

---

# **DESIGN AF**

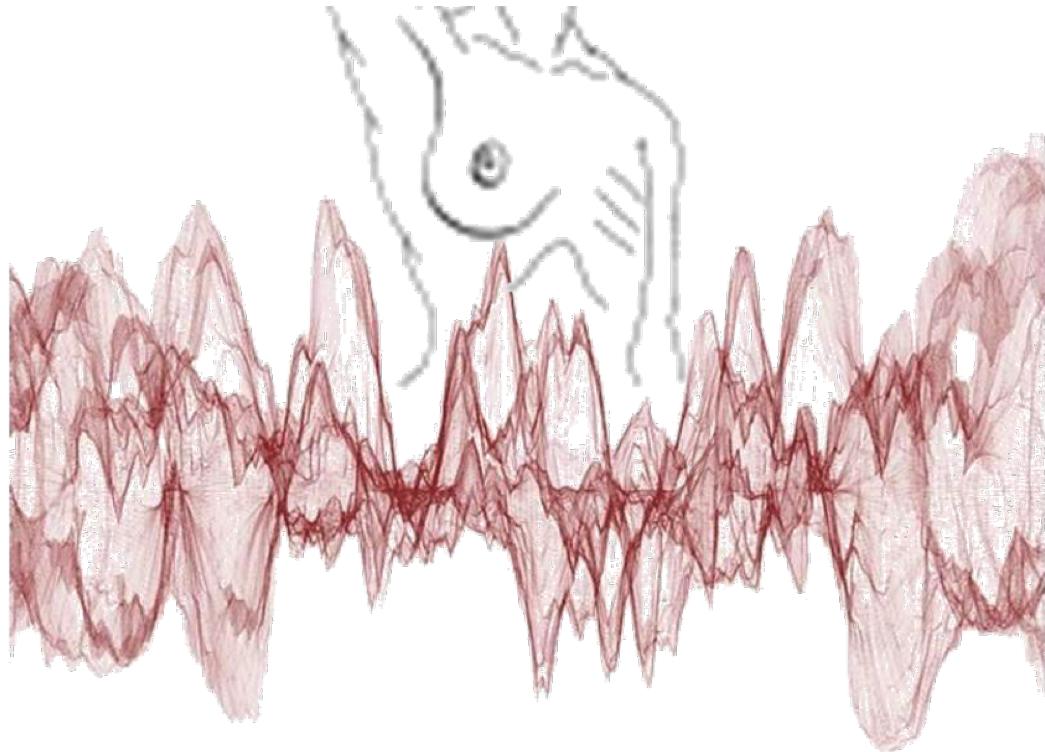
## **AKUSTISK VOLUMENMÅLING**

### **AF BRYST**

---

PROCESRAPPORT

Den 02. januar 2017



Jannie Thorup Hansen

11089

Diplomingeniørstuderende i  
sundhedsteknologi

June Richter

10871

Diplomingeniørstuderende i  
sundhedsteknologi

Bachelorprojekt - projektnr. 16119

Vejleder: Samuel Alberg Thrysøe

Ingeniørhøjskolen, Aarhus Universitet

# Forord

---

Denne rapport indeholder procesdokumentation for bachelorprojektet *Design af akustisk volumenmåling af bryst*. Rapporten indeholder beskrivelser af procesforløbet i projektet; herunder projektadministration, udviklingsforløb samt testproces.



Jannie Thorup Hansen, 11089



June Richter, 10871

## Ordliste over forkortelser

Forkortelse	Betydning
BVM	Brystvolumenmåler
FAT	Factory Acceptance Test
MVP	Minimum Viable Product
PL	Pavia Lumholt
SAT	Site Acceptance Test

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Projektadministration</b>	<b>1</b>
1.1 Projektorganisering . . . . .	1
1.1.1 Samarbejds aftale . . . . .	1
1.1.2 Samarbejdspartnere . . . . .	1
1.1.3 Kommunikation . . . . .	1
1.2 Projektplanlægning . . . . .	2
1.2.1 Den statiske tidsplan . . . . .	3
1.2.2 Den dynamiske tidsplan . . . . .	8
1.3 Projektstyring . . . . .	8
1.3.1 Scrum . . . . .	9
1.3.2 Pivotal Tracker . . . . .	9
1.3.3 Logbog . . . . .	11
1.4 Udviklingsværktøjer . . . . .	11
1.4.1 L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	11
1.4.2 RefWorks . . . . .	11
1.4.3 LabVIEW 14.0 Development System . . . . .	12
1.4.4 Microsoft Visio . . . . .	12
1.4.5 Creately . . . . .	12
1.5 Versionsstyring . . . . .	12
1.5.1 GitHub . . . . .	12
 <b>Kapitel 2 Udviklingsforløb</b>	 <b>14</b>
2.1 Litteratursøgning . . . . .	14
2.1.1 Søgestrategi . . . . .	14
2.1.2 Litteraturindsamling . . . . .	14
2.1.3 Litteraturudvælgelse . . . . .	15
2.2 Testproces . . . . .	15
2.2.1 Beskrivelse af testforløbet . . . . .	15
2.2.2 Beskrivelse af roadblocks . . . . .	18
2.2.3 Det videre testforløb . . . . .	22

<b>Litteratur</b>	<b>28</b>
<b>Bilag</b>	<b>29</b>
Bilag A . . . . .	29
Samarbejdsaftale . . . . .	29
Bilag B . . . . .	31
Skabelon til mødeindkaldelse . . . . .	31
Bilag C . . . . .	32
Skabelon til aktionsreferat . . . . .	32
Bilag D . . . . .	33
Skabelon til logbog . . . . .	33
Bilag E . . . . .	34
Søgeprotokoller til litteratursøgningsprocessen . . . . .	34

# Projektadministration

1

## 1.1 Projektorganisering

### 1.1.1 Samarbejdsaftale

I projektets spæde opstart, var det første som blev udformet og klarlagt, en samarbejdsaftale, fungerende som forventningsafstemning i gruppen. Denne aftale blev anvendt som et værktøj til at få diskuteret vigtige parametre for samarbejdet, herunder mødetider, arbejdsform, målsætning, konflikthåndtering mm. (Anders Dahl and Trine Dich and Tina Hansen and Vagn Olsen, 2010). Samarbejdsaftalen fremgår af bilag A. Det konkluderes, at samarbejdsaftalen har fungeret efter hensigten og, at emnerne har været klarlagte, idet det ikke har været nødvendigt, at referere til aftalen under projektforløbet.

### 1.1.2 Samarbejdspartnere

Projektoplægget er udarbejdet af Pavia Lumholt (PL), speciallæge i plastikkirurgi på OPA Privathospital Aarhus, i samarbejde med vejleder Samuel Alberg Thrysøe. PL har ageret som kunde i projektet, og har henvendt sig med en idé, som han ønsker at få medicinsk godkendt til klinisk anvendelse. I projektets opstart blev der afholdt samarbejdspartnermøde, hvor der blev idé- og erfaringsudvekslet viden. Inden mødet sørgede projektgruppen for at fremsende en mødeindkaldelse samt at klarlægge roller som hhv. ordstyrer og referent. Der blev lagt stor vægt på at fremstå professionelle idet gruppen repræsenterer uddannelsesinstitutionen.

### 1.1.3 Kommunikation

#### Mail

Med ønsket om fremstå strukturerede og organiserede, oprettede projektgruppen en fælles mail, tilknyttet projektet. Her foregik al korrespondance med samarbejdspartner, vejleder samt implicerede fagfolk. På denne måde kunne mailkorrespondancer

holdes adskilt fra private anliggender samt logges ét samlet sted.

### **Ekstern fildeling**

For at gøre det lettilgængeligt at dele viden og udveksle filer, blev der anvendt en fælles fildelingstjeneste på Google Drev, som kunne tilgås af PL samt projektgruppen. Projektgruppen har gjort PL bekendt med, at der forefindes risici ved at benytte en online tjeneste som Google Drev. PL er indforstået med dette, og har accepteret brugen.

### **Mødeindkalderer og aktionsreferater**

Som tidligere beskrevet, har det været vigtigt for projektgruppen at fremstå professionelle i projektarbejdet. Således er der opbygget og oprettet en skabelon for mødeindkalderer, som struktureret belyser informationer vedr. mødet. Her beskrives emne, formål samt hvad mødets resultat skal anvendes til. Ydermere beskrives mødedetaljer som tidspunkt, sted, mødedeltagere samt hvad der skal forberedes inden mødet, og hvad der evt. skal medbringes. Derudover stilles dagordenen, og en ansvarlig sættes for hvert punkt. Til sidst estimeres mødets varighed. Hensigten med at udsende disse informationer inden mødet, er at der foretages en forventningsafstemning inden mødet, og deltagere ved, hvad der skal være forberedt og medbringes. Mødeindkaldereskabelonen fremgår af bilag B.

