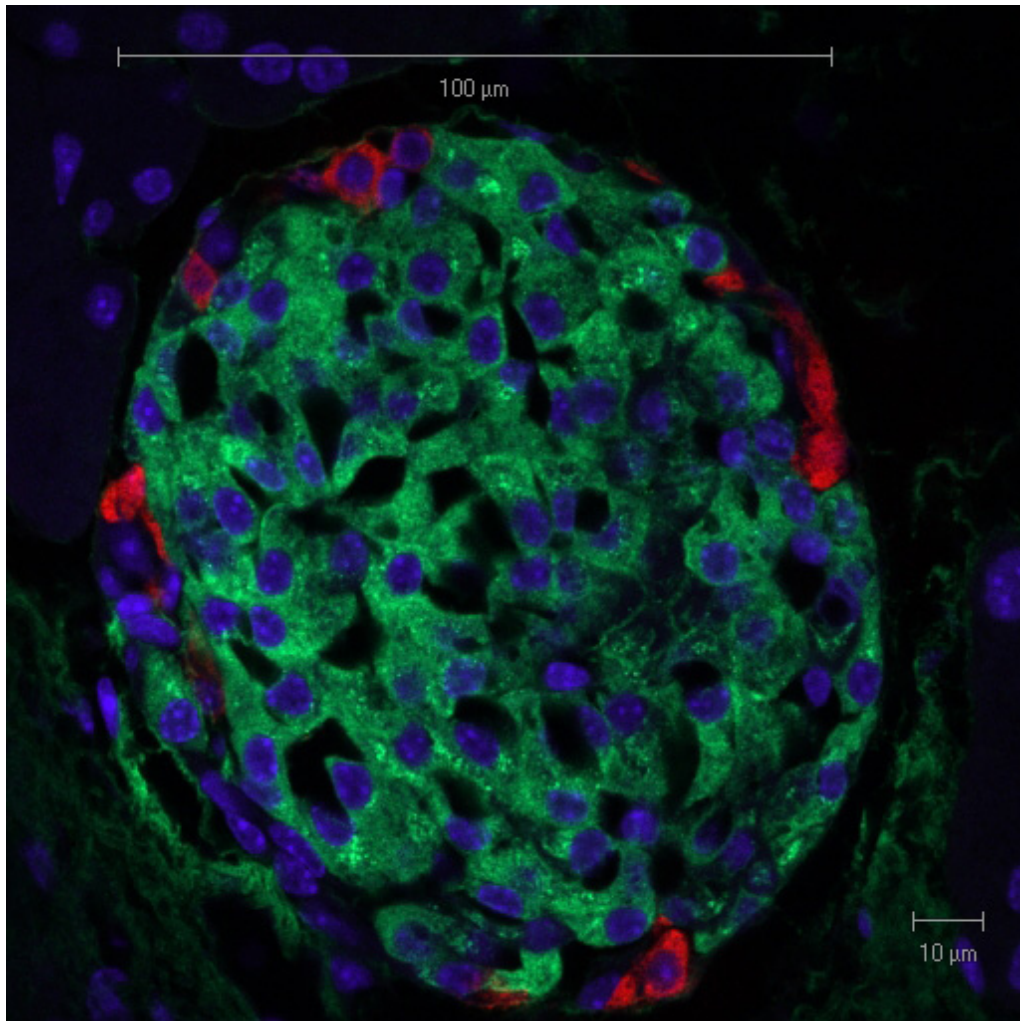


# *Langerhanske Øer* *Projektdokumentation*

---



BACHELORPROJEKT  
PROJEKTNR: 15137  
INGENIØRHØJSKOLEN, AARHUS UNIVERSITET  
DEN 16. DECEMBER 2015

11424 ANDERS TOFT ANDERSEN  
201270874 ANDERS ESAGER  
PROJEKTVEJLEDER: SAMUEL ALBERG THRYSØE



# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1</b>	<b>Kravspecifikation</b>	<b>1</b>
1.1	Indledning . . . . .	1
1.1.1	Formål . . . . .	1
1.1.2	Referencer . . . . .	1
1.1.3	Læsevejledning . . . . .	1
1.1.4	Versionshistorik . . . . .	1
1.2	Systembeskrivelse . . . . .	3
1.2.1	Aktør beskrivelse . . . . .	3
1.3	Funktionelle krav . . . . .	4
1.3.1	Use Case Diagram . . . . .	4
1.3.2	Use Case 1 - Start sorteringscyklus . . . . .	5
1.3.3	Use Case 2 - Sortering af Langerhanske Øer . . . . .	6
1.3.4	Use Case 3 - Stop sorteringscyklus . . . . .	7
1.3.5	Use Case 4 - Indstillinger . . . . .	8
1.3.6	Use Case 5 - Data logning . . . . .	9
1.4	Ikke funktionelle krav . . . . .	10
1.4.1	Kvalitetskrav . . . . .	10
1.4.2	Hardware . . . . .	11
1.4.3	Software . . . . .	11
1.4.4	GUI - Mockup . . . . .	12
1.5	Projektafgrænsning . . . . .	13
1.6	Samarbejdspartner . . . . .	13
<b>Kapitel 2</b>	<b>Accepttest</b>	<b>15</b>
2.1	Indledning . . . . .	15
2.1.1	Formål . . . . .	15
2.1.2	Referencer . . . . .	15
2.1.3	Læsevejledning . . . . .	15
2.1.4	Versionshistorik . . . . .	15
2.2	Accepttest af funktionelle krav . . . . .	16
2.2.1	Use Case 1: Påfyldning af celler . . . . .	16
2.2.2	Use Case 2: Sortering af langerhanske øer . . . . .	18
2.2.3	Use Case 3: Stop sorteringscyklus . . . . .	19
2.2.4	Use Case 4: Indstillinger . . . . .	21
2.2.5	Use Cases 5: Data logning . . . . .	22
2.3	Accepttest af ikke funktionelle krav . . . . .	23
2.3.1	Hardware . . . . .	30
<b>Kapitel 3</b>	<b>Design</b>	<b>35</b>
3.1	Indledning . . . . .	35

3.1.1	Formål . . . . .	35
3.1.2	Referencer . . . . .	35
3.1.3	Læsevejledning . . . . .	35
3.1.4	Versionshistorik . . . . .	35
3.2	Udviklingsværktøjer . . . . .	36
3.2.1	MATLAB . . . . .	36
3.2.2	GitHub . . . . .	36
3.2.3	Pivotal Tracker . . . . .	36
3.3	Hardware . . . . .	37
3.3.1	Læsevejledning til hardware . . . . .	37
3.3.2	Leverandør af produkter . . . . .	37
3.3.3	Block Definition Diagram . . . . .	38
3.3.4	Internal block Diagram . . . . .	39
3.3.5	Kamera . . . . .	40
3.3.6	Microcontroller . . . . .	41
3.3.7	Motor shield . . . . .	41
3.3.8	Ventil . . . . .	42
3.3.9	Pumpe . . . . .	43
3.3.10	Vægtcelle . . . . .	43
3.3.11	Beholdere . . . . .	44
3.3.12	Slanger . . . . .	44
3.3.13	Glasrør . . . . .	45
3.4	Software . . . . .	46
3.4.1	Arduino . . . . .	46
3.4.2	Kamera . . . . .	48
3.4.3	Funktioner . . . . .	49
3.4.4	User Interface . . . . .	50
3.5	Sekvensdiagrammer . . . . .	55
3.5.1	Sekvensdiagram for usecase 1 . . . . .	56
3.5.2	Sekvensdiagram for usecase 2 . . . . .	57
3.5.3	Sekvensdiagram for usecase 3 . . . . .	57
3.5.4	Sekvensdiagram for usecase 4 . . . . .	58
3.5.5	Sekvensdiagram for usecase 5 . . . . .	58
<b>Kapitel 4</b>	<b>Implementering</b>	<b>59</b>
4.1	Indledning . . . . .	59
4.2	Vejledning . . . . .	59
4.3	Versionshistorik . . . . .	59
4.4	Hardware . . . . .	60
4.4.1	Vægtcelle . . . . .	60
4.5	Software . . . . .	66
<b>Litteratur</b>		<b>67</b>

# Kravspecifikation

# 1

## 1.1 Indledning

Dette dokument indeholder kravspecifikationen for The Cell Collector (omtales herefter som systemet). Dokumentet er udarbejdet i samarbejde med projektets kunde (Søren Gregersen).

### 1.1.1 Formål

Formålet med dokumentet er, at beskrive systemets funktionelle og ikke funktionelle krav. Kravene er specificeret ud fra kundens kvalitetskrav. Der er i forlængelse af kravspecifikationen udarbejdet en accepttest, som har til formål at teste de specificerede krav i kravspecifikation.

### 1.1.2 Referencer

- Accepttest (s. 15)

### 1.1.3 Læsevejledning

Dokumentet indeholder en systembeskrivelse, som kort beskriver systemets opbygning. De enkelte krav er opdelt i funktionelle og ikke funktionelle krav, hvor de funktionelle krav er beskrevet ved hjælp af fully dressed use case beskrivelser. Dokumentet indeholder herudover en projektafgrænsning i form af MoSCoW modellen, samt et afsnit om projektets samarbejdspartnere.

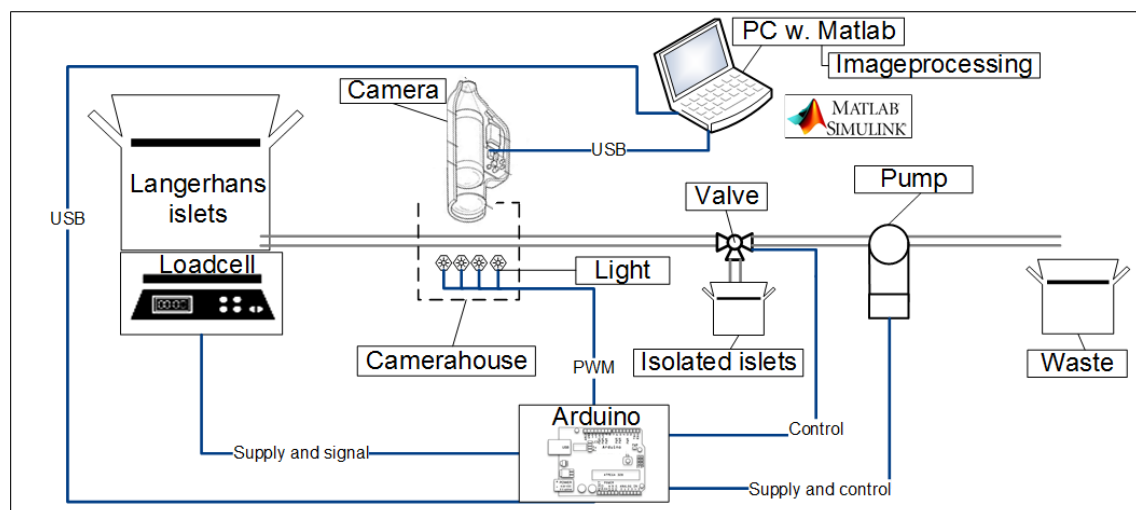
### 1.1.4 Versionshistorik

Version	Dato	Punktnr	Beskrivelse	Initialer
0.1	19/09 2015		Dokument sendt til review	AE og AT
1.0	19/09 2015		Rettelser fra reviewmøde og Latex layout	AE og AT
1.1	20/10 2015		Kamera krav tilføjet	AE og AT



## 1.2 Systembeskrivelse

Formålet med projektet er at udvikle et system til isolation af insulin producerende celler (Langerhanske Øer). Mange farmaceutiske virksomheder og forskningsafdelinger udfører forsøg på disse øer fra bl.a. rotter. Processen med isolering af Langerhanske øer startes ved operativt at fjerne pancreas, hvorefter vævet opløses vha. enzymet kollagenase. Når vævet er opløst fortyndes det yderligere inden det hældes i petriskåle. Øerne bliver herefter manuelt isoleret vha. mikroskop og diverse præcisions redskaber. Denne proces er både besværlig og tidskrævende. Formålet med projektet er derfor, at udvikle en ny metode til isolation af cellerne. Systemet skal indeholde en beholder til opløsningen med langerhanske øer. Denne opløsning skal føres ud gennem en tynd slange (<0,5mm) forbi et kamera, hvor der ved hjælp af Matlab skal udføres billedprocessering. Billedebehandlingen skal genkende, hvornår der er en langerhanske ø. Derefter skal systemet frasortere denne, ved et ventil system der åbner på det rigtige tidspunkt. Til at skabe flowet i slangerne anvendes en pumpe. Et krav til pumpen er at den skal være nænsom ved celleopløsningen, da de langerhanske øer er meget skrøbelige. En automatiseret løsning af sorteringsprocessen kan bidrage med reducere omkostningerne, give en mere ensartet sortering samt sikre dokumentation af de sorterede øer. Systemet kan fra et kommercielt synspunkt bidrage til basal forskning og til screening af nye medicinske præparater.



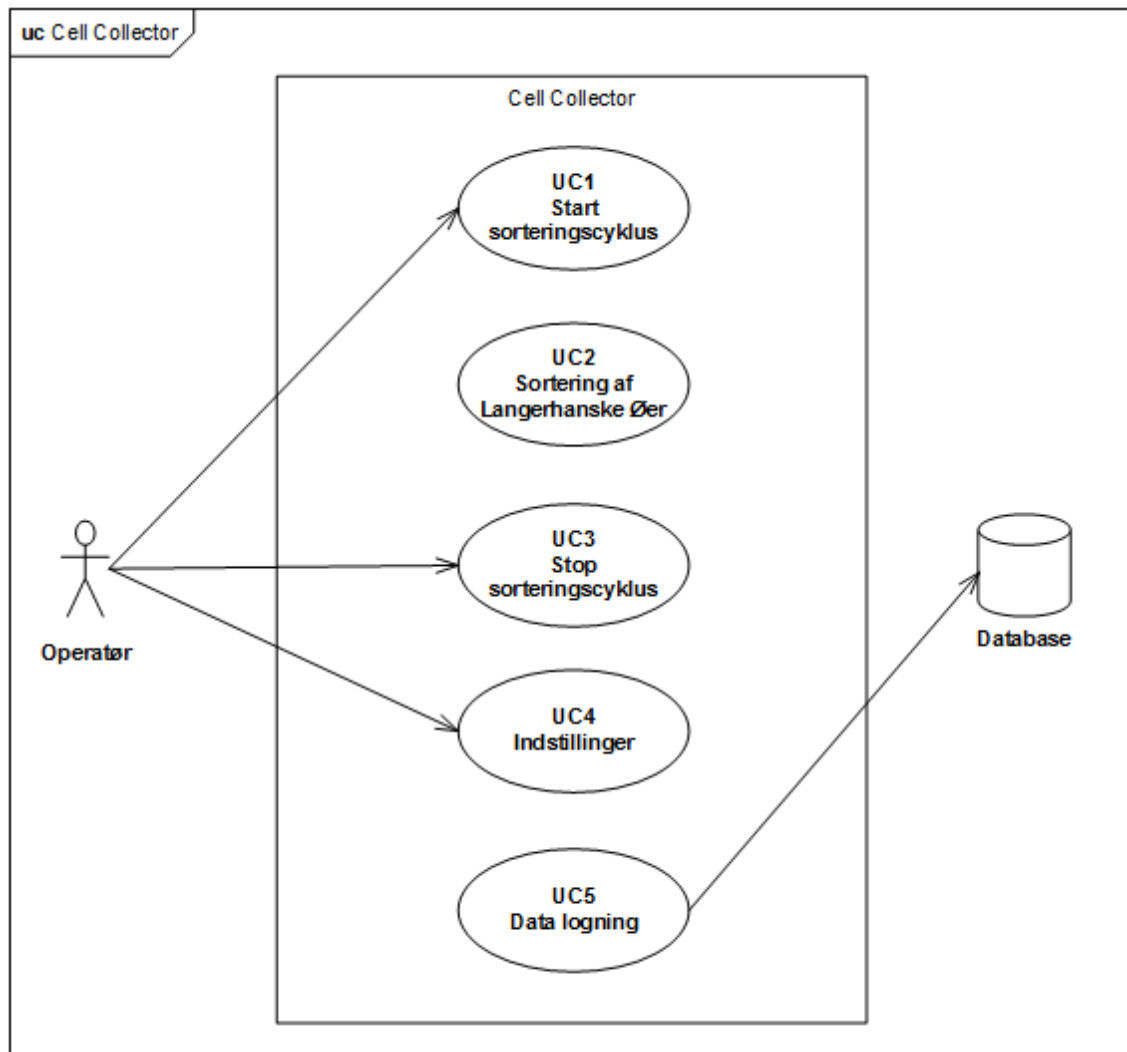
**Figur 1.1.** Figuren viser den overordnede opbygning af systemet, som beskrevet under systembeskrivelsen

### 1.2.1 Aktør beskrivelse

Systemets primære aktør er operatøren, som står for påfyldning af celler, start og stop af sorteringsprocessen. Operatøren har mulighed for at interagere med systemet via en grafisk brugergrænseflade. Systemets sekundære aktør er PC'ens filsystem, hvor der løbende gemmes en log over sorteringsprocessen.

