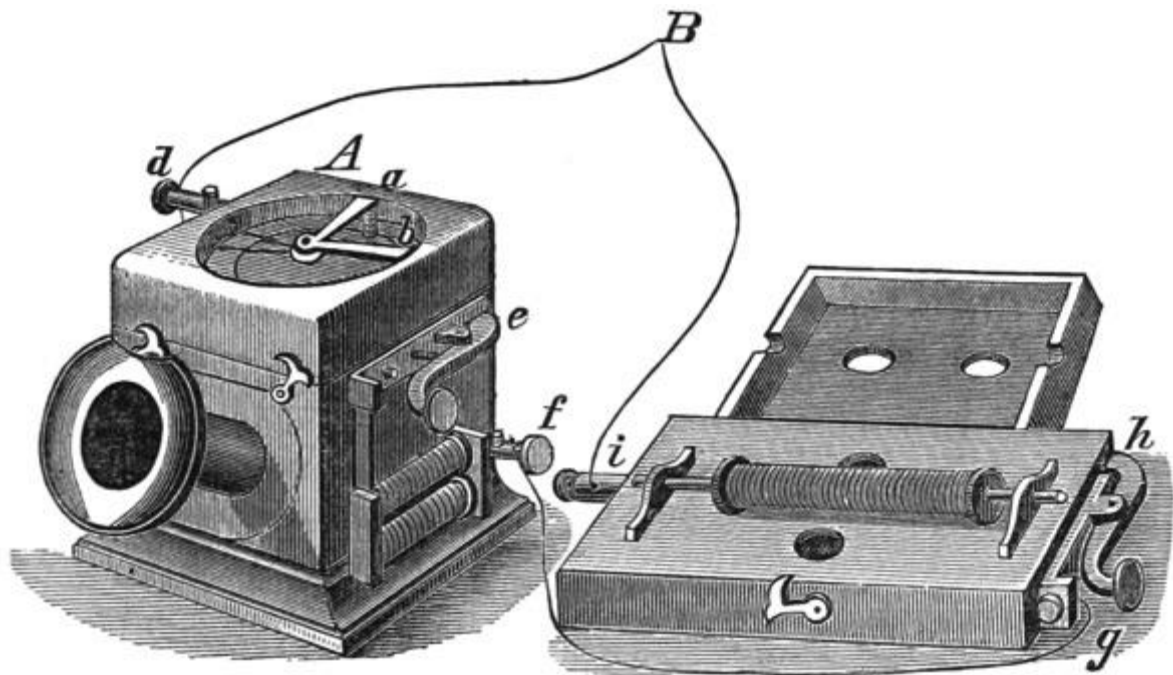


De Telefoon van Reis

05-01-2016

*Ontwerpdracht profielwerkstuk van:
Thomas Aleva & Nwankwo Hogervorst*



Inhoudsopgave

Inleiding	3
Onderzoeksvraag	3
Johann Philipp Reis.....	3
Globale werking van de telefoon van Reis.....	3
Globale werking van de telefoon van Bell	4
Het ontwerp	4
Ontwerpcyclus	5
Programma van eisen:	5
Deeloplossingen	6
Ontwerpvoorstel	6
Benodigheden	7
Ontwerp realiseren	8
De ontvanger.....	8
De zender	8
Elektronica.....	9
Verbindingen.....	9
Zender	9
Ontvanger	10
Voedingskast en aansluiting.....	11
Evaluatie ontwerp	11
Conclusie	12
Discussie.....	12
Logboek.....	13
Thomas Aleva	13
Nwankwo Hogervorst	14
Appendix	15
Schetsen	15
Microfoon/zender	15
Luidspreker/ontvanger	16
Bibliografie	17

Inleiding

Onderzoeksvraag

Wij (Nwankwo Hogervorst en Thomas Aleva) zijn naar het Teylers Museum geweest voor een rondleiding en kregen onder andere een aantal oude telefoons te zien, zoals de welbekende telefoon van Alexander Graham Bell, maar ook de minder bekende telefoon van Johann Philipp Reis. (Teylers Museum Haarlem)

Dat wekte bij ons de vraag op: 'Hoe komt het dat de telefoon van Bell grootschalig in gebruik is genomen en niet die van Reis, hoewel Reis de eerste (16 jaar eerder dan Bells patent) met zijn ontwerp/uitvinding was?'

Was de spreker slecht te verstaan bij de ontvanger; Was de telefoon te groot; Was hij onveilig; Was hij te zwaar; Was hij te moeilijk in gebruik; Of had Bell gewoon geluk (qua tijd en plaats)?

Om dit uit te zoeken gaan we een werkende telefoon van Johann Philipp Reis ontwerpen en repliceren.

Johann Philipp Reis

Johann Philipp Reis werd geboren in 1834 in Gelnhausen, Duitsland. Als kind leerde hij veel talen en pas op latere leeftijd kreeg hij een passie voor exacte vakken. Hij nam in zijn vrije tijd wiskunde- en natuurkundelessen. Later gaf hij les in aardrijkskunde, wiskunde en natuurkunde.

In 1861 kwam Reis met de eerste versie van zijn telefoon. Die kon spraak versturen tot wel 100m ver (door een kabel). Hij heeft zijn telefoon meerdere keren succesvol gedemonstreerd, maar er was niet veel interesse. Hij heeft onder andere zijn telefoon gedemonstreerd aan het Engelse bedrijf "Standard Telephones and Cables". Dit bedrijf was tegelijkertijd ook bezig met het verkrijgen van de telefoon van Alexander Graham Bell, die op dat moment succesvol zijn product op de markt bracht in de Verenigde Staten. De voorzitter van Standard Telephones and Cables heeft toen het goede resultaat van de demonstratie van Reis verzwegen om met Bell te kunnen blijven samenwerken. (Wikipedia, 2015)

Globale werking van de telefoon van Reis

De microfoon werkte met een membraan, dat vibreerde als er geluid op kwam. Op het membraan zat een metalen onderdeel bevestigd dat bij een trilling verbinding maakte met een platina strip (die net als het metalen onderdeelje verbonden was met een batterij). Daardoor werd er een elektriciteitscircuit geopend en gesloten en zo ontstond er een elektrisch signaal (in de zender).

