



CHALMERS



Spårssystem för lokalisering av golfbollar

Ett produktutvecklingsprojekt med fokus på golfspelaren

Ett kandidatarbete inom Automation & Mekatronik och Maskinteknik

Johannes Berghult
William Flodin
Fredrik Kuylenstierna
William Lind

KANDIDATARBETE SSYX02:41 2017

Ett kandidatarbete som avser att ta fram ett spårsystem för lokalisering av golfbollar

Ett kandidatarbete inom Automation & Mekatronik och Maskinteknik

BERGHULT, FLODIN, KUYLENSTIERNA, LIND



CHALMERS

Institutioner för Elektroteknik
Avdelningen för System- och reglerteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

Ett kandidatarbete som avser att ta fram ett spårssystem för lokalisering av golfbollar.

Johannes Berghult, William Flodin, Fredrik Kuylenstierna, William Lind

© Johannes Berghult, 2017

© William Flodin, 2017

© Fredrik Kuylenstierna, 2017

© William Lind, 2017

Handledare: Sébastien Gros, Elektroteknik

Examinator: Bo Egardt, Elektroteknik

Kandidatarbete SSYX02:41 2017

Institutionen för Elektroteknik

Avdelningen för System- och reglerteknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon +46 31 772 10 00

Omslag: Golfboll liggandes på fairway hål 6, Chalmers Golfklubb, med illustrerande indikation på att den har lokaliserats. Foto och illustration av William Flodin.

Typsatt i L^AT_EX

Göteborg, Sverige 2017

Sammanfattning

Följande projektrapport utvärderar golfspelarens problem att lokalisera sin golfboll. Genom produktutvecklingsmetodik och ett kundorienterat förhållningssätt ämnar kandidatarbetet att utveckla ett spårssystem vars prototyp ska hjälpa golfspelaren att finna golfbollen efter slag.

En kvantitativ och flera kvalitativa undersökningar genomfördes där respondenterna konstaterades ha ett genomsnittligt handicap på 15,9 och en medelålder på 31 år. Svaren analyserades och kundbehovet fastställdes vara ett användarvänligt spårssystem där det för kunden är känt hur mycket lösningen påverkar golfbollens spелеgenskaper.

Parallellt med marknadsanalysen genomfördes test av fyra initialt valda spårningstekniker i form av metall- och värmedetektering, Bluetooth och datorseende. Testningen visade på brister för ändamålet hos metall och värme medan Bluetooth-testet tvärtom gav tydlig indikation på att signalstyrka borde kunna användas för att lokalisera ett objekt. Datorseende visade sig ha potential men förutspåddes vara ytterst svårt att göra robust. Dessutom slog kundundersökningen fast att problemet med att inte kunna följa golfbollen i luften inte var lika utbrett som att lokalisera bollen vid dess troliga nedslagsplats.

Slutsatserna ovan utgjorde grunden i Pugh-matriserna där det kvarstående konceptet var en specialtillverkad golfboll med ett inbyggt Bluetooth-chip, som i kombination med en smarttelefon kan indikera avståndet till bollen. Det efterföljande prototyparbetet mynnade ut i en telefonapplikation som via Received Signal Strength Indicator (RSSI) mäter signalstyrkan på den lågenergisignal som Bluetooth-chipet periodiskt sänder ut. En algoritm byggd på signalsstyrkans medelvärde under ett tidsintervall ger applikationen möjlighet att grafiskt indikera om användaren befinner sig inom signalens räckvidd. En färgskala ger sedan användaren information om denne är på väg mot eller bort från golfbollen.

