enkele positieve puntjes, zoals dat het maakwerk van hoge kwaliteit was en het onderzoek een goede basis zou vormen, besloot ik met een nieuw ontwerp op te gaan in het herkansingsmoment na de zomervakantie, waarmee ik 6 extra weken om in te ontwerpen en te testen vrij speelde.

Waarom verdwaalt?

Het verdwijnen van technologie wekte mijn interesse omdat een speculatieve toekomst verbeelde, maar ik had niet genoeg tijd besteed om dit ook daadwerkelijk goed uit te werken en te onderbouwen omdat ik in de technologie gedoken was, zonder mij eerst af te vragen waarom bepaalde elementen eruitzagen zoals ze eruitzagen, of waarom een specifieke actie benodigd was.

Uiteindelijk realiseerde ik mij ook dat ik het plezier rond dit onderwerp verloren was: AI en diabetes in de toekomst klinken op papier als een goed ontwerp, maar ik haalde hier eigenlijk niet zoveel voldoening uit als het overbrengen van het hebben van diabeten op de rest van de samenleving. De focus op AI heb ik gelegd na uit enkele feedback sessie bleek dat het laten ervaren van diabetes te weinig urgentie had: waarom nu, en niet 10 jaar geleden, of 10 jaar later?

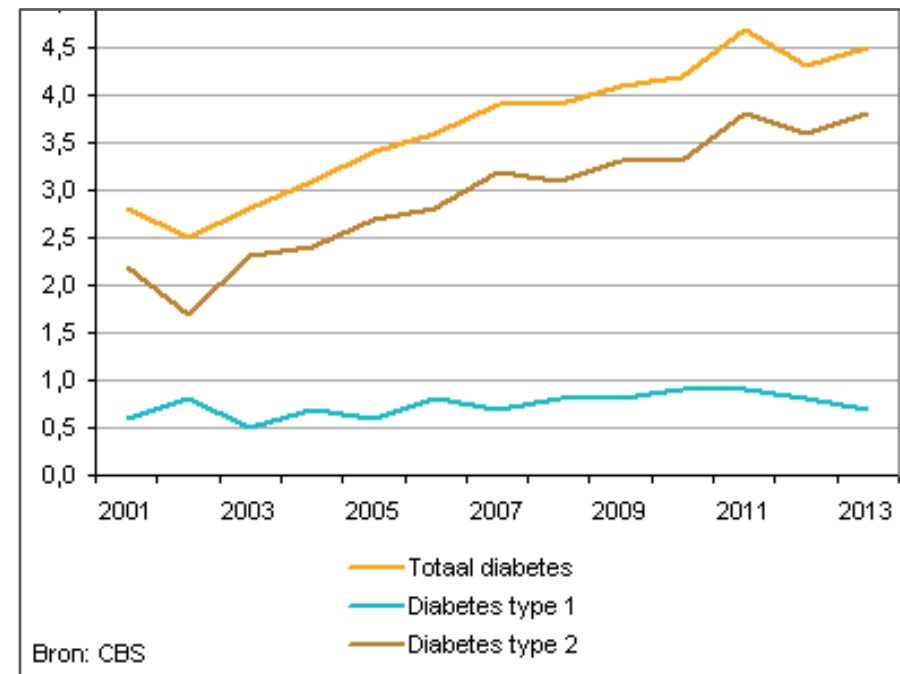
Verkeerde focus

Er waren elementen uit het prototype dat ik op de groenlicht sessie presenteerde welke ik zeker mee wilde nemen: het was een goede shock voor de gebruikers, wie zonder sturing benoemde dat ze niet doorhadden dat diabetes zo intensief was, en elk moment van de dag beïnvloedde. Dit was wat ik graag wilde bereiken, maar dat is niet hoe ik had geframed tijdens mijn presentatie: daar zat ik nu vast aan de AI en hoe vreselijk die gaat zijn voor onze toekomst (zonder onderbouwing).

Een goede les over het geloven in wat je ontwerpt, en opstaan voor wat je gelooft.

Hervonden

Mijn eerste ontwerprichting leek urgentie te missen wat de rede is dat ik uiteindelijk geswitched ben, tot mijn aandacht werd gevestigd een grafiek waarin werd verteld dat diabetes de hards groeiende auto-immuunziekte van Nederland is. Plots was daar mijn urgentie om me volledig te richten op het onderwerp waar ik me daadwerkelijk in wilde verdiepen en waar ik enthousiast voor ontwerp: het delen van de ervaring van het hebben van diabetes met hen die hier geen idee van hebben.