## 1.3 Funktionelle krav

### 1.3.1 Use Case Diagram



*Figur 1.2.* Use Case diagram for The Cell Collector



**1.3.2 Use Case 1 - Start sorteringscyklus**

Mål	Start sorteringscyklus
Initiering	Use casen initieres af operatøren
Aktør	Operatør
Startbetingelser	The Cell Collector programmet er startet på computeren
Slutbetingelser ved succes	Systemet starter med sorteringen af Langerhanske øer
Slutbetingelser ved undtagelse	N/A
Normalforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operatør fylder celleopløsningsbeholderen</li> <li>2. Celleopløsningsbeholderen er fyldt</li> <li>3. Operatør starter sorteringscyklus ved at klikke på [Start] [Undtagelse 1: Wastebeholder er fyldt]</li> <li>4. Systemet initialiserer Arduinoen [Undtagelse 2: Ingen forbindelse til Arduino]</li> <li>5. Systemet kontrollerer celleopløsningsbeholderen</li> <li>6. Systemet initialiserer kameraet [Undtagelse 3: Kameraet initialiserer ikke]</li> <li>7. Systemet tænder for kamera lyset</li> <li>8. Systemet tænder for pumpen</li> </ol>
Undtagelser	<p>[Undtagelse 1: Wastebeholder er fyldt]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systembesked: Tøm venligst Wastebeholder før start</li> <li>2. Operatøren trykker "OK"</li> <li>3. Systemet fortsætter opstartprocessen</li> </ol> <p>[Undtagelse 2: Ingen forbindelse til Arduino]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systembesked: Ingen forbindelse til Arduino, kontrollér forbindelser.</li> </ol> <p>[Undtagelse 3: Kameraet initialiseres ikke]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. System fejlmeddelse: Kameraet er ikke initialiseret:</li> <li>2. Genstart initialisering af Kameraet</li> </ol>

**1.3.3 Use Case 2 - Sortering af Langerhanske Øer**

Mål	Sortere Langerhanske Øer
Initiering	Use casen initieres af [UC 1: Startsorteringscyklus]
Aktør	N/A
Startbetingelser	Systemet er startet og sorteringscyklussen er i gang
Slutbetingelser ved succes	Systemet har isoleret en Langerhansk ø og ventilen er lukket
Slutbetingelser ved undtagelse	
Normalforløb	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Systemet detekterer en Langerhansk ø</li><li>2. Arduino sender signal til ventilen om åbning</li><li>3. Ventilen åbner</li><li>4. Arduino sender signal til ventilen om lukning</li><li>5. Ventilen lukker</li></ol>
Undtagelser	

**1.3.4 Use Case 3 - Stop sorteringscyklus**

Mål	Stop sorteringscyklus
Initiering	Use casen initieres af operatøren
Aktør	Operatør
Startbetingelser	[UC 2: Sortering af Langerhanske Øer] er startet
Slutbetingelser ved succes	[UC 2: Sortering af Langerhanske Øer] er stoppet
Slutbetingelser ved undtagelse	N/A
Normalforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operatør stopper sorteringscyklussen ved at trykke på [Stop] [Undtagelse 1: Tom celleopløsningsbeholder]</li> <li>2. Systemet slukker for pumpen</li> <li>3. Systemet slukker for kameraet</li> <li>4. Systemet slukker for kamera lyset</li> <li>5. Systemet slukker for Arduino</li> </ol>
Undtagelser	<p>[Undtagelse 1: Tom celleopløsningsbeholder]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systemet slukker for pumpen</li> <li>2. Systemet slukker for kameraet</li> <li>3. Systemet slukker for kamera lyset</li> <li>4. Systemet slukker for Arduino</li> </ol>

### 1.3.5 Use Case 4 - Indstillinger

Mål	Ændre systemets indstillinger
Initiering	Use casen initieres af operatør
Aktør	Operatør
Startbetingelser	[UC 2: Sortering af Langerhanske Øer] er endnu ikke startet
Slutbetingelser ved succes	Systemets indstillinger er ændret
Slutbetingelser ved undtagelse	Systemets indstillinger er uændret
Normalforløb	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Operatøren klikker på [Indstillinger]</li><li>2. Et nyt vindue åbner med systemets indstillinger.</li><li>3. Operatøren vælger de ønskede indstillinger, og trykker [Gem indstillinger] [Undtagelse 1: Operatøren klikker [Annuller]]</li><li>4. Systemets indstillinger gemmes.</li></ol>
Undtagelser	[Undtagelse 1: Operatøren klikker "Annuller"] <ol style="list-style-type: none"><li>1. Systemet lukker Indstillingsvinduet og indstillingerne er uændret.</li></ol>

**1.3.6 Use Case 5 - Data logning**

Mål	Logning af ddata
Initiering	Use casen initieres af systemet ved [UC 3: Stop sorteringcyklus]
Aktør	Database
Startbetingelser	[UC 2: Sortering af Langerhanske Øer] er stoppet
Slutbetingelser ved succes	Systemet har gemt fil med data for sorteringen
Slutbetingelser ved undtagelse	
Normalforløb	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Systemet gemmer en fil i formatet .csv med følgende værdier: Tid og Dato</li><li>2. Systemet informerer brugeren om at filen er gemt</li></ol>
Undtagelser	

## 1.4 Ikke funktionelle krav

### 1.4.1 Kvalitetskrav

Systemet har følgende krav fra kunden

Nr	Krav	Beskrivelse	Kommentar
1	Hastighed	Hastigheden på systemet skal være højere end 30 øer sorteret pr. minut	
2	Renhed	<p>2.1 mere end 90 % af de isolerede øer skal være faktiske øer (Sandt pos: &gt; 90 %)</p> <p>2.2 der skal være mindre end 5 % af de isolerede øer, der ikke er øer (Falsk pos: &lt; 5 %)</p> <p>2.3 der skal være mindre end 5 % af øerne i opløsningen der ikke er blevet isoleret (Falsk neg: &lt; 5 %)</p>	<p>Dokumentation af renhed:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subjektiv vurdering af erfaren øplukker.</li> <li>2. Opmåling v.hj.a. digital billedbehandlingssoftware (ref 1 ).</li> <li>3. Funktionstests i laboratoriet (ref 1 og 2 ).</li> </ol>
3	Isoleringsgrad	Over 90 % af det oprindelige antal, skal være isoleret	$\frac{\text{Antal isolerede}}{\text{Total antal opløsning}} * 100$
4	Genkendelsesgrad	Over 90 % af det oprindelige antal, skal være isoleret	$\frac{\text{Visionsgenkendte}}{\text{Total antal opløsning}} * 100$
5	Ø/Cellestørrelse (µm)	Systemet skal kunne sortere øer, der har en størrelse mellem 100 µm og 300 µm	
6	Datalogning	Systemet skal kunne logge informationer omkring opløsningens øer, både størrelse og form	
7	Rensning	Systemet skal kunne lave en automatisk rensning af rør mm.	
8	Køling	Systemet skal kunne køle opløsningsvæsken.	

### 1.4.2 Hardware

#### 1.4.2.1 Microcontroller

1. Atmega328p (Arduino)

#### 1.4.2.2 Pumpe

1. Pumpe flow:  $< 50 \text{ ml / min}$
2. Størrelse på studserne skal kunne tilpasses slangerne

#### 1.4.2.3 Slanger

1. Slangerne skal have en indre diameter  $> 300 \mu\text{m}$
2. Kameraet skal kunne detektere langerhanske øer igennem slangen, evt. vha. glastrør

#### 1.4.2.4 Beholdere

1. Celleopløsningsbeholder skal have størrelse  $> 250 \text{ mL}$
2. Wastebeholder skal have en størrelse dobbelt så stor som celleopløsningsbeholderen:  
 $> 500 \text{ mL}$

#### 1.4.2.5 Ventil

1. 3-vejs, dvs. 1 tilgang og kobling mellem 2 udgange
2. Studserne skal kunne tilpasses slangerne
3. Skal være til væske
4. Lukke og åbne tid skal være  $> 50 \text{ ms}$

#### 1.4.2.6 Kamera

1. Kameraet til kunne detektere langerhandske øer mellem 100 og 300  $\mu\text{m}$
2. Kameraet skal have en zoom funktion, som et mikroskop
3. Kameraet skal have et USB interface

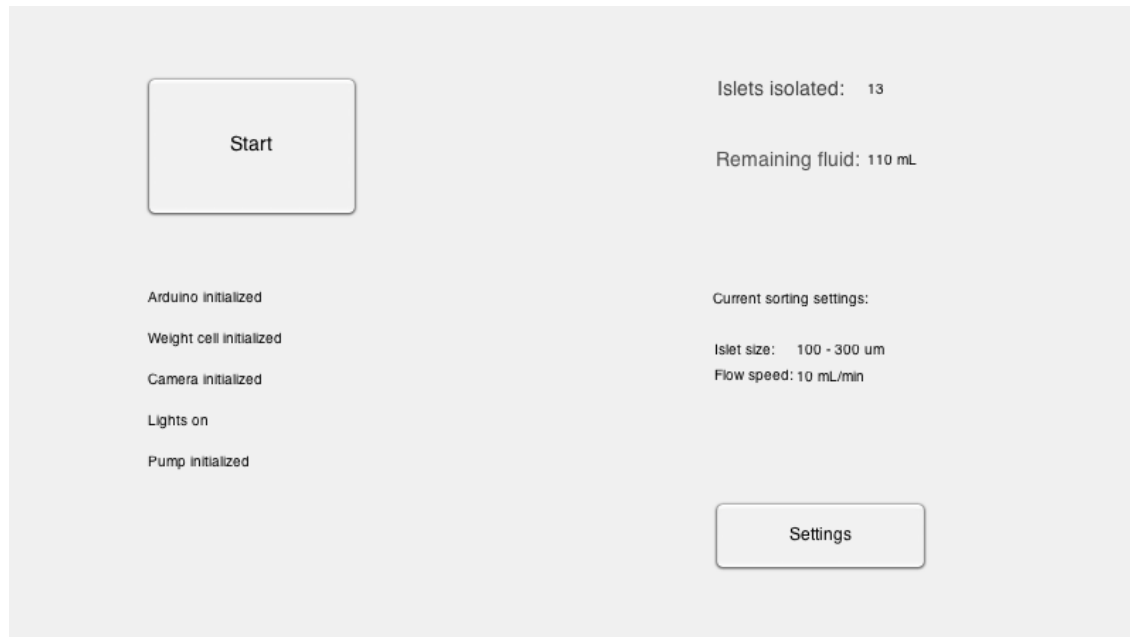
### 1.4.3 Software

#### 1.4.3.1 Dataformat og struktur

1. CSV format med kommasepareret delimiter.
2. Filnavn: Dato og starttidspunkt for sorteringscyklus.
3. Header indeholdende opsætningsindstillinger.
4. Filen er opbygget med følgende kolonner:
  - a) Tidsstempel i formatet DD-MM-YYYY-hh:mm:ss
  - b) Ø størrelse

### 1.4.4 GUI - Mockup

Mockup af GUI

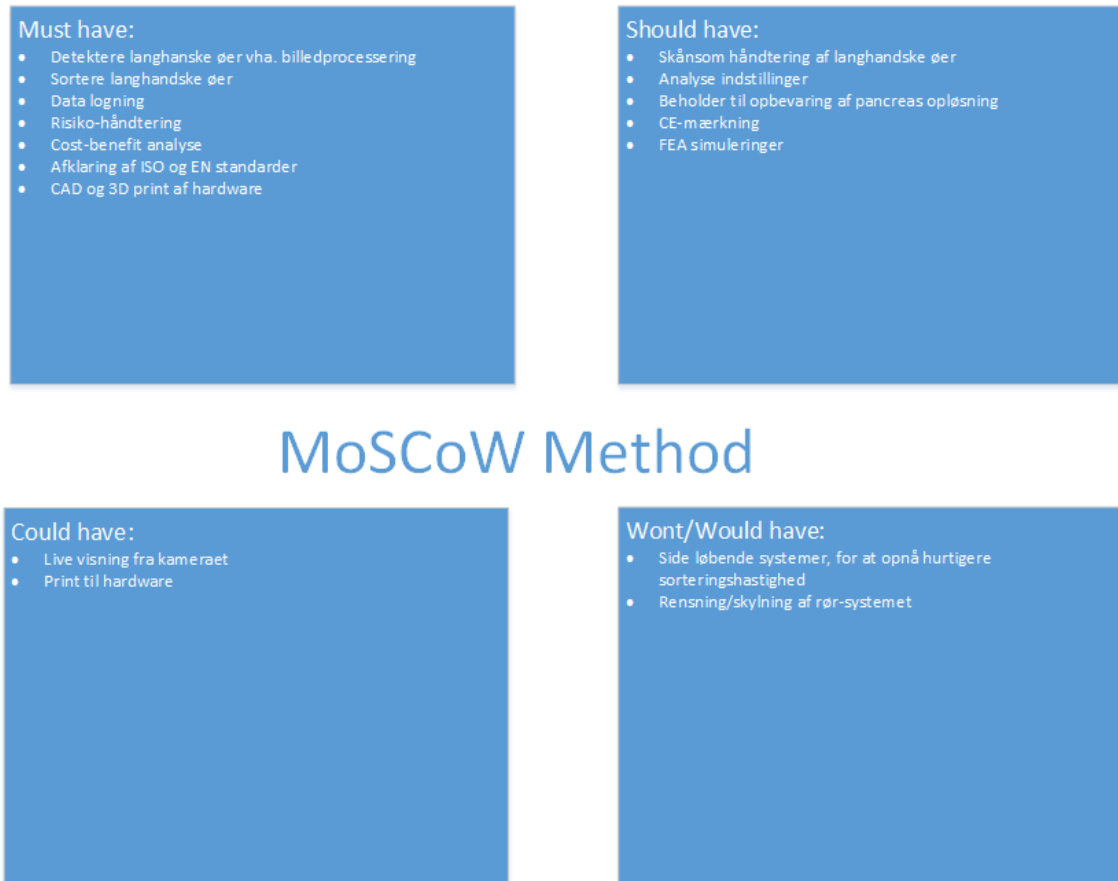


*Figur 1.3.* Mockup af GUI



## 1.5 Projektafgrænsning

Til at afgrænse kravene i projektet er der anvendt MoSCoW metoden. Denne metode er brugt for at give en struktureret oversigt over hvilke krav der er vigtigst at få opfyldt inden for tidsrammen og hvilke der evt. kan implementeres senere hvis tiden er til det.