Applikationen är helt klar för att demonstrera sin funktion och fungerar väl i kombination med Bluetooth-chipet. Däremot stannade prototyparbetet vid att endast placera ett Bluetooth-chip i en befintlig golfboll. Vad som återstår för en färdig produkt är att arbeta fram ett ännu mindre Bluetooth-chip och bädda in detta i en golfboll under tillverkningsprocessen. Ett vidare rekommenderat arbete kommer mestadels bestå av att utvärdera tillverkningsprocesser för golfbollar och Bluetooth-chip, samt testning av ytterligare prototyper. Kombinationen av de specialtillverkade delarna måste således bli en produkt tålig kraften och deformationen från ett golfslag men samtidigt ha likartade spелеgenskaper gentemot en vanlig golfboll.

Nyckelord: Golf, Golfspelare, Golfboll, Spårning, Lokalisering, Borttappad, Bluetooth, Smarttelefon, Produktutveckling, Pejlsändare

Abstract

The following report evaluates the problem occurring each time a golf player makes a stroke, more specifically locating the golf ball. By known methods within product development and with customer orientation the project means to develop a system that assists the golfer to locate one's ball.

Through quantitative and qualitative studies with respondents having an average handicap and age of 15,9 respective 31, conclusions could be drawn. Among others, the studies showed a need for a user friendly system with known consequences on the ball performance.

In parallel with the market analysis tests of four different tracking techniques were completed, metal and heat detection, Bluetooth and computer vision. Metal and heat detection had shortcomings on fulfilling the purpose with tracking small objects, while Bluetooth on the contrary indicated that signal strength could be used to locate a transmitter. Computer vision however was also successful but making it entirely robust would most likely be utterly difficult. Additionally, one of the conclusions from the quantitative study was that tracking the ball in mid air is not as challenging as locating it around its predicted landing area.

The test results and the studies formed the Pugh matrixes where the winning concept was a customized golf ball with an embedded Bluetooth chip, trackable with a smartphone application. Using Received Signal Strength Indicator (RSSI) the application measures the strength of the low energy Bluetooth signal transmitted from the chip. An algorithm founded on the mean value during a number of scan cycles allows the application to indicate if the user is within the chip's range. If so, via a color scale the application graphics shows whether the user is heading towards the golf ball or not.

The developed application works and demonstrates its function well combined with a Bluetooth beacon. However, the prototype ends at placing the beacon in an already existing golf ball. Producing a customized golf ball with a smaller customized Bluetooth chip remains to be accomplished. The customization must mainly evaluate the manufacturing processes of both a golf ball and a Bluetooth chip and merge the parts in to a functional golf ball. Due to large force and deformation during a golf stroke, the prototype must also endure various tests to ensure its sustainability and that the performance characteristics is fairly similar to a non-customized golf ball.

Keywords: Golf, Golf player, Golf ball, Tracking, Localizing, Lost, Bluetooth, Smartphone, Product development, Beacon

Förord

Detta kandidatarbete framställdes vid Chalmers tekniska högskola, institutionen för Elektroteknik. Projektgruppen består av tredjeårs-studenter vid civilingenjörsprogrammen Automation & Mekatronik samt Maskinteknik. Projektet skapades på eget initiativ, varvid ett stort tack vill riktas till System- och reglerteknik Signaler och System för att vi fick göra vårt arbete hos er. Vi vill speciellt tacka Petter Falkman, som trots att vi ansökte om detta arbete efter deadline såg till att det blev av.

Vi vill tacka ett antal personer som varit mycket värdefulla för detta projekt, dessa listas nedan.

