



# CHALMERS

---

## **Undersökning om smarttelefon kan indikera glaukom**

Examensarbete inom Högskoleingenjörsprogrammet i data-teknik

OSKAR GUSTAVSSON

## **Undersökning om smarttelefon kan indikera glaukom**

Oskar Gustavsson

© Oskar Gustavsson, 2014

Institutionen för data- och informationsteknik  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Tel: 031-772 1000  
Fax: 031-772 3663

Institutionen för data- och informationsteknik  
Göteborg, 2014

# **Undersökning om smarttelefon kan indikera glaukom**

OSKAR GUSTAVSSON  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GÖTEBORG SVERIGE

# Abstract

Glaucoma is an eye disease that causes damages to the optic nerve and can lead to blindness if left untreated. When the disease is discovered it has often already caused great damages to the affected eye. This is because the damage develops so slowly that it is not noticed until it is too late. The purpose of this project is to investigate if it is possible to indicate glaucoma using only a smartphone. It continues the work of an earlier project with the same purpose, where test to indicate glaucoma was being developed but never able to finish.

The project was performed on Chalmers University of Technology and continued the development of the Android application created in the earlier project, where work on a perimetry test and a pupil reaction test had started. The purpose of the perimetry test was to find blind spots in the central vision field and the pupil reaction tests purpose is to compare the pupil reactions to stimulation with light.

The perimetry test was dropped after conversation with an experienced doctor showed that it would not be able to produce reliable results. The perimetry test was instead replaced by a new test, a color difference test. The color difference test checks how colors are perceived in the central visual field to find damages on the light sensitive cells in the eye.

The pupil reaction test never reached a stage where it produced reliable results and was therefore never tested but a simple version of the color difference test could be developed and tested on a group of ten people both with and without visual defects.

A person suffering from glaucoma and presbyopia (inability to focus on close distances) along with one person with colorblindness was given positive results while the rest of the group was given negative results. The results showed that a smartphone could likely be used to indicate symptoms of glaucoma. The test should only be seen as an indicator for disease and more tests should be performed to confirm the possible defects.

# Sammanfattning

Glaukom vanligen kallat grön starr, är en ögonsjukdom som skadar synnerven, vilket kan leda till blindhet om den inte behandlas i tid. När sjukdomen väl upptäcks har den ofta redan hunnit orsaka stor skada på synen, då den utvecklas så långsamt, att den drabbade inte märker någon större förändring innan det är för sent. Projektets syfte är att undersöka om det är möjligt att påvisa glaukom med hjälp av en smarttelefon. Detta är en fortsättning på ett tidigare projekt med samma syfte, där tester för att indikera glaukom påbörjats, men av olika skäl inte har kunnat fullföljas.

Arbetet har genomförts på Chalmers tekniska högskola och bygger vidare på den Android app, som använts i det tidigare glaukomprojektet, där man har försökt utveckla synfältstest och pupillreaktionstest. Synfältstestets syfte var att undersöka förekomsten av blinda punkter i det centrala synfältet och pupillreaktionstestet skulle jämföra pupillens reaktion vid stimulering med ljus. Nuvarande projekt fortsatte med att undersöka och vidareutveckla olika metoder för att indikera glaukom med smarttelefon.

Utifrån samtal med en erfaren läkare konstaterades, att synfältstestet i nuvarande form inte kan prestera pålitliga resultat och istället med ett nytt test som fokuserar på färgseende. Det nya testet, färgskillnadstestet, kontrollerar ifall färger uppfattas annorlunda i olika punkter inom det centrala synfältet. Eventuella avvikelser på färgerna indikerar skador på de ljuskänsliga cellerna i ögat.

Pupillreaktionstestet blev inte heller pålitligt nog för att kunna testas (tidsnöd). Däremot kunde en version av ett färgskillnadstest tas fram och användas. Testet genomfördes på en grupp om tio personer; både med och utan synfel.

En person med glaukom och åldersseende samt en med färgblindhet fick positiva resultat på färgskillnadstestet medan resten av testgruppen fick negativa resultat. Resultaten visar att det troligen går att påvisa symptom av glaukom och i viss mån färgblindhet med en smarttelefon. Testet måste enbart ses som en indikator och bör följas upp med kompletterande undersökningar för att säkerställa antydda defekter.

# Beteckningar

<b>ADT</b>	Android Developer Tools
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>App</b>	Applikation som körs på smarttelefon
<b>BSD</b>	Berkeley Software Distribution
<b>JRE</b>	Java Runtime Environment
<b>MVC</b>	Model-View-Controller
<b>NDK</b>	Native Development Kit
<b>SDK</b>	Software Developer Kit
<b>XML</b>	Extensible Markup Language

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b>	<b>1</b>
1.2 Mål	1
1.2 Syfte	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Precisering av frågeställning	2
1.6 Tidsplan	2
<b>2. Bakgrund</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Teoretisk bakgrund</b>	<b>3</b>
2.1.1 Glaukom	3
2.1.2 Tryckmätning	3
2.1.3 Ögonbottenfotografering	3
2.1.4 Synfältsundersökning	4
2.1.5 Pupillreaktion	4
<b>2.2 Tidigare projektet</b>	<b>4</b>
2.2.1 Synfältstest	4
2.2.2 Pupillreaktionstest	5
<b>2.3 Teknisk bakgrund</b>	<b>5</b>
2.3.1 Java	5
2.3.2 Android	5
2.3.3 Eclipse	6
2.3.3.1 SDK - Software Developer Kit	6
2.3.3.2 ADT - Android Developer Tools	6
2.3.3.2 NDK - Native Development Kit	6
2.3.4 OpenCV	6
2.3.4.1 HAAR-funktioner	6
2.3.5 MCV	6
2.3.6 Git	7
<b>3. Metod</b>	<b>8</b>
<b>4. Förstudie</b>	<b>9</b>
<b>4.1 Kontakt med läkare</b>	<b>9</b>
4.1.1 Bertil Lindblom	9
4.1.2 Lars Frisé	9
4.1.3 Allan Rydz	10
<b>4.2 Färgseende</b>	<b>10</b>
<b>4.3 Färgkonfrontationstest</b>	<b>10</b>
<b>5. Utveckling</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Val</b>	<b>12</b>
5.1.1 Informationsökande	12
5.1.2 Etiskt stöd	12
5.1.3 Testmetoder att utveckla	12
5.1.4 Plattform	13
<b>5.2 Färgskillnadstest</b>	<b>13</b>
5.2.1 Översikt	13
5.2.2 Detaljer	15
5.2.3 Upplägg	16

<b>5.3 Pupillreaktionstest</b>	<b>16</b>
5.3.1 Översikt	17
5.3.2 Detaljer	18
5.3.3 Kodens upplägg	20
<b>6. Tester</b>	<b>21</b>
<b>6.1 Testgrupp</b>	<b>21</b>
<b>6.2 Etiskt godkännande</b>	<b>21</b>
<b>6.3 Färgskillnadstest</b>	<b>22</b>
<b>6.4 Pupillreaktionstest</b>	<b>24</b>
<b>7. Resultat</b>	<b>25</b>
<b>7.1 Synfältstest</b>	<b>25</b>
<b>7.2 Pupillreaktionstest</b>	<b>25</b>
<b>7.3 Färgskillnadstest</b>	<b>25</b>
<b>8. Diskussion</b>	<b>26</b>
<b>8.1 Framtida utveckling</b>	<b>26</b>
8.1.1 Förbättring av färgskillnadstest	26
8.1.2 Förbättring av pupillreaktionstest	27
8.1.3 Framtida möjligheter	28
<b>8.2 Miljö &amp; etik</b>	<b>28</b>
<b>8.3 Källkritik</b>	<b>29</b>
<b>8.4 Slutsats</b>	<b>29</b>
<b>9. Referenser</b>	<b>30</b>
<b>10. Appendix</b>	<b>32</b>
<b>10.1 Tidsplan</b>	<b>32</b>



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Glaukom, även kallad grön starr, är en ögonsjukdom som påverkar synnerven och kan leda till permanent nedsatt syn eller blindhet. Sjukdomen beror ofta på en tryckökning i ögat som gör att blodkärl i ögat pressas ihop och leder till att synnerven får näringsbrist och långsamt skadas. Skadan av glaukom sker mycket långsamt och gör att de drabbade vanligtvis inte märker av att synen påverkats. Detta gör att sjukdomen ofta upptäcks sent och har då redan orsakat stor permanent skada på synen. De metoder som används för att upptäcka glaukom omfattar ofta användning av dyr utrustning och är då vanligen begränsad till optiker och läkare. Detta gör att en enskild individ inte med enkelhet kan testa sig själv om eventuella symptom på sjukdomen.

Ett första projekt påbörjades av studenter på Chalmers tekniska högskola, bland dem författaren av denna rapport, för att reda ut om det var möjligt att påvisa glaukom med en smarttelefon (Berglund et al. 2014). En smarttelefon är en mobiltelefon som kan köra "appar" och är utrustad med en pekskärm och kamera. Om det vore möjligt för en smarttelefon att upptäcka glaukom, då skulle användare kunna testa sig själva och få en indikation om de behöver söka vård. Det skulle då kunna leda till att sjukdomen upptäcks tidigare och att ytterligare permanent skada kan förebyggas.

Under det tidigare projektet valdes två tester ut att fokuseras på efter kontakt med ögonläkare: synfältsundersökning och pupillreaktion. Läkarna ansåg att de två metoderna skulle kunna indikera glaukom och vara genomförbara på en smarttelefon.

Ett synfältestest innebär att en användare får ge respons på prickar som visas slumpmässigt på en skärm. Området som prickarna visas inom är begränsat till ett normalt centralt synfält, ifall några prickar missas kan detta tyda på att det finns lokala skador på synen. Pupillreaktionstestet utförs genom att mäta reaktionen på pupillen, hur mycket den växer eller dras samman efter ljusstimulans. Om ögonen reagerar olika på liknande stimulans, kan det tyda på att ögonen är skadade.

De två metoderna började utvecklas i en Android-applikation men kunde inte slutföras inom projektets tidsplan. Detta ledde till att frågeställningen inte kunde besvaras helt.

## 1.2 Mål

Målet är att påvisa symptom av glaukom i ett tidigt stadium hos en användare genom tester med en smarttelefon.

## 1.3 Syfte

Arbetet bygger vidare på projektet "Undersökning av möjlighet att upptäcka glaukom med en smarttelefon" (Berglund et al. 2014). Det nya projektet fortsätter arbetet med att skapa tester, med målet att se om de kan ge en indikation på om en användare har vissa symptom på glaukom.

## 1.4 Avgränsningar

Metoderna, som testerna kommer att bygga på, kommer inte att omfatta fysisk kontakt med ögat, utan enbart bestå av att användaren skall observera en skärm eller att ögat observeras av en kamera.

Testerna, som implementeras, är inte menade att vara kalibrerade för medicinsk bedömning, utan skall endast ge en indikation om symptom av sjukdomen finns hos användaren. Testerna skall alltså inte ge några definitiva svar eller diagnoser utifrån resultatet.

Utvecklingen av testerna kommer endast att göras i Android-miljö.

## 1.5 Precisering av frågeställning

Arbetets målsättning är att besvara om det är möjligt att indikera symptom av ögonsjukdomen glaukom genom enkla test med en smarttelefon.

De frågor som projektet syftar på att besvara är:

- Kan synfältstest på en smarttelefon påvisa symptom av glaukom?
- Kan symptom av glaukom indikeras av pupillreaktionstest med en smarttelefon?
- Kan någon annan metod användas för att indikera glaukom med en smarttelefon?

## 1.6 Tidsplan

Projektet beräknades ta 10 veckor att genomföra. Planeringen innehöll flera olika överlappande moment som utveckling och testning med fortlöpande rapportskrivning och loggbokförande, hela planeringen finns att se i appendix 10.1 Tidsplan.

## 2. Bakgrund

### 2.1 Teoretisk bakgrund

#### 2.1.1 Glaukom

Glaukom är en ögonsjukdom som skadar synnerven och kan leda till blindhet (Wikipedia 1 2014). Sjukdomen kan drabba vem som helst men den är vanligare bland äldre, diabetiker och om den finns i släkten (Dahl, sid 3 2013).

Ökat tryck i ögat är en vanlig orsak för glaukom och uppstår av att ögats dräneringskanaler blir blockerade och inte kan avleda gammal vätska (Wikipedia 1 2014). Kroppen producerar ständigt ny vätska men eftersom den inte kan dräneras så byggs trycket upp i ögat (1 2014). Det tryck som uppstår, påverkar ögonnervernas möjlighet att tillgodose sig näring (1 2014). Näringsbristen leder till att nerverna gradvis dör och det är oftast nerverna ute i kanterna på synfältet, som påverkas först, då de är mest perifera och följaktligen får minst näring (1 2014). Glaukom kan också uppstå vid normalt ögontryck; normaltrycksglaukom, och av andra sjukdomar eller skador; sekundärglaukom (Dahl, sid 3 2013).

Då skadorna på nerverna i normala fall av sjukdomen har ett långsamt utvecklingsförlopp, så blir det svårt för drabbade att märka av den försämrade synen (St: Eriks 2014). Hjärnan kompenserar och fyller i bilden inom det område, som är påverkat (Heijl et al. 2010). Ett exempel på att hjärnan kompenserar för förlorad syn är att det i alla ögon finns ett område kallat "blinda fläcken", som är där synnerven leder ut ur ögat (Wikipedia 2 2014). I den blinda fläcken finns inga ljuskänsliga celler, vilket gör att den delen av synfältet är blint, men hjärnan fyller ut med det som finns runt omkring (2 2014).