Dit signaal werd een kastje (de ontvanger) in gestuurd naar een spoel die zo een magnetisch veld opbouwde. Het magnetisch veld laat de ijzeren naald uitzetten en krimpen, dit effect wordt magnetostrictie genoemd.

Magnetostrictie is een eigenschap van magnetische materialen, zoals ijzer. Daarbij verandert het materiaal van formaat als het zich in een magnetisch veld bevindt, vaak gaat het maar om enkele nanometers.

Bij het aanbrengen van een magnetisch veld gaan alle magnetische deeltjes dezelfde kant opstaan. Daardoor zet het materiaal in die richting uit. Als het magnetisch veld dan verdwijnt keert het terug naar zijn originele formaat.

Dit gebeurt dus ook in de naald in de Telefoon van Reis. Elke keer als de naald uitzet duwt hij lucht weg en ontstaat er een geluidsgolf. Als dit heel snel achter elkaar gebeurt ontstaat er dus een geluid. Denk bijvoorbeeld aan de zoem van een transformatorhuisje.

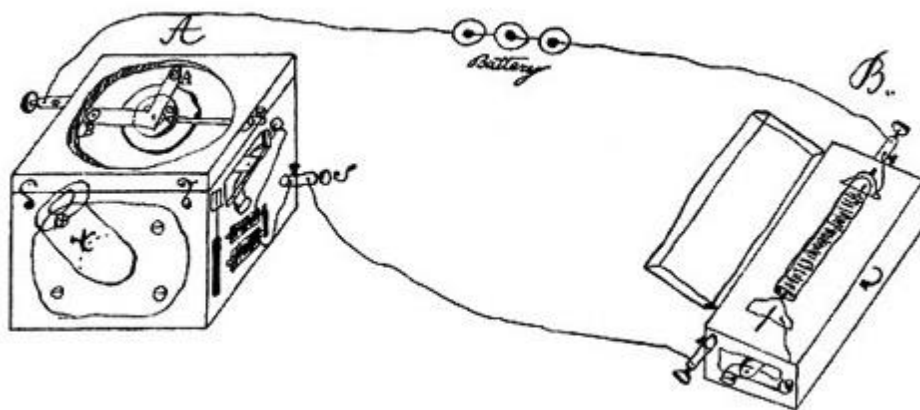
Dit wordt ook door magnetostrictie veroorzaakt.

Er ontstond dus een trilling (het geluid) die werd versterkt door het kastje. Dat komt doordat de lucht in het kastje gaat resoneren en dan fungeert het als een klankkast.

In vroege versies werd het koperdraad gewikkeld om een breinaald die in het "F" gat van een viool stak. Door de trilling van de naald ontstond er geluid. Dat geluid werd dan versterkt door de klankkast van de viool.

In een modernere versie is een metalen balkje vastgebonden op een (sigaren)doosje. Het balkje gaat trillen en het doosje werkt als een resonator om het geluid te versterken.

(Wikipedia, 2015); (Telephone 1928, 2009)



Links de zender, recht de ontvanger (Reis, 1863)

Globale werking van de telefoon van Bell

Deze telefoon werkte min of meer identiek aan die van Reis, maar dan een stuk betrouwbaarder. Het geluid van de spreker zorgde ervoor dat een membraan ging trillen. Achter dit membraan zat een kurk met daarin een naald bevestigd. Deze naald hing in een zwavelzuuroplossing. Zowel de naald als een ander contactpunt in het zwavelzuur waren bevestigd aan een batterij.

Door de trilling van het geluid van de spreker bewoog de naald in de zwavelzuuroplossing. De verschillen in diepte van de naald in de zwavelzuuroplossing veranderde de stroomsterkte tussen de contactpunten door deze oplossing. Zo ontstond er een elektrisch signaal. Dat ging door een draad en werd aan de andere kant van de 'lijn' vervolgens via hetzelfde proces omgezet in een trilling, en dus geluid.

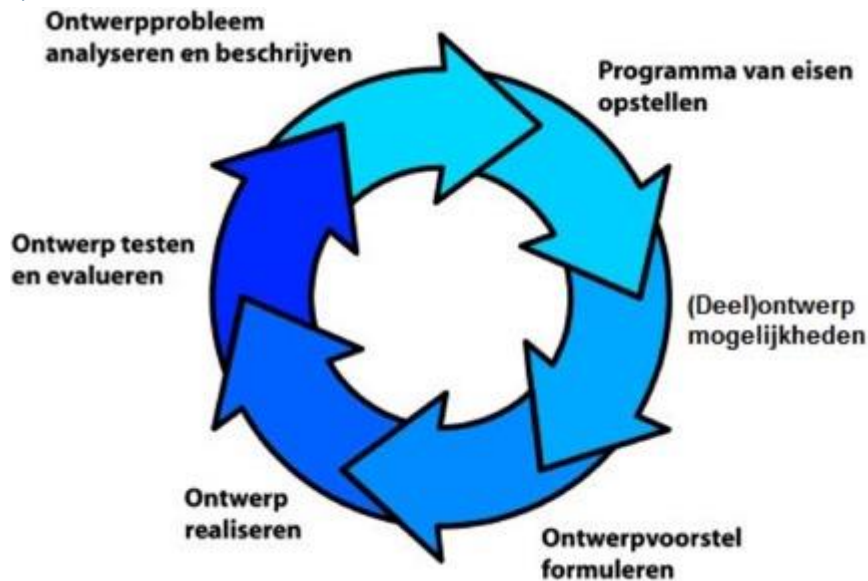
Dit ontwerp was betrouwbaarder doordat de stroomkring altijd gesloten was (door de zwavelzuuroplossing). Daardoor werkte het niet als een aan/uit systeem (zoals bij Reis), maar varieerde de stroomsterkte. Zo ontstond er een constant signaal met daarin modulatie.