- Sébastien Gros, vår handledare som bidragit med pricksäker feedback och som breddat vår arbetsgång med spännande tankar och idéer.
- Bo Egardt, vår examinerator som utöver sin roll även har funnits tillgänglig för frågor som dykt upp under arbetets gång.
- Lars Almefelt, som i ett tidigt skede av projektet guidade oss med ovärderlig kunskap inom produktutvecklingens grunder.
- Robin Stridh vid Acte Solutions, som bidragit med sin expertis inom elektronik och mer specifikt Bluetooth-teknik.
- Magnus Gustafsson, som vid flera tillfällen med kort framförhållning gett oss värdefull respons på vår text och rapport.
- Anders Boström, som med engagemang har hjälpt oss med beräkningar av krafter som en golfboll utsätts för.
- Hans Malmström, som hjälpt oss tolka tillgängliga golfregler samt gett oss inblick i den stundande moderniseringen av golf.
- David Hellström, Johan Egeland, Lars Jacobsson, Mats Karlsson Lindh och Peter Egeland, som deltagat i våra intervjuer och bidragit med värdefull kunskap om golfspelares behov och spännande lösningsidéer.
- De 149 golfspelare som svarat på vår enkät och på så sätt skapat förutsättningar för vårt kundorienterade produktutvecklingsprojekt.

Johannes Berghult
William Flodin
Fredrik Kuylenstierna
William Lind
Göteborg, Maj 2017

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Precisering av problemformulering och frågeställningar	3
1.5	Rapportens disposition	3
2	Bakgrund om golf	5
2.1	Utövandet av golf	6
2.2	Golfbollens utformning	6
2.3	Regler kring golfbollen	7
3	Teoretisk referensram för produktutveckling	9
3.1	Kundorienterad produktutveckling	10
3.2	Morfologisk matris	11
3.3	Pughs relativa beslutmatris	11
3.4	Informationsinsamling av data	12
3.5	Funktionsidentifiering	12
4	Teknisk referensram för spårning	15
4.1	Elektromagnetisk strålning i användandet för spårning	16
4.1.1	Bluetooth	16
4.1.2	Radar	17
4.1.3	Radio Frequency Identification	17
4.1.4	Wi-Fi	17
4.1.5	Mobiltelefonisystemen 2G, 3G och 4G	18
4.1.6	Global Positioning System	18
4.1.7	Metalldetektering	18
4.1.8	Värmedetektering	18
4.2	Datorseende	19
5	Metodik	21
5.1	Marknadens lösningar	23
5.2	Tidig kravspecifikation	23
5.3	Ett urval av spårningstekniker	23
5.4	Tester av spårningstekniker	23
5.5	Kundens behov	23

5.5.1	Kvantitativ studie	24
5.5.2	Kvalitativ studie	24
5.6	Funktionsidentifiering	24
5.7	Utökad kravspecifikation	24
5.8	Framtagning av lösningskoncept	25
5.9	Konceptutvärdering och konceptval	25
5.10	Detaljerad prototypdesign och konstruktion	26
6	Resultat	27
6.1	Marknadens lösningar	28
6.2	Tidig kravspecifikation	28
6.3	Ett urval av spårningstekniker	29
6.4	Tester av spårningstekniker	30
6.5	Kundens behov	31
6.5.1	Kvantitativ studie	31
6.5.2	Kvalitativ studie	35
6.5.3	Sammanställning av kundens behov	36
6.6	Funktionsidentifiering	37
6.7	Utökad kravspecifikation	38
6.8	Framtagning av lösningskoncept	39
6.8.1	Morfologisk matris	39
6.8.2	Konceptbeskrivningar	39
6.9	Konceptutvärdering och konceptval	41
6.10	Detaljerad prototypdesign och konstruktion	43
6.10.1	Detaljerad prototypbeskrivning	43
6.10.2	Golfbollens mekanik och deformation	44
6.10.3	Processträd och prototypens komponenter	45
6.10.4	Prototypens konstruktion	46
6.10.5	Test och utvärdering	53
6.10.6	Aspekter avseende miljöpåverkan	53
7	Diskussion	55
7.1	Marknadens lösningar	56
7.2	Tester av spårningstekniker	56
7.2.1	Bluetooth	56
7.2.2	Metalldetektering	57
7.2.3	Värmedetektering	57
7.2.4	Datorseende	58
7.3	Spelregler för spårningsbar elektronisk golfboll	58
7.4	Kundens behov	59
7.4.1	Kvantitativ studie	59
7.4.2	Kvalitativ studie	60
7.5	Detaljerad prototypdesign och konstruktion	60
7.5.1	Sportens mekanik och specialtillverkad golfboll	60
7.5.2	Prototypens konstruktion	61
7.5.3	Utvärdering av projektets prototyp	62
7.5.4	Minimering av negativ miljöpåverkan	63