Det finns flera symptom för glaukom men alla måste inte uppfyllas för att sjukdomen skall förekomma. Ett konkret symptom är synförlust, som uppkommer först efter att sjukdomen har hunnit göra kronisk skada på synen (Dahl, sid 4 2013). Några vanliga symptom är förhöjt ögontryck, nedsatt pupillreaktion, skadade nerver i ögat och röda ögon (sid 4 2013).

Några av de metoder som används idag för att upptäcka glaukom är synfältsundersökning, mätning av ögontryck och ögonbottenfotografering (sid 4 2013).

#### 2.1.2 Tryckmätning

För att mäta trycket inom ögat används en tonometer och undersökningen kan utföras av optiker eller läkare. Testet utgörs av att trycka på ögat med antingen en stav eller med en luftstråle, och sedan observera hur ögat deformeras (Wikipedia 3 2014). Andra metoder finns för att mäta trycket, som med elektricitet, men omfattar alltid någon typ av påverkan på ögat (WebMD 1 2012). Ju högre tryck ögat har, desto mindre kommer det att deformeras. Högt ögontryck innebär en stor risk för att utveckla glaukom, men det finns många exempel på när så inte är fallet, vilket gör att det finns en viss osäkerhetsfaktor för att upptäcka sjukdomen enbart med detta test.

#### 2.1.3 Ögonbottenfotografering

Ögonbottenfotografering innebär att bilder tas av insidan av ögat. Bilderna visar i uppförstorat skick hur blodkärl och synnerven ser ut i ögat och en ögonläkare kan med detta som underlag avgöra om det finns skador (Wikipedia 4 2014). För att underlätta tagningen av bilderna används ögondroppar för att förstora pupillerna.

## 2.1.4 Synfältsundersökning

Vid en synfältsundersökning visas punkter slumpmässigt för testpersonen. Testet kontrollerar om de punkter eller ljus, som visas runt om i synfältet kan uppfattas (WebMD 2012). I de fall personen inte ser alla punkterna så kan det innebära att de är utanför personens synfält eller att det finns en defekt på synen i punkternas område. Testet kan användas för att ta reda på hur synfältets kanter ser ut och om det finns lokalt skadade områden.

## 2.1.5 Pupillreaktion

Iris är en muskel i ögat, som reglerar storleken på pupillen och pupillen är öppningen ("bländaren") i ögat, som reglerar ljusflödet till näthinnan. Mängden ljus som ögat släpper in är beroende på hur öppen pupillen är. Pupillens storlek är beroende av vilken stimulans av ljus, som ges till ljuskänsliga celler. Om mycket ljus släpps in minskas pupillens storlek respektive ökas vid lite ljus och eller mörker tills en balans uppnås. Pupillerna kan påverka varandras reaktioner då båda i regel reagerar på liknande sätt även om endast ett öga blir stimulerat. Pupillens reaktion påverkas av glaukom, och sjuka ögon skiljer sig märkbart mot friska ögons då reaktionen på ögonen försämras (Kanipati et al. 2011).

## 2.2 Tidigare projektet

Projektet, som arbetet bygger vidare på är "Undersökning av möjlighet att upptäcka glaukom med en smarttelefon" (Berglund et al. 2014). I projektet granskades flera av de nuvarande metoderna, som används för att indikera glaukom, av vilka två valdes ut som passande att tillämpas på en smarttelefon; synfältstest och pupillreaktionstest. Utvecklingen av testerna påbörjades, men tidsbrist gjorde att projektet inte blev färdigställt. Kod från projektet användes med tillstånd från alla deltagare.

### 2.2.1 Synfältstestet

Testet utvecklades för att hitta defekter inom det centrala synfältet genom att låta användaren hålla enheten framför ögat på ett bestämt avstånd och registrera slumpmässigt visade punkter. Testet undersökte endast ett öga per test

Området av synfältet som testet täcker är 40 grader vertikalt och 60 grader horisontalt och blicken skall hållas i mitten av detta fönster. Avståndet, som skulle hållas mellan enheten och ögat, räknas ut automatiskt med skärmens storlek och den vertikala vinkeln som användes under testet. Testet har 60 förbestämda punkter som slumpmässigt visas upp var för sig en kort stund, i ca 200 ms. Efter varje punkt följde ett uppehåll på 3 sekunder där användaren kan registrera punkten genom att trycka på volymknapparna. När alla punkter har visats och det finns punkter som inte registrerats visas de missade punkterna ännu en gång för att förebygga felaktiga resultat. Resultatet av testet visas genom att alla punkter ritas ut och är färgade gröna om de registrerats och röda ifall de missades. De röda punkterna kan vara områden där synen är skadad.

## 2.2.2 Pupillreaktionstestet

Målet med testet är att jämföra hur pupillerna på en användares öga reagerar på liknande ljusstimulans. Eventuella skillnader mellan ögonens reaktioner kan vara tecken på skada då friska ögon ska reagera likadant på liknande stimulanser.

Upplägget för testet var att filma varje öga och under en kort stund av inspelningen, belysa det för att framkalla en reaktion på pupillen. Filmen skulle sedan analyseras för att ta ut iris och pupillstorleken ur varje bild. Ifrån värdena på iris och pupillen kan man sedan räkna ut hur kraftiga reaktionerna var, samt hur lång reaktionstiden och återställningstiden var för pupillerna. Dessa tider och värden ska sedan jämföras med motsvarande resultat från andra ögat för att upptäcka eventuella skillnader.

Under utvecklingen så lyckades kod för videoupptagning och kontroll av kamerans lampa tas fram samt en algoritm, som kunde hitta ögon, iris och pupiller. De olika delarna hann dock inte kombineras och testen blev då aldrig slutförda.

Algoritmen använder sig utav OpenCV-biblioteket och utnyttjar Haar-funktioner (se 2.3 Teknisk Bakgrund) för att hitta olika former, såsom ögon. I OpenCV-biblioteket finns det också tillgång till en mängd algoritmer, som kan användas för att analysera bilder med.

Algoritmen som hittar ögat och dess detaljer arbetar i flera steg. Först används en Haar-funktion för att hitta området för ögat i bilden, sedan börjar den leta efter iris. Detta sker genom att använda bildbehandling i flera steg.

En beskuren bild, begränsad till området där ett öga hittats inom, blir konverterad till gråskala och kontrasten ökas. Sedan används ett filter, som minskar skärpan på bilden för att undvika falska konturer. Ännu ett filter används sedan för att plocka bort allt utom konturer i bilden. Det som finns kvar är då en svart bild med vita streck för konturerna. Utifrån dessa konturer kunde sedan värden på iris hittas. Processen upprepas på liknande sätt för att hitta pupillen.

## 2.3 Teknisk bakgrund

Under utvecklingen av de utvalda testmetoderna användes olika program, tillägg och modeller. Se nedan.

### 2.3.1 Java

Java är ett objektorienterat, plattformsoberoende programspråk, som har ett brett användningsområde (Skansholm, sid 5-7 2013). Det betyder att ett Java program består av ett antal samverkande objekt och kan köras på olika typer av datorsystem utan att programmet behöver förändras. För att kunna köra Java program behöver JRE (Java Runtime Environment) vara installerat på plattformen som används.

### 2.3.2 Android

Android är ett operativsystem baserat på Linux och är anpassat för mobila pekskärmsheter som smarttelefoner eller plattor (Wikipedia 5 2014). Systemet är utvecklat av Google och används i en stor del av världens mobila enheter och är "open-source" under Apache Lisence 2.0. Det innebär att källkoden finns tillgänglig för alla, vilket underlättar för programutvecklare. Kod för Android skrivs i Java och XML och körs i Dalvik virtual machine (Wikipedia 5 2014).

### **2.3.3 Eclipse**

Eclipse är en utvecklingsplattform för att skriva program och bygger på en plug-in modell (Eclipse 2014). Med det menas att plattformen i sig inte innehåller så många utvecklingsverktyg utan är en användarmiljö där man lägger till olika plug-ins med verktyg efter behov. Eclipse bygger på en öppen arkitektur, vilket underlättar utvecklandet av plug-ins. Plattformen kan ställas in för att utveckla program i olika språk som Java, C och XML, vilket tillsammans med en mängd olika plug-in gör att det är en mycket flexibel miljö att arbeta i. I programmet finns verktyg för att skriva, debugga och kompilera kod.

Under projektet användes Eclipse med tilläggen ADT, SDK, NDK och OpenCV. Koden skrevs i Java, C++ och XML.

#### **2.3.3.1 SDK - Software Developer Kit**

SDK består av produkter, som används för att skapa Androidbaserade program. Tillägget innehåller programbibliotek, debugger, emulator och dokumentation för Androids olika versioner (Android SDK 2014). I SDK finns även stöd för versionshantering, som gör det enkelt att välja vilken Android version projektet utvecklas för.

#### **2.3.3.2 ADT - Android Developer Tools**

ADT är ett tillägg för Eclipse, som innehåller verktyg för att underlätta utveckling av Android-applikationer. Det innehåller bland annat verktyg för debuggning, installering, simulering och underhållning av Android-applikationer.

#### **2.3.3.3 NDK - Native Developer Kit**

NDK gör det möjligt att använda C och C++ tillsammans med Java i Android-applikationer (Android NDK). Tillägget kan vara fördelaktigt att använda då kodbibliotek, som annars inte är tillgängliga, går att använda, men ökar samtidigt komplexiteten av programmet.

### **2.3.4 OpenCV - Open Source Computer Vision Library**

OpenCV är ett programbibliotek för datorseende och maskininlärning (OpenCV 1 2014). Biblioteket har öppen källkod och innehåller en stor mängd optimerade algoritmer i C/C++ för analysering av bild och video. Maskininlärning innebär att analysen blir effektivare ju mer algoritmen används. Bland annat används HAAR-funktioner i algoritmer för att hitta former.

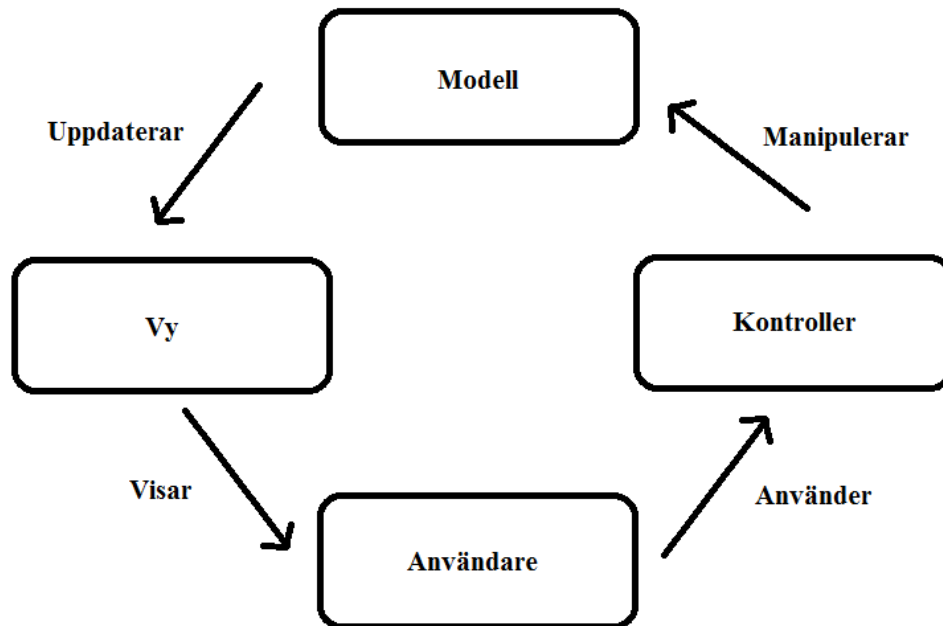
#### **2.3.4.1 HAAR-funktioner**

HAAR-funktioner används i OpenCV för objektigenkänning inom digitala bilder (OpenCV 2 2014). Funktionerna jämför olika närliggande rektangulära områden i bilden för att hitta kända samband. I varje område summeras pixel-intensiteten, som sedan kan användas för att hitta sökta objekt, t.ex ögon eller ansikten.

### **2.3.5 MVC - Model View Controller**

MVC är ett designmönster för mjukvaruutveckling, som bygger på att minska bindningen mellan programmets olika delar; modell, vy och kontroller, se figur 2.1 för tydliggörande av MVC-modellen. Minskad bindning mellan delarna leder till att programmet är lättare att utveckla och underhålla.

Mönstret är användbart om det finns flera sätt att använda data på och om kraven på programmet behöver ändras i framtiden (Sommerville 2010).



Figur 2.1. Modell av MVC.

### 2.3.6 Git

Git är ett versionshanteringssystem, som kan spara förändringar som gjorts i filer (Git). Detta kan vara fördelaktigt då man snabbt kan hoppa mellan olika versioner under utvecklingen. Git är också användbart när flera personer jobbar på samma projekt då hanteringen av gemensamma filer enkelt sköts i git:s kataloger. Flera versioner av en fil kan slås samman till en ny version vilket gör att flera kan arbeta samtidigt med samma fil.

### 3. Metod

Arbetet genomfördes internt på Chalmers och inleddes med att granska informationen från det tidigare projektet för att utvärdera hur det skulle vidareutvecklas, sedan samlades ytterligare information in för att ta fram detaljer för testerna. Källorna för informationen, som hämtades, var Internet, medicinska artiklar, böcker och från samtal med ögonläkare. Insamling av information fortgick under en stor del av projektet.

För att skapa en testgrupp kontaktades en läkare samt äldrevården i Lilla Edet för att komma i kontakt med personer med glaukom. Övriga medlemmar av testgruppen hämtas bland släkt och bekanta till författaren.

När tillräckligt med underlag för testerna hade samlats in studerades den existerande koden från det tidigare projektet och strukturerades om utifrån de nytillkomna detaljerna. Ytterligare omstrukturering skedde även fortlöpande under projektets gång.