In latere versies van deze telefoon gebruikte Bell de microfoon van Thomas Edison. Deze werkte door middel van koolstofbolletjes die door de druk van het geluid meer of minder weerstand gaven aan de stroom. Dit werkt bijna gelijk aan de microfoon van Bell, maar door het koolstof is de microfoon in staat een accurater signaal te produceren. Hierdoor werd de geluidskwaliteit nog beter.

(Wikipedia, 2015); (Wikipedia, 2015); (Taubman, 2011)

Het ontwerp

Ontwerpcyclus



Voor dit PWS en deze ontwerp opdracht hebben wij gewerkt volgens deze ontwerpcyclus. De eerste stap is het opstellen van het ontwerpprobleem of vraagstelling (de onderzoeksvraag). De volgende stap is het opstellen van het "Programma van eisen". Oftewel, de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen.

Vervolgens moeten de ontwerpmogelijkheden in een ideeëntabel uitgezet worden. Zo kan worden bepaald welke eisen de hoogste prioriteit hebben en hoe dat gerealiseerd kan worden.

Daarna komt het daadwerkelijke bouwen van het ontwerp.

Als het prototype eenmaal is gemaakt kan het worden getest. Als het niet werkt kan er een nieuw ontwerpprobleem opgesteld worden en kan de cyclus opnieuw worden doorgelopen.

Programma van eisen

1. Het signaal van de telefoon moet door een draad.
2. De ontvanger moet een afgestreken lucifer op een afstand van ongeveer 10cm van de microfoon horen door een draad van 8m lang.
3. De ontvanger moet de zin 'Het paard eet geen komkommersalade' kunnen verstaan.
4. Een leek moet binnen één minuut de telefoon kunnen bedienen en iets inspreken naar de ontvanger na een demonstratie over de werking van de telefoon.
5. De telefoon moet geen scherpe randen of ontblote kabels hebben.
6. De telefoon moet werken op AA-batterijen.
7. De telefoon moet geen gevaarlijke stoffen bevatten.
8. De telefoon moet op een houten plank worden bevestigd.

Deeloplossingen

Eis	Uitwerking 1	Uitwerking 2	Factor*
1	De microfoon aansluiten op een draad	Het signaal door de draad naar de luidspreker laten lopen waar het geluid hoorbaar wordt	4
2	Microfoon accuraat nabouwen	Draad gebruiken en isoleren zodat er geen storing ontstaat	5
3	De luidspreker zodanig maken dat deze hoorbaar geluid geeft	De luidspreker en microfoon zodanig maken dat er spraak kan worden verstaan	5
4	Goede en overzichtelijke kabel management	Alle aansluitingen goed aangesloten zodat er niet veel gedaan hoeft te worden voor de bediening	3
5	Scherpe randen wegvijlen	Alle elektrische aansluitingen isoleren	2
6	Batterij compartiment toevoegen	Het apparaat zodanig maken dat het werkt op het vermogen van AA-batterijen	3
7	Alleen gangbare en veelgebruikte stoffen gebruiken		3
8	Schroefgaten maken in alle onderdelen om te bevestigen aan de houten plank	Alle onderdelen bij elkaar niet te groot maken	3

*= 1 betekent: Niet belangrijk, 5 betekent: Zeer belangrijk

Ontwerpvoorstel

In ons ontwerp proberen wij aan zoveel mogelijk eisen te voldoen. Soms kan er aan een eis iets minder worden voldaan om zo meer te voldoen aan andere eisen.

Wij proberen zo accuraat mogelijk de microfoon na te bouwen aan de hand van schetsen van Reis en met behulp van het exemplaar in het Teylers Museum. Zo zorgen we ervoor dat wij zo goed mogelijk de kwaliteit van Reis' ontwerp kunnen repliceren. De microfoon werkt met een strak gespannen membraan aan de bovenkant van het doosje. Doordat deze gaat trillen ontstaat er een signaal in de draad. Dat brengt ons naar het volgende punt, de draad. De microfoon/zender en luidspreker zijn met een draad verbonden. De draad die van zender naar ontvanger loopt en alle verbindingen worden goed geïsoleerd en aangesloten. Daardoor is de kans op kortsluiting of storing laag en is er een stabiele connectie.

In onze schets bestaat de luidspreker uit drie naalden. Wij kiezen er echter voor om één naald te gebruiken in onze luidspreker. Wij menen dat dit genoeg geluid produceert en dat er daardoor minder stroom/spanning nodig is.

In het ontwerp van Reis zit er een laag isolatiemateriaal om de naald en daaromheen een spoel met 41 windingen. Wij hebben een staaf van ijzer omhuld in een laagje koper. Daaromheen zit een spoel van een geïsoleerde draad die bestaat uit 48 windingen. De extra windingen, in vergelijking met het ontwerp van Reis, hebben wij toegevoegd om de hele staaf te omwikkelen met de spoel. Daardoor is het effect van de spoel groter. De naald zit op een kastje dat dient om het geluid te versterken door middel van resonantie.