*Figur 1.4.* MoSCoW

## 1.6 Samarbejdspartner

Gruppens kunde er Søren Gregersen, overlæge på Medicinsk Endokrinologisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital. Det er i samarbejde med ham at projektet er blevet specificeret, samt hvilke krav der er til den endelige prototype. Samuel Alberg Thrylsøe er gruppens projektvejleder. Der afholdes ugentligt et vejledermøde, hvor gruppen giver status på projektet og hvor der diskuteres forskellige problemstillinger. Simon Vammen Grønbæk og Karl Johan Schmidt fungerer som projektets review gruppe. Der holdes møde hver anden uge omhandlende aftalt dagsorden. Formålet med review gruppen er at få konstruktiv feedback på evt. rettelser, opbygning af rapport og generel forståelse.



# Accepttest 2

---

## 2.1 Indledning

Dette dokument indeholder accepttesten for the Cell Collector(omtales herefter som systemet).

### 2.1.1 Formål

Formålet med dokumentet er at sikre at alle krav til produktet er opfyldt, i henhold til kravspecifikationen.

### 2.1.2 Referencer

- Kravspecifikation (s. 1)

### 2.1.3 Læsevejledning

Dokumentet indeholder testcases for de enkelte krav, som specificeret i kravspecifikationen. Accepttesten er opdelt i henholdsvis funktionelle og ikke funktionelle krav. Testcasene er beskrevet i tabeller, hvor der ved hver test er noteret krav nr., handling, forventet resultat og testmetode. Herudover er det faktiske resultat noteret og om testen er godkendt eller ej. Yderligere er initialer og dato noteret, som angiver hvornår den enkelte test er udført.

### 2.1.4 Versionshistorik

Version	Dato	Punktnr	Beskrivelse	Initialer
0.1	19/09 2015		Dokument sendt til review	AE og AT
1.0	19/09 2015		Rettelser fra reviewmøde og Latex layout	AE og AT
1.1	03/10 2015		Tilføjelse af kamera og dataformat krav	AE og AT

## 2.2 Accepttest af funktionelle krav

### 2.2.1 Use Case 1: Påfyldning af celler

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
1.1 & 1.2	Operatør fylder celle-opløsnings-beholderen	Celle-opløsnings-beholderen er fyldt	Celle-opløsnings-beholderen fyldes med væske			
1.3	Operatør starter sorterings-cyklus ved at klikke på [Start]	Opstarts processen i gang sættes, observeres	Knappen [Start] trykkes.			
1.4	Systemet initialiserer Arduinoen	Arduino initialiseret signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at Arduinoen er initialiseret.			
1.5	Systemet kontrollerer celle-opløsnings-beholderen	Kontrol vægten returnerer en høj spænding for fyldt celle-opløsnings-beholder.	Spændingen måles med multimeter.			
<sup>1</sup> 1.6	Systemet initialiserer kameraet	Kamera Initialiseret signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at kameraet er initialiseret.			
Undtagelse 1	1. Waste-beholderen er fyldt	System-besked: Tøm waste-beholderen	Der startes <sup>2</sup> sorterings-cykler. Resultatet observeres på GUI.			

<sup>1</sup>fixme Note: Tabeloverskrifter skal fortsætte på næste side

Undtagelse 1	2 & 3 Operatør trykker [OK]	Systemet fortsætter opstart-processen	Knappen [OK] trykkes			
Undtagelse 2	Forbindelsen til Arduino frakobles	System-besked: Ingen forbindelse til Arduino, kontroller forbindelser	USB kablet til Arduinoen frakobles. Resultatet observeres på GUI.			
Undtagelse 3	1. Kameraet initialiseres ikke	System-besked: Kameraet er ikke initialiseret.	Kameraets forbindelse frakobles. Resultatet observeres på GUI.			
Undtagelse 3	2. Genstart initialiseringen af Kameraet	Feedback fra kameraet om initialisering start.	Kameraet kobles til PC igen. Resultatet observeres på GUI.			

**2.2.2 Use Case 2: Sortering af langerhanske øer**

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
2.1	Systemet detekterer en Langerhansk ø.	Tælleren for antal sorterede øer stiger	Sorteringscyklussen er startet. Den Langerhanske ø simuleres vha. simuleringsvæske. Resultatet observeres på GUI.			
2.2	Arduino sender signal til ventilen om åbning.	Udgang til ventilen er høj	Pin D7 måles vha. multimeter.			
2.3	Ventilen åbner	Ventilen er åben	Observeres ved at se på ventilen.			
2.4	Arduino sender signal til ventilen om lukning.	Udgang til ventilen er lav	Pin D7 måles vha. multimeter.			
2.5	Ventilen lukker.	Ventilen er lukket	Observeres ved at se på ventilen.			

**2.2.3 Use Case 3: Stop sorteringscyklus**

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
3.1	Operatør stopper sorteringscyklussen ved at trykke på [Stop]	Sorteringscyklus stopper	En sorteringscyklus er i gang. Knap [Stop] trykkes. Resultatet observeres på GUI.			
3.2	Systemet slukker for pumpen	Flowet i slangen stopper	Observeres ved at se på flowet i slangen			
3.3	Systemet slukker for kameraet	Kameraets sluk signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at kameraet er slukket.			
3.4	Systemet slukker for kamera lyset	Lyset slukker	Kamera lyset observeres			
3.5	Systemet slukker for arduinoen	Arduino sluk signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at Arduinoen er slukket.			

Undtagelse 1	1. Celleopløsningsbeholderen løber tør for væske	Sorteringscyklussen stopper	En sorteringscyklus er i gang. Sorteringscyklussen forsættes indtil celleopløsningsbeholderen løber tør for væske. Resultatet observeres på GUI.			
Undtagelse 1	2. Systemet slukker for pumpen	Flowet i slangen stopper	Observeres ved at se på flowet i slangen			
Undtagelse 1	3. Systemet slukker for kameraet	Kameraets sluk signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at kameraet er slukket.			
Undtagelse 1	4. Systemet slukker for kamera lyset	Lyset slukker	Kamera lyset observeres			
Undtagelse 1	5. Systemet slukker for arduinoen	Arduino sluk signal modtages og gives til UI	Det observeres på GUI'en at Arduinoen er slukket.			



## 2.2.4 Use Case 4: Indstillinger

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
4.1 & 4.2	Operatøren klikker på [Indstillinger].	Et nyt vindue åbner med systemets indstillinger.	Knappen [Indstillinger] trykkes.			
4.3 & 4.4	Operatøren vælger de ønskede indstillinger og trykker [Gem indstillinger]	Systemets indstillinger gemmes	Knappen [Gem Indstillinger] trykkes. Det verificeres at indstillingerne er ændret ved at åbne Indstillinger igen.			
Undtagelse 1	Operatøren klikker [Annuller].	Indstillingsvinduet lukkes og systemets indstillinger er uændret.	Knappen [Annuller] trykkes. Det verificeres at indstillingerne er uændret ved at åbne Indstillinger igen.			

## 2.2.5 Use Cases 5: Data logging

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
5.1	Systemet gemmer en fil i formatet .csv med følgende værdier: 1.Tid og Dato 2.Indstillings-værdier 3.Antal sorterede celler 4.Størrelser for celler	Filen er gemt i databasen med de specificerede værdier.	En ny sorterings-cyklus startes (UC 1), hvorefter sorterings-cyklussen stoppes (UC 3), ved tryk på [Start/-Stop]. Den gemte fil inspiceres ved hjælp af texteditor (Notepad, textEdit eller lignende).			
5.2	Systemet informerer operatøren om at filen er gemt.	Der vises besked til operatøren.	En ny sorterings-cyklus startes (UC 1), hvorefter sorterings-cyklussen stoppes (UC 3), ved tryk på [Start/-Stop]. Observer GUI.			

## 2.3 Accepttest af ikke funktionelle krav

Krav nr.	Kvalitetskrav	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
1	Hastigheden på systemet skal være Højere end 30 øer sorteret pr. minut	Normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6), hvor der måles med et stopur. Stopuret stoppes efter sorteringsprocessen er færdig, derefter regnes hastighed ud ved $\frac{\text{Antaler}}{\text{minutter}}$	Når sorteringscyklussen er færdig er $\frac{\text{Antaler}}{\text{minutter}} > 30$			

2	1 Mere end 90% af de isolerede øer skal være faktiske øer (Sandt pos: > 90%)	Normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter endt cyklus, skal en kyndig person tælle antallet af faktiske øer. Dette holdes op i mod antallet af isoleret øer.	Når sorteringcyklussen er færdig er $\frac{\text{antaltalkeer}}{\text{antalisoleret}} * 100 \Rightarrow 90$ .			
---	--	---	---	--	--	--

2	<p>2 Der skal være mindre end 5% af de isolerede øer, der ikke er øer (Falsk pos: &lt; 5%)</p>	<p>Normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter endt cyklus, skal en kyndig person tælle antallet af faktiske øer. Dette holdes op i mod antallet af isoleret øer.</p>	<p>Når sortering-cyklussen er færdig er <math>\frac{\text{antaltal} \text{teer}}{\text{antalisoleret}} * 100 \Rightarrow 95</math>.</p>			
---	--	--	---	--	--	--

2	<p>3 Der skal være mindre end 5% af øerne i opløsningen der ikke er blevet isoleret (Falsk neg: &lt; 5%)</p>	<p>Normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter endt cyklus, skal en kyndig person tælle antallet af øer der er isoleret og antallet af øer i waste beholde-</p> <p>ren.</p>	<p>Når sortering-cyklussen er færdig er</p> $\frac{\text{antaltal i waste}}{\text{antaltal i isolerede}} * 100 \Rightarrow 95$ <p>.</p>			
---	--	--	---	--	--	--

3	over 90% af det oprindelige antal, skal være isoleret.	<p>En opløsning med et kendt antal øer benyttes. Hvor efter normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter endt cyklus, skal en kyndig person tælle antallet af øer der er isoleret. Dette antal holdes op i mod antallet af øer i opløsningen fra start.</p>	<p>Når sorteringcyklussen er færdig er</p> $\frac{\text{antaltal i opløsningen fra start}}{\text{antaltal i isolerede}} * 100 \Rightarrow 90$ <p>.</p>			
---	--	---	--	--	--	--

4	over 90% af det oprindelige antal, skal være genkendt	<p>En opløsning med et kendt antal øer benyttes. Hvor efter normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter færdig endt cyklus, holdes antal af detekteres op i mod det oprindelige antal af øer fra starten.</p>	<p>Når sorteringcyklussen er færdig er</p> $\frac{\text{antaldetekterer}}{\text{antaloprindelige}} * 100 \Rightarrow 90$ <p>.</p>			
---	---	--	---	--	--	--



5	Systemet skal kunne sortere øer, der har en størrelse mellem 100 µm og 300 µm	En opløsning med en østørrelse på 100 µm og 300 µm benyttes Hvor efter normalforløbet ved en sorteringscyklus følges (Use Case 2: Sortering af Langerhanske Øer, s. 6). Efter endt cyklus observeres det om systemet har sorteret de specificerede størrelser.	Begge ø størrelser er isoleret			
6	Systemet skal kunne give informationer omkring opløsningens øer, både størrelse og form.	Normalforløbet ved en sorteringscyklus følges.	Efter endt cyklus, skal datafilen kontrolleres om den har de specificerede værdier.			

**2.3.1 Hardware**

Krav nr.	Handling	Forventet resultat	Test-metode	Resultat	✓\-	Initialer og dato
1.4.2.1	Micro-controller type: Atmega328p	Atmega328p	Visuel inspektion af microcontrolleren.			
1.4.2.2.1	Pumpe flow	< 50ml /min	Observeres ved at måle antal mL / min			
1.4.2.2.2	Studse størrelse	Indre diameter > 300 µm	Måles med et kalibreret skydelærred			
1.4.2.3.1	Slange	Indre diameter > 300 µm	Måles med et kalibreret skydelærred			
1.4.2.3.2	Kamera detektion igennem slange	Kameraet kan detekterer langerhansk ø gennem slangen	en langerhansk ø detekteres i gennem slangen.			
1.4.2.4.1	Celleopløsningsbeholder har størrelse > 250 mL	Celleopløsningsbeholderen er > 250 mL	Testes ved at fylde 250 mL væske i celleopløsningsbeholderen			
1.4.2.4.2	Wastebeholder er dobbelt så stor som celleopløsningsbeholder: > 500 mL	Wastebeholder er > 500 mL	Testes ved at fylde 500 mL væske i wastebeholderen.			

1.4.2.5.1	3 vejs ventil	Ventilen har 1 tilgang og 2 udgange	Ventilen observeres			
1.4.2.5.2	Studse størrelse	Matcher slangens størrelse	Datablad			
1.4.2.5.3	Ventilen er til væske	Ventilen er bygget til væske	Datablad			
1.4.2.5.4	Åben/Lukketid	< 50 ms	Datablad			
1.4.2.6.1	Detektore Langerhanske ør mellem 100 og 300 µm	Kameraet kan se ør på de specificerede størrelser	Testes ved at tage et billede af øerne.			
1.4.2.6.2	Kameraet har zoom funktion	Kameraet har zoom funktion	Datablad			
1.4.2.6.3	Kameraet har USB interface	Kameraet har USB interface	Visuel inspektion af interface			
1.4.3.1.1	Dataformat	.csv format med kommaseprareret delimiter	En gemt fil åbnes og kontrolleres			

1.4.3.1.2	Filnavn	Dato og starttidspunkt for sorteringscyklus	En sorteringscyklus startes og afsluttes, hvorefter den gemte fils filnavn kontrolleres om den matcher starttidspunktet. Starttidspunktet noteres inden en sorteringscyklus startes			
1.4.3.1.3	Header	Header i fil indeholder opsætningsindstillinger	En sorteringscyklus startes og afsluttes, hvorefter den gemte fils header kontrolleres om den matcher programmets indstillinger. Programmets indstillinger noteres inden sorteringscyklus startes			

1.4.3.1.4.a	Kolonne 1	Tidsstempel i formatet DD-MM- YYYY- hh:mm:ss	En gemt fils tids- stempel kolonne kontrolle- res			
1.4.3.1.4.b	Kolonne 2	Ø størrelse	En gemt fils ø størrelse kolonne kontrolle- res			



## 3.1 Indledning

Dette dokument beskriver systemets design og systemarkitektur. Dokumentet indeholder en generel præsentation og beskrivelse af systemet, herunder hvordan *The Cell Collector* er opbygget både hardware og software mæssigt.