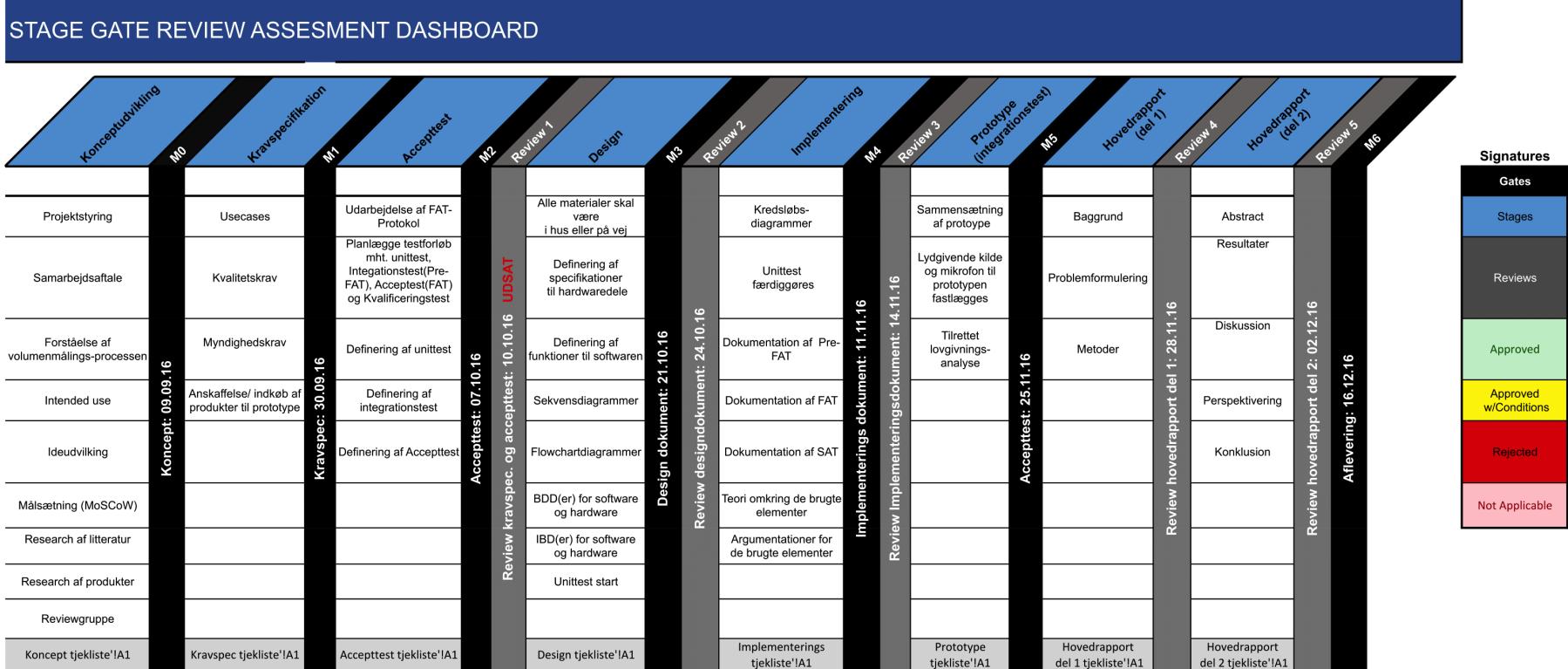
Efter et endt møde, udsendte projektgruppen et aktionsreferat fra det pågældende møde. Også her blev der udarbejdet en struktureret skabelon, som beskrev emne samt formålet med mødet, mødeleder, referent og tidspunkt samt varighed. Ud fra dagsordenen blev der skrevet et resume til hvert punkt, og endvidere blev beslutninger og aktioner sat op, hvor en ansvarlig samt en deadline blev tilknyttet. På denne måde blev det overskueliggjort, hvem der havde hvilke ansvar inden et givent tidspunkt. Dette lettede samarbejdet med implicerede mødedeltagere. Aktionsreferatskabelonen fremgår af bilag C.

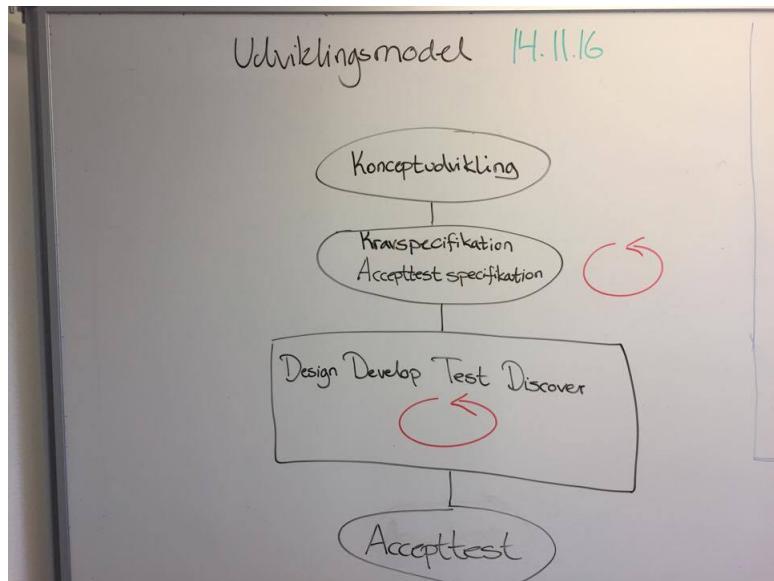
## **1.2 Projektplanlægning**

I dette afsnit beskrives de anvendte planlægningsmetoder, som er benyttet i projektet. Hensigten er at belyse, hvordan projektgruppen har anvendt metoderne samt hvilke resultater der var forventet og erfaringerne heraf.

### 1.2.1 Den statiske tidsplan

I projektets indledende faser, hvor der blev arbejdet med konceptudvikling, udkast til kravspecifikation samt accepttest, viste Stage Gate-modellen at være en hensigtsmæssig tidsplansmodel. Fordeler ved at anvende Stage Gate modellen er opdeling, specificering og eksekvering af de foreliggende opgaver, og giver derfor mulighed for at danne et helhedsbillede af projektets tidsmæssige ramme. Det er siden erfaret at projektets udviklingsfase (herunder design, implementering samt integrationstest) ikke følger en lineær udvikling, og disse faser ikke eksekveres som Stage Gate-modellen foreskriver. Der blev foretaget refleksioner over hvorvidt Stage Gate-modellen blev anvendt forkert eller om projektet havde udviklet sig i en retning, hvor modellen ikke længere være hensigtsmæssig at benytte. Konklusionen er, at Stage Gate-modellen afspejler vandfaltsmodellen, hvilket er uhensigtsmæssigt i projektets udviklingsfase. Det er efter sparring med SAT valgt at gå videre med ASE-modellen, som afspejler en iterativ udviklingsproces. Der blev efterfølgende reflekteret og overvejet over, hvorledes ASE-modellen kunne bruges til at understøtte projektets tidsplan, og det blev konkluderet, at modellen ikke alene kunne understøtte projektets behov for tidsplan. Der blev udført brainstorming på tavlen, hvor ASE-modellen blev tilpasset projektets behov, og modellens iterative proces blev udvidet, så denne omfavnede projektets specifikation af accepttest og integrationstest. Denne brainstorming vises i figur 1.2.