Hoewel er in het programma van eisen staat dat we de telefoon willen laten werken op AA-batterijen, hebben wij ervoor gekozen om met een voedingskastje te werken. Met een voedingskastje is het makkelijker om de spanning en stroomsterkte aan te sturen. Daarbij kunnen

batterijen leegraken en een voedingskastje niet. Dit is praktisch bij het gebruik en de demonstratie. De juiste instellingen voor dit voedingskastje moeten wij uitzoeken zodra het prototype klaar is.

De basis van de telefoon is van hout (multiplex) gemaakt. Enkele andere onderdelen zijn van koper, ijzer en plastic. De telefoon bevat dus geen gevaarlijke stoffen. Door het gebruik van gangbare materialen is het ontwerp niet kostbaar.

Wij waren eerst van plan de luidspreker en microfoon aan een houten plateau vast te maken, maar omdat het ontwerp vrij stevig en handbaar is, hebben wij besloten de microfoon en luidspreker los te houden en nergens aan te monteren.

Voor gemakkelijke bediening heeft dit ontwerp geen onnodige knoppen. Bovendien hebben wij gedacht aan kabel management: er zijn maar weinig kabels die rommel en verwarring veroorzaken. Daarbij zorgen we ervoor dat de telefoon veilig te bedienen is. De telefoon heeft geen scherpe randen; het hout is geschuurd zodat het risico op splinters minimaal is; en de elektrische onderdelen zullen zo veel mogelijk geïsoleerd zijn zodat de kans op schokken minimaal is.

Op de schetsen is te zien hoe we de telefoon willen bouwen. De eerste schets is vooral gebaseerd op Reis' ontwerp. Daarna hebben wij onze eigen versie van het ontwerp gemaakt. Ons ontwerp mist, vergeleken met het ontwerp van Reis, een aantal onderdelen. Onderdelen waarvan wij menen dat ze onnodig zijn voor het versturen en ontvangen van spraak. Wij verwachten dat de telefoon nog steeds zijn taak vervult zonder deze onderdelen.

Wij hebben bijvoorbeeld gekozen om de elektromagneet en knop, aan de zijkant van de zender, niet mee te nemen in ons ontwerp. De functie van deze onderdelen was eerst onbekend. Met behulp van het Teylers Museum hebben wij de functie kunnen achterhalen. Het fungeerde als een bel om de aandacht van de persoon aan de andere lijn te trekken. Dit is in ons ontwerp echter niet nodig, dus hebben wij ervoor gekozen dit onderdeel niet bij ons ontwerp toe te voegen.

Benodigdheden

1. Elektrische kabels en draden
2. Spoel (41 windingen geïsoleerd koperdraad)
3. IJzeren (Fe) naald (144mm)
4. Hout (afmetingen in mm):
 - Multiplex:
 - 90x70 (4x)
 - 90x30 (6x)
 - 90x90 (2x)
 - 230x90 (2x)
 - 230x30 (2x)
 - 152x90 (1x)
 - 152x40 (2x)
 - 90x40 (2x)
5. Schroeven
6. Houtlijm
7. Scharnieren
8. Metaalplaat
9. Ballonnen
10. Elektrische kastje
11. Speedboren (20mm; 40mm 68mm)
12. Houtboren

Ontwerp realiseren

Klankkasten

De ontvanger

De eerste stap in de bouw was de ontvanger. We hebben op een groot stuk multiplex de vormen van elk onderdeel (van de zender en ontvanger) uitgetekend en deze hebben we door mr. Seelen uit het hout laten zagen, waarna we ze schuurden om ervoor te zorgen dat er geen scherpe randen aan zaten. Vervolgens hebben we gaten in de bovenkant en de zijkant van het doosje en de deksel geboord waardoor het doosje makkelijker kan resoneren en voor het scharnier.

De ontvanger bestaat uit twee delen: de onderste klankkast en een deksel. Beide onderdelen zijn met houtlijm in elkaar gezet. Daarna hebben we de twee onderdelen aan elkaar bevestigd met een scharnier. De basis van de ontvanger was nu af.



Ontvanger



Zender

De zender

De volgende stap was de zender. Deze hebben we op dezelfde manier in elkaar gezet. Ook de zender bestaat uit twee delen: Het onderste deel en een deksel. In het deksel zit een gat (\varnothing 63mm) waarover de ballon is gespannen. Het spannen van deze ballon is na vele mislukkingen – de ballon scheurde, schoot los of paste niet – toch gelukt.

Nadat de ballon over het gat gespannen was moesten we een manier bedenken om de ballon op zijn plek te houden. We hebben ervoor gekozen om een tweede stuk triplex (precies dezelfde afmetingen als de top van de deksel) op de top van de deksel te schroeven om zo de ballon te bevestigen.

Nadat de ballon goed was bevestigd moest er een spijker door de ballon. We verwachtten eerst dat de ballon meteen weer zou scheuren, maar gelukkig ging het in één keer goed. De basis voor de zender was nu ook af.

Elektronica

Verbindingen

De volgende stap is het installeren van alle elektrische onderdelen in de zender en ontvanger. Het belangrijkste was het installeren van de verbindingpunten voor de kabels. Dit was de moeilijkste stap.

Eerst moesten er gaten worden geboord. Daarna moest de verbinding erdoorheen en worden vastgemaakt met moeren. Tussen die twee moeren moest een draadhouder bevestigd worden en in die draadhouder moest weer een draad (bijvoorbeeld die van de verbinding naar de spoel). De draad moest dan in de draadhouder geplaatst worden waarna de draadhouder met een tang moest worden geplet om de draad vast te zetten. Nu waren de verbindingpunten voor de kabels gereed.