### 3.1.1 Formål

Design dokumentets formål er, at beskrive og fastlægge overordnede komponenter for hardwaren og softwaren, samt grænsefladerne mellem dem. Herudover skal dokumentet identificere arbejdsopgaver for projektets implementeringsfase.

### 3.1.2 Referencer

- Kravspecifikation (s. 1)
- Accepttest (s. 15)

### 3.1.3 Læsevejledning

Dokumentet skal ses som en uddybbende beskrivelse af kravene til systemet, der blev fastlagt i kravspecifikationen. Dokumentet er overordnet opdelt i henholdsvis en hardware beskrivelse og en software beskrivelse. De enkelte del elementer er beskrevet vha. SysML diagrammer. Alt SysML udvikles og skrives på engelsk.

### 3.1.4 Versionshistorik

Version	Dato	Beskrivelse	Initialer
1.0	23/10 2015	Første officielle dokument (ef-ter review)	AE og AT

## 3.2 Udviklingsværktøjer

### 3.2.1 MATLAB

Selve softwaren til systemet udvikles i MATLAB. Versionen der er anvendt er R2015b. Af tilføjesespakker bruges følgende:

- Arduino Support Package (14.2.2)
- Webcam Support Package (15.2)

Disse pakker anvendes til, at interagere med Arduinoen og USB mikroskopet.

### 3.2.2 GitHub

Til versionsstyring af projektdokumentationen og source kode anvendes GitHub, som bygger på open source versions styrings systemet Git. Her opdateres der løbende ændringer, så det nyeste dokumentation og source kode altid er tilgængeligt. Som user interface til GitHub anvendes GitHub Desktop .

### 3.2.3 Pivotal Tracker

Til projektstyring anvendes Pivotaltracker, som er et online værktøj baseret på SCRUM. I Pivotaltracker defineres projektets arbejdsopgaver, hvorefter de tildeles point alt efter hvor stor arbejdsbyrden er. De enkelte opgaver prioriteres herefter i projektets backlog, hvor Pivotaltracker automatisk tilføjer opgaver til den igangværende sprint ud fra den nuværende “velocity”.

Det betyder, at der er fuldstændig styr på om projektet går for langsomt, eller om udviklingen af projektet er godt med. Dette kan sammenlignes med gatestate arbejdsmetoden, hvor der er flere deadlines end der måske vil være i for eksempel vandfaldsmetoden.



## 3.3 Hardware

Dette afsnit skal være med til at dokumentere hardwaren i systemet *the cell collector*, derfor indeholder afsnittet beskrivelser af systemets fysiske dele og deres funktionalitet. De fysiske deles specifikationer er uddybet og beskrevet i dette dokument. Der er begrundelser og argumenter for hvorfor de brugte komponenter er valgt.

### 3.3.1 Læsevejledning til hardware

Da dette afsnit er en udspecificering af hvilke specifikationer hardware komponenterne består af, ligger det sig tæt op af kravspecifikationen. Da det er kravene i kravspecifikationen, der ligger til grunde for de valgte hardware dele. I afsnittet findes der forskellige diagrammer der er med til at beskrive opbygningen, og kommunikationen af delene. Til hvert diagram vil der være en kort beskrivelse af hvad det beskriver. Hvert afsnit indeholder funktionalitet, specifikationer omkring det enkelte komponent og begrundelser og argumentationer hvorfor det er valgt, i den skrevne rækkefølge. Afsnittene kan godt læses i dele, men for en komplet forståelse bør afsnittene læses i rækkefølge.

### 3.3.2 Leverandør af produkter

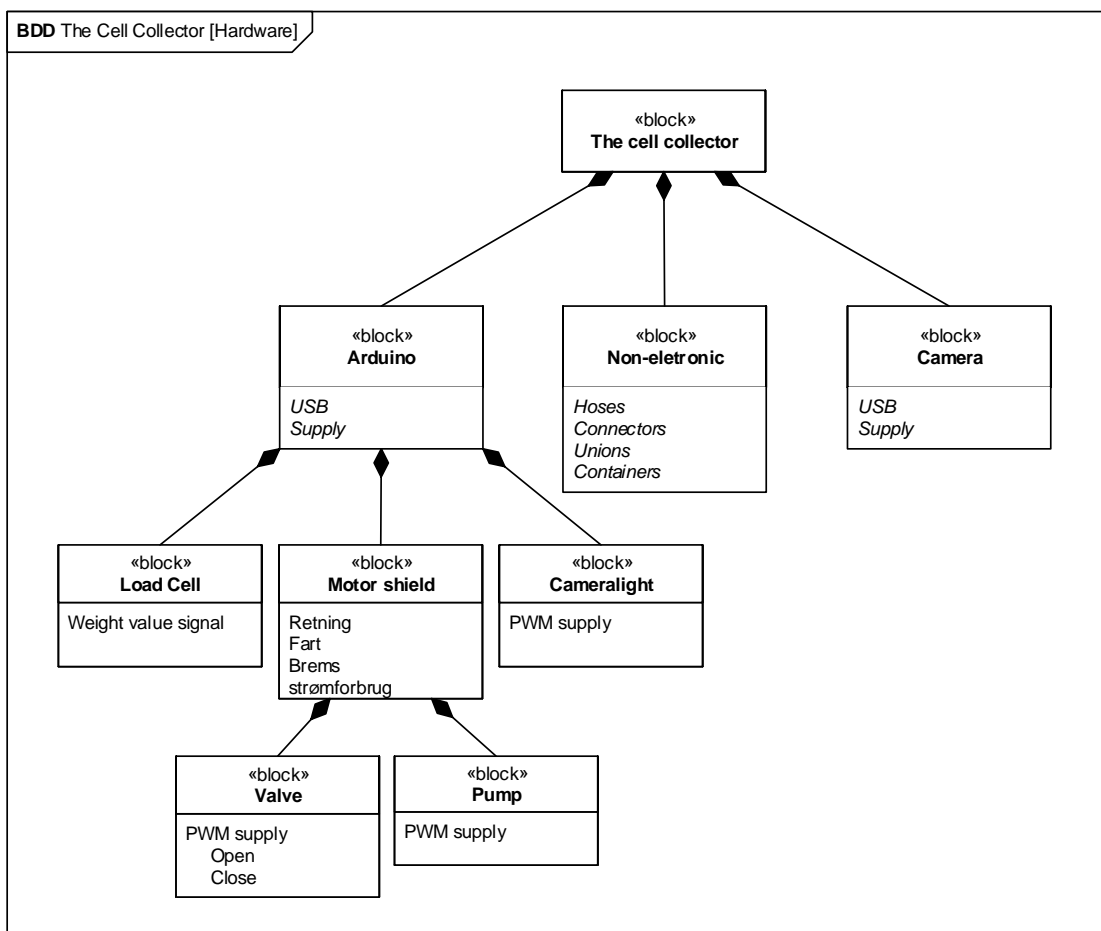
Når der skal vælges leverandør til et produkt er det vigtigt, at de er pålidelige. Da delene skal kunne leveres i hele produktets levetid. Specielt hvis produktet kræver en stor dokumentation og godkendelse, som for eksempel medicinsk udstyr. Når produktet skal sættes i produktion bør der være flere leverandører, som kan leverer det samme produkt. Det er vigtigt for, at dokumentationen ikke skal ændres, fordi at en lille del af produktet er udgået af underleverandørens portefølje. Til systemet *The cell collector*, har budgettet gjort stort præg af hvilke leverandører der er valgt. Primært er de fleste dele fundet på Ebay, for netop at holde budgettet og dermed priserne i bund. Dette medfører selvfølgelig at kvaliteten er nedprioriteret, som et kompromis er kameraet(3.3.5) i projektet købt ved Farnell. Farnell er en mere pålidelig forhandler end Ebay. At produkterne er købt på Ebay, vil medføre at der vil komme ændringer af dokumentation for at hæve kvaliteten på produktet i fremtiden. Ydermere er generelle ikke elektroniske komponenter købt ved Mikrolab <sup>1</sup> (reference), som slanger og beholdere.

---

<sup>1</sup>FiXme Note: reference mangler

### 3.3.3 Block Definition Diagram

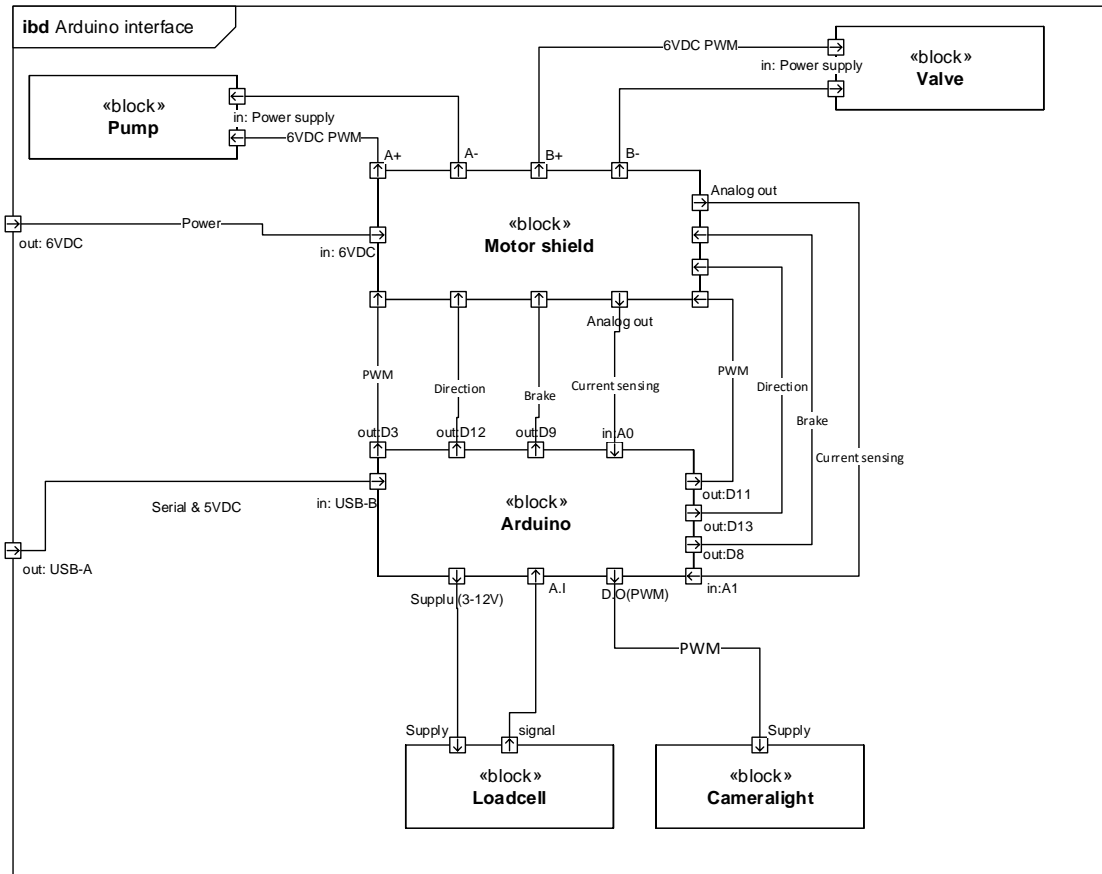
Et BDD diagram giver indblik i hardwarens overordnede struktur af systemet. Hver block er en del der indgår i systemet. Diagrammet(3.1) er bygget hierarkisk system, hvor en blok kan indeholde flere blokke. blokkene består af en system blok *the cell collector*, der indeholder tre elementære blokke, *Arduino*, *non electronic* og *Camera*. Hvor *Arduino* er den eneste der indeholder flere blokke, det beskriver hvilken hardware de overstående blokke kommunikerer med.



Figur 3.1. BDD - Cell Collector [Hardware]

### 3.3.4 Internal block Diagram

Et IBD diagram beskriver mere præcist, hvordan de forskellige komponenter interagerer med hinanden på. Det betyder at der er specificeret indgangs- og udgangsporte, med de forskellige typer. Diagrammet(3.2) beskriver blandt andet, hvilken spænding delene arbejder under og hvilket signal der er brug for.



**Figur 3.2.** IBD - Cell Collector [Hardware]

### 3.3.5 Kamera

Kameraet[Farnell] skal detektere de langerhanske øer i systemet, hvilket gør at det er en elementær del af projektet.

**Specifikationer for kameraet:**

Specifikation	Værdi
Billede opløsning:	2M Pixel
Fokus område:	0-40mm
forstørrelse:	25X-400X (Manuelt)
Frame rate:	30f/s
Interface:	USB 2.0
Forsyning:	DC 5V ( <i>fra USB port</i> )
Dimension:	L:112 mm x B:33 mm

Da Langerhanske øer har en størrelse på 100 µm til 300 µm, skal kameraet have en opløsning så øerne kan detekteres. Opløsningen på kameraet er valgt ud fra:

$$Opløsning = \frac{afstand}{objektstørrelse} = \frac{10 \text{ cm}}{100 \mu\text{m}} \quad (3.1)$$

[baslerweb,s.5] afstanden fra objektet er vurderet ud fra, hvor langt kameraet er i den absolut maksimale afstand fra øerne. Dertil skal der kunne ses flere detaljer end ned til 100 µm, for at kunne detektere de langerhanske øer. Derfor er der valgt et kamera med en opløsning på 2M pixels. Da de Langerhanske øer er lysere og har et andet fluorescens niveau end resten af vævet vil et kamera uden farver også være anvendeligt. Da systemet skal kunne sortere 30 langerhanske øer i minuttet, er det vurderet at en standard frame rate vil være passende. Ydermere har prisen på kameraet også været vigtigt for budgettet.

### 3.3.6 Microcontroller

Microcontrolleren skal være styreenheden i systemet, det betyder at den skal styre ventil, kameralyset, pumpe og vægtcelle.

#### Specifikationer for Microcontroller[Arduino]:

Specifikation	Værdi
Type:	Arduino UNO (ATmega328P)
Forsyning:	5VDC (USB)
Clock speed:	16 MHz
Digitale I/O pins:	14 stk (6 stk med PWM)
Analoge inputs pins:	6 stk
Interface:	USB
I/O output strøm:	20 mA
Flash hukommelse:	32 KB

Arduino er en open source platform til fremstilling af prototype print, med en ATmega328P microcontroller. Arduino platformen er valgt da Matlab understøtter interaktion via en Support package. Boardet er brugt i et stort omfang omkring i verden. Derfor er det en platform der er nemt tilgængelig og forholdsvis prisvenlig, samt at der findes en stor mængde dokumentation omkring emnet. Da det er en open source platform, kan der købes forskellige versioner som ikke er originaler. Arduino UNO er passende til dette system, da det er en forholdsvis simpel opgave microcontrolleren skal håndtere. Da systemet bruger computerens hukommelse og det meste er koden her på. Antallet af digitale og analoge porte er passende med den nuværende mængde af komponenter der skal styres.