För att underlätta utvecklingen användes versionshanteringssystemet Git.

Efter att en prototyp av ett test hade tagits fram, utfördes tester på en mindre testgrupp, för att undersöka dugligheten av testet.

Rapportskrivning skedde kontinuerligt under projektet.



## 4. Förstudie

### 4.1 Kontakt med läkare

För att bättra på möjligheterna att skapa väl fungerande tester kontaktades två ögonläkare; Bertil Lindblom, läkare på Sahlgrenska sjukhuset i Göteborg och Lars Frisén, numera pensionerad läkare. Båda har stor erfarenhet inom området glaukom och har även gjort studier och tester om sjukdomen. Frisén har också utvecklat flera olika tester för att upptäcka sjukdomen.

En tredje ögonläkare, Allan Rydz, som arbetar på Capiro Medocular i Göteborg, kontaktades också, för att upprätta kontakter med de patienter, som har sjukdomen.

Kontakterna med läkarna skedde via e-mail såväl som personliga möten med Lindblom och Frisén.

#### 4.1.1 Bertil Lindblom

Bertil Lindblom kontaktades för sin erfarenhet om pupillreaktion och eftersom han genomfört studier och tester inom området. Pupillreaktionstestet, som påbörjades i det tidigare projektet, var inspirerat av en undersökning som Lindblom varit delaktig i (Kalaboukhova et al. 2007).

Under samtalet med Bertil Lindblom (2014-03-28) framgick det att han trodde att det pupillreaktionstest, som påbörjats skulle vara genomförbart på en smarttelefon om man kunde kontrollera alla detaljer. Detaljer såsom ljusstimulans och algoritmens noggrannhet var viktiga för testet. Lindblom påpekade också vikten av att genomföra flera mätningar under testet, dvs. mäta pupillens reaktion på stimulans och återhämtning flera gånger. Detta är för att man skall kunna få ut medelvärden för pupillens rörelser och för att den första reaktionen ofta skiljer sig mot de andra. Vidare rekommenderade Lindblom att stimuleringen av pupillen bör vara kort, mindre än 0,5 sekunder, för att kunna se hela pupillens reaktion.

Lindblom förmodade att synfältstestet skulle vara genomförbart men att det också där fanns detaljer, som var kritiska, som avståndet till skärmen samt punkternas form och storlek.

För att testa appen på patienter ansåg Lindblom också att ett etiskt godkännande skulle kunna behövas, vilket kan ansökas hos en regional nämnd.

#### 4.1.2 Lars Frisén

Den pensionerade ögonläkaren Lars Frisén kontaktades då han har stor kunskap om ögonsjukdomar genom både forskning och praktik. Han har även tagit fram tester inom området, bland annat Rarebitperimetry, ett synfältstest som bland annat det tidigare projektets synfältstest baserades på (Frisén 2005).

Vid ett möte med Frisén (2014-03-28) var hans uppfattning att det synfältstest, som påbörjats inte skulle fungera som tänkt, då avståndet mellan öga och skärm under testet var för kort. Det korta avståndet försvårar fokusering och gör att punkternas storlek förvrängs. Även pupillens storlek kan på det korta avståndet också orsaka förvrängningar av punkterna. Detta gör att det blir svårt att upptäcka små skador i synfältet på grund av perspektivförskjutningen. Frisén föreslog som alternativ att göra ett liknade test med färger istället, då färger inte påverkas av fokus och därmed inte av avståndet till skärmen. Det område färgerna bör testas inom rekommenderades till 50 grader horisontalt och 40 grader vertikalt för att begränsa sökområdet till det centrala synfältet. För utformning av testet föreslogs det att använda två figurer för att göra det enklare att upptäcka skillnader. Frisén hänvisade

också till ett test som han själv genomfört inom området för mer detaljer, se 4.3 Färgkonfrontationstest.

Beträffande resultat för det föreslagna testet med färger så bör man känna till och ta hänsyn till normala värden samt naturlig försämring av synen för att undvika felaktiga resultat. Man bör också vara noggrann med att klargöra att negativa resultat inte utgör någon garanti för att sjukdomen inte finns.

Frisén antog att pupillreaktionstestet inte skulle fungera så bra då man inte kan räkna med symmetri mellan ögonens storlek på iris. Det enda man kan mäta är reaktionstiderna för sammandragning och utvidgning av pupillerna. Detta kan ändå ge en felaktig bild om skadorna på ögonen är lika stora, dvs. symmetriska, i så fall kommer ingen skillnad på reaktionerna att märkas; trots att ögonen är skadade.

Etiskt tillstånd tyckte Friséén inte skulle vara nödvändigt då de tester, som planeras, inte påverkar användaren på något sätt. Personen i fråga ombeds enbart att titta på en skärm eller kamera. Detta kan jämföras med nya mediciner eller operationer, som kan ha oväntad påverkan på patienterna, denna risk finns inte med de tänkta ögontesterna och därför anses det onödigt med etiskt tillstånd i dessa fall.

### 4.1.3 Allan Rydz

Allan Rydz är en aktiv ögonläkare och kontaktades för att hjälpa till med att finna personer med glaukom, som skulle kunna testa appen. Efter konversation via e-mail erbjöd sig Rydz att lämna ut kontaktuppgifter om projektet till potentiella testpersoner.

## 4.2 Färgseende

Människans öga ser omvärlden med hjälp av två typer av ljuskänsliga celler, stavar och tappar, som hanterar olika våglängder av ljus (Wikipedia 6 2014). Stavarna är mycket ljuskänsliga och lämpar sig för mörkerseende medan tapparna fokuserar på färger(2014). Det finns tre olika typer av tappar i det mänskliga ögat, där varje typ är mer känslig för en viss färg; röd, grön och blå. Den färg som uppfattas är blandningen av hur alla tapparna stimuleras av ljus, om samtliga stimuleras fullt ut uppfattas ljuset som vitt respektive svart om inga stimuleras. Alla andra synliga färger skapas genom kombinationer av dessa färger. Tapparna finns i olika koncentrationer i ögat, där ca 64 % är känsliga för rött, ca 32 % är känsliga för grönt och ca 2 % är känsliga för blått (Hyperphysics). De är också mer koncentrerade i de centrala delarna av synfältet medan stavarna är mer dominerande i kanterna av synfältet.

Om tapparna skadas kan möjligheten att se vissa färger förloras då cellerna antingen dör eller är oförmögna att uppfatta ljuset. Defekterna kan uppstå på två sätt, antingen genom att den drabbade har en genetisk defekt på stavarna; normal färgblindhet, eller att stavarna påverkas av ändrad omgivning; erhållen färgblindhet, orsakat av t.ex. glaukom. (ColourblindAwareness). De genetiska defekterna gör att vissa färger inte kan uppfattas av stavarna i ögonen, färgen kan då inte ses någonstans i synfältet. I fall av erhållen färgblindhet uppstår dessa defekter ofta lokalt på olika områden i synfältet, färgen kan alltså uppfattas korrekt i områden, som inte har drabbats.

Undersökningar av färgseendet kan visa på symptom av glaukom genom att utreda hur olika färger uppfattas i olika delar av synfältet. I en undersökning visade ögon med glaukom märkbara skillnader mot friska under ett färg test (Sample, Weinreb 1990).

## 4.3 Färgkonfrontationstest

1973 genomförde läkaren Lars Friséén ett test som undersökte hur färger uppfattades i olika delar av det centrala synfältet (Friséén 1973). Testet riktade in sig på att hitta lokala områden med skadad, men inte förlorad, syn i det centrala synfältet.

Testet bestod av att läkaren satt framför testpersonen och höll en pinne med en färgad lampa framför ett av dennes ögon på ca 0.2 meters avstånd. Lampan flyttades sedan omkring och läkaren höll ögonkontakt med testpersonen för att säkerställa att fokus hölls rakt fram. Den uppfattade färgen på lampan stämde ständigt av för att säkerställa att rätt färg sågs. Om färgen tycktes förändras så noterades området som förändringen skedde inom. Färgerna som användes på lamporna var röd och blågrön. Ett synfältstest genomfördes också på samma testgrupp för att jämföra resultat med. Resultatet av testerna visade att färgkonfrontationstestet kunde upptäcka defekter i lika många fall som synfältstestet och bedömdes då vara användbart för att upptäcka störningar i synfältet.

# 5. Utveckling

## 5.1 Val

### 5.1.1 Informations sökande

När arbetet påbörjades fanns det sedan det tidigare projektet en mängd information hämtad från Internet, läkare, artiklar och böcker. Denna information bedömdes ändå inte tillräcklig för att genomföra arbetet, utan ytterligare information samlades in. För att göra detta användes Internet, böcker, medicinska artiklar och läkarexpertis.

### 5.1.2 Etiskt godkännande

Efter samtal med läkare och granskning av existerande regler och riktlinjer (t.ex. Helsingforsdeklarationen) så togs beslutet att inte söka etiskt stöd för de tester som planerades att utföra på människor. Nedan finns citerade stycken som beslutet grundats på och är tagna från CODEX, som har samlingar av regler och riktlinjer för forskning.

“Lagen är bl.a. tillämplig på forskning, som innefattar behandling av känsliga personuppgifter och på forskning, som innebär ett fysiskt ingrepp på en forskningsperson eller utförs enligt en metod, som syftar till att påverka forskningspersonen fysiskt eller psykiskt, samt studier på till enskilda personer härledbart biologiskt material.” (CODEX,2013).

“Forskning definieras nu som vetenskapligt experimentellt eller teoretiskt arbete för att inhämta ny kunskap och utvecklingsarbete på vetenskaplig grund, dock inte sådant arbete som utförs inom ramen för högskoleutbildning på grundnivå eller på avancerad nivå.” (CODEX,2013).

### 5.1.3 Testmetoder att utveckla

De metoder som valdes att utveckla/vidareutveckla i projektet är pupillreaktionstest och färgskillnadstest. Dessa metoder fick stöd av läkare som ansåg att de skulle kunna indikera glaukom med hjälp av en smarttelefon.

Sedan det tidigare projektet hade två metoder valts ut för att utvecklas; synfältstest och pupillreaktionstest. Metoderna hade valts ut i samråd med läkare som ansåg att dessa skulle vara möjliga att tillämpa på en smarttelefon.

Under samtal med läkaren Lars Frisé framkom dock att avståndet mellan öga och skärm under synfältstestet skulle påverka hur prickar uppfattas och då också resultatet. Frisé är den läkaren med mest erfarenhet inom området då han utvecklat egna synfältstest. Därför togs beslutet att inte vidareutveckla synfältstestet.

Som alternativ till synfältstestet gavs förslaget att leta efter lokala defekter i färgseendet då detta inte påverkas av avståndet mellan skärmen och ögat. Förslaget om ett färgskillnadstest valdes därmed som ersättningsalternativ till synfältstestet.

Andra metoder som används för att upptäcka glaukom granskades också, som ögonbottenfotografering och tryckmätning. Dessa uteslöts då de omfattade någon typ av fysisk kontakt med kroppen eller skulle behöva extra hårdvara t.ex. en extra lins till kameran för att fotografera ögonbotten.

## 5.1.4 Plattform

Android valdes som plattform för utvecklingen av testerna då det är den plattform, som användes i det tidigare projektet. Författaren är också mer bekant och erfaren av att arbeta med Android.

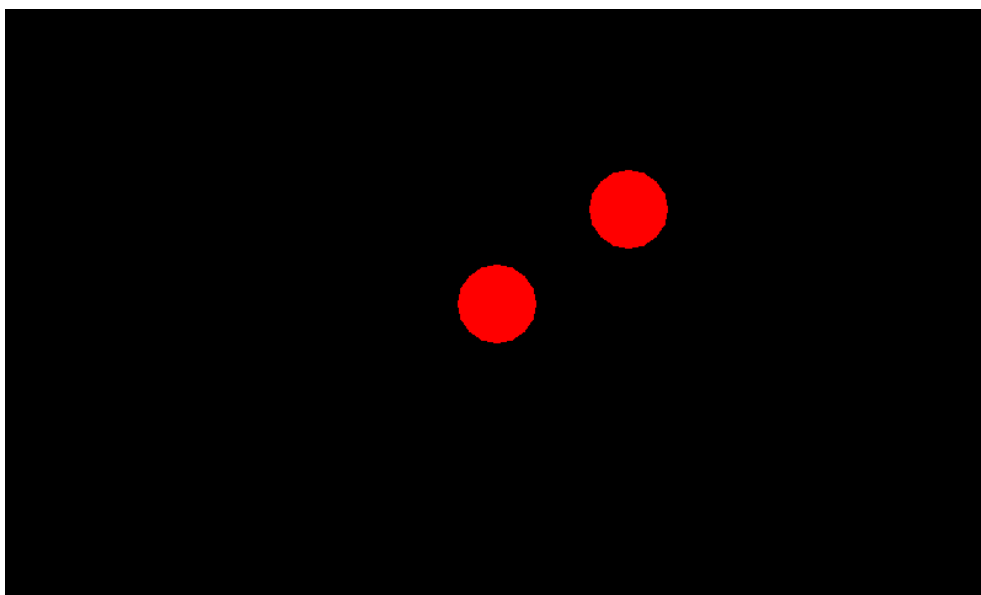
API-versionerna som appen anpassades för valdes att vara samma som i det tidigare projektet; minimum version 16 och målversion 19 då de omfattar ca 67 % av alla Android enheter som är i bruk (Android 2014).