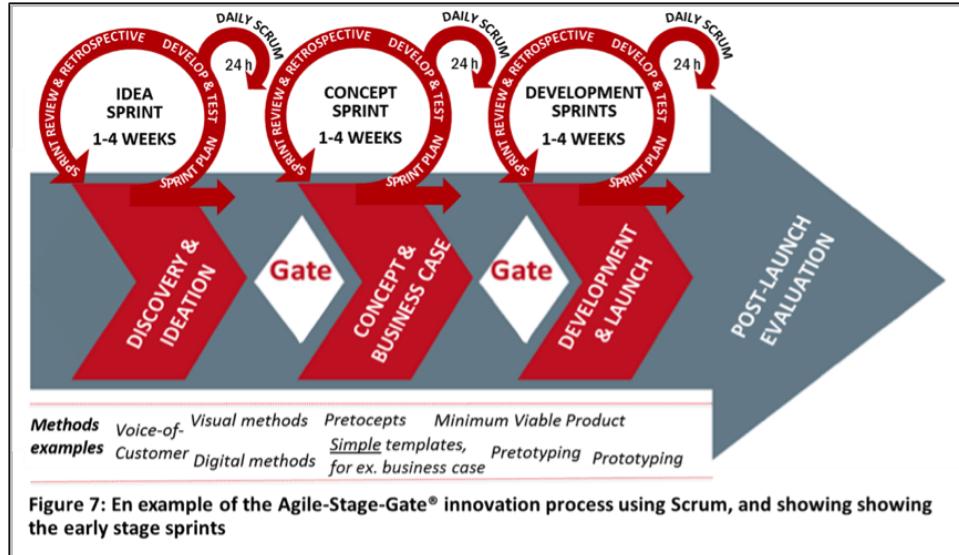
**Figur 1.1.** Den anvendte Stage-Gate model



**Figur 1.2.** Brainstorming på tavlen, hvor ASE-modellen blev tilpasset.

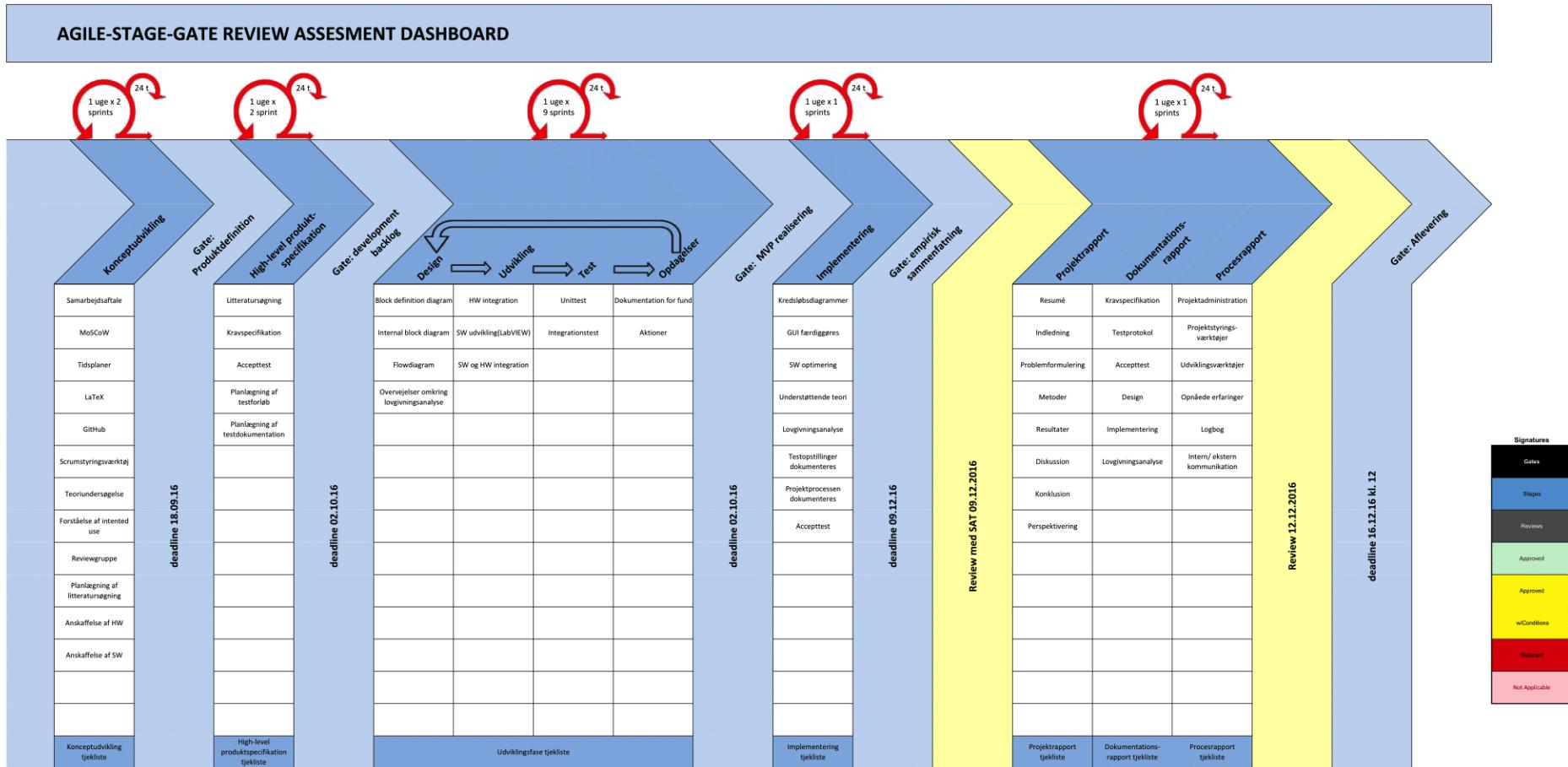
Dog afspejler ASE-modellen et projektflow og giver ikke et tidsmæssigt overblik over projektets faser. Det vigtige overblik er højt prioriteret, og det blev besluttet, ikke at tilpasse sig en model, men at modellen måtte tilpasses projektet. Ud fra det daværende kendskab fandtes der ikke en tidplansmodel, som opfyldte de væsentligste behov, og det blev dermed konkluderet, at der måtte udvikles en brugbar model, som tog udgangspunkt i en overskuelig tidsplan og den iterative og agile arbejdstilgang. Der blev foretaget en illustrativ inspirationssøgning på hjemmesiden [www.google.com](http://www.google.com), hvor der under *Billeder* blev søgt på strengen “scrum+agile+stage+gate”. Søgningen resulterede i et inspirerende diagram af en projektstyringsmetode, som vises i figur 1.3.

Diagrammet afspejler The Agile-Stage-Gate model, som er en integration af agile udviklingsmetoder og professor Robert G. Coopers traditionelle Stage-Gate model. Der er efterfølgende søgt litteratur omkring den Agile Stage-Gate model, hvor der er fundet, at den Agile Stage-Gate model er målrettet produktion af nye fysiske produkter. Den Agile Stage-Gate model er under udvikling i et samarbejde mellem Cooper og Dansk Industri (DI), Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og GEMBA Innovation. I denne udviklingsproces sidder et ekspertpanel bestående af virksomhederne LEGO, Coloplast, Grundfos, Danfoss og IT-virksomheden ForNAV. Evidensen på denne nye udviklingsmetode er begrænset og består hovedsageligt af tidlige evidens, hvor der er eksperimenteret med Stage-Gate og Scrum inden for softwareudvikling samt nyere empirisk evidens fra udviklingsprocesser i førende



**Figur 1.3.** Inspirerende billede fundet under en inspirationssøgning på [www.google.com](http://www.google.com) under *Billeder*

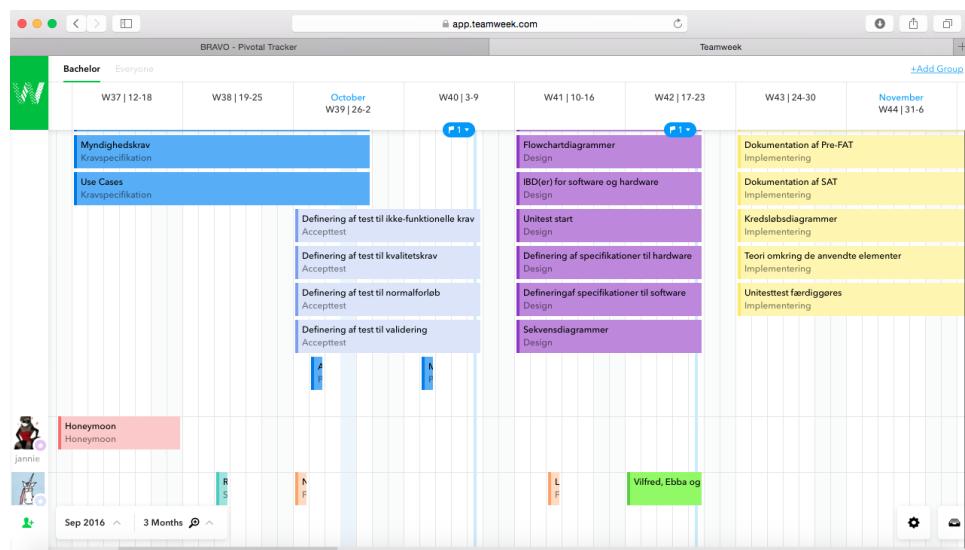
produktionsvirksomheder. Ved at anvende den Agile Stage-Gate model, opnås et stort potentiale for at sikre en struktureret udviklingsproces, reducering af udviklingstiden samt at give et større overblik og en bedre kvalitet (Robert G. Cooper, 2016; Robert G. Cooper and Anita F. Sommer, 2016). Disse punkter er yderst fordelagtige i udviklingen af et nyt produkt, og det er derfor besluttet at udarbejde en tilpasset Agile Stage-Gate model i dette projektforløb. Den Agile Stage-Gate model dækker både mikro- og makroplanlægning, og det forventes derfor, at modellen vil opfylde behovet for klare milepæle og faste beslutningspunkter samt hastighed og flexibilitet.