### 3.3.7 Motor shield

Motor shieldet skal hjælpe microcontrolleren med, at styre pumpen og ventilen til systemet. Det skal den fordi Arduinoen ikke kan trække pumpen alene, derfor skal der en ekstern forsyningskilde på, som forsynes i gennem motor shieldet. Motor shieldet skal også forsyne ventilen.

#### Specifikationer for Motor shield[Velleman]:

Specifikation	Værdi
Type:	Velleman L298P
Forsyning:	<sup>2</sup> ???)
Output spænding	50V (max)
Output strøm	2.5A
Kanaler	2 stk
Interface	Forsynes i gennem arduino

<sup>2</sup>fixme Note: Ikke vedtaget endnu

Motor shieldet kan levere 2.5A pr. kanal hvilket er nok til at forsyne pumpe og ventil. Derudover køres der PWM til den som gives videre til pumpe og ventil. Motor shieldet har desuden også den fordel, at den er galvanisk adskilt fra Arduinoen. og derved ikke kan nedlægge Arduinoen mm. Ydermere giver den også mulighed for at overvåge strømforbrug på dens kanaler. Det kan være med til at beskytte pumpens motor.

### 3.3.8 Ventil

Ventilens funktion er at sortere de langerhanske øer, fra resten af opløsningen. Det gør den ved at Arduinoen giver den besked om, at åbne og lukke for ventilen.

**Specifikationer for Ventil[ebay [a]]:**

Specifikation	Værdi
Type:	Solenoid Electromagnet Valve
Forsyning:	6VDC, 0.3A
Porte	3 stk
studser	4mm
Interface	open/closed

Ventilen er en vigtig del af systemets hardware, da det er dens ansvar at sortere de detekterede øer fra resten af væsken. Det er svært at finde ventiler med 500µm studser. Det kan godt lade sig gøre at få adaptere så større ventiler kan bruges, men sporbarheden omkring hvor den enkelte ø befinder sig, forsvinder hvis kammeret pludseligt bliver stort. Der er utrolig stor variation i kvalitet og pris på magnetventiler. Ventilen er et hardware, hvor der kan bruges meget tid og mange penge i projektet. Kravene til ventilen er, at den skal være 3 vejs med 1 tilgang og 2 udgange, yderligere skal studserne kunne tilpasses slange størrelsen, være til væske og have en lukke/åbne tid under 50 ms.

### 3.3.9 Pumpe

Pumpen skal skabe det nødvendige flow i væsken fra det ene punkt til det andet. Flowet skal være lavt nok til at kameraet kan nå at detekterer en ø.

**Specifikationer for Pumpe[ebay [c]]:**

Specifikation	Værdi
Type:	Peristaltisk pumpe
Forsyning:	6VDC, ?A
Hastighed	0.1-60 omdr./.(0-60ml./min.)
studser	variable slange størrelse

Det er et krav at pumpens flow hastighed er variabel, så flowet kan justeres. Der findes mange forskellige pumpetyper til formålet, herunder stempel pumper, peristaltiske pumper og vakuum pumper. Der er bestilt en peristaltisk pumpe som virker ved at klemme på slangen og derved skabe et flow, det skal dog undersøges hvordan de langerhanske øer vil opfører sig ved sådan en pumpe.

### 3.3.10 Vægtcelle

Vægtcellen skal bruges til at kontrollere om, der er væske i celleopløsningsbeholderen.

**Specifikationer for Vægtcelle[ebay [b]]:**

Specifikation	Værdi
Max belastning:	1 kg
Anbefalet arbejdsspænding	3-12V
Output	1.0mV/V+0.15mV/V

Den indkøbte vægtcellen kan veje op til 1 kg, hvilket fint dækker vægten for celleopløsningsbeholderen på 250ml + beholderens vægt.

### 3.3.11 Beholdere

Systemet består af tre beholdere der hver især har sin egen funktion. Den første kaldes *celleopløsningsbeholderen*, som skal indeholde den usorteret opløsning med de langerhanske øer. Beholder nummer to kaldes *isolerede beholderen*, som er den beholder hvor de isolerede langerhanske øer samles i. Den tredje beholder er *waste beholderen*, den skal have resten af opløsningen som ikke består af langerhanske øer.

Specifikation	Værdi
Type:	Opløsningsbeholder(Mikrolab 33184)
Størrelse:	250 ml

Størrelses kravene til beholderne er at opløsningsbeholderen skal mindst være 250ml, da det er den største mængde opløsning der vil blive brugt. Wastebeholderen skal således være dobbelt så stor, så der kan gennemløbes to sorterings cyklusser uden at skulle tømme beholderen i mellem. Den isolerede beholder, skal kunne rumme mængden af de isolerede øer. Da projektet som tidligere nævnt er et "proof of concept" er den eneste beholder der er hentet informationer om opløsningsbeholderen. Den bør være støvtæt, uden at være lufttæt da der ellers vil dannes et vakuum i beholderen. Derudover vil det være en fordel hvis den er forholdsvis robust, så den kan køles ned osv. på et senere tidspunkt. ML 33184 fås med et skruelåg med forskruninger, der kan tilpasses de indkøbte slanger. Yderligere fås den et luftfilter, så der ikke dannes vakuum i beholderen.

### 3.3.12 Slanger

Slangerne anvendes til at føre opløsningen med de langerhanske øer, i gennem systemet bl.a. forbi kameraet.

#### Specifikationer for Slangerne:(flere)

Specifikation	Værdi
Materiale:	Teflon, silikone og PVC
Ydre diameter:	?mm
Indre diameter:	500 $\mu$ m-700 $\mu$ m

Da de største langerhanske øer, som systemet skal håndtere er 300  $\mu$ m i diameter, derfor er det valgt at slangerne skal have en indre diameter på 500  $\mu$ m. Da det er optimalt at kameraet kan se direkte igennem slangen, er der valgt et gennemsigtigt materiale. Yderdiameteren er valgt for at, pumpen ikke skal ødelægge celler og slange, hvilket også har været med til at bestemme materialet af slangerne.



### 3.3.13 Glasrør

For at sikre, at kameraet er i stand til at se de langerhanske øer, er der valgt et glasrør.

**Specifikationer for Glasrøret:**

Specifikation	Værdi
<b>Materiale:</b>	glas
<b>Ydre diameter:</b>	?mm
<b>Indre diameter:</b>	500 $\mu\text{m}$ -700 $\mu\text{m}$

Glasrøret er tiltænkt kun til at sidde, hvor kameraet skal detektere de langerhanske øer. For at være sikker på at kameraet kan se dem. Glasrøret der er valgt er rundt. Krumningen i røret kan muligvis ændre billedet fra kameraet. Et rektangel glasrør har været overvejet, men risikoen for at de langerhanske øer kan overhale hinanden inden i er for stor. Derfor er et rundt glasrør valgt.

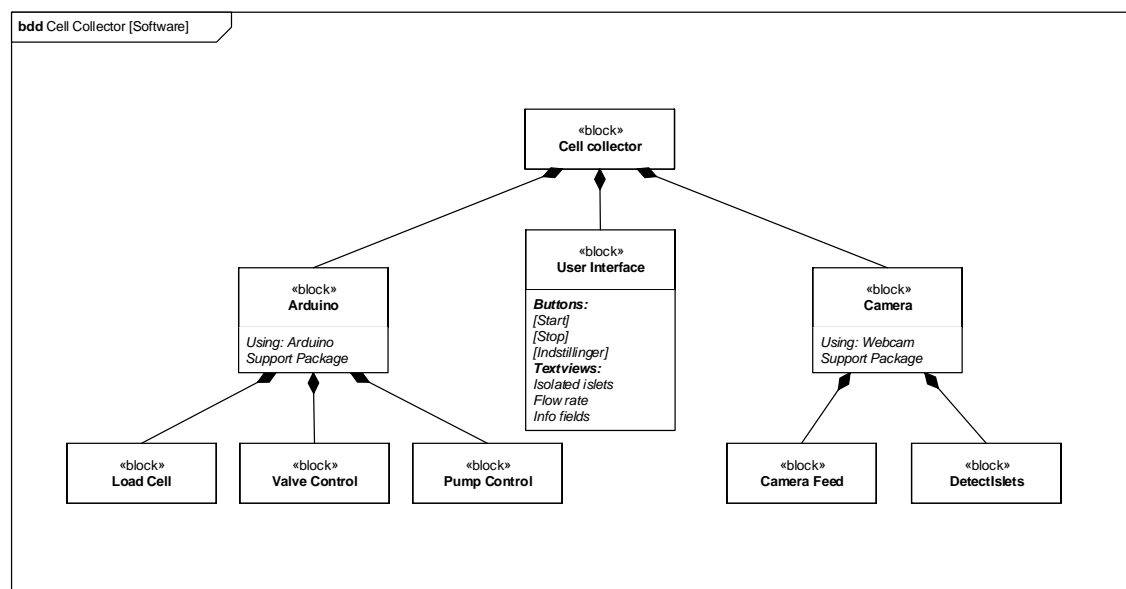
### 3.4 Software

Softwaren til *The Cell Collector* udvikles i Matlab. Programmet udvikles af modular kode, der afgrænser de enkelte funktionaliteter. Ved objektorienteret programmering beskrives koden typisk vha. klassediagrammer og 3-lags modellen, hvor de enkelte klassers ansvar og grænseflader tydeligt er defineret. Da Matlab kode er opdelt i funktioner fremfor for klasser er modellen ikke velegnet. I stedet beskrives softwaren vha. blokdiagrammer, hvor funktionernes opbygning og relationer med hinanden er vist.

Blokdiagrammet (figur: 3.3) viser hvordan programmet er opdelt i blokke, som afgrænser de enkelte funktionaliteter. Blokkene i det nederste lag skal ses som ækvivalente til funktioner i Matlab. De overordnede blokke i programmet er:

- Arduino
- Kamera
- User Interface

Disse blokke er nærmere beskrevet under hver deres afsnit.

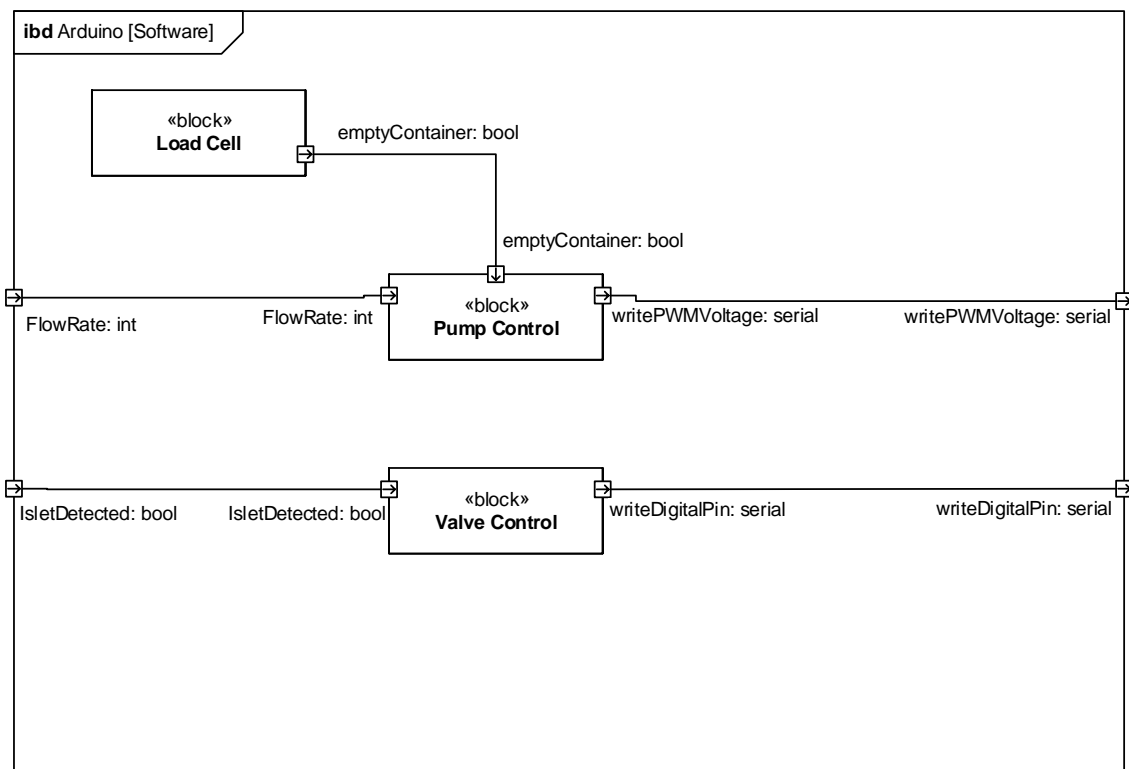


**Figur 3.3.** BDD - Cell Collector [Software]

#### 3.4.1 Arduino

Denne bloks formål er, at håndtere al funktionalitet til styring af Arduinoen. Til styring af Arduinoen anvendes Arduino Support Package, som frit kan hentes hos Mathworks. Den indeholder basale funktioner til bl.a. opsamling af analoge signaler, understøttelse af digitalt og PWM output og styring af DC motorer. Support biblioteket indeholder de funktioner der skal til for at styre systemets hardware. For at initialisere Arduinoen og hardwaren implementeres en funktion, som opsætter Arduinoen med de inputs og outputs der er specificeret under hardware afsnittet (figur: ??, s. 39). Denne funktion er kaldt initArduino. Når brugeren klikker "Stop" skal systemet lukke ned som specificeret i Use Case 3: Stop sorteringscyklus (s. 7). Til dette implementeres en funktion kaldet stopArduino.

Arduino blokken er yderligere opdelt i 3 underkategorier, som vist i figur 3.3. I det interne blok diagram (figur: 3.4) ses underblokkenes relationer med hinanden. Disse blokke er nærmere beskrevet herunder.



*Figur 3.4.* IBD - Arduino [Software]

#### 3.4.1.1 LoadCell

Denne funktion anvendes til, at få feedback fra loadcellen. Den læser det analoge input fra Arduinoen og sammenligner den med grænseværdien for hvornår celleopløsningsbeholderen er tom. Funktionens output er en boolean, som enten er true eller false alt efter om celleopløsningsbeholderen er tom.

#### 3.4.1.2 Pump Control

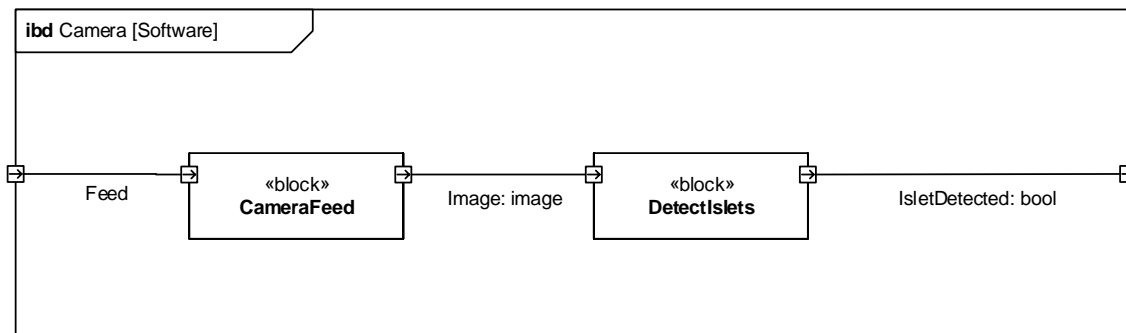
I denne funktion implementeres alt funktionalitet til styring af pumpen. Funktionen har en integer værdi som input, der specificerer flow hastigheden. Output af funktionen er et PWM moduleret signal til, at justere hastigheden på pumpen. Til dette anvendes funktionen writePWMVoltage fra Arduino Support pakken.