## 5.2 Färgskillnadstest

Genom att jämföra hur ögat uppfattar färg i olika delar av synfältet kan man upptäcka skadade områden, som skulle kunna vara orsakade utav glaukom. Då glaukom skadar synnerverna omfattas också de nerver, som ser färger och dessa är specialiserade på olika färger. Det finns tre olika typer av "tappar" som uppfattar sina respektive färger, dessa är grön, röd och blå. Genom att efterlikna Friséns test av att visa ett färgat föremål och flytta det i synfältet bör man kunna upptäcka områden där färgseendet är lokalt skadat. För att göra det enklare att urskilja en förändring av färgerna så användes två figurer, en som man kan fokusera på och en som rör sig. Om man har två figurer av samma färg blir det enklare att upptäcka förändringar av färgen då man alltid har något att jämföra med. Färgerna som valdes att använda under testet var tänkta att vara varianter av grundfärgerna; röd, grön och blå för att öka chansen att upptäcka defekter genom att titta på alla olika typer av tappar.

### 5.2.1 Översikt

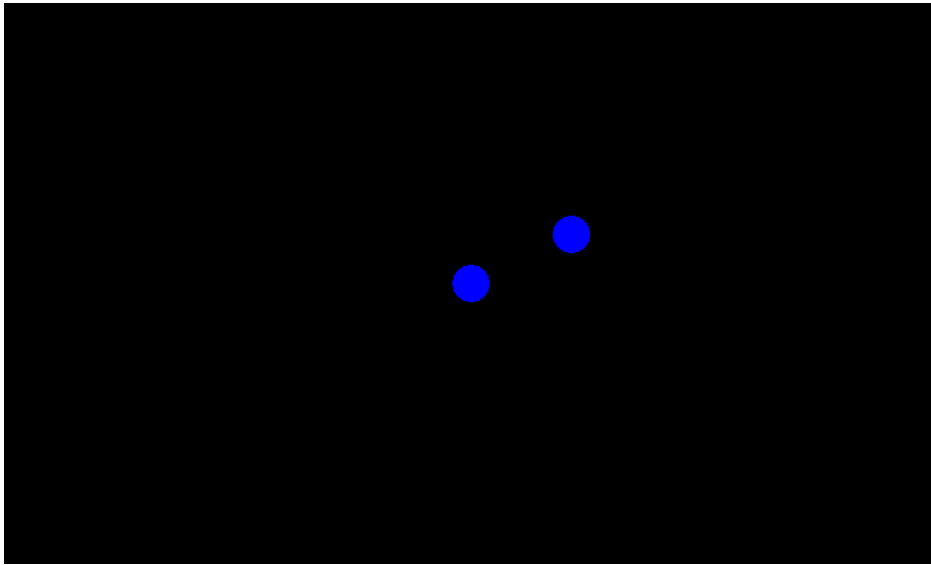
När färgskillnadstestet startas från appens meny visas en textruta med en knapp. I rutan finns instruktioner för testet och det avstånd som behöver hållas mellan ögat och skärmen. När användaren är redo, trycks knappen, och rutan stängs. Två lika stora cirklar i samma färg visas nu på skärmen; en statisk i centrum och en rörlig utanför. Den yttre cirkeln flyttas sedan runt i en ellipsformad bana på skärmen och testpersonen skall indikera om färgen på cirkeln i rörelse förändras på något sätt jämfört med den fasta cirkeln. För varje gång som cirkeln har rört sig ett helt varv ökas storleken på ellipsen, vilket innebär att i stort sett hela det önskade området täcks. När tre varv genomförts för en färg fortsätter testet på samma sätt med nästa färg. Se figur 5.1 för en bild av hur cirklarna ser ut under testet.



Figur 5.1. Bilden visar färgskillnadstestets cirklar. Den inre cirkeln står stilla medan den yttre rör sig moturs runt den inre.

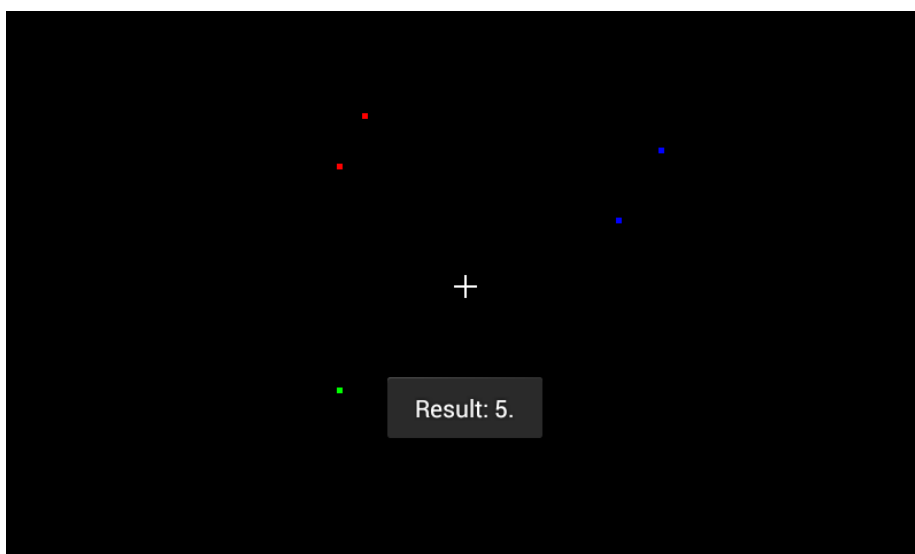
Om användaren upptäcker en förändring av färgen på den yttre punkten jämfört med den inre så skall volymknapparna på enheten användas för att registrera platsen. Vilken av volymknapparna som används spelar ingen roll då båda registrerar punkten på samma sätt.

När alla färger är testade och om användaren har noterat någon förändring fortsätter testet, i annat fall avslutas testet. När förändringar noterats genomförs ett nytt test med cirklar begränsat till områdena runt de registrerade platserna. Vid detta test är också cirklarna mindre och den yttre cirkeln rör sig endast ett varv runt den plats där en förändring har registrerats. Upplevda förändringar av färger registreras som tidigare med volymknapparna. Detta upprepas tills alla noterade platser har testats. Detta steg görs för att kunna sortera bort falska positiva reaktioner och för att granska området mer noggrant. Se figur 5.2 för en bild av testet under genomgång av misstänkta punkter.



Figur 5.2. Bilden visar cirklarna i färgskillnadstestet när misstänkta punkter kontrolleras igen. Den inre cirkeln är stilla och den yttre rör sig runt den punkt som en förändring noterats på.

När testet är klart visas alla noterade punkter i respektive färg på skärmen, användaren kan då få en klar bild på var förändringar upptäcktes och få en indikation på om synen kan vara skadad. Se figur 5.3 för ett exempel på resultat från testet. Om inga punkter har loggats under testet så kommer i nuläget ingen resultatvyn att visas utan man återkommer till menyn.

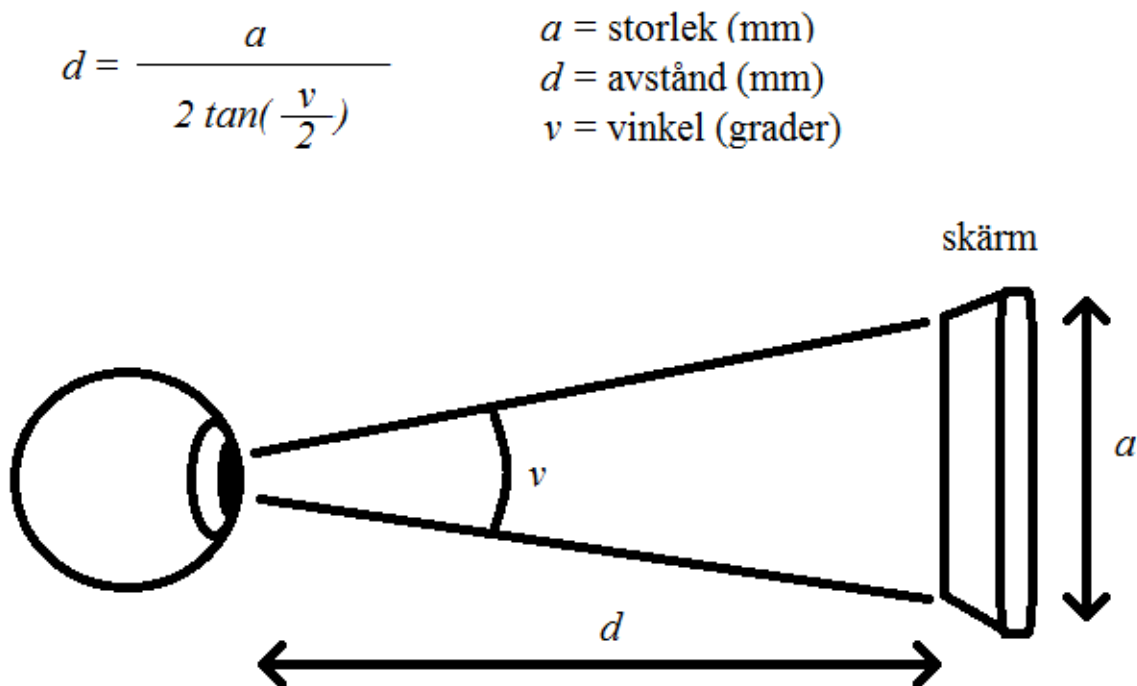


Figur 5.3. Exempel på resultat ifrån färgskillnadstestet. Här har två förändringar för blått, två för rött och en för grönt noterats och är synliga på resultatvyn.

## 5.2.2 Detaljer

Den del av synfältet som testet fokuserar på är 50 grader i horisontalt led och 40 grader i vertikalt led. Testet tar hänsyn till vilket format och storlek skärmen respektive enhet har och anpassar för att kunna fungera på dessa. Det betyder att testet räknar ut vilka områden, som cirklarna skall visas i utan att påverkas av skärmens upplösning eller storlek.

För att den del av synfältet testet fokuserar på skall täckas av enhetens skärm, beräknas avståndet som bör hållas mellan enheten och ögat. Detta görs med hjälp av en enkel formel. Formeln kan ses i figur 5.4. Koden för dessa uträkningar är hämtad ifrån det nedlagda synfältstestet.



Figur 5.4. Avståndsberäkning mellan öga och skärm. Källa: Berglund et al. 2014.

Cirklarna i testet anpassas också efter skärmstorlek, detta görs genom att använda kvoter av skärmens dimensioner istället för att statistiskt bestämma storleken på cirkeln i antal pixlar. Detta gör att testet kommer att se likadant ut oavsett skärmens storlek då både cirklarna och avståndet till ögat räknas ut automatiskt.

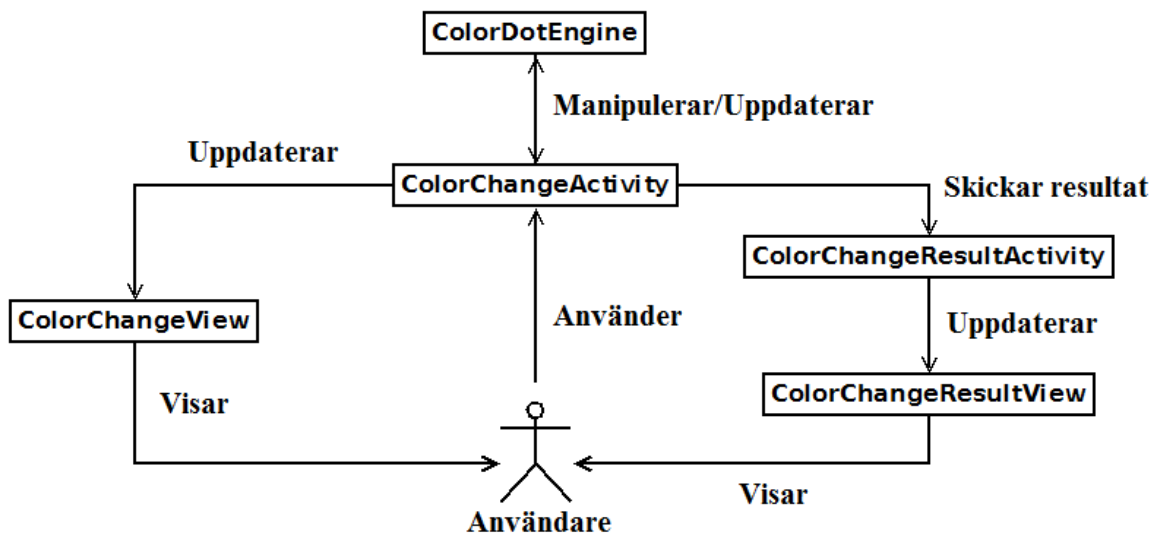
Ellipsformen på cirkelns rörelse under testet gör att cirklarna i nuläget inte täcker det specificerade området fullt ut. Cirklarna går inte hela vägen ut till kanterna och det finns ytor som inte täcks mellan cirklarna. Men en fördel är att cirkelns rörelse blir mjukare och lättare att följa samt att testtiden förkortas.

De tre olika färgerna som används under testet är baserade på rött, blått och grönt för att täcka de olika typer av tappor som finns i ögat och togs fram genom att använda rgb-koderna för respektive färg. Dock är författaren färgblind och det visade sig senare under tester på andra personer att färgerna inte var helt klara. Bland annat så uppfattades den röda som orange och den gröna som gulgrön.

Bakgrunden för testet är i nuläget svart för att göra det enklare att se cirklarna och för att undvika att bli bländad av skärmen.

### 5.2.3 Kodens upplägg

Testet bygger på MVC-modellen där aktiviteten `ColorChangeActivity` är kontrollen och `ColorDotEngine` är modellen. Aktiviteten hanterar inmatning ifrån användaren via knappar och säger sedan till modellen vad som skall göras. Modellen kör testet och uppdaterar vyn med koordinater och färger till de cirklar som ska visas under testet, dock följs inte MVC mönstret helt då modellen uppdaterar vyn via kontrollen istället för direkt till vyn. När modellen är klar med testet startas en andra aktivitet, `ColorChangeResultActivity`, som visar resultatet ifrån testet. Vyerna som används genomför inga beräkningar, utan ritar endast ut figurer på de punkter de blir tilldelade. Se figur 5.5 för en enkel bild av testets struktur.