8	Slutsats	65
9	Rekommendation för vidare arbete	67
	Litteraturförteckning	69
A	Bilaga - Bidragsrapport	I
B	Bilaga - Marknadsundersökning	V
C	Bilaga - Tillstånd att använda metallsökare	IX
D	Bilaga - Testrapporter	XIII
E	Bilaga - Frågeformulär för kvantitativ studie	XXXVII
F	Bilaga - Sammanställning över kvantitativ studie	XLIII
G	Bilaga - Kvalitativ studie med intervjuer	LXIII
H	Bilaga - Morfologisk matris	LXXI
I	Bilaga - TrackMan golfsimulering	LXXIII

1

Inledning

Golf går ut på att utövaren på så få slag som möjligt sänker golfbollen i hålkoppen, där en fundamental del i utövandet är att golfspelaren efter varje slag måste lokalisera den slagna golfbollen. Den här kandidatuppsatsen syftar till att undersöka hur lokalisering av golfspelarens golfboll kan underlättas.

1.1 Bakgrund

Att lokalisera golfbollen kan tänkas vara en synnerligen enkel uppgift men under en golfrond över 9 eller 18 hål kan spelaren ha oturen att omsätta flertalet golfbollar utan något som helst hjälpmedel. Under senare år har marknaden för hjälpmedel på golfbanan vuxit, där det nu bland annat förekommer avståndsklockor och avståndsskikare. Det finns också hjälpmedel för golftränare som läser av olika data i ögonblicket då golfklubban träffar golfbollen. Marknaden för att återfinna en golfspelares golfboll är däremot än så länge relativt oetablerad även om fåtalet produkter existerar.

1.2 Syfte

Projektets syfte är att genom ett kundorienterat förhållningssätt utvärdera problemet vid lokalisering av golfboll och utveckla en efterfrågad lösning. Olika spårningstekniker av diverse objekt ämnas att undersökas. Projektet ämnar att via en tydlig ingenjörsmetodik dokumentera och utföra processer för att arbeta mot en testklar prototyp.

1.3 Avgränsningar

Projektets prototyp kommer att begränsa sig till system tillhörande användare och golfboll. Lösningar som inkluderas på högre systemnivåer som kan uppfylla funktionen, till exempel stationär utrustning på golfbanor, kommer inte beaktas.

En avgränsning görs mot att inte ta fram en marknadsklar produkt. Då projektet inte ämnar att etablera sig på den befintliga marknaden för golfutrustning kommer det inte heller att fokuseras på att sälja in prototypen till eventuella framtida kunder som projektgruppen kommer i kontakt med.

Projektet är begränsat till en budget som förväntas innefatta eventuell tillverkning av prototyp. Tillgänglig budget är fastställd av Institutionen för Elektroteknik och är satt till 5000 kronor.

Vidare har projektet en avgränsad tidperiod på ungefär fem månader, som löper mellan januari och maj, vilket är enligt bestämmelse för kandidatarbete på Chalmers tekniska högskola [1]. Den utsatta tiden begränsar möjligheterna för projektgruppen att få djupa kunskaper inom många nya områden.

Det existerar regler inom golfen kring både spelet och utrustningen under handicapgrundande ronder som kan begränsa en golfboll som använder sig av elektronik. För träningsspel är sådana hjälpmedel godkända och kommer därför inte begränsa projektgruppens framtida urvalsprocesser och lösningsgångar. Avgränsningen blir således att projektgruppen inte kommer ta hänsyn gentemot handicapgrundande golfregler.