Figur 1.4. Den anvendte Agile Stage-Gate model

### 1.2.2 Den dynamiske tidsplan

I projektets begyndelse anvendte projektgruppen et online projektplanlægningsværktøj, Teamweek, som fungerede som gruppens dynamiske tidsplan og interne kalender. Teamweek blev tilpasset, og større opgaver fra Stage-Gate modellen v.0.1 blev lagt ind. Den dynamiske tidsplanen virkede derved som en let udgave af et Gantt-diagram, som gav overblik over tidsmæssige overlap mellem udviklingsfaser. Figur 1.5 viser et billede af den dynamiske tidsplans opbygning. I løbet af udviklings- og testprocessen, hvor behovet for agilitet og dag-til-dag planlægning voksede, blev Stage-Gate modellen videreudviklet til den Agile Stage-Gate model, og behovet for Teamweek forsvandt. Den Agile Stage-Gate gav det overordnede overblik, og projektgruppen fandt det ikke længere nødvendigt med en dynamisk tidsplan. Det blev derfor besluttet at fravælge dette projektplanlægningsværktøj.



**Figur 1.5.** Den dynamiske tidsplan med overlap, øjebliksbillede fra d. 29.09.16,

## 1.3 Projektstyring

Dette projekt omhandler, hvorledes man med en systematisk og struktureret tilgang, kan udvikle og teste sig frem mod en ny løsning til en given problemstilling. Brystvolumenmåleren er en ny løsning inden for dets anvendelsesområde, og det har derfor været yderst fordelagtigt at opbygge udviklings- samt testprocessen med en agil arbejdstilgang. Den agile tilgang har gjort det muligt at søge viden, opstille en testhypotese og derefter hurtigt at afprøve den uddybes i afsnit 2.2.1. Dette afsnit beskriver anvendelsen af projektstyringsværktøjer i arbejdsprocessen.

### 1.3.1 Scrum

Der er i projektet anvendt elementer fra Scrum. Hver morgen afholdes *Daily Scrum Meetings*, således gruppemedlemmer er opdateret på, hvad der er lavet siden sidst, hvad planen er for den pågældende dag samt eventuelle hindringer. Med henblik på at strukturere og overskueliggøre den dynamiske arbejdsproces, beskrevet i afsnit 1.2.1, er der i projektet anvendt den kendte iterative arbejdsmetode fra Scrum, hvor der løbende bliver prioriteret mellem opgaver. Herefter revurderes og planlægges delopgaver, og disse styres ud fra 7-dages-sprints. Dette gør, at produktet og resultater evalueres og testes løbende. I det efterfølgende afsnit 1.3.2, uddybes det, hvorledes denne styringsproces er anvendt.

### 1.3.2 Pivotal Tracker

Pivotal Tracker er et webbaseret projektstyringsværktøj, som muliggør denne agile arbejdstilgang. I Pivotal Trackers icebox, er samtlige arbejdsopgaver defineret. Dette giver et overblik over foreliggende opgaver, og giver samtidig en ro over, at intet forglemmes. Arbejdsopgaverne defineres med en kort beskrivelse og tildeles points. Pointtildelingen sker ved brug af *Planning poker*, som fremgår i figur 1.6, hvorved der opnås enighed om opgavens arbejdsbyrde samt omfang. Denne arbejdsmetode skaber stor gennemsigtighed i arbejdsprocessen, og samtidig et fælles overblik over indholdet i opgaverne.



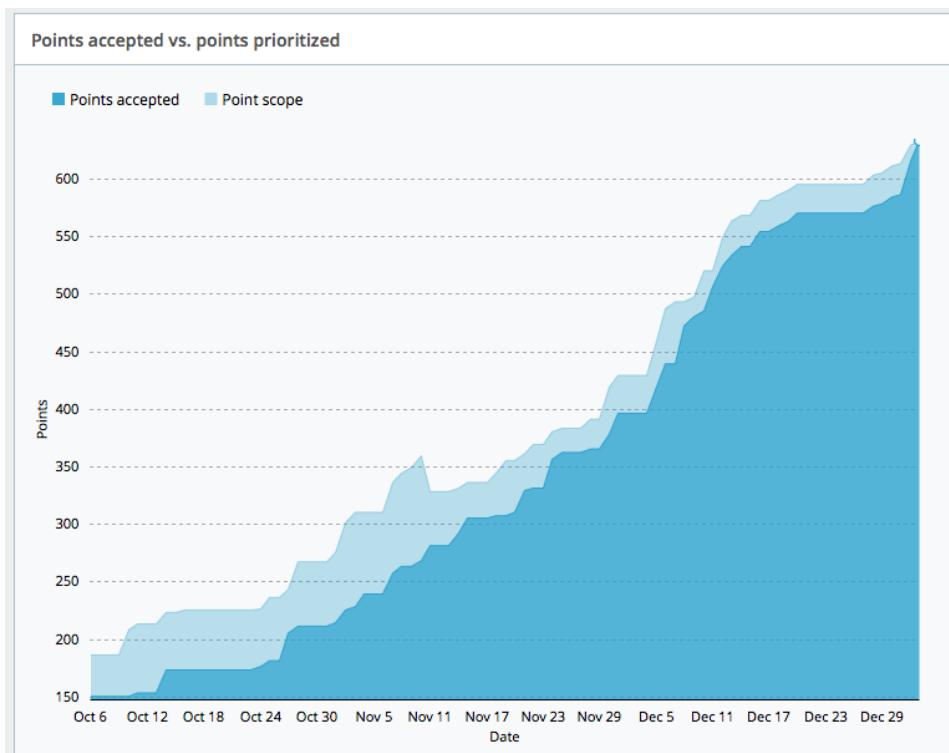
**Figur 1.6.** Anvendelse af Planning poker ved tildeling af points til arbejdsopgaver

Definererede arbejdsopgaverne ligger herefter med en kort beskrivelse samt pointestimat for omfanget i projektets icebox, klar til at blive flyttet over i backloggen. Backologgen indeholde de opgaver, som prioriteres, og Pivotal Tracker

tilføjer automatisk opgaver til det igangværende sprint indtil *Velocity*-grænsen opnås. *Velocity* er gennemsnittet af points, som gennemføres i løbet af et sprint. En opgaves status defineres ud fra en række forskellige states, herunder *unstarted*, *started*, *finished*, *delivered*, *rejected* og *accepted*. Denne arbejdsproces gør det dermed muligt, at en færdiggjort opgave kan afleveres til review hos det andet gruppemedlem, som derefter afviser eller godkender opgaven. Samtidig medvirker denne arbejdsproces til, at projektmedlemmer er inde over alt indhold gennem projektprocessen.

Ved brug af *Burnup chart'et* i Pivotal Tracker, kan der dannes et overblik over projektets fremgang, hvor der stræbes efter en lineær fremgang, således man undgår en tung arbejdsbyrde mod projektets slutning. Processen sammenholdes med tidsplanen, og ved en eksponentiel fremgang i Burnup chart'et, må en revidering af tidsplanen overvejes, for at opnå en realistisk arbejdsbyrde mod projektet udgang.

Pivotal Tracker har også den fordel, at den indeholder en komplet historik over de afsluttede sprints med dertilhørende opgaver. I denne log fremgår det, hvilke opgaver, der er udført i hvilken uge, og på den vis kan loggen benyttes som en opgave-logbog. Dog er der i projektet prioriteret at anvende en traditionel logbog, da overvejelser, refleksioner og erfaringer vægtes meget højt i arbejdsprocessen.



Figur 1.7. Burnup chart fra Pivotal Tracker

### 1.3.3 Logbog

Logbogen er anvendt som et højt prioriteret værktøj i arbejdsprocessen, da projektets store omdrejningspunkt er udviklings- samt testproces. Logbogen er benyttet til at dokumentere refleksioner, overvejelser og beslutninger, som er gjort under projektarbejdet. Hver morgen er startet med, at logbogen er blevet åbnet, og i forlængelse af Daily Scrum meeting, er dagordenen blevet fastlagt. Logbogens opbygning, som fremgår af bilag D, lægger op til en reflekterende og evaluerende granskning af procesforløbet. Således er procesforløbet løbende blevet evalueret og revideret i forhold til passende arbejdsmetoder. Projektgruppen har fundet denne arbejdsmetode tung, men yderst fordelagtig, da ofte vigtige refleksioner og overvejelser hurtigt kan blive forglemte.