Figur 5.5. En enkel beskrivning av färgskillnadstestets struktur.

## 5.3 Pupillreaktionstest

Ögats pupill ändrar storlek beroende på hur mycket ljus som stimulerar synnerverna; vid starkt ljus krymper pupillen och vid svagt så utvidgar den sig. Reaktionen på pupillen bör vara symmetrisk mellan ögonen, alltså att båda reagerar likadant. Genom att jämföra denna reaktion bör man kunna se om ögonen reagerar olika på samma stimulans och då få en uppfattning om det finns skador på ögonen. För att testet skall kunna ge positiva resultat måste skadorna på ögonen vara asymmetriska, alltså olika, i annat fall kan skador förbises.

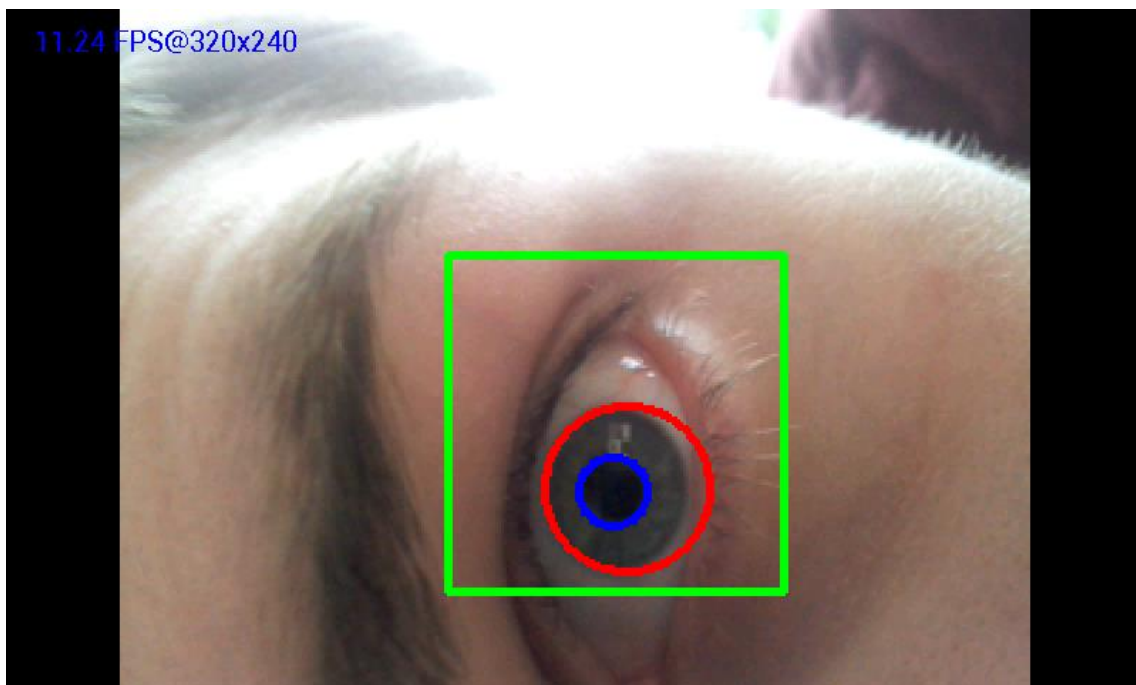
Det värden av intresse som kan hämtas ifrån pupillreaktionstestet är reaktionstiden mellan ljuspulsen och sammandragningen av pupillen, tiden tills pupillen har återgått till ursprungsstorlek och storleken på reaktionen. Alla dessa värden kan jämföras med resultaten ifrån det andra ögat för att finna skillnader. Dock är alla dessa värden inte möjliga att mäta än då testet kräver mer finjustering. Upplägget på testet är i nuläget anpassat för att testa algoritmen som används för att hitta de olika delarna av ögat. Testet tar till exempel inte hänsyn till tid under mätningarna vilket är en viktig del av testet för att kunna få fram tidigare nämnda värden.



### 5.3.1 Översikt

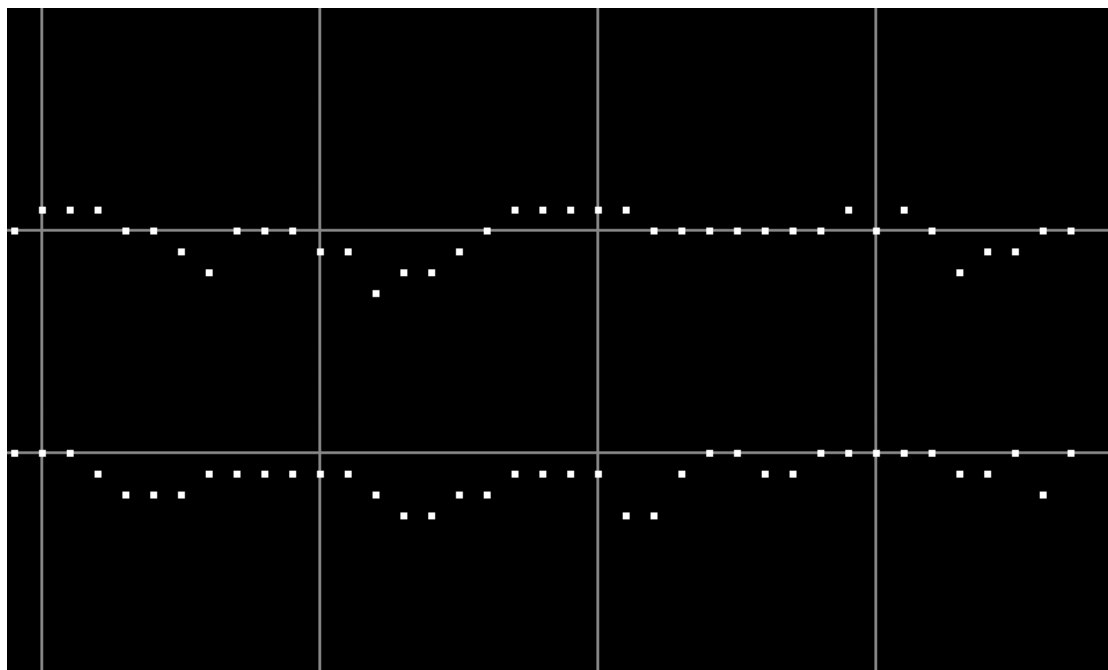
När testet väljs ifrån appens meny visas en ny meny med två knappar; "Start" och "Record". För att börja göra mätningar på ögonen skall man trycka på "Start"-knappen. När så sker visas en videoström på skärmen från kameran. För att påbörja mätningen skall kameran på enheten riktas mot det öga som skall testas. Avståndet som behövs mellan kameran och ögat kan variera men är rimligen mellan 4-10cm. Kameran tar sedan bilder på ögat och matar dessa till en algoritm som gör om bilden till matriser och analyserar dem. Först försöker algoritmen hitta ett öga, eller rättare sagt, formen av ett öga, sedan iris och sist pupillen. När algoritmen fastställt att det finns ett öga framför kameran så börjar blixten på kameran att skicka ljuspulser med ett bestämt antal bilder per period. Värden på pupillen måste kunna mätas i varje bild annars kommer testet inte gå vidare förrän pupillen hittats igen, detta gör att det kan vara lång tid mellan uppmätta värden om ingen pupill hittas. Information om iris och pupillen sparas ned för att senare analyseras.

För att visa för användaren om testet genomförs korrekt så ritas en figur ut på skärmen för varje del av ögat som hittats, se figur 5.6 för att se hur skärmen ser ut under testet. Om inte alla figurer visas på skärmen behöver enheten flyttas eller ögat justeras tills figurerna visas.



Figur 5.6. Illustration av hur skärmen ser ut under pupillreaktionstestet. Fyrkanten visar var algoritmen hittat ett öga, den röda cirkeln är för iris och den blåa är för pupillen. I bildens övre vänstra hörn visas också antalet bilder per sekund samt upplösning.

När alla cykler av ljuspulser är genomförda och alla bilder är tagna så avslutas mätningen och man blir återförd till testmenyn. Det andra ögat skall sedan mätas på samma sätt. När det andra ögat mätts klart och återgång till menyn har skett, skall "Start"-knappen tryckas på en tredje gång och visar då en graf på pupillernas reaktioner på ljuspulserna. Se figur 5.7 för exempel på ett resultat.



Figur 5.7. Exempel på graf över pupillernas reaktion på ljuspulserna, första testade ögats reaktion visas i övre halvan av bilden och andra ögats reaktion i nedre. Sidled är bilder med pupiller och höjdlid är pupillernas storlek, pupillernas normalstorlek är de vågräta strecken och de lodräta är när ljuspulser gavs.

Resultatvyn visar båda ögonens resultat samtidigt, det först testade ögat visas på den övre halvan av skärmen och det andra ögat på den nedre halvan. Prickarna i grafen är värden på pupiller, de är fast utsatta i sidled och visar pupillen storlek i höjdlid. De horisontala linjerna representerar pupillernas normalstorlek vid början av testet. Om pupillen var lika stor som normalstorleken kommer punkten på linjen, om den var mindre hamnar den under respektive över ifall större. De vertikala linjerna visar när ljuspulser skickades. Efter en ljuspuls förväntas pupillen minska i storlek för att sedan återgå till normalvärdet, man bör då få en sågtandad kurva för varje öga under testet. Då prickarna endast visar värden från bilder där en pupill kunde hittas, finns en risk att bilder där inte pupillen kunde hittas har granskats innan, vilket gör att tidsaxeln på grafen inte är korrekt. Eftersom ingen hänsyn tas till tiden bör denna vy i nuläget endast användas som kontroll av algoritmen.

Den andra knappen i menyn, "Record" är för att göra en video inspelning av ögat. När knappen tryckts visas en videostöm ifrån kameran och två knappar; "Start" och "Flash". Trycks Flash-knappen så tänds eller släcks blixten, medan om Start-knappen trycks påbörjas inspelning av video. Under inspelningen tänds och släcks blixten enligt ett bestämt tidsintervall. När inspelningen är färdig så sparas filen i en specifik mapp i enheten.

### 5.3.2 Detaljer

Från början var processen för testet att en video skulle spelas in med pupillens reaktion för att efteråt analyseras av algoritmen. Utveckling för att spela in och spara mp4-videoklipp på ca 7 sekunder med tre ljuspulser under inspelningen gjordes men det visades senare att OpenCV för Android inte kan läsa mp4-filer då stöd av FFmpeg saknas (OpenCV 2013). FFmpeg är ett ramverk för att hantera multimedia (FFmpeg). Detta gjorde att algoritmen inte kunde få fram bilder att arbeta med och därmed inte läsa av några värden på ögat. Testet strukturerades då om till att skicka kamerans videostöm direkt till algoritmen för analysering istället för att spara videon. Att analysera bilderna i realtid tog dock lång tid vilket gjorde att antalet bilder per sekund blev mycket lågt, ca 2-5 st. Algoritmen optimerades då för att gå snabbare men det påverkade också noggrannheten negativt vilket gör att risken att få fel mätvärden på pupill och iris ökar. För att underlätta optimeringen av algoritmen ersattes testets tidsbegränsning med att räkna antal hittade värden på pupillen. Tester pågår tills 39

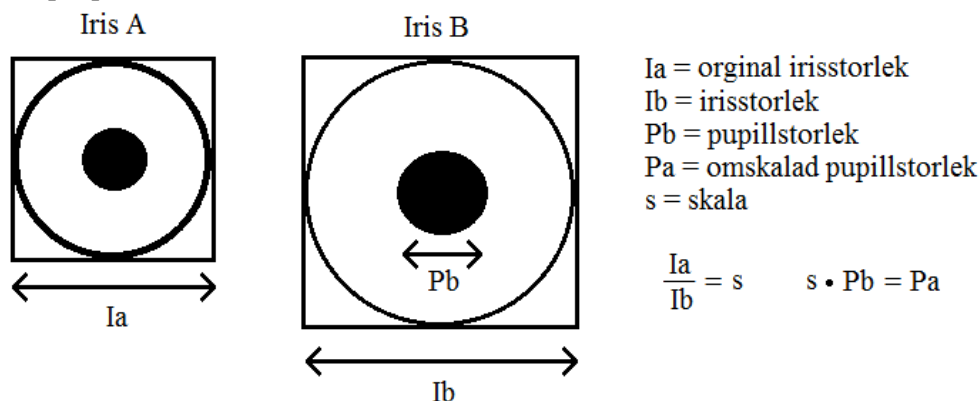
värden på pupillen tagits, med ljuspulser på var 10:e uttaget värde. Detta gjordes för att garantera att värden hittas under testet.

Kameran tar bilder i en takt av ca 20 bilder i sekunden och väntar sedan på att algoritmen skall granska dem. Eftersom att analysera bilden tar exekveringstid hinner algoritmen endast med ca 10 bilder i sekunden, men detta kan variera beroende på hur mycket varje bild behöver behandlas. Då algoritmen alltid tar den senaste bilden gör det att vissa bilder hoppas över då det hinner komma nya innan algoritmen är klar med tidigare bild.