1.4 Precisering av problemformulering och frågeställningar

På och kring en golfbana kan det ibland råda svårletad terräng så som högt gräs, klöverblommor och inte minst skog. Att helt misslyckas eller spendera lång tid med att lokalisera golfbollen påverkar speltempot, resultatet, plånboken samt spelglädjen och är tillsynes ett problem inom sporten. En lösning eftersträvas att tas fram, som kan hjälpa golfspelaren att lokalisera sin golfboll i en miljö där denne har svårt att finna den.

Ett antal olika frågeställningar som projektet avser att besvara presenteras nedan.

- *Vilka olika typer av spårnings- och lokaliseringstekniker för golfbollar finns på marknaden idag?*
- *Vilken del av lokaliseringen upplever den vardagliga golfspelaren som mest problematisk?*
- *Vad efterfrågar golfspelaren för typ av funktionalitet för att lösa den upplevda problematiken?*
- *Vilken eller vilka spårnings- och lokaliseringstekniker lämpar sig bäst för den efterfrågade funktionaliteten?*
- *Hur skulle ett lokaliseringssystem kunna vara designat för att bemöta problemet utifrån kundens önskemål?*

1.5 Rapportens disposition

Rapporten består av nio stycken kapitel och inleds med kapitlet *Inledning*. I Inledning presenteras och redogörs för kandidatarbetets problem och syfte samt vad som ämnas att åstadkommas.

Kapitel två, *Bakgrund om golf*, ger en djupare förklaring av grunderna i sporten golf än vad som redogörs för i bakgrundsavsnittet i Inledning. Förklaringsgraden är anpassad för läsare helt utan inblick i sporten. I detta kapitel om golf finns också en kort sammanfattning av golfbollens regler och utformning.

Kapitel tre, *Teoretisk referensram för produktutveckling* och kapitel fyra, *Teknisk referensram för spårning*, framlägger information och fakta om produktutvecklings-teori respektive spårningstekniker som undersöktes närmare i projektets arbete.

Kapitel fem, *Metodik*, presenterar den serie av produktutvecklingsaktiviteter som har tillämpats för att bedriva kandidatarbetets produktutvecklingsprojekt. Metodiken består av tio stycken aktiviteter enligt rubriker i Figur 5.1. Aktiviteternas

tillvägagångsätt förklaras i metodikkapitlet och med samma rubriksättning presenteras i kapitel sex, *Resultat*, resultaten för motsvarande aktiviteter.

Därefter följer kapitel sju, *Diskussion*, där arbetets resultat diskuteras. Även diskussionskapitlet rubriksätts utefter de aktiviteter som framgår i Figur 5.1, men endast de aktiviteter som av projektgruppen ansågs intressanta att diskutera finns författade.

Rapporten avslutas med kapitel åtta, *Slutsats* och kapitel nio, *Rekommendation för vidare arbete*, där arbetets mest värdefulla resultat kopplas till projektets problemställningar för att slutligen resultera i vad projektgruppen ansåg vara intressant att vidare undersöka.

2

Bakgrund om golf

Kandidatarbetes fokus är riktat mot golfspelaren och sporten golf, vilket är en sport innehållandes en hel del termer, regler och begrepp. I följande kapitel förklaras golfen mer detaljerat för att ge en ökad förståelse över vissa delar av innehållet i rapporten.

2.1 Utövandet av golf

Sporten golf, i den moderna utformningen, har historia som sträcker sig tillbaka till 1700-talet [2] och idag är sporten en av de största i Sverige enligt Svenska Golf förbundet [3]. Som sport är golf ett precisionsspel i utomhusmiljö där golfklubba och golfboll är nödvändig utrustning för utövaren, som benämns golfspelare. Spelet sker på en avsedd plats, en golfbana, där golfspelaren under 9 eller 18 hål strävar efter att slå i bollen i hålkopp, med hjälp av så få slag som möjligt. Varje hål har en unik utformning sett till layout, längd, terräng och svårighet, vilket gör förutsättningarna för utövandet av sporten väldigt varierande.