## 1.4 Udviklingsværktøjer

### 1.4.1 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Det er i projektets indledende uger, prioritert at bruge tid på at lære at anvende tekstformateringsprogrammet L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Fordelene ved at anvende LaTeX, er at der kan fokuseres på at skabe det tekstuelle indhold, da der under skrivningen kun angives strukturelle og logiske kommandoer, som LaTeX derved bruger til at lave indholdfortegnelse, afsnitsinddeling, krydsreferencer, bibliografi mm. Den stilmaessige udførmning af layoutet defineres i en særskilt fil, og på denne måde opnås en ensartet typografisk kvalitet, som er klar til udprintning. Hensigten er, at undgå Microsoft Word, hvor der eksempelvis kan opstå formateringsudfordringer kort før deadline.

### 1.4.2 RefWorks

Det online referenceværktøj RefWorks, er benyttet til at holde styr på kilder fra anvendt litteratur. Projektgruppen har oprettet en fælles account til RefWorks, så alle referencer er samlet i én online database, og på denne måde kan tilgås fra enhver computer. Referencerne i RefWorks-databasen eksporteres til bibliografien i LaTeX, som danner en litteraturliste. På denne måde har det i rapportskrivningen været problemfrit at referere til anvendt litteratur.

### 1.4.3 LabVIEW 14.0 Development System

LabVIEW er et udviklingsmiljø, der med grafisk og intuitiv programmering, gør det simpelt at visualisere og kode teknisk software. Formålet med dette værktøj er, at der hurtigt (sammenlignet med traditionelle programmeringssprog) kan produceres et brugerdefineret program, som interagerer med real-world data og signaler. Hensigten er derfor at anvende det værktøj i databehandlingen af lydgenerering og lydopfangning. Anvendelsen af LabVIEW har gjort det muligt, hurtigt at producere eller videreudvikle programmet.

### 1.4.4 Microsoft Visio

Microsoft Visio er et tegneprogram, som bruges til at illustrere forskellige diagrammer. Hensigten er at benytte dette værktøj til at tegne udviklingsdiagrammer.

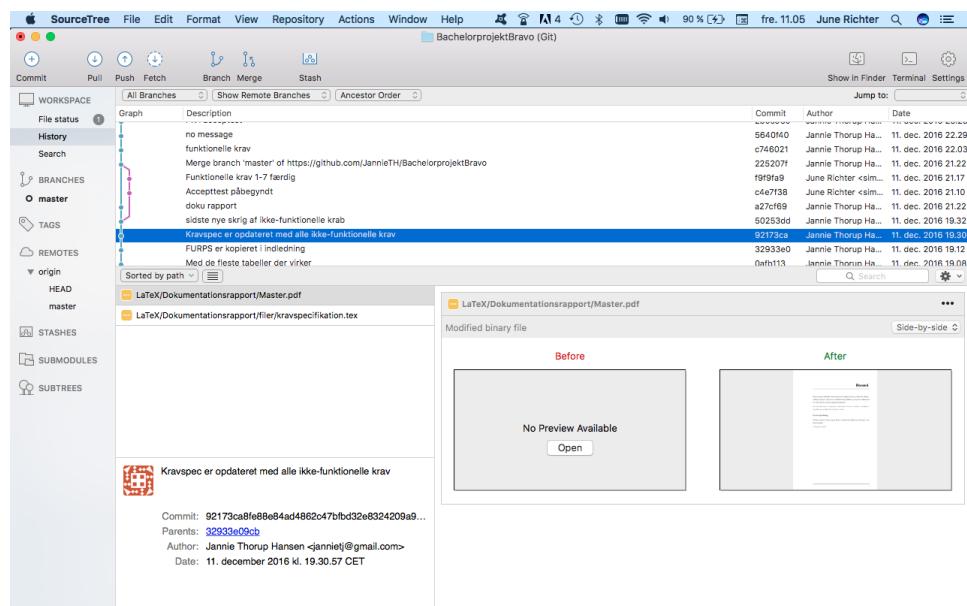
### 1.4.5 Creately

Creately er et webbaseret tegneprogram, som også bruges til at illustrere forskellige diagrammer og modeller. Hensigten er at benytte dette program til at tegne farverige modeller og diagrammer.

## 1.5 Versionsstyring

### 1.5.1 GitHub

GitHub er et versionsstyringsprogram, som i projektet anvendes til versionsstyring af dokumenter og LabVIEW-kode. GitHub bygger på open source versionsstyrings-systemet Git, hvor der løbende opdateres ændringer, så det nyeste dokumentation og LabVIEW-kode altid er tilgængeligt. SourceTree er anvendt som user interface til GitHub-funktionerne. I SourceTree vises et overblik over ændringer, og under de enkelte filer, kan det observeres, hvad der er ændret i den pågældende version. Samtidig knyttes der en kommentar ved hvert commit/ ændring. Dette fremgår af figur 1.8. Det har under projektarbejdet været betryggende at vide, at alt dokumentation er velopbevaret i *skyen* således intet vil gå tabt i tilfælde af beskadeligelse, tyveri eller lign. af PC.



**Figur 1.8.** SourceTree viser overblik over ændringer i enkelte filer

# Udviklingsforløb 2

---

## 2.1 Litteratursøgning

Der er praktiseret en omhyggelig, systematisk tilgang til litteratursøgningen, så resultatet af projektarbejdet bliver repræsentativt og uden bias. Søgeresultaterne danner grobund for den empiri, som projektarbejdet bygger videre på, og det er derfor vigtigt, at det er solidt nok til at bære analyser og konklusioner. Der er med andre ord, søgt, analyseret og vurderet ny viden som er relevant inden for projektets fagområde og rammer. For at overskueliggøre litteratursøgningen, er denne inddelt i en søgeproces bestående af tre faser: søgestrategi, litteraturindsamling og litteraturudvælgelse.

### 2.1.1 Søgestrategi

Søgestrategien, beskrevet i søgeprotokollen bilag E, er udarbejdet med tanke på, at fremsøge det mest relevante information, ud fra gigantiske datamængder. Endvidere er søgestrategien udarbejdet med henblik på at gøre søgningen reproducerbar for at sikre troværdighed. Søgestrategien, der kombinerer ord i artiklernes titel og resumé med udvalgte emneord, boolske operatorer samt sononymer, er anvendt til at finde og screene artikler vedrørende den specifikke problemstilling. Der er søgt i databaserne; PubMed, Web of Science, Cochrane, og der er anvendt citation tracking samt Google Scholar og derudover håndsøgninger i fagbøger.

### 2.1.2 Litteraturindsamling

I screeningen beskrevet ovenfor, blev artikler udvalgt, hvis ordene i artiklens titel og resumé matchede de udvalgte emneord. Derefter blev de udvalgte artikler selvstændigt bedømt af JH og JR, og artikeludvælgelsen blev foretaget sammenholdt med følgende inklusionskriterier:

1. engelsk el. nordisk sprog
2. valgte emneord med dertilhørende problemstillinger synes besvaret

3. kildekritisk opfyldelse
4. studietyper

Alle artikler, som opfyldte ovenstående inklusionskriterier gik videre til litteraturudvælgelse.

### **2.1.3 Litteraturudvælgelse**

Artiklerne blev gennemgået med et kritisk øje, og relevant information blev efterfølgende ekstraheret selvstændigt af JH og JR. Det lykkedes ikke, at fremsøge litteratur vedr. kvinders følelse af og holdninger til at anvende et lignende system som BVM. Det blev derfor besluttet at der måtte - hvis tidsrammen tillod - udarbejdes en usabilityundersøgelse på en gruppe på minimum 15 personer i hht. retningslinjer fra *Association of the Advancement of Medical Instrumentation* og *American National Standards Institute* (AAMI/ANSI HE75:2009).