#### 3.4.1.3 Valve Control

Funktionen til styring af ventilen har en boolean som input. Denne værdi indikerer om en Langerhans Ø er detekteret af kameraet. Alt efter værdien af denne sættes forbindelsen til ventilen høj eller lav med funktionen writeDigitalPin.

### 3.4.2 Kamera

Denne bloks formål er, at modtage et feed fra kameraet samt at detektere om en Langerhansk Ø har passeret kameraet. Som det ses på det overordnede blok diagram for softwaren (figur: 3.3) består kamera blokken af 2 underblokke. Nedenstående interne blok diagram (figur: 3.5) viser, hvordan disse blokke er forbundet internt. De enkelte blokkes funktion er yderligere beskrevet herunder.



*Figur 3.5.* IBD - Camera [Software]

#### 3.4.2.1 CameraFeed

Denne bloks funktion er at modtage feedet fra kameraet og gemme billedet i handles. Til dette anvendes funktionen snapshot, der gemmer det nuværende billede som en variabel.

#### 3.4.2.2 DetectIslets

I denne funktion foregår alt billedbehandling på det omsamlende billede. Billedet segmenteres for at fjerne støj og andet væv. Alt efter om en Langerhansk Ø er detekteret eller ej returneres true eller false.

### 3.4.3 Funktioner

I nedenstående liste er systemets funktioner opsummeret.

- initArduino
- pumpControl
- valveControl
- loadCell
- cameraFeed
- detectIslets

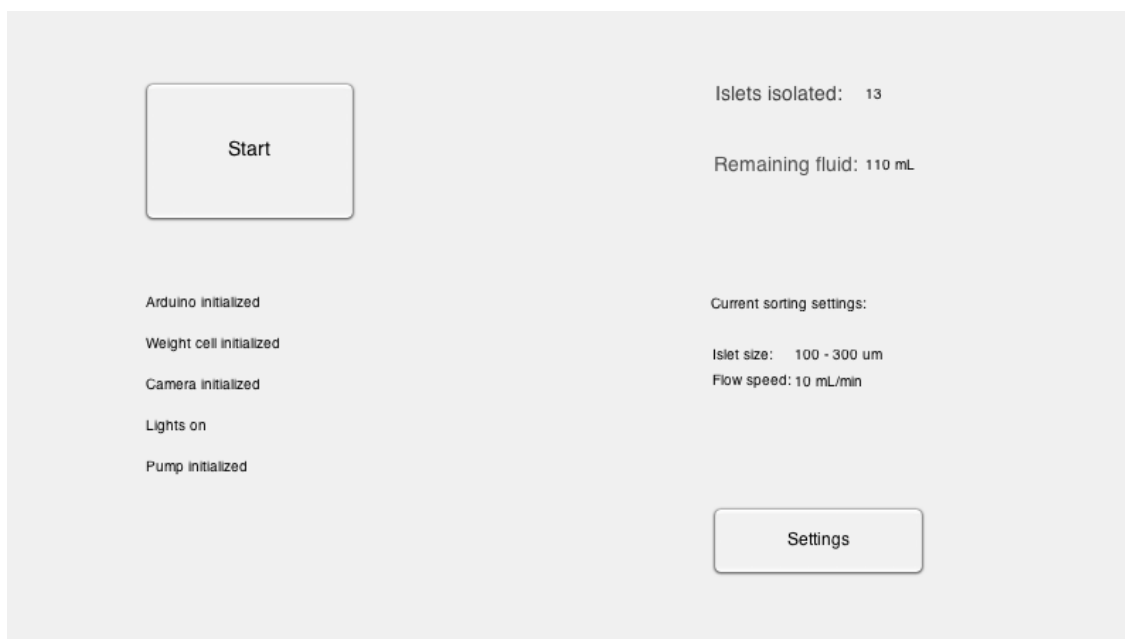
Herudover skal systemets indstillinger kunne ændres, samt data om sorteringscyklussen skal logges. Til dette implementeres funktionerne settings og exportData

- settings
- exportData

### 3.4.4 User Interface

#### 3.4.4.1 Hovedvindue

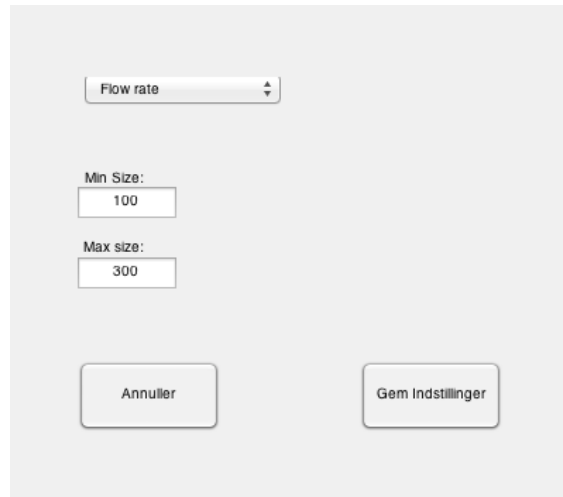
I figur 3.6 er et Mockup af GUI'en vist. I venstre side er der placeret en *Start knap*, som skifter stadie til en *Stop knap* når den er klikket. Under denne knap er en række indikatorer placeret til, at give operatøren feedback om status omkring initialiseringen af Hardwaren. I højre side af GUI'en er der placeret tekstfelter til, at give brugeren feedback omkring den nuværende sorteringscyklus, samt de anvendte indstillinger. Under disse felter er en knap til *Indstillinger*. Når denne klikkes åbnes et nyt vindue, hvor operatøren kan ændre i indstillingerne.



**Figur 3.6.** Mockup af GUI

#### 3.4.4.2 Indstillinger

I figur 3.7 er et Mockup af *Indstillingsvinduet* vist. Via 2 tekstfelter har operatøren mulighed for, at ændre størrelsen for de celler som systemet skal sorterer. Herudover har operatøren via en dropdown menu mulighed for at ændre flowhastigheden for pumpen. I Indstillingsvinduet er der yderligere placeret en "Annuller"knapp og en "Gem Indstillinger"knapp.



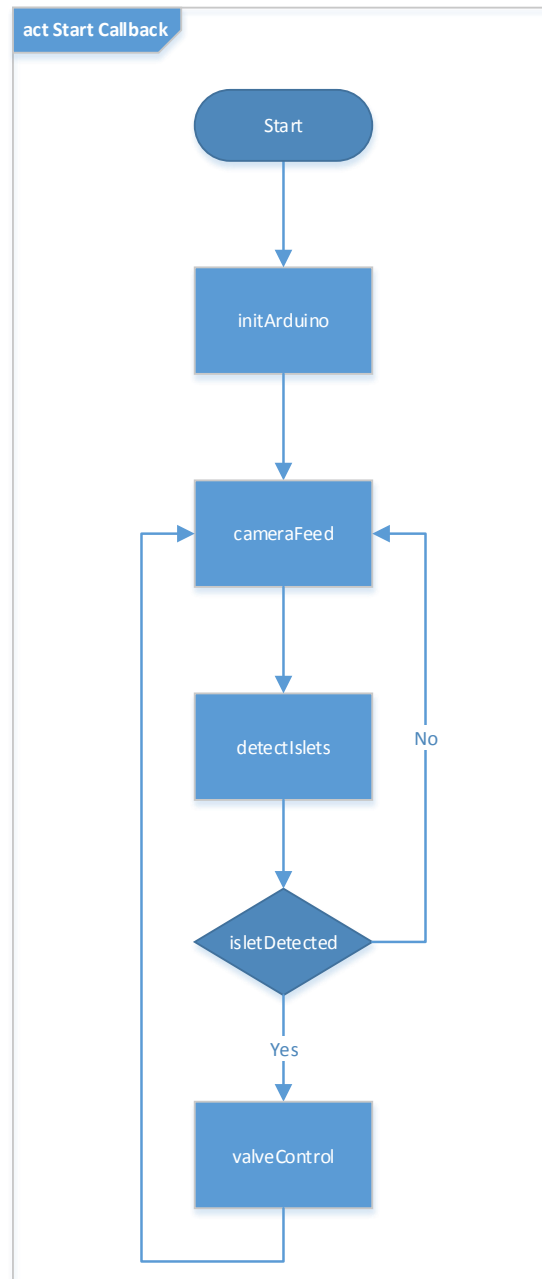
*Figur 3.7.* Mockup af Indstillinger

### 3.4.4.3 Callbacks

For de 3 knapper i GUI'en oprettes der 3 callback funktioner, hvor forskellig kode eksekveres når knapperne klikkes. Disse 3 callback funktioner er nærmere beskrevet herunder bl.a. vha. flow chart diagrammer.

#### 3.4.4.4 Start Callback

Denne callback funktion kaldes når operatøren klikker på Start knappen på GUI'en. Flowet i callbacket er vist i figur 3.8.

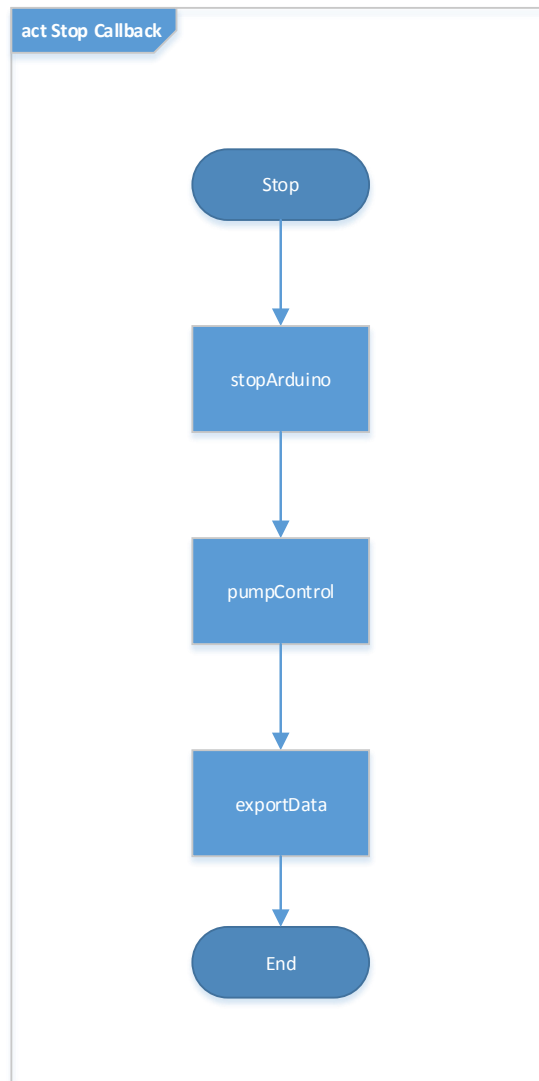


**Figur 3.8.** Aktivitetsdiagram for Start Callback



#### 3.4.4.5 Stop Callback

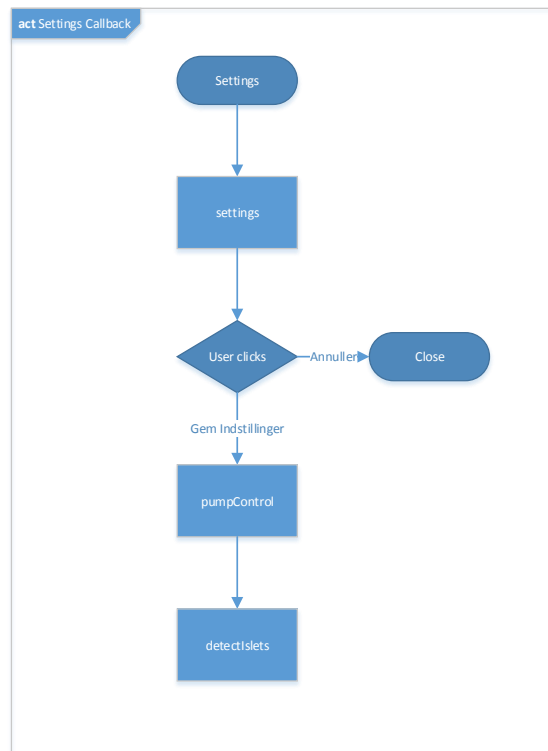
Denne callback funktion kaldes når operatøren klikker på Stop knappen på GUI'en. Flowet i callbacket er vist i figur 3.9.



**Figur 3.9.** Aktivitetsdiagram for Stop Callback

### 3.4.4.6 Indstillinger Callback

Denne callback funktion kaldes når operatøren klikker på Settings knappen på GUI'en. Flowet i callbacket er vist i figur 3.10. Når knappen klikkes åbnes et nyt vindue, hvor systemets indstillinger kan ændres. De ændrede indstillinger anvendes i funktionerne detectIslets og pumpControl.