Varje hål börjar med en utslagsplats, en så kallad tee. Därefter är målet att nå green, där hålkoppen är placerad och som golfbollen slutligen ska nå. Mellan utslagsplatsen och green råder det varierande terräng och hinder. Vanligt förekommande terräng är fairway med kortklipp gräs och ruff med längre gräs, och vid hinder är bunker med sand och vatten vanligt. Beroende på hålets utformning kan tillåten spelyta vara olika stor och gräshöjden i de olika terrängerna olika hög. En golfboll kan också hamna i terräng där det ej är möjligt att leta efter den, exempelvis vatten. Golfspelaren behöver då sätta en ny boll i spel efter att ha pliktat enligt spelets regler. En ny boll måste också sättas i spel om golfspelaren slår en boll utanför banans gräns. Även då gäller pliktning enligt spelets regler.

Varje golfspelare ansvarar själv för införskaffande av utrustning som är nödvändig för utövandet, exempelvis golfklubbor och golfbollar. På golfmarknaden finns det en mängd olika tillverkare av golfbollar som alla specificerar olika egenskaper så som hårdhet på skal och spinntal. Detta medför ett brett spann av utbud och prisnivåer beroende på vilken golfboll som väljes.

2.2 Golfbollens utformning

En golfbolls uppbyggnad har genom åren förändrats. En del som ändrats mycket är vad som finns innanför det yttre skalet. Beroende på vilken prisklass och vilka egenskaper man söker blir det i regel fler lager av material inne i bollen för mer kostsamma golfbollar. De första tillverkade bollarna hade endast ett lager, vilket också är fallet för många av dagens mindre påkostade bollar. Antalet lager varierar på nuvarande marknad från ett lager till sex lager [4]. Anledningen till att det finns flera lager i golfbollen är för att egenskaper såsom hur långt bollen flyger eller hur väl den går att spinna förbättras vid ökat antal [5]. Materialet i lagrena är oftast en kombination av gummi och plaster. På golfbollens yttre skal finns det alltid små gropar som kallas för dimples. Antalet dimples och dess storlek varierar mellan tillverkare och bolltyper för att ge bollen önskade egenskaper.

2.3 Regler kring golfbollen

Golf har likt alla sporter en regelbok som innefattar vissa begränsningar i vad som får och inte får göras med utrustningen, samt i vilken utsträckning olika hjälpmedel får användas. Huvudsakligen säger regelboken att golfbollens vikt inte får överstiga 45,93 gram och att golfbollens diameter inte får understiga 42,67 mm. Formen ska dessutom vara sfäriskt symmetrisk. Allmänt gäller att, "Bollen får inte avvika väsentligt från traditionell och vedertagen utformning och tillverkning. Materialet i och konstruktionen av bollen får inte stå i strid med reglernas syfte och avsikt" [6]. Rörande eventuell personlig modifiering säger regelboken även att, "Bollen som spelaren spelar får inte tillföras främmande material i syfte att påverka dess spелеgenskaper" [6]. Under att tillföra bollen material kan elektronik räknas. Det är inte tillåtet att placera elektronik inuti bollen där en extern enhet kan spåra den [7]. Reglerna gäller tävlingar och handicapsgrundande ronder, där lokala undantag kan förekomma.

3

Teoretisk referensram för produktutveckling

Kandidatarbetet tillämpar en kundorienterad produktutvecklingsmetodik. Detta kapitel behandlar en djupare teori av tillvägagångssättet än vad som beskrivs i rapportens huvuddelar.