## **2.2 Testproces**

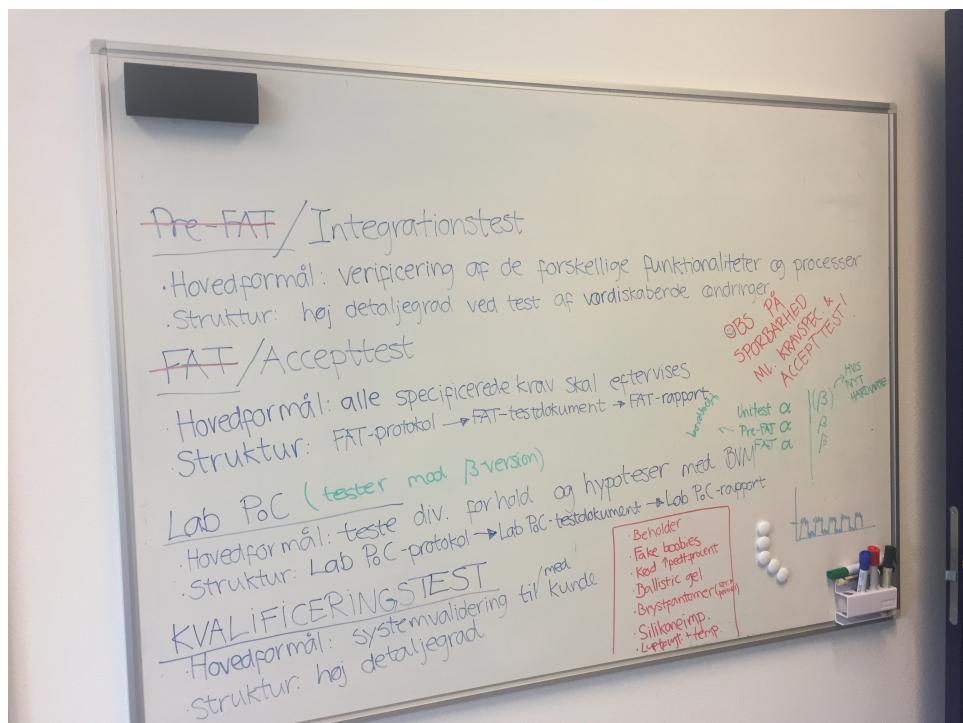
Projektet er et udviklingsprojekt, hvor der systematisk testes frem til en produktløsning. Projektet er derfor præget af et omfattende testforløb, hvor der med en systematisk tilgang er lagt vægt på reproducérbarhed samt sporbarhed. Dette afsnit beskriver, hvorledes testprocessen er udarbejdet.

### **2.2.1 Beskrivelse af testforløbet**

Det indledende testforløb blev udarbejdet med inspiration fra "Projekteringshåndbogen", skrevet af Søren Lyngsø-Petersen, som beskriver test af produktionsudstyr til Health Care branchen. Lyngsø-Petersen beskriver, hvorledes et testforløb overordnet kan inddeltes i fem faser:

1. Indledende funktionstest
2. Pre-Factory Acceptance Test (Pre-FAT)
3. Factory Acceptance Test (FAT)
4. Site Acceptance Test (SAT)
5. Kvalificeringstest

Indledende funktionstest er et almindeligt anvendt fagterm indenfor ingeniørvidenskab, og omfatter enhedstest. Pre-FAT omfatter integrationstest. FAT udføres for at kontrollere, at systemet og dets komponenter samt software fungerer korrekt, og at systemets ydeevne samt specifikationer er i overensstemmelse med de aftalte krav i kravsspecifikation. SAT finder sted, når produktet skal anvendes efter en eventuel endelig installation og konfiguration. Testen gentager FAT'en eller en acceptabel delmængde heraf, for at kontrollere, at der ingen skade er sket under transport og efter en eventuel installation. Kvalificeringstesten er en systemvalidering til kunden. Det blev overvejet at følge disse faser, da det var et ønske at arbejde med et testforløb fra Health Care industrien. Et muligt testforløb blev skitseret, hvilket fremgår af figur 2.1. Efter en grundig gennemgang med mange spændende refleksioner over, hvorledes projektets testforløb kunne tilpasses det beskrevne testforløb fra "Projekteringshåndbogen", blev det konkluderet, at bogens testforløb er for rettet mod produktionen af det medicinske udstyr i forhold til projektet, og derfor var uhensigtsmæssigt at følge. I stedet for at tilpasse testforløbet til en metode blev det besluttet at tilpasse enkelte metoder og anvende disse i den videre udarbejdelse af projektets testforløb. Således blev testforløb-modellen tilpasset projektets testforløb, som endte ud med at være et testforløb inddelt i følgende fem faser:



**Figur 2.1.** En skitsering af testforløbet på baggrund af Lyngsø-Petersens fem faser

## 1. Enhedstest

2. Integrationstest
3. Accepttest
4. Lab PoC
5. Kvalificeringstest

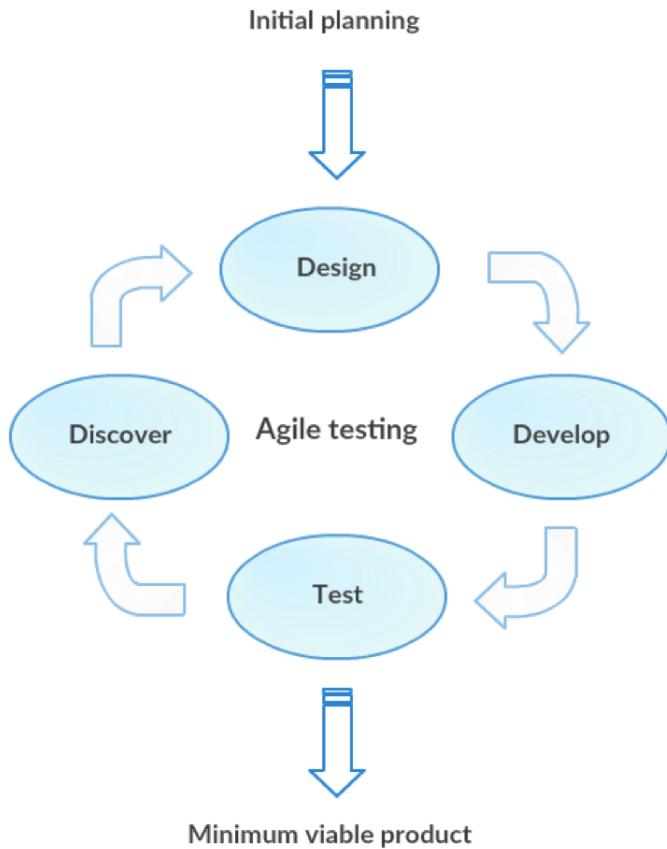
I første fase, enhedstest, testes de indgående komponenter, for at sikre disses funktion. I anden fase, integrationstest, er hovedformålet at foretage verificeringer af de forskellige funktionaliteter og processer i elementer, som anvendes i det videre testforløb. I tredje fase, accepttest, eftervises alle specificerede krav fra kravspecifikationen. I fjerde fase, Lab PoC, testes diverse forhold og hypoteser, og der udvikles mod en ny og bedre version af produktet. I femte fase, kvalificeringstest, foretages en systemvalidering til/med kunden. Testforløbet afspejler “God testpraksis”, som er et begreb anvendt inden for Health Care Industrien (Søren Lyngsø-Petersen, 2005). “God testpraksis” beskriver en testprocedure, hvor man udfører og dokumenterer sine tests på en måde, som gør dem valide, hvilket afspejles i den måde, hvorpå dokumentationen af de foretagede tests i projektet er opbygget. Projektets testudførelse består derfor af følgende tre forhold;

1. beskrivelse af, hvordan testen skal udføres (testprocedure)
2. selve udførelsen af testen
3. dokumentation af testresultatet

Testproceduren beskriver den praktiske udførelse af testen, således den er reproducerbar og alle vil have mulighed for at udføre testen, uden at have nogen specifik baggrundsviden. Dokumentationen af hver enkelte test starter med en testhypotese for at afklare, hvad det forventede resultat er. Derefter specificeres det anvendte udstyr og komponenter, og testopstillingen samt testopsætningen beskrives meget udførligt for at sikre en korrekt udførelse af testen. Selve udførslen af testen beskrives med en høj detaljegradi og kan muligvis forekomme nedladende, men da resultatet kan afhænge af, hvordan testen udføres er dette et nødvendigt forhold. Slutvis fremvises testresultaterne, og disse diskuteres efterfølgende for at sikre en refleksion over de opnåede resultater. Testen afrundes med en konklusion af resultatet i sammenhold med testhypotesen, og der planlægges en aktion for næste skridt.