Verbinding met draadhouder



Verbinding voor kabel

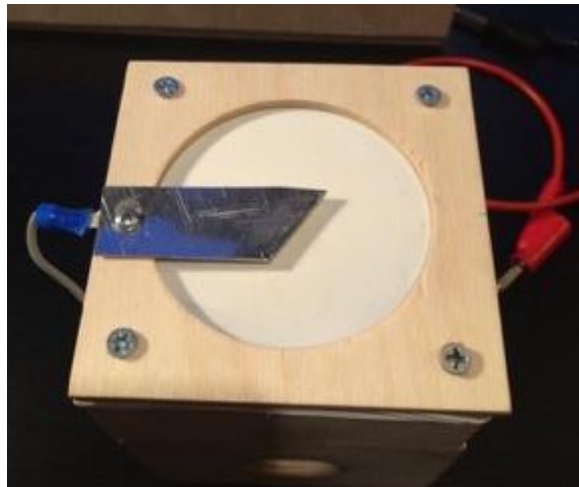
Zender

Wat de zender betreft moesten we de spijker aansluiten op de stroomkring en een metalen plaatje monteren waar de spijker tegenaan trilt. De spijker hebben we gesoldeerd aan het draadje. Dit was een lastig taakje aangezien we geen hete soldeer op de ballon mochten laten vallen. Dan zou de ballon vervangen moeten worden.

Ook dat metalen plaatje moest verbonden worden met de stroomkring. Dit hebben we gedaan door het draadje te strippen en daarna het gestripte deel onder het plaatje vast te schroeven.

Wij hebben eerst het metalen plaatje op maat geknipt en vervolgens geschuurd zodat het plaatje niet meer scherp was.

De afstand tussen de spijker en het metalen plaatje is variabel, dus elke keer als de telefoon gebruikt wordt moet dit worden afgesteld. Ofwel door het buigen van het metalen plaatje of door het omhoog of omlaag schuiven van de spijker in de ballon.



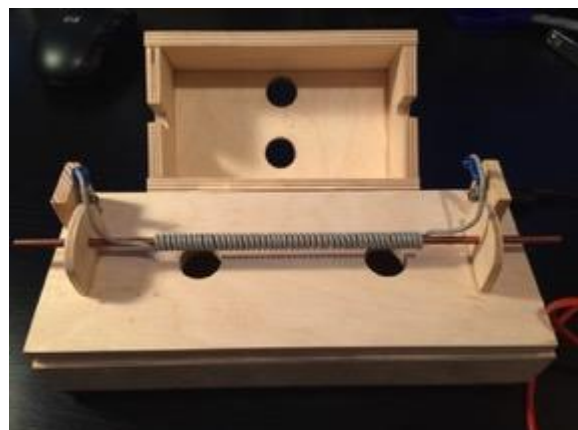
Zender met aangesloten metalen plaatje

Ontvanger

Voor de ontvanger hebben we als eerst een houder gemaakt voor de ijzeren naald. In elke houder moest een gat worden gemaakt waar de ijzeren naald in kon rusten. Daarna moest er om de naald een spoel worden gemaakt. Wij hebben een geïsoleerde draad 48 keer om de ijzeren naald gedraaid.



Ontvanger met ijzeren naald en spoel



Ontvanger aangesloten aan verbindingen

Voedingskast en aansluiting

Wij hebben tenslotte alles aangesloten op het voedingskastje. Het maakt voor de werking van de zender en ontvanger niet uit waar de plus- en de minpool zijn aangesloten. De enige voorwaarde is dat de stroomkring gesloten is en dat de spijker en het plaatje fungeren als schakelaar. Wij hebben geëxperimenteerd en vonden de ideale spanning op 5V. De stroomsterkte werkt als volumeknop dus hoe hoger de stroomsterkte hoe hoger het volume uit de luidspreker.



De gehele aangesloten telefoon van Reis

Evaluatie ontwerp

Na al het bouwen van de telefoon was het eindelijk tijd om de telefoon aan te sluiten en te testen. Eerst verbonden we alle kabels aan het voedingskastje en daarna deden wij het voedingskastje aan. In eerste instantie kwam er tot onze grote schrik geen geluid uit de luidspreker toen er in de microfoon werd gesproken. Eerst controleerden we of alles goed was aangesloten en of het voedingskastje wel werkte. Aangezien we niet wisten welke stroomsterkte en spanning het beste was, experimenteerden we vervolgens met de instellingen op het voedingskastje.

Na vele uren te hebben geprobeerd met verschillende instellingen en manieren van aansluiten, dachten we dat we eindelijk klikgeluiden konden produceren met de luidspreker. Helaas bleek dit een geluid te zijn wat uit het voedingskastje kwam.

Toen hebben wij met langere kabels de afstand vergroot tussen de microfoon en het voedingskastje om het geluid uit de luidspreker beter te isoleren. Toen bleek dat de luidspreker ook een klik produceerde als de spijker en het metalen plaatje in de microfoon contact maakten. Helaas was dit geluid niet erg hard en moeilijk te horen (het oor moest dicht tegen de luidspreker geplaatst worden om het geluid te kunnen horen). Zelfs bij de maximale stroomsterkte was het, tot grote frustratie, niet mogelijk om een makkelijk hoorbaar geluid te produceren, laat staan ook maar iets dat op spraak leek.

Helaas is het ons dus niet gelukt om accuraat en hoorbaar de spraak van de microfoon over te brengen naar de luidspreker zoals Johann Philipp Reis - volgens bronnen - in zijn demonstraties wel kon.

Daarnaast willen wij Meneer Bolijn bedanken voor zijn tijd en moeite om een spreekbuis te maken voor onze telefoon. Helaas heeft hij die niet op tijd afgekregen waardoor het niet op onze telefoon gemonteerd kon worden.