3.1 Kundorienterad produktutveckling

För att vara framgångsrik på dagens marknader är det grundläggande att produktutvecklingens utgångspunkt ska väljas med hänsyn tagen till vald marknads efterfrågan och förståelse av kundbehov. För att vara attraktiv ur ett kundperspektiv behöver en produkt erbjuda unik funktionalitet, alternativt vara billigare än konkurrerande alternativ. Detta beskrivs som positionering, det vill säga konsumentuppfattningen som baseras på balansen mellan differentiering och pris [8]. Denna syn går väl ihop med Värde modellen där två alternativa strategier för att åstadkomma ökat kundvärde sammanfattas som att antingen sträva efter maximering av produktfördelar eller minimering av kostnader och därigenom produktpris [9].

Värde modellen är en strategi för att maximera kundvärde i förhållande till kostnad. För att förstå en marknad tillämpas omvärldsbevakning där information som är tillgänglig i samhället om konkurrenter, kunder och utvecklingsförlopp analyseras efter omfattande datainsamlingsmetoder [8].

Värde modellen förespråkar en utvecklingsprocess enligt följande [9]:

- Kartläggning av kundbehov.
- Undersöka nuvarande lösningar.
- Identifiera kärnfunktioner, utökade funktioner och oönskade funktioner.
- Generera alternativa lösningar.
- Urval med avseende på maximalt kundvärde i förhållande till pris.
- Sätta målvärde för funktioner och produktkostnad.
- Detaljerad produkt design.
- Designa processerna för att nå kunder på ett effektivt sätt.

Tydliga paralleller kan dras till välanvänd produktutveckling inom industrin där utvecklingens faser kan formuleras som [10]:

- Förstudie, där problemanalys och insamling av marknadsinformation sker.
- Produktspecifiering, med avsikt att upprätta en specifikation av önskade resultat från utvecklingsprocessen.
- Konzeptutveckling, där alternativa lösningar skapas utifrån funktionella kriterier.
- Konzeptutvärdering och konceptval, där urval av lösningar görs utifrån relativ betydelse och värdeskapande.
- Konfigurering och detaljkonstruktion, en vidareutveckling till funktionell produkt.
- Prototyper, framtagning av virtuella och fysiska prototyper.

Produktutveckling kan således genomföras med hjälp av olika metodiker och teorier, men för kandidatarbetet eftersträvas en kundorienterad produktutvecklingsmetodik liknande den beskriven enligt Värde modellen.

3.2 Morfologisk matris

För att kombinera olika alternativ av dellösningar till en totallösning, så finns det olika metoder inom produktutveckling att tillämpa. Med en utgångspunkt att olika dellösningar för olika delfunktioner har tagits fram i ett tidigare steg i utvecklingen, så kan dessa därefter kombineras och sättas ihop till en totallösning. Följande steg är goda att använda enligt litteraturen Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design [10]:

1. Ställ upp en *morfologisk matris* och för in dellösningarnas alternativ på horisontell led och delfunktioner på vertikal led.
2. Dra linjer eller sätt ut symboler i den morfologiska matrisen för att skapa totallösningsskoncept.
3. Utifrån den morfologiska matrisen, för ut de totallösningar som är fysiskt och geometriskt möjliga att kombinera mellan dellösningarnas alternativ. Låt också totallösningarna uppfylla kravspecifikationens alla krav.
4. De totallösningar som har satts samman i steg 2 i den morfologiska matrisen och är uppenbart orimliga kan som sista steg sorteras bort.

Om antalet dellösningar tecknas som n och antalet delfunktioner som m så är antalet teoretiskt möjliga totallösningarnas alternativ $n \times m$ stycken. Men hänsyn måste tas till exempelvis projektavgränsningar, ekonomi, teknik och ergonomi. Utifrån den morfologiska matrisen kan därefter en konceptbeskrivning redogöra för konceptets funktionalitet och om så önskas förtydligas med en skiss. De totallösningarnas alternativ som klarar av kravspecifikationen och andra önskvärt rimliga krav tillåts gå vidare till nästa steg i produktutvecklingskedjan, slutlig konceptutvärdering och konceptval.