Testforløbet er en agil proces, som omfatter design, udvikling, test og opdagelser/erfaringer. Fra den indledende planlægning, som foregår i konceptudviklingen samt high-level produktspecifikationen, kommer man ind i en designfase, hvorfra der

udvikles, testes, opdages/ erfares samt designes på ny. Når man til sidst opnår en test som opfylder et defineret kriterie, har man dermed sit minimum viable product (MVP). Projektgruppen har forsøgt at illustrere den agile testproces i figur 2.2.



**Figur 2.2.** Testforløbet er en agil testproces, som omfatter design, udvikling, test og opdagelser/ erfaringer

### 2.2.2 Beskrivelse af roadblocks

Der er under testforløbet stødt på flere hardwaremæssige udfordringer; herefter omtalt som *roadblocks*. Det afsnit beskriver disse udfordringer, og dokumenterer samtidig, at projektgruppen ikke har siddet fast, men har benyttet tiden fordelagtigt. Eksempelvis er der ved opstået roadblock i LabVIEW, afsat en tidsbegrænsning, hvorpå man vil forsøge at udrede problemet og hvorefter der søges hjælp ved vejleder eller fagperson. Samtidig er arbejdet prioritetet således, at der oftest har ligget en plan B ved siden af, så der har været en anden mulighed liggende klar. Endvidere er der som nævnt benyttet fagpersoner og somme tider er andre opgaver påbegyndt, hvis der er opstået ventetid. Som nævnt tidligere er der eksempelvis afbrudt et sprint da dette samt Stage-Gate modellen viste sig at være uhensigtsmæssig at benytte på tidspunktet. Med en pragmatisk tilgang blev der straks arbejdet på en ny løsning.

I figur 2.3 og 2.4 vises, hvorledes enhedstestene af hhv. lydgivende og lydopfangende enheder er forløbet. Årsagerne til de mange enhedstest beskrives nærmere i følgende afsnit.



**Figur 2.3.** Flowdiagram over enhedstest af lydgivende enheder

### Mikrofonproblemets

Under udførslen af integrationstest I05, blev det observeret, at resultatet i VI'et `optagefrekvenssignal02.vi` blev opfanget af PC'ens indbyggede mikrofon og ikke minijack PC mikrofonen (M1). Der opstod en mistanke om problemet da der med en kritisk tilgang blev reflekteret over de *for pæne* resultater - altså var resultaterne ens uanset M1's placering indeni samt uden for resonatoren. Der blev derefter testet ved at udtagte M1 fra PC'en, hvorefter resultaterne stadig var ens. Dette medvirkede til en ny enhedstest, E04-M1, hvor M1 blev placeret i et andet rum med en lukket branddør imellem. Da der ikke blev opfanget et signal i LabVIEW fra M1 blev det konstateret, at M1 ikke var aktiv. Årsagen til problemstillingen skyldes, at M1 har et 3-pols stik, og derfor mangler en pol til lyd input. PC'en indlæser derfor M1 som en højtalér, og forsøger dermed at udsende lyd gennem mikrofonen. Løsningen på denne problemstilling er at anvende en mikrofon med 4-pols stik, en adapter eller en mikrofon med USB-stik. Det blev forsøgt at optage lyd

med et headset med indbygget mikrofon, som har et 4-pols minijack stik. Headsettet blev indlæst på PC'en, som et headset, og derfor var det ikke muligt at vælge headsetmikrofonen som lydkilde under PC'ens konfigurationsindstillinger. Det var heller ikke muligt at få forbindelse til mikrofonen gennem LabView. Konklusionen på denne problemstilling er, at der må sidde et 3-pols minijack hun stik i PC'en. Der er foretaget en internetsøgning på indholdet af stik i en Macbook Pro 2009 model for at understøtte denne konklusion. Det lykkedes ikke at finde specifikationer som klart udspecifierer hvilket hun minijackstik, der er indbygget i omhandlende PC. Det vælges at gå videre til test med et USB-webkamera med indbygget mikrofon (M2) da dette kan være en hurtig løsning af problemstillingen. M2 blev koblet til computeren og under konfigurationsindstillingerne på PC'en var det nu muligt at vælge M2 som lydopfanger. Samtidig blev andre lydkilder i PC'en fravalgt, og der blev nu forsøgt at optage en lyd i LabVIEW i enhedstest E05-M2. Det blev konkluderet, at det er muligt at anvende en mikrofon med USB stik til indlæsning af lydsignaler i LabView. Med denne nye viden til rådighed, blev det undersøgt om det er muligt at anvende en adapter, så M1 kunne tilsluttes. Det lykkedes at finde en adapter med den ønskede funktion, dog med nogle dages leveringstid. Leveringstiden blev opvejet mod at tilslutte en electret breakout board microphone (M3) til en Arduino Mega 2560 og opsætte et program i LabVIEW til dette. Det blev vurderet, at arbejdsomfanget af M3 var minimalt og opvejede ventetiden. Grundet denne nye viden, udføres enhedstest samt samtlige integrationstest igen således resultaterne anses for at være valide.

### Fra Arduino til DAQ

I forbindelse med det indledende design af testopstillingen, blev Arduino Mega 2560 valgt frem for DAQ'en grundet økonomiske omstændigheder. Dog blev det hurtigt konstateret, at Arduinoen forårsagede uhensigtsmæssige udfordringer i forbindelse med frekvenssignalet, idet det kun er muligt at generere et firkantsignal igennem LINX MakerHub i LabVIEW. Det ønskede resultat var grundtonens frekvens, men i stedet blev firkantssignalets harmoniske overtoner opfanget som maksimum frekvens i FFT-funktionen i LabVIEW (integrationstest I04). Efter samtale med lektor Tore Arne Skogberg (TAS), blev det påpeget, at det burde være muligt at måle brystvolumen med firkantsignaler. De harmoniske overtoner kunne muligvis dæmpes ved hjælp af resonatoren da denne har funktion som et lavpasfilter, og dette skulle

hermed testes som en løsning til denne problemstilling. Således blev det besluttet at arbejde videre med Arduino'en da de økonomiske fordele stadig talte for. Der opstod endvidere en udfordring forårsaget af Arduino'ens begrænsede ydeevne. Arduino'ens højeste Loop Rate ligger på omkring 122Hz. I og med at den valgte højtalere ABS-224-RC (H1) er egnet til et frekvensområde fra 100 Hz op til 2 kHz vil der ikke kunne genereres et frekvensignal, som er muligt at opfange. For at få en korrekt digital repræsentation af det analoge signal, skal der minimum samples med det dobblete af indgangssignalet. Således vil det indsendte signal være begrænset til maksimalt 50 Hz, for at undgå aliasering jv. Nyquists samplingsteori. Til sidst blev det konkluderet, at udfordringerne ikke blev opvejet af de økonomiske fordele, og det blev derfor besluttet at udskifte Arduino'en til en DAQ da der kan samples med en højere frekvens, og samtidig anvendes sinussignal for at undgå udfordringer med harmoniske overtoner.

## DAQ

Udviklingen af et VI til at generere en lyd igennem DAQ'en til højtaleren H3 var mere udfordrende en først antaget. Der blev fundet flere guides på [www.NI.com](http://www.NI.com) til at løse problemstillingen, og koden dertil fandtes meget simpel. Disse guides blev brugt til at bygge VI'et **generefrekvenssignal04.vi**, men der opstod fejl i forbindelse med opsætning af DAQ Assistant-modulet.

Dette blev løst ved at vælge *Generation mode* til *1 sample(on Demand)* og *Signal output range min* til 0. Løsningen blev fundet ved brug af *trial and error* metoden sammen med vejleder. Der opstod herefter en ny fejl med kørslen af VI'et. Under fejlsøgning af denne problemstilling blev det opdaget at DAQ'en har en maksimal samplingsrate på 150 Hz. Fejlsøgning blev afbrudt da denne nye viden satte udviklingen af VI'et i et nyt perspektiv. Med brug af DAQ'en vil der kunne genereres et maksimalt signal på 75Hz, når Nyquists samplingsteori opfyldes. I udviklingen af prototypen ønskes det, at kunne generere et bredt frekvensbånd fra 100 Hz op til 1000 Hz. Højtalernes begrænsede frekvensspektre fra 100Hz til 2kHz gør det ikke muligt at anvende DAQ'en sammen med H3. På denne grund blev det besluttet ikke at anvende DAQ'en til lydgenerering gennem H3 i det videre projektforløb.