Grafiek met nieuwe diabetesen per jaar (CBS, 25)

Ondersteun het doel

Daarom heb ik eerst beschreven wat het doel was dat ik wilde behalen, en elke ontwerpkeuze moest in het verlengde liggen van deze doelen:

- De gebruiker moet in een korte tijd kunnen ervaren hoe het is om 24/7 diabetes te hebben, met als resultaat dat zij weglopen met nieuwe kennis over de ziekte, en aangezet kunnen worden hier zelf meer onderzoek naar te doen
- De mens moet centraal staan in het ontwerp: het is de diabeet waar we het over hebben, maar dit is ook een mens: niet een lopende rekenmachine die insuline moet spuiten.
- De ervaring mag impact hebben, maar moet makkelijk te volgen zijn voor mensen zonder diabetes, tussen de 20 en 30 jaar oud.
- De installatie moet op zichzelf kunnen draaien, zonder ondersteuning

Onderzoeksvragen

“Hoe kunnen we de emotionele en fysieke ervaring van het leven met diabetes door middel van een immersieve ervaring overbrengen op de kennissen van diabeten, zodat ze zich kunnen inleven in de realiteit van een diabeet?”

Hoe ver kunnen we gaan voordat gebruikers overweldigd raken van de hoeveelheid informatie en deze niet meer goed kunnen verwerken?

Op welke manier kunnen we gebruikers ook na de ervaring nog laten denken over wat ze hebben meegemaakt in de ervaring?

Welke gebruikersinterface werkt het beste om de illusie van diabetes over te brengen voor iemand die nog nooit een insulinehouder heeft gebruikt?

Wat

Met deze punten ben ik aan de slag gegaan om mijn focus aan te passen en mijn ontwerp te versimpelen: het laten ervaren van diabetes voor de naaste van diabeten zodat hun vrienden een beter begrip krijgen op wat diabetes betekend, en mogelijk zelfs om de conversatie te starten rond deze chronische ziekte, waarmee we informatie kunnen verspreiden en het betekend wordt wat te doen wanneer er iets misgaat met de diabetes.

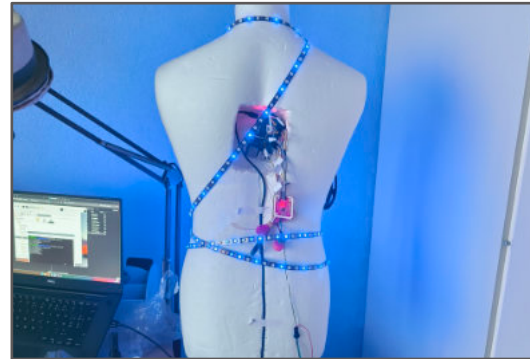
Het ontwerp is succesvol als na de ervaring een gesprek wordt gestart rond diabetes, de dagelijkse uitdagingen en het bespreken van risico's van diabetes. Nu meer en meer mensen diabetes zullen krijgen, en de maatschappij met deze ziekte geconfronteerd wordt kan een geïnformeerd individu bijdragen aan een betere zorg voor diabeten

Vorm

Het prototype bevindt zich in een paspop: dit is om te laten zien dat diabetes niet iets systematisch is, maar zich nog steeds afspeelt in en rond een mens: een feit dat vaak over het hoofd wordt gezien omdat de focus bij dokters en verzorgers vaak ligt op de metingen van de apparatuur. Deze paspop heeft een persoonlijkheid, dagroutine en een naam om duidelijk te maken dat dit iemand is met diabetes, en niet simpelweg een diabetesmachine.

Hoe

Dit ontwerp is een stuk simpeler, en gebruikt slechts één enkele interface: een 3d print van een insulinepen. Deze pen bevat een klein, 128x32px oledscherm en een rotary encoder met ingebouwde drukknop. De web interface is verwijderd en het ontwerp bevindt zich niet langer in twee dozen, maar in een paspop



Iteraties printen

Voor dit prototype heb ik moeten leren hoe ik 3d-print: iets dat ik nog niet eerder gedaan heb. Verder heb ik moeten leren welke materialen, kleuren en software er beschikbaar is en ben ik aan de slag gegaan om te leren hoe ik in CAD-software (Computer Aided Design) kan gebruiken om precieze modellen te ontwerpen en te printen.