Conclusie

De vraag “Hoe komt het dat de telefoon van Bell grootschalig in gebruik is genomen en niet die van Reis, hoewel Reis de eerste (16 jaar eerder dan Bells patent) met zijn ontwerp/uitvinding was?” is lastig te beantwoorden. Er zijn veel bronnen over die niet allemaal op een lijn staan wat betreft de oorzaak hiervan. De ene bron meent dat het falen van de telefoon van Reis het gevolg was van weinig interesse op het gebied van telefoons van andere partijen. Hoewel Reis meerdere succesvolle demonstraties had, waren bedrijven niet in de telefoon geïnteresseerd. Identiek aan bijvoorbeeld Apple. Zij waren als eerste met het op de markt brengen van de ‘personal computers’, maar hadden in het begin weinig succes. (Wikipedia, 2015)

Volgens een andere bron is de oorzaak het Engelse bedrijf Standard Telephones and Cables. Zij zouden de goede demonstratie van de telefoon van Reis hebben verzwegen om samen te blijven werken met Bell en de reputatie van Bell te behouden. Kort daarna verkreeg Bell een patent en had hij een monopolie positie op de telefoonmarkt. (Wikipedia, 2015)

Weer een andere bron meent dat zou komen door de moeilijkheid van het bedienen van de telefoon en het slecht functioneren ervan. Dit vat onze ervaringen met de telefoon van Reis erg goed samen. Wij ervoeren met de microfoon dat de afstand tussen de spijker en het metalen plaatje erg precies moet worden afgesteld. Anders zouden deze geen contact maken als er in de microfoon werd gesproken. De spijker mag het plaatje ook niet aanraken, want dan zouden deze twee onderdelen samensmelten. Bovendien wordt de spijker erg warm als het lang in contact is met het metalen plaatje. Wij hebben enkele keren meegemaakt dat de spijker zo warm werd dat de ballon eromheen smolt, waardoor de spijker niet meer in de goede positie was. Bovendien moest in sommige gevallen ook de ballon worden vervangen.

Naast de moeilijke bediening van de telefoon, functioneert de telefoon (in ons geval) erg slecht. De spreker moet erg hard spreken in de microfoon om de ballon genoeg te doen trillen om een signaal te creëren. Als het dan eenmaal gelukt is om een signaal tot stand te krijgen is het erg moeilijk om bij de luidspreker te horen wat er wordt gezegd.

Om deze redenen is ons antwoord op de onderzoeksvraag: Omdat de telefoon moeilijk te bedienen is en niet goed spraak overbrengt van de zender naar ontvanger.

Discussie

Wij hebben beiden erg veel geleerd tijdens het bouwen van de telefoon van Reis. Wij balen wel erg dat de telefoon het niet deed zoals wij hadden verwacht en dat we niet daadwerkelijk konden “bellen”.

Wij zijn door tijdgebrek helaas niet in staat geweest om onbeperkt problemen met de telefoon op te lossen om hem te laten werken. Vervolgonderzoek zou erg interessant zijn. Bijvoorbeeld hoe het volume van de luidspreker kan worden verbeterd en de geluidskwaliteit van de spraakoverdracht in het algemeen. Daarnaast zouden wij ook de ijzeren naald met een koperlaagje eromheen (die wij in ons ontwerp hebben gebruikt) willen vervangen met andere ferromagnetische materialen om te onderzoeken of de geluidskwaliteit daarvan verbetert.

Logboek

Thomas Aleva

Datum	Activiteit		# uren Thomas
11-06-15	Teylers bezoeken		2
29-08-15	PVA vooronderzoek		5
30-08-15	PVA schrijven		4
06-09-15	PVA schrijven + controleren		2
19-10-15	Internetonderzoek; Schetsen voor ontwerp		4
22-10-15	Internetonderzoek; Schetsen afmaken; Publicaties over Reis zoeken		4
02-11-15	Start PWS verslag;		4
12-12-15	Werken aan PWS verslag		3
13-12-15	"		4
02-01-16	Verslag werken + telefoon experimenteren		10
03-01-16	Verslag controleren (spelling etc.)		1
04-01-16	Aan verslag werken		4
05-01-16	Verslag afmaken		8
Doorlopend	Bouwen Telefoon Reis		25
Kerstvakantie	Telefoon testen en laten werken		0
Onbekend	Teylers bezoeken (telefoon grondig bekijken)		3
Onbekend	Contactmoment 1		15 min
Onbekend	Contactmoment 2		20 min
Onbekend	Contactmoment 3		15 min
Onbekend	PWS onderwerp totstandkoming		4
TOTAAL			88