Algoritmen som används är samma som i det tidigare projektet fast är nu inställd för att avbryta så fort som en pupill har hittats. Först kommer en bild ifrån kameran, bilden görs sedan om till två matriser, en i gråskalor (för analysering) och en i vanliga färger (för vyn användaren ser). Därefter söker en funktion ifrån OpenCV igenom bilden efter ögon. Alla potentiella ögon som hittas sparas i en Array av matriser. Matriserna innehåller de områden som ögon hittats i. Om något eller några ögon hittats så sker en serie bildbehandlingar på varje matris; kontrasten ökar, de går över till gråskala, de körs med ett filter för att minska skärpan och till sist tas allt utom konturer bort. Kvar är då endast konturer av stora färgskillnader, som mellan ögonvita och iris. Algoritmen försöker nu hitta pupiller i varje matris av iris som hittades. Om en pupill hittas kommer algoritmen att spara värdena på pupillen och iris som hittats och avbryta. Annars kommer alla möjliga pupiller för varje möjlig iris testas för varje möjligt öga som hittades ifrån början i bilden. Om inget hittas så avslutas algoritmen och en ny bild hämtas.

Innan testet börjar logga information om iris och pupillstorlekar behöver det se till att det finns ett öga framför kameran. Detta görs genom att analysera bilden efter former som stämmer överens med ett öga. Om en sådan form hittas och sedan är återkommande utan större förändring under de nästa 10 granskade bilderna så startar testet att logga information och skicka ljuspulser. Ljuspulserna som skickas är mycket korta, lampan är endast tänd några millisekunder, för att kunna fånga upp hela pupillens reaktion och inte få kameran att ändra fokus.

För att ta hänsyn till varierande avstånd mellan kameran och ögat så används iris som en konstant för att skala om pupillens storlek oberoende av avstånd. Detta förlitar sig på att iris yttre storlek inte påverkas av pupillens sammandragningar och är lika stor som det andra ögats iris. Genom att använda det första uttagna värdet på iris när testet startats så kan de efterkommande värdena användas för att skala om pupillen så att den får korrekt storlek i förhållande till det första iris värdet. Se figur 5.8 för att se ett exempel på detta.



Exempel:

$I_a = 10$  pixlar

$I_b = 20$  pixlar

$P_b = 12$  pixlar

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{10}{20} = s = 0,5 \quad s \cdot P_b = 0,5 \cdot 12 = P_a = 6 \text{ pixlar}$$

Figur 5.8. Exempel på skalningsberäkning av pupill för att kompensera varierande avstånd mellan kamera och öga.

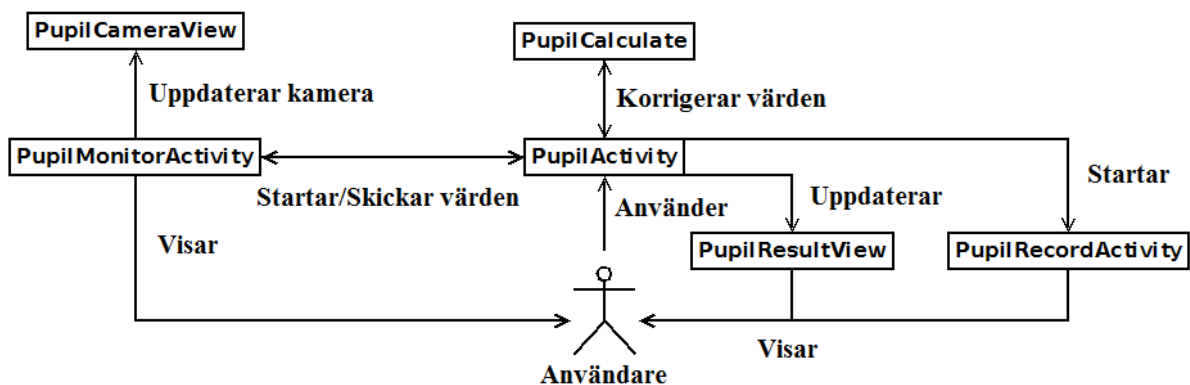
Då blixten och kamerans placering på enheten kan variera mellan olika smarttelefoner så är det viktigt att enheten vrids så att ögonen kan belysas med samma ljus och vinkel. Detta är för att se till att ögonen får samma stimulans under testet. Blixten bör då vara ovanför eller under kameran när testet genomförs. I nuläget finns ingen kontroll av hur enheten är positionerad i förhållande till kamera och blyxt utan detta görs av användaren personligen.

Omgivningen som testet är tänkt att genomföra i är rumsbelysning, då för mycket ljus skulle kunna göra att effekten av ljuspulsen inte blev märkbar och en mörk miljö skulle göra det svårt för kameran att ta bilder med tillräckligt bra kvalitet för att storleken på pupillen skall vara mätbar.

### 5.3.3 Kodens upplägg

Testet är uppbyggt kring en huvudaktivitet, PupilActivity, som är kontroller och styr över olika aktiviteter men har också hand om testvärden. Aktiviteten tar emot instruktioner ifrån användare genom knappar på skärmen och startar sedan en ny aktivitet; antingen PupilMonitorActivity eller RecordActivity.

PupilMonitorActivity innehåller koden för att hitta och mäta detaljer på ögat och hanterar också ett kameraobjekt för att ta bilder och ändra blixstens status. Aktiviteten står för all insamling av information om pupillen och iris. När tillräckligt med värden har samlats in skickas de tillbaka till huvudaktiviteten, PupilActivity, som sedan använder PupilCalculate för att korrigera värdena och förbereder dem för att ritas upp i resultatvyn. När alla nödvändiga värden är insamlade i PupilActivity så skickas resultaten till PupilResultActivity och visar dem i PupilResultView. PupilRecord spelar endast in ett videoklipp med ljuspulser som sparas på enheten och återvänder sedan till huvudaktiviteten. Se figur 5.9 för en simpel beskrivning av testets upplägg.



Figur 5.9. Pupillreaktionstestets struktur.

## 6. Tester

### 6.1 Testgrupp

För att kunna testa om metoderna kan påvisa glaukom bör de testas på personer som har glaukom och personer som inte har sjukdomen. De drabbade bör få positiva resultat och friska bör i regel få negativa resultat. Dock kan friska kunna få positiva resultat då de kan vara drabbade utan att ha märkt av skadorna.

För att komma i kontakt med personer med glaukom så kontaktades läkaren Allan Rydz, som erbjöd sig att dela ut kontaktuppgifter till lämpliga patienter. Dock hörde ingen av de tillfrågade av sig för att delta i testerna. Äldrevården i Lilla Edet kontaktades också för att hitta personer som hade glaukom och efter att de gjort en etisk bedömning gav de sitt medgivande för testerna och efter ett visst letande hittades en person som var villig att delta i testet. Denna var den enda av de som testades som hade en diagnos på sjukdomen.

De övriga testpersonerna hämtades ifrån människor i utvecklarens närhet så som familj, vänner och kollegor. Alla var friska personer med varierande vanliga synfel med undantag för en som har haft en stroke och förlorat delar av synen. Åldrarna varierade mellan 22 till 88 och viss fakta om testgruppen kan ses i figur 6.1. Alla tester som gjordes skedde på testpersonernas fria vilja och de kunde när som helst avbryta om de kände obehag eller inte ville fortsätta.

Nr	Ålder	Kön	Glaukom	Övriga synfel
1	22	Man	Nej	Färgblindhet (röd/grön)
2	22	Man	Nej	Översynhet höger öga
3	45	Man	Nej	Brytningsfel i vänstra ögat
4	47	Kvinna	Nej	Översynhet
5	47	Kvinna	Nej	Nej
6	48	Man	Nej	Nej
7	55	Man	Nej	Ålderssynhet
8	73	Kvinna	Nej	Ålderssynhet, förlorad syn i nedre delen av vänster öga
9	74	Man	Nej	Ålderssynhet
10	88	Kvinna	Ja	Ålderssynhet, översynhet

Figur 6.1. Tabell över testgrupp.

### 6.2 Etiskt godkännande

När metoderna skulle testas valdes det att inte att söka etiskt godkännande då det inte ansågs behövligt. Detta beslut togs efter samtal med läkaren Lars Frisé och genom att tolka de regler som finns angående medicinska studier och forskning. De tester som genomfördes innebar ingen fysisk eller psykisk påverkan på testpersonen och arbetet bedömdes inte vara forskning då det utfördes inom ramen för högskoleutbildning (CODEX , 2013).

## 6.3 Färgskillnadstest

För att testa färgskillnadstestet så gavs testpersonerna en genomgång av testet innan det genomfördes. Sedan fick personen följa instruktionerna som gavs av applikationen. När testet var färdigt och om positiva resultat fått, togs en bild på resultatvyn för att kunna spara de punkter som hittats, annars så avslutades testet. Testet genomfördes på båda ögonen och bevakades av projektledaren under hela förloppet för att se till att instruktionerna följdes.

Det fanns ett undantag för genomförandet av testet på en person. Denna kunde inte hantera telefonen själv utan fick assisteras med att hålla upp telefonen och att registrera prickar. För att indikera förändringar fick då personen muntligt påvisa att en förändring upptäckts så att punkten kunde loggas.

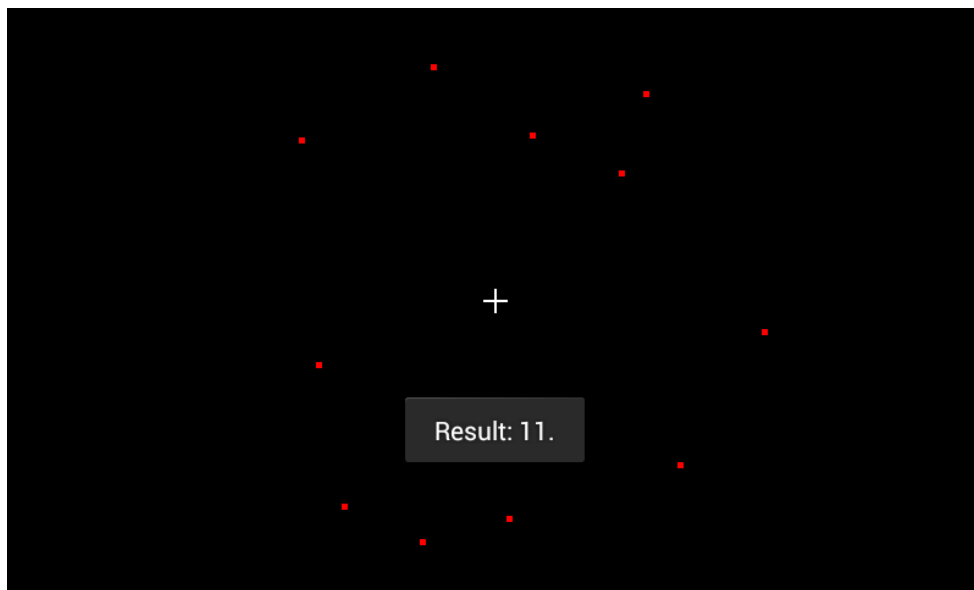
Enheten som användes för alla tester var av modellen Samsung Galaxy S2, modellnummer GT-I9100 med Android version 4.1.2 installerad. Telefonen var vid testerna helt fungerande utan döda pixlar eller andra defekter som kunde påverka testet. Ljusstyrkan på enheten var på max för att visa så starka färger som möjligt och volymen var på 50 % för att ge ljudåterkoppling vid registrering av prickar. Omgivningen som testen gjordes i var väl belysta rum. Avståndet som skulle hållas var konstant då samma enhet användes för alla tester och rekommenderades av applikationen att vara 77mm, detta kontrollerades inte exakt utan testpersonerna ombads hålla enheten på ca 7- 8cm.

Två positiva resultat gavs av testerna och var ifrån testdeltagare nr 1 och 10, resten av deltagarna gav negativa resultat.

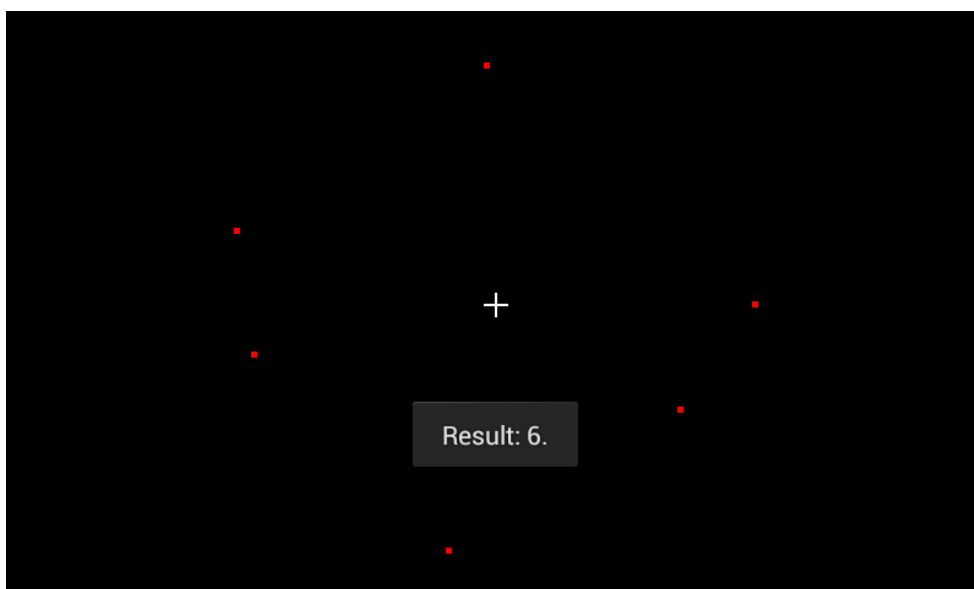
Testdeltagare nr 1, med defekt färgseende uppgav att den röda punkten övergick till en gul nyans när den kom längre ifrån synfältets centrum. Förändringen var konstant när cirkeln var på tredje varvet. Inga andra defekter upptäcktes. Resultat för höger öga kan ses i figur 6.2 och resultat för vänster öga i figur 6.3.