Dit is niet zonder problemen gegaan, maar tijdens het experimenteren heb ik een hoop geleerd over bijvoorbeeld de orientatie van de print en welke invloed deze heeft, hoe belangrijk marges zijn om iets goed te laten passen en dat het belangrijk is om onderdelen weer uit elkaar te kunnen halen. Het oled-scherm zorgde er in revisie 3 bijvoorbeeld voor dat de kabels niet langer bereikbaar waren, wat het oplossen van een technisch probleem onmogelijk maakte.



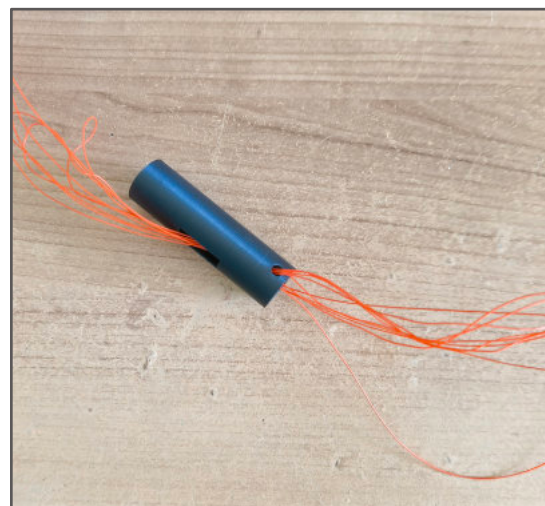
Een kleine verzameling aan mislukte prints



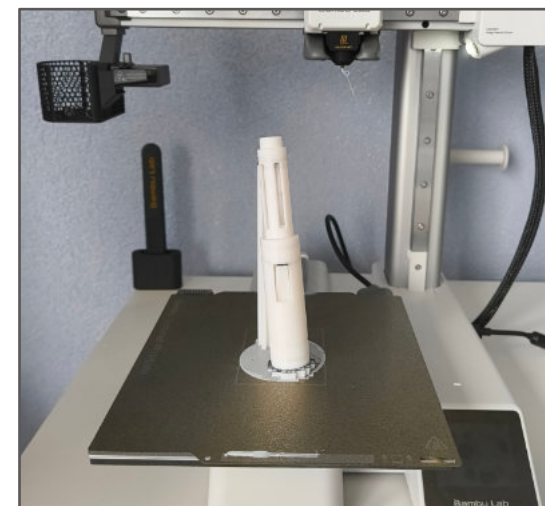
Print ronde voorwerpen nooit op een platte printondergrond. Dit klinkt logisch en achteraf gezien is dat ook zo: door de print in de hoogte te printen over de z-as zakt de print niet aan de onderkant in wat resulteert in een ovaal.



Ontwerp modulair! Ik heb een aantal complexere onderdelen in de pen verwerkt met kleine openingen om draadjes doorheen te geleiden. Wanneer deze modules breken of misprinten voorkomt dit de nood voor een volledige nieuwe print.



Zorg dat je print weer uit elkaar kan: ik heb een goede paar uur besteed aan het trekken van draadjes, enkel om zodra alles dicht gelijmt was erachter te komen dat mijn scherm niet werkt. Vandaar dat ik nu dus alles ontwerp om makkelijk weer uit elkaar te kunnen.



Houd rekening met de printrichting. Een van mijn iteraties had tandjes welke terug zouden moeten veren om zo van twee componenten een enkele te maken, maar deze braken af omdat ze in dezelfde richting bogen als waarin ze geprint waren wat de lagen deed breken.

Een oplossing is om op een kleine hoek te printen (5/10 graden)



Een kleine marge is belangrijk om componenten netjes in elkaar te laten vallen. Zo heeft het scherm aan alle kanten 1 extra millimeter, en de binnen- en buitenkern verschillen 0.25mm per kant van elkaar om te verzekeren dat de componenten goed in elkaar passen



Droog filament is extreem belangrijk: in een natte lucht neemt het plastic het water uit de lucht op. Omdat dit geprint wordt op 220c verdampt het water, waardoor een gat achterblijft wat de print instabiel maakt.

Gebruikersinterface

Uit het eerste AI prototype bleek dat de combinatie van fysieke knoppen en een web interface voor veel gebruikers de aandacht lastig te verdelen maakte. Voor dat prototype was verwarring het doel, maar in de laatste iteratie niet.

Hierom is gekozen om de ervaring als een luisterboek te vertellen in een donkere ruimte, waar enkel licht gebruikt wordt als ondersteuning van het verhaal.

Door zo veel mogelijk prikkels te verwijderen wordt de gebruiker in de ervaring gehouden en gedwongen te focussen op de gedachtes die een diabeet non-stop hoort: “is mijn glucose nu goed?” “Daarom stijgt die glucose opeens zo extreem?” “Toch te weinig insuline afgegeven? Of misschien te veel?”.