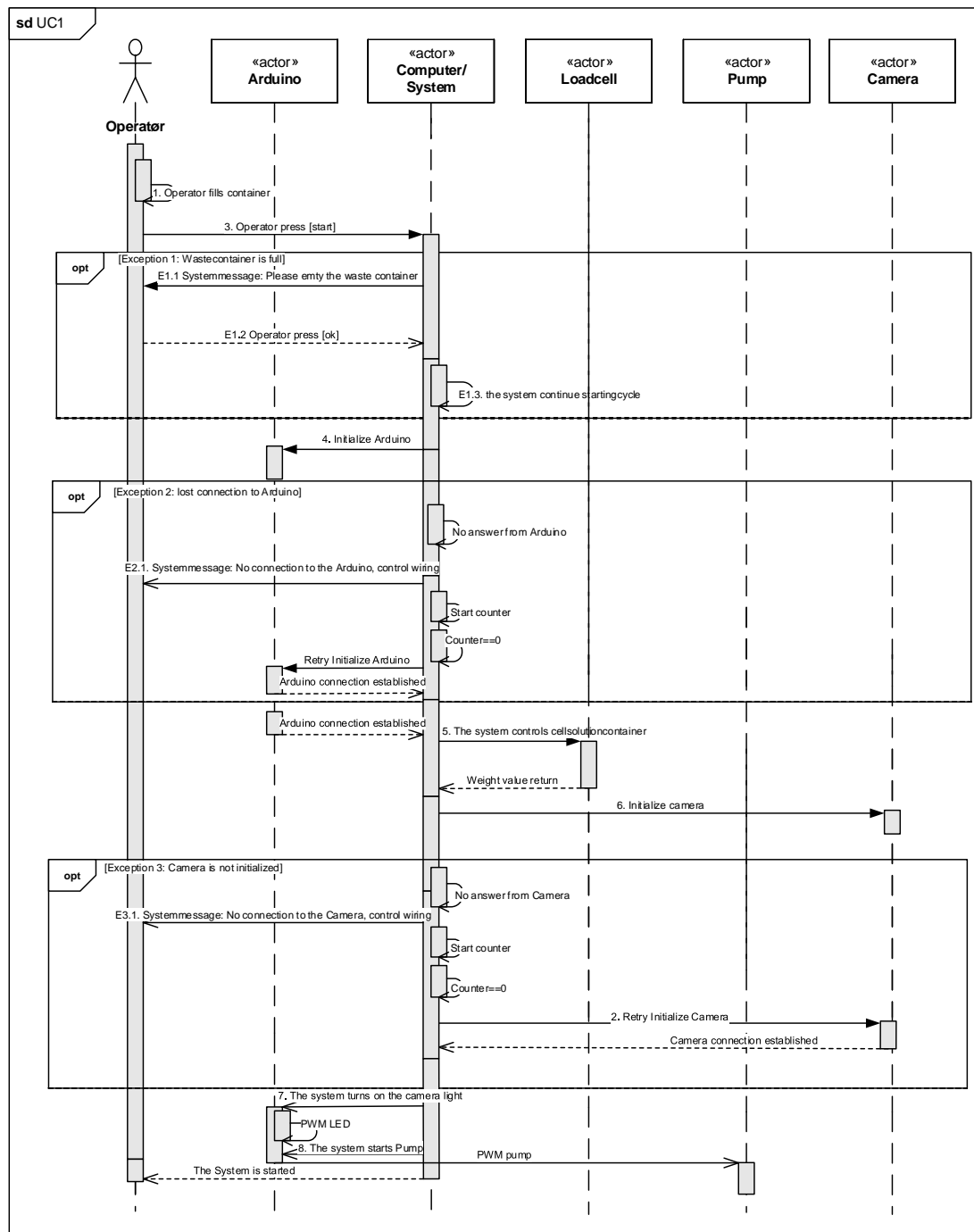


**Figur 3.10.** Aktivitetsdiagram for Settings Callback

## 3.5 Sekvensdiagrammer

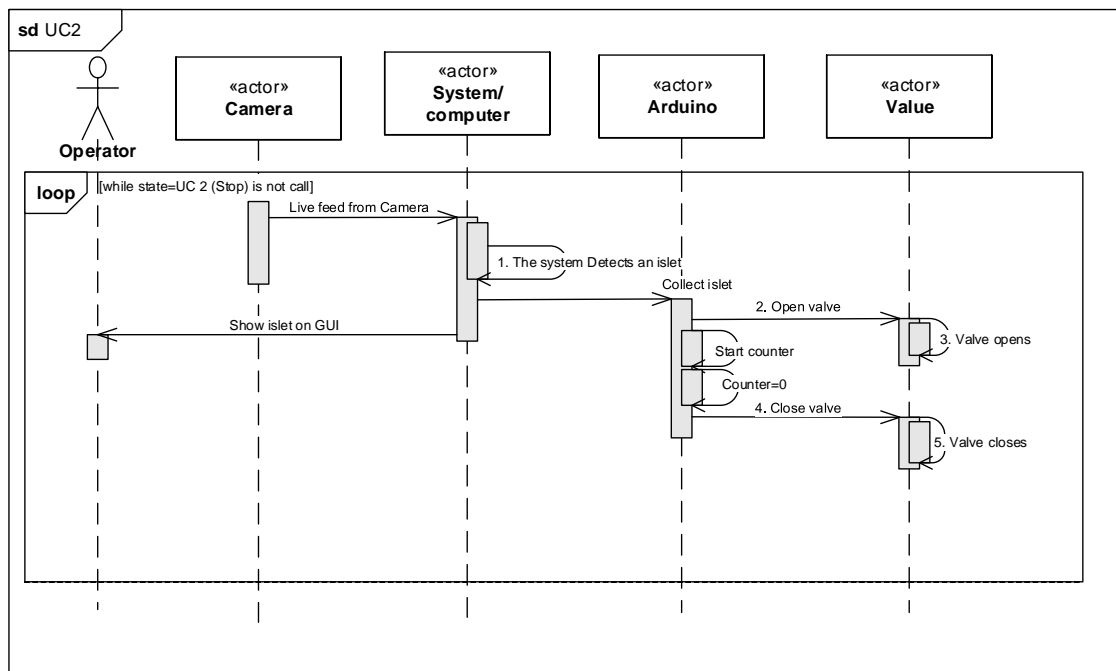
Dette afsnit består af Sekvensdiagrammer til hver usecase i kravspecifikationen. Et sekvensdiagram fortæller hvilke elementer, som bidrager til det givne forløb og interaktionen i mellem elementerne. I diagrammet er tid vertikalt, hvor der horisontalt sendes beskeder i mellem elementerne. Beskederne kan både være asynkrone(åben pil) og synkrone(udfyldt pil), asynkrone forventer ikke et svar tilbage, hvilket synkron gør. Svaret fra en synkron besked er en stiplet linje. Sekvensdiagrammerne bruges til udviklingen af produktet, hvor kan skabe sig et overblik omkring interaktionen af elementerne på et højere plan.

## 3.5.1 Sekvensdiagram for usecase 1



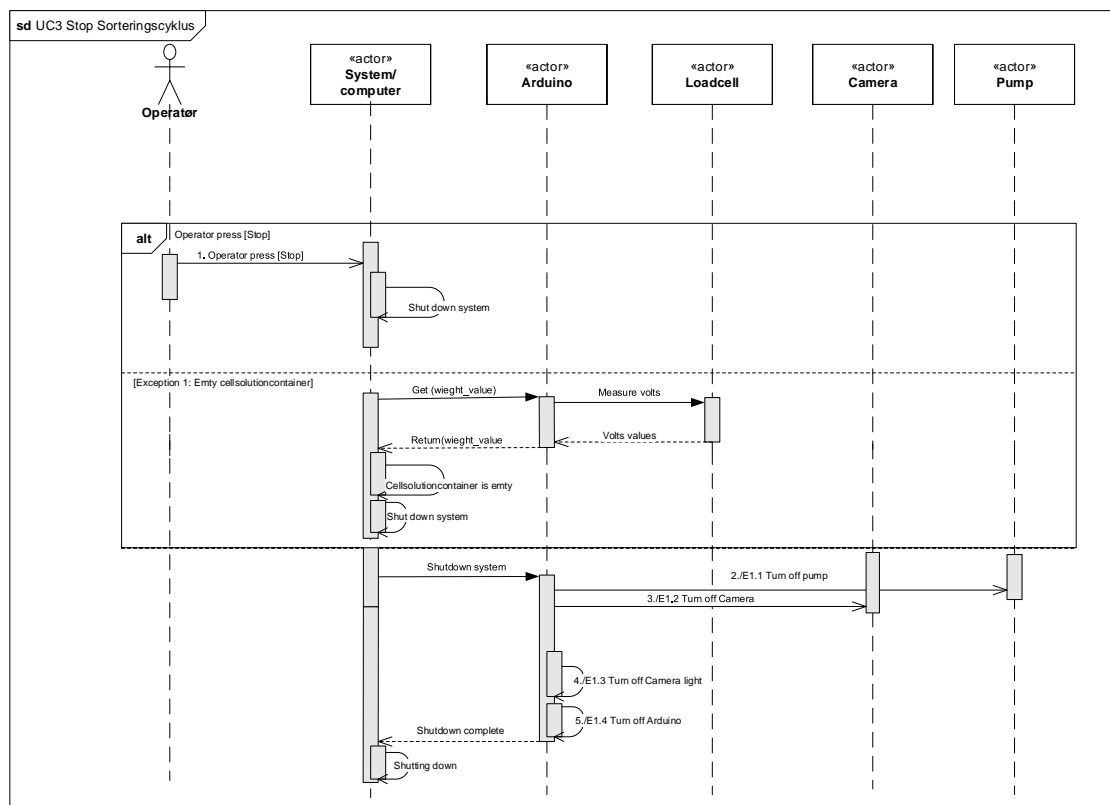
Figur 3.11. Sekvensdiagram for usecase 1

## 3.5.2 Sekvensdiagram for usecase 2



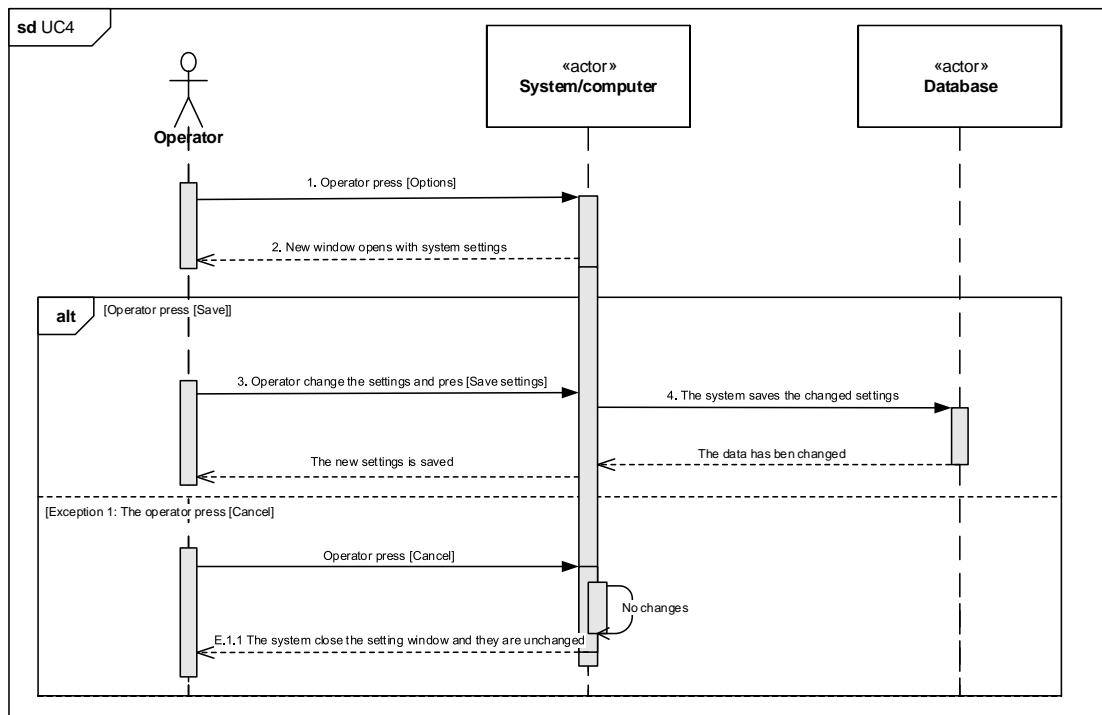
Figur 3.12. Sekvensdiagram for usecase 2

## 3.5.3 Sekvensdiagram for usecase 3



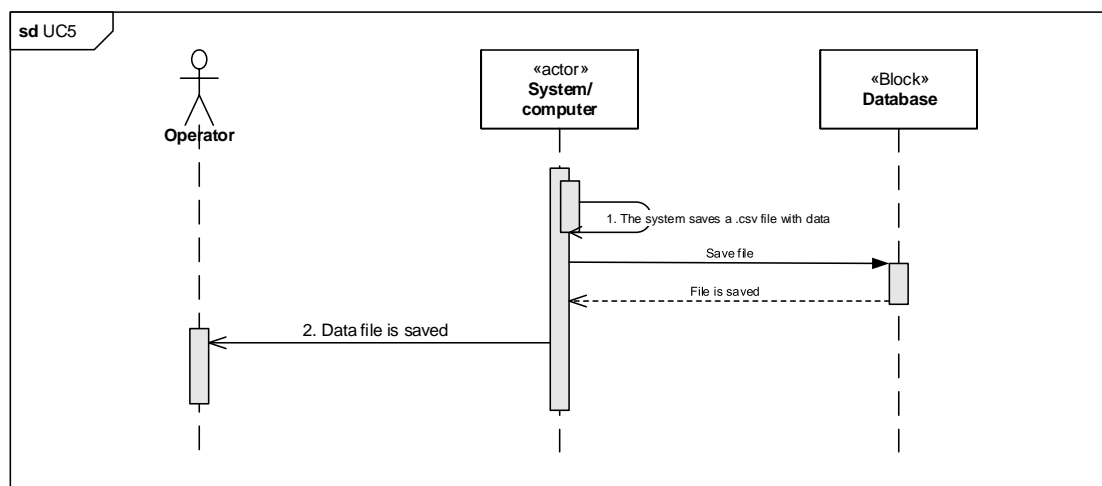
Figur 3.13. Sekvensdiagram for usecase 3

### 3.5.4 Sekvensdiagram for usecase 4



Figur 3.14. Sekvensdiagram for usecase 4

### 3.5.5 Sekvensdiagram for usecase 5



Figur 3.15. Sekvensdiagram for usecase 5

# Implementering 4

---

## 4.1 Indledning

Implementeringsafsnittet er afsnittet, hvor del elementerne udvikles mod et færdig produkt. Der vil være en beskrivelse af hver komponent, samt enhedstest og dokumentation for hvordan det er implementeret. Til sidst i denne fase er der en integrationstest, hvor delene samles til et produkt. Denne periode vil ske løbende, dvs. at produktet bygges langsomt sammen del for del og testes her ved. Dokumentet er tæt bundet sammen med design- og kravspecifikationsdokumenterne.

## 4.2 Vejledning

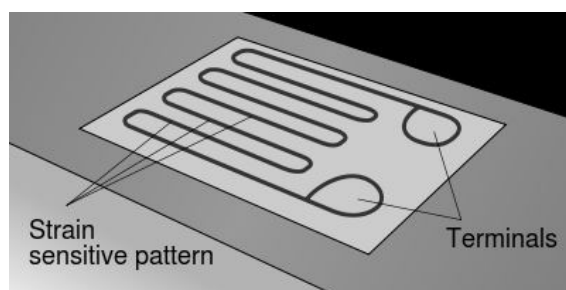
## 4.3 Versionshistorik

## 4.4 Hardware

Hardware implementering af *The Cell Collector* består af enhedstest af hver komponent, med følgende dokumentation. Enhedstestende er lavet i den skrevne rækkefølge og integreret i samme. I dette afsnit vil der være kredsløbsdiagrammer, teori, formler og beskrivelser. Hvilket er udarbejdet sideløbende med udviklingen af produktet.

### 4.4.1 Vægtcelle

For at kunne udnytte funktionen af en vægtcelle, skal opbygningen af denne forstås. En vægtcelle måler hvor meget vægt den udsættes for, vægcellen som den type der er brugt i dette projekt består af strain gages koblet i en wheatstone bro. En strain gages bruges til at måle fysisk stræk eller kompression. Den er simpel i sin opbygning ved at består af en meget tynd elektrisk ledende tråd, som er ført frem og tilbage på et elastisk folie, hvilket er illustreret på 4.1<sup>1</sup>.



**Figur 4.1.** illustration af strain gages

En strain gages modstand stiger ved stræk og falder ved kompression, dette kan beskrives ud fra formelen 4.1[Webster, 2010]s.47

$$R = \frac{P * L}{A} \quad (4.1)$$

Hvor R=modstand, p=modstand per meter, L=længden og A=tværsnitsarealet. Der er mere til formlen en dette, bla. materiale egenskaber, temperatur og selvfølgelig den strakte længde. På vægtcellen er der en strain gages fire strain gages, som er Placeret på vægtcellen på denne måde 4.2. Strain gages R1 og R4 bliver strukket, hvor R2 og R3 på undersiden bliver skubbet sammen.