Nwankwo Hogervorst

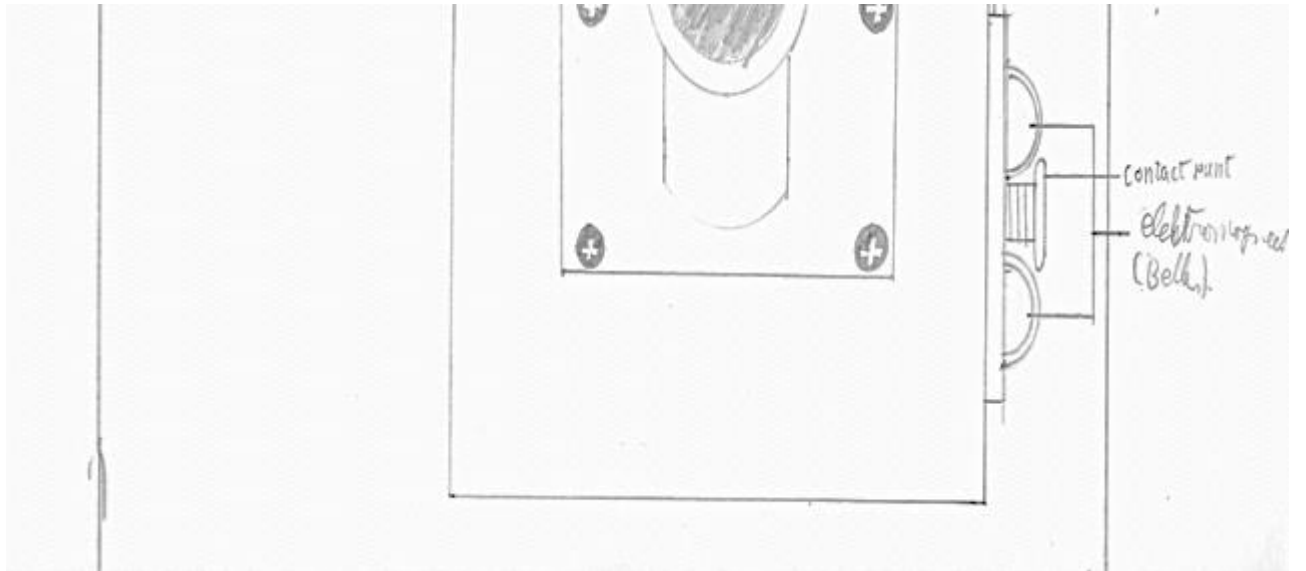
Datum	Activiteit	# uren Nwankwo
11-06-15	Teylers bezoeken	2
19-10-15	Internetonderzoek; Schetsen voor ontwerp	4
22-10-15	Internetonderzoek; Schetsen afmaken; Publicaties over Reis zoeken	4
02-11-15	Start PWS verslag;	2
XX-12-15	Werken aan PWS verslag	7
02-01-16	Verslag werken + telefoon experimenteren	10
03-01-16	Verslag controleren (spelling etc.)	2
04-01-16	Aan verslag werken	4
05-01-16	Verslag afmaken	3
Doorlopend	Bouwen Telefoon Reis	25
Kerstvakantie	Telefoon testen en laten werken	2
Onbekend	Teylers bezoeken (telefoon grondig bekijken)	3
XX-06-2015	PVA maken	10
Onbekend	Contactmoment 1	15 min
Onbekend	Contactmoment 2	20 min
Onbekend	Contactmoment 3	15 min
Onbekend	PWS onderwerp totstandkoming	4
TOTAAL		83