De gebruiker heeft direct invloed op de ervaring door insuline af te geven welke duidelijk uitgelegd wordt in de eerste minuut van de ervaring, en als extra ondersteuning van wat er gaande is wordt de kleur van het licht gebruikt om

de glucose en het bijbehorende gevoel te communiceren.

De geluidsinterface begeleidt de speler stap voor stap door alle hardware, en geeft een simpele uitleg over wat diabetes is en wat er gaat gebeuren. Aan de hand van lampjes kunnen specifieke punten op de paspop worden gemarkeerd om de aandacht te trekken, zoals de locatie waar de insuline pen in geprikt moet worden.

De speler wordt meegenomen door de dag van de diabeet, welke huiswerk maakt, naar zijn studie gaat, een paar uur op zijn werk besteed en de dag afsluit met iets zoets (want niemand is perfect, zelfs diabeten niet). Het glucose algoritme is accuraat en is afgesteld om eten langzaam te verteren, wat te zien is op de muntjes die het eten verbeelden. Deze kunnen worden ingeworpen om de glucose te doen stijgen.

Nabeleving

Zodra de speler door het scenario heen gekomen, wordt deze gevraagd te reflecteren op wat er zojuist is gebeurd door op een papieren kaartje te schrijven wat zij door de dag heen gedaan hebben. Aan de andere kant van dit kaartje is een print-out te zien van wat het insuline systeem heeft opgemerkt: waar was meer, of minder insuline nodig? En waar had extra eten gegeven moeten worden?

Dit in de hoop de gebruiker te doen reflecteren hoeveel keuzes een diabeet op een enkele dag moet maken en hoe groot de resultaten van een verkeerde keuze zouden kunnen zijn.

In de toekomst

In de toekomst zou ik graag meer scenarios uitwerken: de dag van een diabeet is nooit hetzelfde en de kleinste wijziging in temperatuur, windkracht of afstand af te leggen op de fiets kan een verschil maken. Ik geloof dat spelers die vaker terug komen en een andere dag mee kunnen maken een nog dieper begrip kunnen krijgen op de uitdagingen die een diabeet dagelijks weerstaat.

Bronnen

1. <https://www.diabetesfonds.nl/over-diabetes/diabetes-in-het-algemeen/diabetes-in-cijfers>
2. <https://nos.nl/artikel/2520281-diabetescrisis-veel-meer-mensen-met-voorstadium-diabetes>
3. <https://www.umcutrecht.nl/nl/ziekte/diabetes>
4. <https://www.diabetesfonds.nl/wat-we-doen/onderzoek/hypo-s-op-tijd-voelen-aankomen>
5. <https://vpk.diabetesgeneeskunde.nl/ernstige-hypoglykemie-en-het-absolute-risico-op-sterfte-door-verschillende-oorzaken-bij-mensen-met-type-2-diabetes/>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_mind
7. <https://www.diabetesfonds.nl/over-diabetes/diabetes-in-het-algemeen/wat-is-diabetes>
8. <https://www.diabetesfonds.nl/over-diabetes/diabetes-in-het-algemeen/wat-is-diabetes>
9. <https://www.dvn.nl/diabetes/bloedwaarden/hypo>
10. <https://www.bvdgf.org/diabetes-bewegen-sport/leer-sporten-met-diabetes>
11. <https://www.diabetesfonds.nl/over-eten/over-koolhydraten>
12. <https://www.dvn.nl/diabetes/leefstijl/voeding/koolhydraten>
13. https://en.wikipedia.org/wiki/Endless_runner
14. <https://link.springer.com/article/10.1007/S10648-019-09498-W>
15. <https://androidaps.readthedocs.io/en/latest/Configuration/Config-Builder.html#insulin-type-differences>

16. <https://openaps.org/>

17. <https://www.jdrf.nl/leven-met-t1d/drie-weetjes-over-pen-en-pomptherapie>

18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10788665/>

19. <https://www.zorginstituutnederland.nl/werkagenda/stofwisseling-en-hormoonhuishouding/realtime-glucose-monitoring>

20. <https://www.dvn.nl/diabetes/behandelingen/insuline/insulinepompen-op-de-markt>

21. <https://www.diabetespro.nl/article/feitenenfabelsoverdiy/>

22. <https://diabtrend.com/home/nl>

23. <https://www.january.ai/>

24. <https://gluroo.com/ai/>

25. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2014/46/steeds-meer-mensen-met-diabetes>