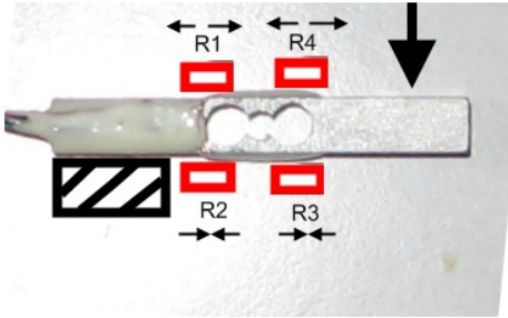
Måden de er forbundet er vist på 4.3, denne metode at koble modstande på kaldes en weststone bro[Hambley, 2011]s.122. mere specifikt for denne er også kendt som et full-bridge kredsløb[?]s.76. Forholdet mellem input spændingen og output spændingen kan beskrives, som vist på 4.2

$$V_{out} = GF * V_{in} * E \quad (4.2)$$

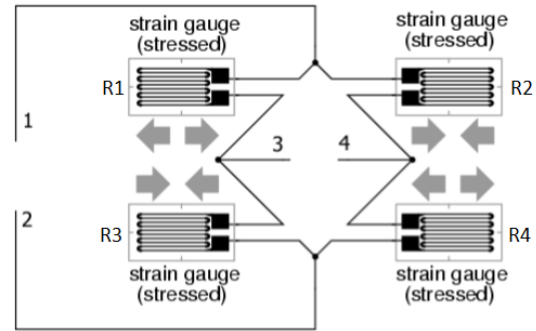
Hvor Vout=spændingen ud, Vin=spændingen in, GF= gages factor som er egenskabet for materialet og E=strukket der er tilført til vægtcellen.

<sup>1</sup>billedet er hentet med tilladelse fra [https://en.wikipedia.org/wiki/Strain\\_gauge](https://en.wikipedia.org/wiki/Strain_gauge)





**Figur 4.2.** illustration af strain gages i load-cell på virkning



**Figur 4.3.** illustration af koblingen strain gages i loadcell

Ud fra databladet 3.3.10 ses det, at output spændingen er 1.0mV pr volt på indgangsspændingen. Dette er pga. det meget lille strain der tilføres til emnet, hvilket også er med til at strain gagesene ikke går i stykker. Da Arduinoens analog til digital konverter bestående af 10bit, hvilket vil sige  $2^{10}=1024$  det betyder at konverteren har 1024 trin fra 0 til 1023. Konverterens arbejds-spænding går fra 0 V til 5 V.

$$\text{spndingpertrin} = \frac{\text{Maskimalspnding}}{\text{antaltrin}} = \frac{5V}{1024\text{trin}} = 0,0049V = 4,9mV \quad (4.3)$$

I 4.3 viser det sig at den mindste værdi ADC kan måle er 4,9mV, dette medfører at arduinoen maksimal vil måle et step ved 1kg på vægtcellen, Da  $1mV \cdot 5V = 5mV$ . Dette giver to valgmuligheder

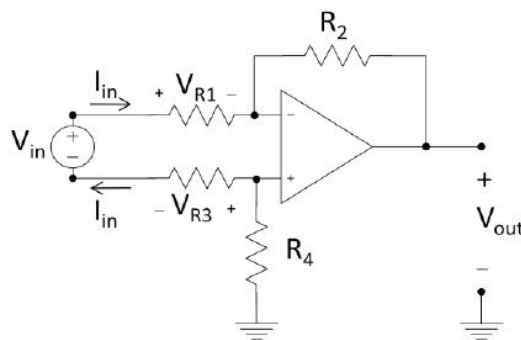
1. Anskaffe en bedre ADC, bestående af flere bits
2. Hæve udgangsspændingen fra vægtcellen

I dette tilfælde vælges punkt 2, at hæve udgangsspændingen fra vægtcellen. Til dette formål bruges en operationsforstærker, mere specifikt en differens operationsforstærker. En operationsforstærker består i sin mest simple funktion at forstærke et signal, men da udgangsspændingen fra vægtcellen er lav ønskes der følgende egenskaber:

1. En høj indgangsimpedans
2. Differentielt input med et single ended output
3. En høj undertrykkelse af støj
4. En simple forstærkning

Punkt 1, en høj indgangsimpedans ( $> 10 - 100\text{Mohm}$ ) sikre at forstærkeren ikke belaster måle objektet. Det ønskes for at få adgang til hele signalet, og at det ikke bliver undertrykt grundet at forstærkeren forbruger strømmen fra signalet.

Punkt 2, Differentielt input med et single ended output. Det er et ønske som skyldes at vægtcellen leverer et differentielt output. Hvor ved at et single ended output er lettere at arbejde med, især når der skal bruges en ADC. Indgangsmodstanden er bestemt ved modstanden mellem de to indgangsterminaler, som kan beskrives ved 4.4 og beregnes ved 4.4



**Figur 4.4.** illustration af differensforstærkerens indgangsmodstand

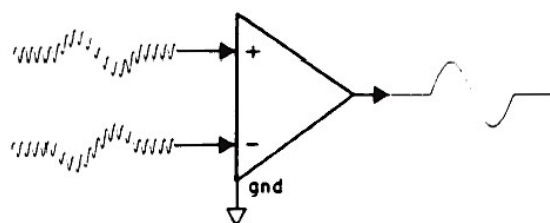
$$R_{in} = V_{in}/I_{in} \quad (4.4)$$

I den ideelle verden antages det, at spændingsforskellen i mellem indgangsterminalerne er nul kab der skrives vha. Kirchoffs spændingslov skrives i 4.5

$$V_{R3} - V_{in} + V_{R1} = 0 \Rightarrow V_{in} = V_{R3} + V_{R1} = I_{in}(R_1 + R_3) \Rightarrow R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_1 + R_2 \quad (4.5)$$

I 4.5 viser det sig at indgangsmodstanden er beskrevet ved modstandene i det omkring liggende kredsløb. Hvilket giver anledning til at vælge så høje modstande som mulige, men store modstande øger risikoen for støj i kredsløbet. Det betyder at ønsket ikke kan opfyldes, med blot en differensforstærker

Punkt 3, en høj undertrykkelse af støj. Støj kan skyldes rigtig mange ting, en typiske støjkomponent er 50 Hz brum. 50 Hz brum fremkommer ofte, da støjen skyldes de omkring liggende EL installationer, hvor der foregår en elektromagnetisk kobling. men når der benyttes en differensforstærker, kan common mode støjen undertrykkes. Common mode støj er indstrålet støj der kommer på begge ledninger til differensforstærkeren. Det er differensforstærkeren god til at fra sorterer, fordi den trækker de to input fra hinanden. Det vil sige at hvis støjen er enes på de to ledninger, vil den differentiere den samme værdi fra hinanden hvilket vil give 0. en illustration af dette kan ses på 4.5

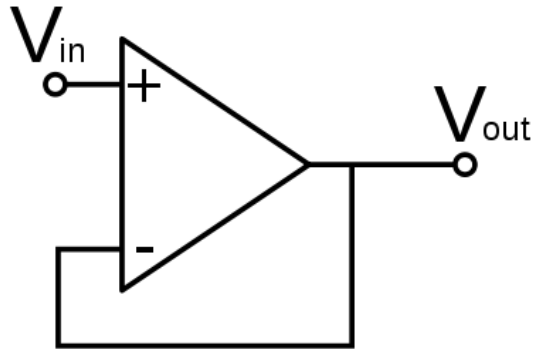


**Figur 4.5.** illustration af differensforstærkerens common mode støj undertrykkelse

Punkt 4, en simpel forstærkning. Med det over stående kredsløb, kan en simpel forstærkning ikke opnås. Det kan det ikke da det kræver at  $R_2$  divideret med  $R_1$  er lig

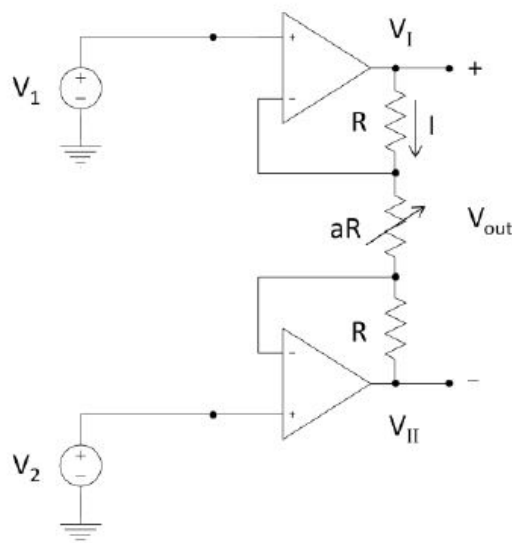
med  $R_4$  divideret med  $R_3$ . Hvilket vil være umuligt da modstande har en tolerancer for, hvor præcise de er.

For at opfylde de ønskede egenskaber skal differensforstærkeren modificeres. For at sikres en høj indgangsmodstand kan en spændingsfølger benyttes, som har til formål at forstærke en til en. Det vil sige at den i teorien har samme udgangsspænding som indgangsspændingen. se 4.6 for en illustration, denne sættes på begge outputs fra vægtcellen.



**Figur 4.6.** illustration af spændingsfølger

Med en spændingsfølger opnås der en høj indgangsmodstand, men signalet er stadig differentielt og uden forstærkning. Derfor indsættes der 3 modstande som vist i 4.7

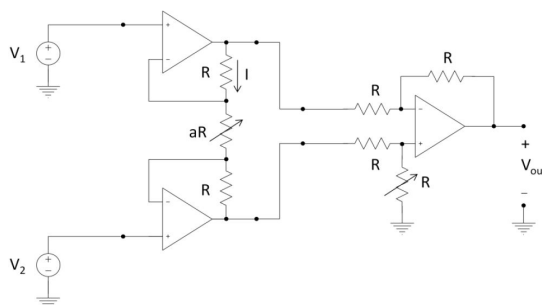


**Figur 4.7.** illustration af spændingsfølger med gain

Ved brug af KVL og KCL kan forstærkningen skrives som i 4.6, hvor  $A_d$  er forstærkningen og  $R_a$  er modstanden i midten. Dette gør forstærkningen simpel fordi der kun skal ændres en modstand.

$$A_d = 1 + \frac{2}{R_a} \quad (4.6)$$

Til at opfylde ønskerne om undertrykkelse af støj og et single ended output kan differensforstærkeren sættes efter spændingsfølgerne med forstærker trinnet. Hvilket får kredsløbet til at se ud som vist i 4.8

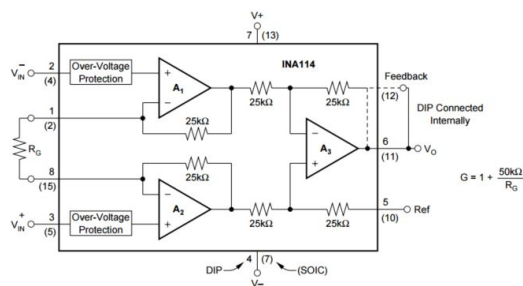


**Figur 4.8.** illustration af spændingsfølger med gain og differensforstærker

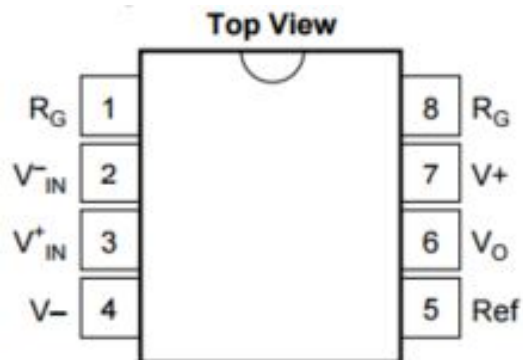
ligning 4.7 viser overføringsfunktionen for diagrammet i 4.8.

$$V_{out} = (V_2 - V_1) * (1 + \frac{2}{Ra}) \quad (4.7)$$

Kredsløbet på 4.8 kaldes en instrumentationsforstærker, hvilket der i projektet er indkøbt for at spare tid. Den indkøbte instrumentationsforstærker hedder INA114, som har kredsløbet og pin konfiguration vist på 4.9 og 4.10<sup>2</sup>



**Figur 4.9.** INA114 diagram



**Figur 4.10.** pin konfiguration af INA114 8pin

<sup>3</sup> Fra databladet til INA114 ses det at den har en CMRR på 115dB, ved et gain på 1000 og en indgangsmodstand på 10Gohm. forstærkningen kan regnes ud fra formelen i databladet 4.9

$$G = (1 + \frac{50Kohm}{RG}) \quad (4.8)$$

I tilfældet i dette projekt skal der bruges et gain på  $4,9V/5mV=980$  4,9V for ikke at komme i mætning på arduinoens ADC og 5mV da det er den maksimale spænding vægtcellen kan

<sup>2</sup>hentet fra databladet fra INA114

<sup>3</sup>FiXme Note: reference til datablad i billag

komme op på.

$$RG = \frac{50Kohm}{(980 - 1)} = 51ohm \quad (4.9)$$

kredsløbet for INA114 og vægtcellen til arduinoen kan ses på figur...

## 4.5 Software

# Litteratur

---

- Arduino.** Arduino. *Microcontrollerboard— Arduino, UNO*. URL <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Online; accessed 30-October-2015].
- baslerweb.** baslerweb. *White paper — Camera selection, How ca i find the right camera for my image processing system?* URL [http://www.baslerweb.com/media/documents/BAS1408\\_White\\_paper\\_Camera\\_Selection\\_EN.pdf](http://www.baslerweb.com/media/documents/BAS1408_White_paper_Camera_Selection_EN.pdf). [Online; accessed 30-October-2015].
- ebay, a.** ebay. *Ventil— Ebay, magnetventil*. URL <http://www.ebay.com/itm/DC-6V-Open-Frame-3-Port-Water-Electromagnet-Solenoid-Valve-w-Cables-/391276460005?hash=item5b19e4f7e5%3Ag%3A~kgAA0SwiLdWCTDE>. [Online; accessed 30-October-2015].
- ebay, b.** ebay. *Vægtcelle— Ebay,.* URL <http://www.ebay.com/itm/281311660424>. [Online; accessed 30-October-2015].
- ebay, c.** ebay. *Pumpe— Ebay,.* URL <http://www.ebay.com/itm/6V-Peristaltic-Pump-Dosing-Water-Pump-DC-Motor-Tube-For-Aquarium-Lab-Analytical-/131367703927?hash=item1e96201577>. [Online; accessed 30-October-2015].
- Farnell.** Farnell. *Farnell — Kamera, microscope digital*. URL <http://dk.farnell.com/duratool/bw788/microscope-digital-usb-25x-200x/dp/2319420>. [Online; accessed 30-October-2015].
- Hambley, 2011.** Allan R. Hambley. *Electrical Engineering, 5th edition*. ISBN: 978-0-13-215516-8, Paperback. PEARSON, 2011.
- Velleman.** Velleman. *Motor shield— Velleman, L298p*. URL [http://www.velleman.co.uk/contents/en-uk/p624\\_vma03.html](http://www.velleman.co.uk/contents/en-uk/p624_vma03.html). [Online; accessed 30-October-2015].
- Webster, 2010.** John G. Webster. *Medical instrumentation, 4th edition*. ISBN: 978-0471-67600-3, Paperback. John Wiley and sons, INC., 2010.

## Rettelser

Note: Tabeloverskrifter skal fortsætte på næste side . . . . .	16
Note: reference mangler . . . . .	37
Note: Ikke vedtaget endnu . . . . .	41
Note: reference til datablad i billag . . . . .	64