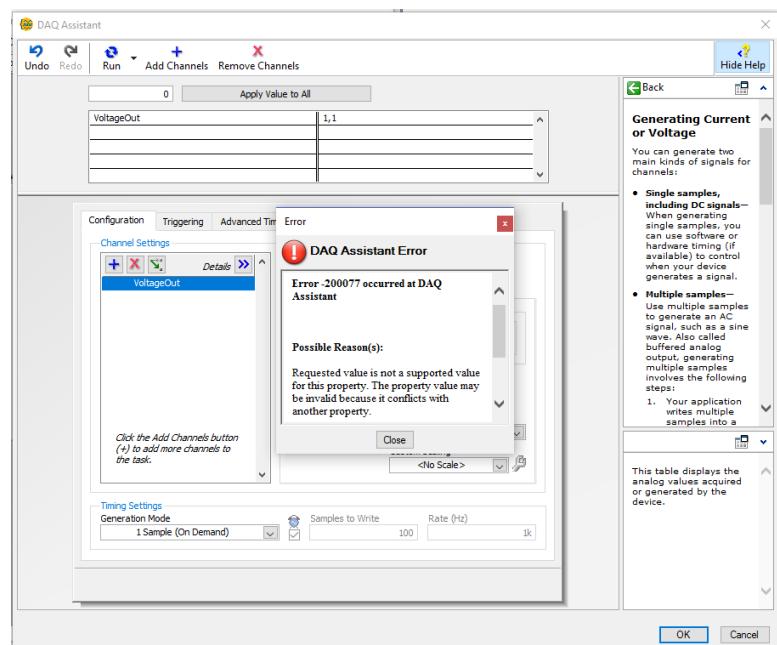
### 2.2.3 Det videre testforløb

Det videre testforløb er, efter erfaringer og refleksioner over resonatorens opførelse, skitseret i følgende tabel. Ud fra disse specificerede undersøgelser, testes der mod at nå det konceptuelle produkt.

Videre test nr.	Undersøgelse	Testmetode	Materialer
VT1	Opførelse af $f_b$ på kropslignende materiale	Teste på forskellige typer brystfantomer	Gelatine, kyllingebryster, svinekød og -hud
VT2	Linearitet mellem bryststørrelser og volumenbestemmelser på kropslignende materiale	Teste på forskellige typer brystfantomer	Gelatine, kyllingebryster, svinekød og -hud
VT3	Betydning af resonators kantafgrænsning	Teste ud fra et komplet lukket system samt et system med kendte åbninger	Resonator, hvor bund kan skrues fast og forsegles
VT4	Betydning af resonators udformning og størrelse	Teste med runde og firkantede resonatorer i forskellige størrelser	Firkantede og runde resonatorer bygget af træ, stål eller 3D-print
VT5	Betydning af placering for hhv. lydkilde og lydopfanger	Teste med forskellige placeringer af lydgiver og lydopfanger	-
VT6	Betydning af lufttemperatur samt luftfugtighed	Teste med forskellige temperaturer og luftfugtigheder	Varmekilde og vand



**Figur 2.4.** Flowdiagram over enhedstest af lydopfangende enheder



**Figur 2.5.** Figuren viser fejlmeddelelsen i forbindelse med opsætningen af DAQ Assistant-modulet

på udviklingsprocessen

konklusioner

Referenceliste

# Litteratur

---

Anders Dahl and Trine Dich and Tina Hansen and Vagn Olsen (2010). *Styrk projektarbejdet - en redskabsbog til problemorienteret projektarbejde* (2nd ed. ed.). Gylling: Biofolia.

Robert G. Cooper (2016). Agile-Stage-Gate Hybrids The Next Stage for Product Development. *Research-technology Management*, 21.

Robert G. Cooper and Anita F. Sommer (2016). From Experience: The Agile-Stage-Gate Hybrid Model: A Promising New Approach and a New Research Opportunity. *Journal of Product Innovation Management*, 513.

Søren Lyngsø-Petersen (2005). *Projekteringshåndbogen* (1st ed. ed.). Odense, Danmark: Erhvervskolernes Forlag.

# Bilag

---

## Bilag A

### Samarbejds aftale

#### Mødeaftaler

Det aftales, at det primære arbejde udføres i vores tildelte grupperum på Ingeniørhøjskolen. Om nødvendigt kan arbejde udføres i mere idégenererende omgivelser, for at komme ud af et eventuelt Writer's block. Arbejdstiden vil ligge primært i hverdagene, og i tidsrummet fra 8-9 tiden til 15-16 tiden, afhængigt af, hvordan det passer med aflevering og afhentning af børn i institution. Det er indforstået, at weekender og aftener kan blive inddraget til projektarbejdet for at overholde tidsplanen.

#### Arbejdsform

Arbejdet vil hovedsageligt være individuelt da det ellers ikke er muligt at overholde vores tidsplan. I nogle områder vil være fordelagtigt at udarbejde i fællesskab, eksempelvis kravspecifikationen. Vi vil sikre at vi begge bliver inddraget i hinandens arbejde ved daglige Scrum-møder samt interne reviews af færdigskrevne afsnit.

#### Målsætning

Med dette projekt ønskes der at udarbejde et fungerende produkt samt at vise en systematisk, velstruktureret tilgang til arbejdsprocessen og produktudviklingen. Det ønskes, at projektet udarbejdes så det til eksamen er muligt at indløse topkarakteren. Selvom ambitionsniveauet er højt, skal det ikke gå ud over den gode stemning i gruppearbejdet, og der skal være plads til hyggesnak og kaffepauser. Det skal ligeledes være i orden at have en off-dag, og der er selvfølgelig intet problem ved at man må tilgodese sine børn ved sygdom eller andre forældre-situationer. Der skal gøres plads til individuelle behov i projektarbejdet.

### **Relationer til uddannelsesinstitution**

Det ønskes at anvende teori og erfaringer fra de beståede fag. Ligeledes ønskes det at anvende de ressourcer, f.eks. undervisere, som kan være os behjælpelige med svære problemstillinger. Ydermere ønskes det at gøre brug af materiale stillet til rådighed fra Ingeniørhøjskolen, Aarhus Universitets bibliotek.

### **Konfliktløsning**

Skulle der, mod forventning, opstå konflikter i projektarbejdet vil der først og fremmest blive indledt en samtale omkring konflikten. Hver holdning skal respekteres, og findes der ikke en løsning må en tredjepart involveres og fungere som konfliktløser. Denne tredjepart vil formentlig være den tildelte vejleder til projektet.

### **Evaluering og vurdering**

På et ugentligt fredagsmøde vil gruppen, over en kold øl, overordnet drøfte og vurdere, hvordan samarbejdet fungerer. Dette vil være en mundtlig begivenhed, og der vil ved disse møder ikke blive noteret et referat, med mindre der har været en konflikt. Dette vil noteres i den daglige logbog.

### **Gruppelogbog**

Det ønskes at føre en logbog på daglig basis. Logbogen skal være velstruktureret og indeholde vigtige faglige refleksioner og overvejelser om elementer fra dagens arbejde, som kan være nyttig viden til senere arbejde - her tænkes specielt på projektrapporten. Derudover medtages ekstraordinære begivenheder såsom møde med projektejer, Pavia Lumholt, eller vejleder.

## Bilag B

### Skabelon til mødeindkaldelse

<b>Mødeindkaldelse</b>		
<b>Emne:</b>		
<b>Formål med mødet:</b>		
<b>Anvendelse af mødets resultat:</b>		
<b>Data om mødet</b>  <b>Dato:</b> <b>Tid:</b> <b>Sted:</b> <b>Forbered:</b> <b>Medbring:</b>	<b>Mødedeltagere:</b>	
<b>Dagsorden:</b>	<b>Ansvar:</b>	<b>Varighed:</b>

## Bilag C

### Skabelon til aktionsreferat

<b>Mødereferat</b>	
<b>Emne:</b>	
<b>Formål med mødet:</b>	
<b>Mødeleder:</b> <b>Referent:</b> <b>Dato:</b> <b>Varighed:</b>	<b>Tilstedeværende:</b>  <b>Fraværende:</b>

<b>Dagsordenspunkt/ emne:</b>	<b>Kommentarer:</b>

<b>Dagsordenspunkt/ emne:</b>	<b>Beslutninger/ aktioner:</b>	<b>Ansvarlig:</b>	<b>Deadline:</b>

## Bilag D

### Skabelon til logbog

<b>Dato:</b>
<b>Sted:</b>
<b>Til stede:</b>
<b>Dagsorden:</b>
<b>Overvejelser og refleksioner</b>
<b>Beslutninger</b>
<b>Valgt:</b>
<b>Fravalgt:</b>
<b>Idéer:</b>
<b>Observationer</b>
<b>Procesforløbet</b>
<b>Aktioner</b>
<b>JH:</b>
<b>JR:</b>

## Bilag E

### Søgeprotokoller til litteratursøgningsprocessen