Appendix

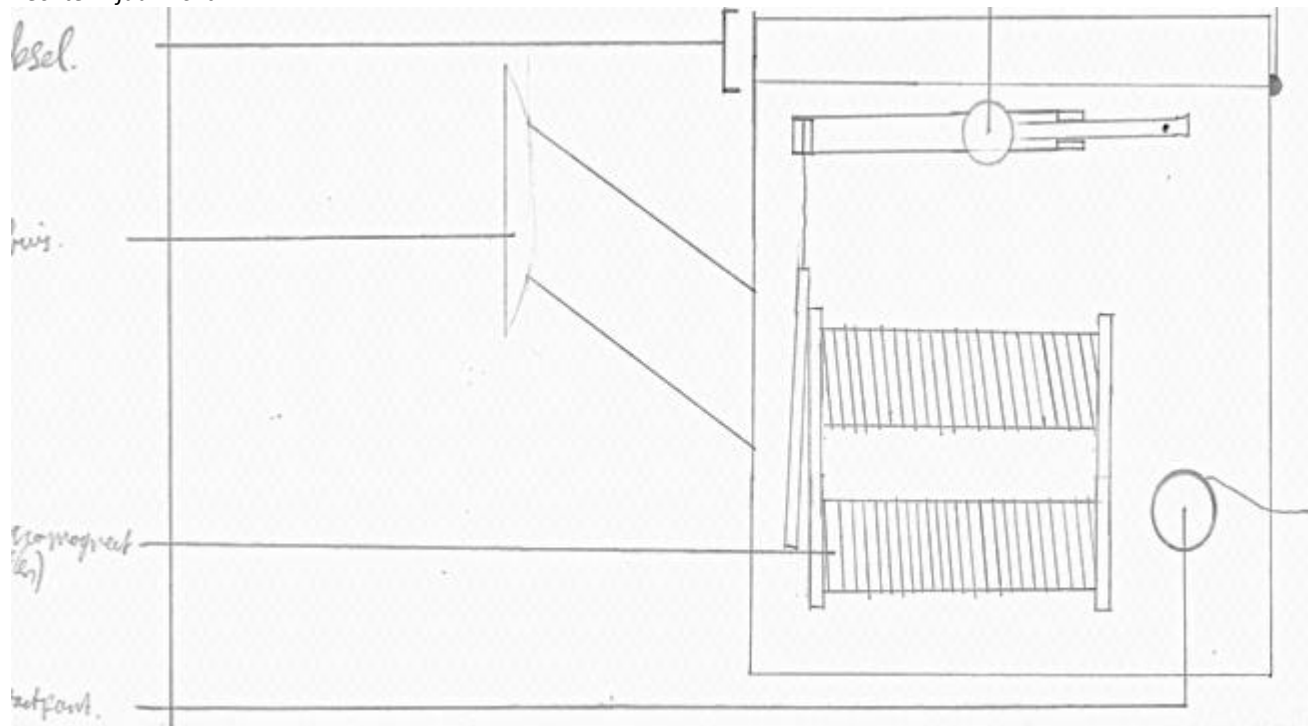
Schetsen

Microfoon/zender

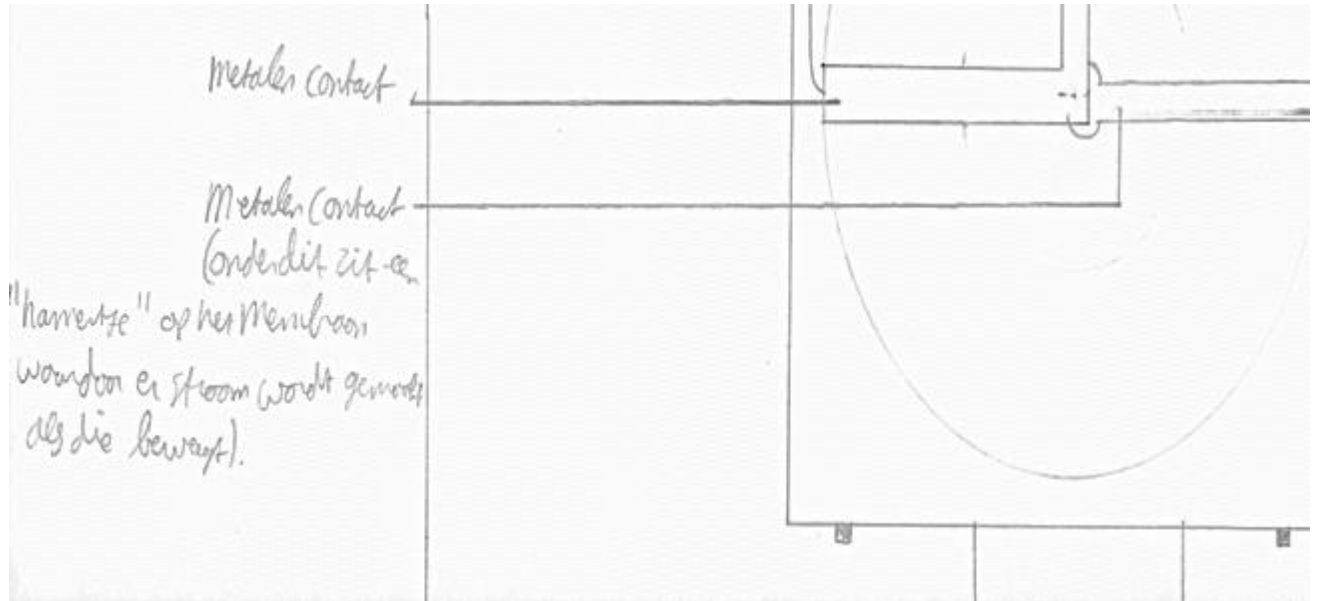
Vooraanzicht



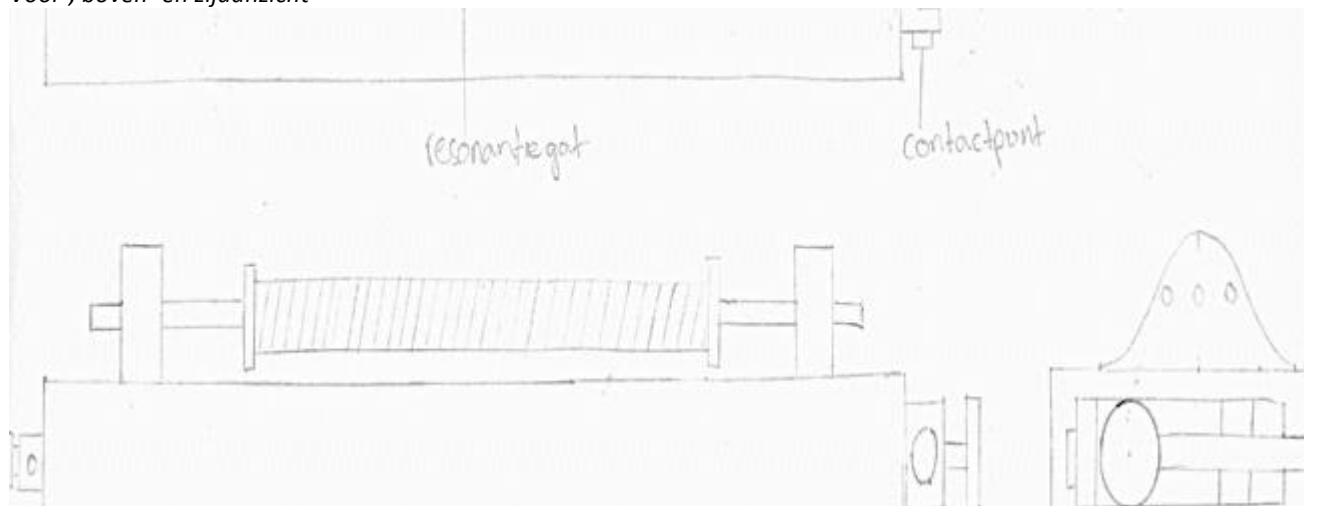
Rechter zijaanzicht



Bovenaanzicht



Luidspreker/ontvanger
Voor-, boven- en zijaanzicht



Bibliografie

Reis, J. P. *The Reis Telephone, 1863*. Londen.

Taubman, A. (2011, November 28). *How did the first phone call work?* Opgehaald van howitworksdaily.com: <http://www.howitworksdaily.com/how-did-the-first-phone-call-work/>

Telephone 1928 (2009). [Film]. New York.

Teylers Museum Haarlem. (sd). Telefoon, naar Reiss.

Wikipedia. (2015, December 22). *History of Apple Inc*. Opgehaald van Wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Apple_Inc.#Pre-foundation

Wikipedia. (2015, November 24). *Invention of the telephone* . Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Invention_of_the_telephone#Johann_Philipp_Reis

Wikipedia. (2015, Oktober 21). *Johann Philipp Reis*. Opgehaald van Wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Philipp_Reis#Telephone_invention_controversies

Wikipedia. (2015, Oktober 8). *Reis Telephone*. Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Reis_telephone