Testdeltagare nr 10 registrerade flera punkter på båda ögonen där färgförändringar noterats. Samtliga färger i testet noterades som förändrade under testet och testpersonen beskrev hur den blåa cirkeln plötsligt blev röd för att kort därefter återgå till blått. Den gröna cirkeln beskrevs på liknande sätt bli gula inom olika områden och den röda cirkeln uppvisade också kraftiga nyansförändringar i lokala delar av synfältet. Resultat för vänster öga kan ses i figur 6.4. och resultat för höger öga i figur 6.5.

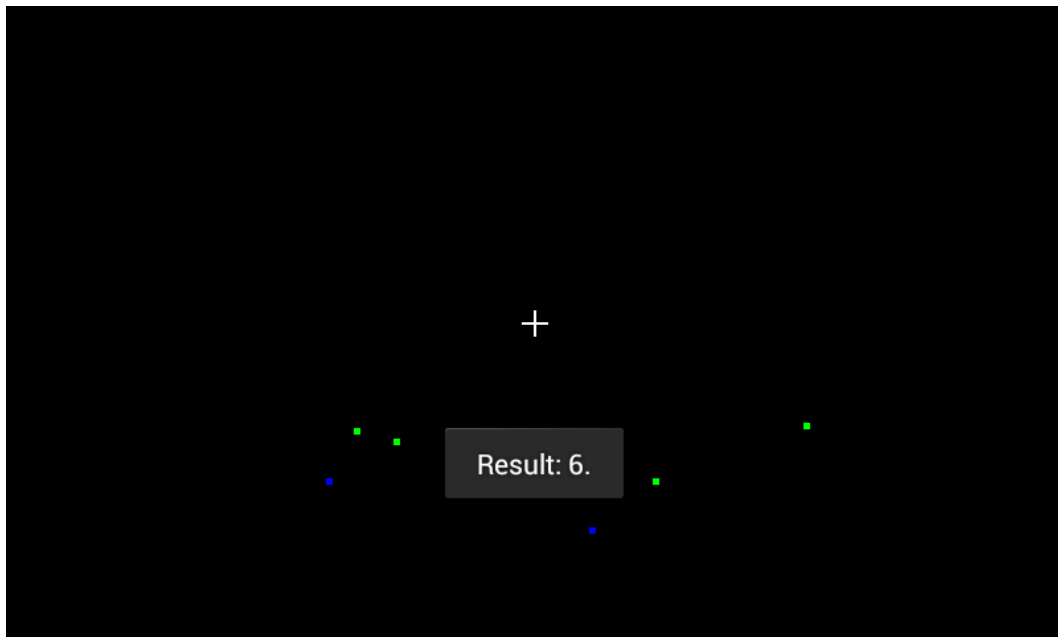
Under testet klagade flera av deltagarna på att det var svårt att blunda med ena ögat för testet, för att lösa detta kunde ögat täckas över med en hand, dock blev det då svårare att hålla telefonen stilla under testet.



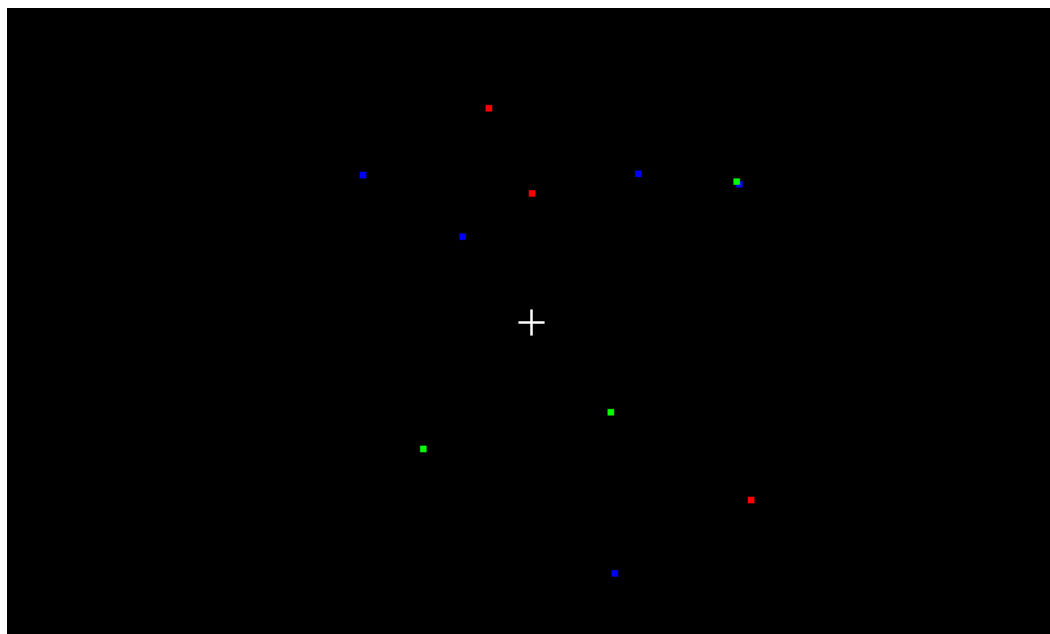
Figur 6.2. Resultat för vänster öga ifrån testdeltagare nr 1, förändringar noterades endast på den röda färgen.



Figur 6.3. Resultat för höger öga ifrån testdeltagare nr 1, förändringar noterades endast på den röda färgen.



Figur 6.4. Resultat för vänster öga ifrån testdeltagare nr 10, fyra gröna och två blåa förändringar noterades.



Figur 6.5. Resultat för höger öga ifrån testdeltagare nr 10, tre gröna, fem blå och tre röda.

## 6.4 Pupillreaktionstest

Utvecklingen av testet nådde aldrig ett stadie som gjorde det meningsfullt att testa på verkliga personer då algoritmen inte kunde prestera tillräckligt stabila resultat i de tester som gjordes under utvecklingen. Dessa tester bestod av att algoritmen fick analysera bilder av fasta, ritade ögon men gav varierande resultat.

Två korta videoklipp på testpersonen med glaukom spelades in i syftet att kunna användas i senare tester ifall pupillreaktionstestet vidareutvecklas. Inspelningen genomfördes med "Record"-funktionen i pupillreaktionstestet.



## 7. Resultat

### 7.1 Synfältstest

Synfältstestet ansågs inte vara tillräckligt pålitligt för att indikera tidiga symptom av glaukom på det korta avstånd som behöver hållas mellan öga och skärm. För att testet skall fungera behöver punkten som slumpmässigt visas kunna omslutas av eventuella skadade områden. Det korta avståndet gör att det kan bli en förvrängning av hur punkten visas inom ögat och då täcka ett större område än tänkt vilket kan göra att skadade områden inte kan omsluta punkten och kan misstolkas för att vara friska.

### 7.2 Pupillreaktionstest

Utvecklingen av pupillreaktionstestet nådde aldrig ett stadium där det gav konsekventa resultat, vilket är mycket viktigt då värdena skall jämföras med varandra för att hitta skillnader. Under utvecklingen kopplades delar från det tidigare projektet ihop, som kamera och blixtkontroll, ihop med varandra för att bygga på testet. Testet fick arbetas om kraftigt då man stötte på kompatibilitetsproblem. Ett exempel är att videofilen som spelades in i tidigare versioner av testet inte kunde omvandlas till data som algoritmen (för att hitta ögat och pupillen) kunde använda på grund av att det inte finns stöd för FFmpeg till Android-versionen av OpenCV. Om pupillreaktionstestet struktureras om för att vara noggrannare och snabbare bör det vara kapabelt att kunna upptäcka skillnader mellan ögonen och då också skador av glaukom.

### 7.3 Färgskillnadstest

En grundläggande version av ett färgskillnadstest kunde utvecklas och testas. Utifrån de tester som gjordes på färgskillnadstestet så fick majoriteten av testgruppen negativa resultat och två fick positiva. De som fick positiva resultat hade kända defekter där en hade glaukom och en var färgblind. Personen med glaukom beskrev små lokala förändringar på färgerna, vilket är precis vad testet syftar på att upptäcka, medan personen med defekt färgseende beskrev en mer konstant förändring av uppfattad färg utanför ett visst område. Färgskillnadstestet verkar alltså kapabelt att hitta symptom av glaukom, men då det endast testats på en person med sjukdomen är det lämpligt att en större testgrupp används för att se om det ger konstanta resultat på drabbade av glaukom.

## 8. Diskussion

Då glaukom finns i flera former med olika symptom, så bör man utforma tester för smarttelefoner, som inriktar sig på för sjukdomen gemensamma kännetecken. I nuläget finns det begränsningar på vilka tester som kan utföras med en smarttelefon, då hårdvara och mjukvara inte är optimerad för denna typ av uppgift, vilket gör att man inte kan få helt korrekta resultat på de olika varianterna av sjukdomen utan enbart indikationer. Vid indikationer på glaukom bör läkare eller optiker kontaktas för fullständig diagnos.

Symptomen som undersöks av testerna är inte unika för glaukom utan kan även orsakas utav andra sjukdomar, defekter och även mediciner. Pupillreaktionen kan exempelvis påverkas av ögondroppar och färgseendet är påverkat av färgblindhet. För att öka chansen att få trovärdiga resultat bör flera olika tester användas för att hitta så många olika symptom för sjukdomen som möjligt. Det ökar möjligheten för att säkerställa att glaukom är orsaken till defekterna. Det är också fördelaktigt att ha flera tester då de troligen inte går att ställa in testerna optimalt på varje typ av enhet som kör Android. Detta gör att testerna endast kan vara generellt inställda. T.ex. kan färgerna mellan två enheter variera kraftigt med samma inställningar då de använder olika hårdvara.

Synfältstestet lades ned ganska tidigt i projektet, anledningen till att det lades ner så snabbt efter att ha samtalat med Friséen var för att de resultat som det skulle kunnat ge gick emot projektets mål, att upptäcka glaukom i ett tidigt stadie. Att fortsätta med testet hade troligen kunnat ge positiva resultat men endast på stora skador på synen, vilket innebär att testet endast är användbart på en liten mängd människor och risken för att ge falska negativa resultat ökar.

### 8.1 Vidare utveckling

#### 8.1.1 Förbättring av färgskillnadstest

Under utvecklingen låg fokus på att snabbt få fram en mycket enkel version för testning, detta betyder dock att det finns många delar, som behöver arbetas om och optimeras.

Avståndet som skall hållas mellan ögat och smarttelefonens skärm är i nuläget uträknat för skärmens dimensioner men det finns inget som kontrollerar att avståndet faktiskt hålls utav användaren. Det gör att det är väldigt lätt att hålla fel avstånd och att avståndet varierar under testet då varken enheten eller testpersonen är förankrade mot en fast punkt. För stora variationer av avståndet kan påverka det område av synfältet som testet undersöker och då kan felaktigt negativa resultat lätt fås, då defekter missas. För att motverka detta skulle man kunna använda något föremål att sätta mellan enheten och ögat för att enklare hålla korrekt avstånd.

Valet av de färger, som testet visar är vitala för att testet skall ge trovärdiga resultat. Mer arbete bör göras för att hitta färger, som i testet tydligare påvisar skadorna av glaukom. Med rätt färger borde skadade områden i ögat visa en mer märkbar skillnad av färgförändringar. De färger som visas bör vara blandningar av de olika grundfärgerna då det troligtvis gör det lättare att märka skillnader ifall någon eller några typer av de färgkänsliga cellerna är skadade. Färger, som borde fungera bra är t.ex. lila (röd och blå), friska ögon bör se lila medan de med skador på nerverna bör se antingen rött eller blått istället.

Cirklarnas storlek, hastighet samt antalet färger har en stor påverkan på tiden som testet tar att genomföra, och bör väljas med eftertanke. Ju mindre cirklarna är och ju fler färger som testas desto noggrannare blir testet men det tar också längre tid. För valet av hastigheten för cirkeln bör man se till att det är lätt att följa cirkeln och att det finns tid för reaktion.

Banan som cirklarna rör sig inom, i nuläget en ellips, bör förbättras för att utöka området som täcks av testet. Chansen att hitta defekter ökar om sökområdet utökas.

Resultaten av testet bör också sparas för att kunna användas senare för t.ex. granskning, uppföljning eller jämförelse med andra resultat.

### **8.1.2 Förbättring av pupillreaktionstest**

Under utvecklingen av pupillreaktionstestet ändrades strukturen på testet då problem, som då verkade olösbare, uppstod i form av att inspelade videoklipp inte kunde göras om till matriser som algoritmen kunde jobba med. Valet gjordes då att istället låta bilderna från kameran skickas direkt till algoritmen. Detta var ett stort misstag då prestandan som krävdes för att köra bilderna genom algoritmen i samma takt som kameran tog bilder var för stor. Resultatet blev att testet gick så långsamt att det inte fanns en chans att registrera värdefull information om pupillens reaktion. För att lösa detta bantades algoritmen ner för att gå betydligt snabbare men på kostnaden av noggrannhet. Resultatet denna gång blev att testet gick snabbare, ca 10 bilder i sekunden kunde analyseras, men det är fortfarande aningen för långsamt för att kunna logga bra reaktioner på pupillen. Då testet samtidigt var mycket mindre noggrant med att hitta korrekt iris och pupill så hoppar värden upp och ner trots att ingen förändring av pupillen nödvändigtvis har skett. Detta gör att resultaten som kan ses i resultatgrafan är helt opålitliga.

En troligtvis bättre lösning på problemet med saknaden av stöd för FFmpeg är att istället för att spara en videofil eller att skicka direkt till algoritmen är att översätta bilderna ifrån kameran till matriser och sedan spara dem i en lista eller Array. På detta sätt kan kameran ta bilder i högre takt och algoritmen kan arbeta i lugn och ro då den inte har samma tidspress. Ett annat alternativ är att spela in reaktionen på ögat och sedan skicka filen till en server eller dator där rätt kodex finns och låta analyseringen ske där. Om enheten får jobba i fred med att analysera bilder bör också kraven på smarttelefonen minska då den fortfarande kan prestera samma noggrannhet som en kraftigare enhet med undantaget att det tar lite längre att räkna ut resultatet.

En annan viktig anledning för att sluta använda realtids-analysering är att tiden mellan bilderna blir mer konstant, jämfört med den nuvarande versionen där tiden mellan varje bild varierar på hur lång tid algoritmen tar och ljuspulsen är styrd utav antalet bilder som blir godkända av algoritmen. När alla bilder ifrån kameran kan loggas bör ljuspulsen vara styrd av systemklockan så att pulserna kommer med exakt samma mellanrum. Detta borde göra att resultaten kan bli mer trovärdiga då ögonen testas på samma villkor då det inte behöver vänta på algoritmen.

Flera värden bör kunna plockas ut ifrån mätningarna om testet implimenteras korrekt. Pupillreaktionstiden och återställningstiden för pupillen är bland de mest intressanta värdena som kan hämtas ur testet då de kan visa ifall pupillerna reagerar olika snabbt eller för långsamt vilket kan vara tecken på skador. Dessa tecken syns inte om man endast tittar på minimum och max värden för pupillen. Resultatet från testet bör inte visas på samma sätt som i nuläget, i alla fall inte enbart på detta sätt då man låter användaren själv tolka resultaten, om det finns någon skillnad mellan pupillernas reaktion. Istället bör mer beräkningar genomföras av appen, förutsatt att man faktiskt kan få fram trovärdiga mätvärden ifrån bilderna. Genom dessa beräkningar borde flera olika faktorer som reaktionstid eller storleken på reaktionen tas i åtanke för att till sist presentera ett tydligare svar på testet.

Resultat ifrån mätningar bör loggas för att kunna användas för jämförelse under längre perioder så skillnader över tiden kan uppmärksammas.

### **8.1.3 Framtida möjligheter**

Om utvecklingen av appen väljs att fortsättas kan det vara läge att undersöka möjligheter och förutsättningar för en lansering. Eftersom appen inriktar sig för att kunna användas av en bred grupp

och med tanke på att det finns väldigt få liknande produkter på marknaden så finns det stor potential att snabbt nå ut över den globala marknaden. För att säkra arbetet som gjorts borde då också patent undersökas, dels för att kontrollera om man inkräktar på någon annans patent, om det redan finns på testerna eller om det går att söka egna patent på olika moment av testerna. Självklart behöver testerna utvecklas och testas mycket mer för att kunna få appen till ett stadie där man med säkerhet vet att appen kan leverera det den är ämnad för men utveckling kostar mycket resurser. Så nästa steg är kanske att söka sig till investerare? En närmare kontakt med läkare hade också varit användbar för att se vad som efterfrågas, vad de tror om appen och för att komma i kontakt med testpersoner. Möjligheterna är mycket stora när man arbetar med ovanliga problem där det samtidigt finns en omättad marknad.

## 8.2 Miljö & etik

Antalet användare av smarttelefoner ökar då de blir mer tillgängliga över världen.

Om en app i en smarttelefon kan användas för att indikera glaukom skulle den snabbt kunna nå ut och användas världen över, vilket skulle kunna ha stor positiv påverkan på miljön och människors livskvalité.

En app kan vara ett billigt och snabbt alternativ för att upptäcka symptom av sjukdomen jämfört med ett besök hos en läkare eller optiker, då avståndet till dessa kan vara stort och kostnader för att genomföra frekventa undersökningar kan vara höga. Med tester i en app kan användaren testa sig själv och andra i närheten obegränsat och kan då avgöra om en mer utförlig undersökning behövs. Detta kan göra att arbetsbelastningen på läkare och optiker reduceras och resurserna kan användas mer effektivt för att behandla sjukdomen istället, och minskade transporter till undersökningar är skonsamt för miljön.

Eftersom användare kan testa sig hur ofta de vill med appen, så är chansen större att sjukdomen upptäcks tidigt. Behandling kan då sättas in tidigare och begränsa skadorna som uppstår. Om skadorna kan motverkas tidigt innebär detta att den drabbades livskvalité inte försämras mer än nödvändigt och att personen i fråga troligen kan fortsätta arbeta och leva normalt, i jämförelse med att i värsta fall bli blind.

Om appen når en sådan tillförlitlighet så att den kan marknadsföras, är prissättningen i högsta grad en etisk fråga. Om priset på appen är lågt eller att den till och med är gratis så ökar gruppen som har tillgång till appen och flera kan då få tillgång till testerna. Låga intäkter på appen kan innebära minskade ekonomiska resurser för vidareutveckling, vilket kan medföra att testet inte blir tillräckligt finkalibrerat, som i sin tur kan ge tveksamma testresultat. Osäkra resultat kan innebära att människor med glaukom inte upptäcks i tid eller att friska får en felaktig indikation av sjukdomen. Om priset är för högt reduceras istället antalet personer, som har råd att köpa appen respektive får tillgång till testerna. Ett högre pris kan innebära större intäkter, vilket ökar möjligheten till ytterligare resurser, som kan användas för att vidareutveckla appen. Förbättrade tester bör minska antalet felaktiga resultat.

## 8.3 Källkritik

För att se till att fakta i projektet är korrekta, hämtades information ifrån källor, som ansågs vara pålitliga, såsom medicinska artiklar och studier. För de källor, som är ifrån Internet bör inställningen vara mer kritisk, då det är enklare i det mediet att sprida inkorrekt information jämfört med tryckta publicerade texter. En källa, som användes i arbetet, man bör vara än mer kritisk åt är Wikipedia. Artiklarna på hemsidan är öppna för redigering av alla, dock finns åtgärder för att upptäcka och förhindra att inkorrekt information ges.

Något man bör tänka på med medicinska områden är att det ofta finns flera olika åsikter om vad som är rätt och fel. Det finns ofta inget definitivt svar, som är helt korrekt och många av de teorier som en gång ansetts vara sanna har senare funnits vara inkorrekta. När man stöter på dessa problem är det upp till den egna personen att bedöma vad som är rimligt beroende på de olika argumenten, som ges från de olika sidorna.

## 8.4 Slutsats

Efter samtal med läkare verkar det fullt möjligt att kunna indikera skador av glaukom med en smarttelefon, dock är smarttelefonen inte lämplig att använda för alla av nutidens olika metoder för att påvisa glaukom. Synfältstestet är ett sådant test som är baserat på en metod, som inte lämpar sig att använda på grund av det korta avstånd som behöver hållas mellan skärm och öga. Synfältstestet lades därför ned.

Pupillreaktionstestet bör kunna indikera glaukom, med undantag för, om skadorna är symmetriska mellan ögonen, men testet behöver i nuläget omstruktureras för att kunna optimera analyseringen av ögat. Det behöver också börja mäta med tider för att kunna räkna ut andra viktiga värden ifrån testet som kan visa skillnader mellan ögonen.

Färgskillnadstestet, som var det enda testet som prövades på en testgrupp. Testet visade goda möjligheter att upptäcka symptom av glaukom då en person i testgruppen, som har diagnosen glaukom och en med färgblindhet gav positiva resultat av testet. Testet behöver optimeras med rätt färger och testas på en större grupp innan man definitivt kan anse att det kan indikera glaukom.

Tidsplanen för projektet fick anpassas flera gånger under projektet, först då synfältstestet ersattes med färgskillnadstestet då mer information behövdes samlas in vilket minskade ner tiden för utveckling. För att öka utvecklingstiden fick tid tas ifrån testningen istället. Det dagliga loggboksskrivandet upphörde efter ca halva arbetet då det inte ansågs föra med några fördelar.

## 9. Referencer

- Android. (2014) *Dashboards*. <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html> (2014-02-24).
- Android, NDK. [Inget datum] *Android NDK*. <https://developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.html> (2014-05-19).
- Android SDK (2014) *Exploring the SDK*. <http://developer.android.com/sdk/exploring.html> (2014-05-18).
- Berglund, J et al. (2014) *Undersökning av möjlighet att upptäcka glaukom med en smarttelefon*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- CODEX. (2013) *Medicinsk forskning*. <http://www.codex.vr.se/forskningmedicin.shtml> (2014-05-19).
- ColorBlindAwareness. [Inget datum] *Acquired Color Vision Defects*. <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/acquired-colour-vision-defects/> (2014-05-12).
- Dahl, A. (2013) *Glaucoma*. <http://www.medicinenet.com/glaucoma/article.html> (2014-04-05).
- Eclipse. (2014) *What is Eclipse?*. <http://www.eclipse.org/> (2014-05-19).
- Frisén, L. (2005) *Rarebit Perimetry*, Version 4. <http://www.ofg.gu.se/webdiagnos/Perimetry/RBP-manual.pdf> (2014-03-28).
- Frisén, L. (1973) *A Versatile Color Confrontation Test for the Central Visual Field: A Comparison With Quantitative Perimetry*. *Arch Ophthalmol*, vol. 89.
- FFmpeg. [Inget datum] *About Ffmpeg*. <http://www.ffmpeg.org/about.html> (2014-06-09).
- Git. [Inget datum] *Getting Started – Git Basics*. <http://git-scm.com/book/en/Getting-Started-Git-Basics> (2014-05-23).
- Göteborgs universitet. (2014) <http://www.ofg.gu.se/webdiagnos/CritVis/CVis2.html#color> (2014-03-29).
- Heijl, A et al. (2010) *Öppenvinkelglaukom: diagnostik, uppföljning och behandling*. *Läkartidningen*, vol. 107, nr 19-20, ss. 1311-1313.
- HyperPhysics. [Inget datum] *The Color-Sensitive Cones*. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/colcon.html#c1> (2014-05-22).
- Kalaboukhova, L., Fridhammar, V., Lindblom, B. (2007). *Relative afferent pupillary defect in glaucoma: a pupillometric study*. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. vol. 85, nr 5, sid 519-525.
- Kanipati, L, Grikin, C, Gamlin, P. (2011) *The Post-Illumination Pupil Response Is Reduced in Glaucoma Patients*. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. vol 52. nr 5. sid 2287-2292.
- MedicineNet. (2013) *Glaucoma*. <http://www.medicinenet.com/glaucoma/page3.html> (2015-06-01).
- OpenCV. (2013) *Enable FFMPEG support on Android*. <http://code.opencv.org/issues/2546> (2014-05-20).

OpenCV, 1. (2014) *Introduction*. <http://docs.opencv.org/trunk/modules/core/doc/intro.html> (2014-06-09).

OpenCV, 2. (2014) *Face Detection using Haar Cascades*.  
[http://docs.opencv.org/trunk/doc/py\\_tutorials/py\\_objdetect/py\\_face\\_detection/py\\_face\\_detection.html](http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html) (2014-06-09).

Sample, P, Weinreb, R. (1990) *Color Perimetry for Assessment of Primary Open-Angle Glaucoma*. Investigative Ophthalmology & Visual Science. vol 31. nr 9. sid 1869-1875.

Skansholm, J. (2013) *Java direkt med Swing*. upplaga 7:1. Lund: Studentlitteratur AB.

Sommerville, I. (2010) *Software Engineering*. Internationell upplaga: 9. sid 155. Pearson Education.

St:Eriks. (2014) *Glaukom*. <http://www.sankterik.se/sv/sjukdomar-och-besvar/ogonsjukdomar/glaukom/> (2014-04-20).

WebMD, 1. (2012) *Tonometry*. <http://www.webmd.com/eye-health/tonometry> (2014-05-20).

WebMD, 2. (2012) *Perimetry Test (Visual Field Testing) for Glaucoma*. <http://www.webmd.com/eye-health/perimetry-test-visual-field-testing-for-glaucoma> (2014-05-22).

Wikipedia, 1. (2014) *Glaucoma*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Glaucoma> (2014-05-20).

Wikipedia, 2. (2014) *Blind spot*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Blind\\_spot\\_%28vision%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Blind_spot_%28vision%29) (2014-05-20).

Wikipedia, 3. (2014) *Ocular Tonometry*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Ocular\\_tonometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Ocular_tonometry) (2014-05-20).

Wikipedia, 4. (2014) *Fundus photography*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Fundus\\_photography](http://en.wikipedia.org/wiki/Fundus_photography) (2014-06-09).

Wikipedia, 5. (2014) *Android(operating system)*.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Android\\_%28operating\\_system%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29) (2014-04-16).

Wikipedia, 6. (2014) *Photoreceptor cell*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Photoreceptor\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Photoreceptor_cell) (2014-04-01).

# 10. Appendix

## 10.1 Tidsplan

Planering för "Undersökning om indikering av glaukom med en smarttelefon"											
Aktivitet	Tid (veckor)	Vecka 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Research</b>	2										
Samla information om synfältstest	2										
Samla information om pupillreaktionstest	2										
Samla information om glaukom	1										
Ta kontakt med läkare	1										
Granska befintlig kod	1										
Sammanställ uppgifter inför utvecklingen	1										
<b>Utveckling</b>	4										
Programmera synfältstest	2										
Programmera pupillreaktionstest	2										
Skapa GUI för testerna	2										
Fördjupning inom android/java programmering	4										
<b>Testing</b>	3										
Samla test grupp	1										
Låt användare genomgå testen	3										
Kalibrera testen	2										
<b>Sammanställning</b>	10										
Skriv rapport	10										
Analysera resultat och dra slutsatser	2										
Skriv dagslogg	10										
Förbered presentation av arbete	1										