3.3 Pughs relativa beslutmatris

Inom produktutveckling finns det flera olika metoder för att fatta beslut gällande utvärdering av olika koncept. Pughs metod eller Pughs matris är ett sådant hjälpmedel i form av en relativ beslutmatris [10]. Vid tillämpning av denna matrismetod kan antalet konceptlösningar reduceras genom systematisk sortering. Som namnet antyder, *relativ beslutmatris*, så baseras urvalet på relativa jämförelser mellan de konceptlösningar som finns med i utvärderingen.

Enligt litteraturen Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design ska de urvalskriterier som ämnas att användas formuleras utifrån ingående önskemål och krav i kravspecifikationen med maximalt 20 stycken kriterier. Det är däremot tillåtet att ta med andra relevanta aspekter, men dessa ska då inte stjälja fokus från lösningen av produktens huvudproblem.

Konceptlösningar från tidigare faser i produktutvecklingen samt urvalskriterier förs in i Pugh-matrisen och därefter väljs en referenslösning. Det är vanligt att en exi-

sterande lösning används, men om så önskas så tillåts det också att väljas ett eget koncept som referens.

Därefter skall varje införd konceptlösning jämföras relativt den valda referensen genom att ta ställning för varje urvalskriterium och gradera det som bättre än (+), lika bra som (0) eller sämre än (-) referenslösningen. Slutligen summeras bedömningarna för varje koncept för att därefter rangordnas. Beslut tas för vilka koncept som bör gå vidare till ytterligare ett genomförande av en relativ beslutmatris. Om rangordningen är oförändrad i vidare matriser så kan utvärderingen avslutas och ett vinnande koncept är korat.

3.4 Informationsinsamlning av data

För att genomföra en träffsäker marknadsanalys som grund för kundorienterad produktutveckling krävs insamling av information. I litteraturen Forskningsmetodikens Grunder, skriven av Patel och Davidsson, beskrivs metoder vilka lämpar sig bra för produktutveckling [11].

För att analysera ett nuvarande marknadsutbud och tillämpbara tekniker kan sekundärdata i form av statistik, artiklar och andra dokument användas. För ökad förståelse av kundefterfrågan inom området passar en kombination av kvalitativa och kvantitativa studier. Med avsikt att generera jämförbar information med stort svarsunderlag tillämpas med fördel intervjuer och enkäter med hög grad av både standardisering och strukturering.

Vidare, för att djupare studera värde av lösningskoncept samt öppna upp för bredare svarsmöjligheter kan intervjuer med låg grad av strukturering och medelhög grad av standardisering tillämpas. Intervjuer genomförs ofta med ett utvalt stickprov av potentiell kundbas. Vid intervjuer kan tratteknik användas, det vill säga att inleda med öppna frågor för att efter hand avgränsa området.

3.5 Funktionsidentifiering

Funktioner definierar samspelet mellan produkten, kunden och omgivningen och är det som skapar kundvärdet där kunden betalar för att få funktionen utförd, inte för att äga produkten. Funktioner består i Värde modellen av två delar, ett verb och ett substantiv [8]. Till exempel har en klocka funktionen att *visa tiden*. Visa tiden är klockans huvudfunktion där en produkt utöver huvudfunktionen även besitter önskade funktioner och stödfunktioner.

Huvudfunktioner är sådana produkten måste ha för att överhuvudtaget ha något kundvärde och därmed fullfölja sitt syfte. Stödfunktioner ska produkten klara sig utan men de ger ett ökat kundvärde hos olika kunder. De är alltså funktioner som höjer produktens värde för en viss grupp kunder utan att vara absolut nödvändiga

som huvudfunktionen, det vill säga som en inbyggd termometer i klockexemplet.

De oönskade funktionerna är funktioner som inte ökar kundvärdet, utan sänker det. De är ofta en konsekvens av den valda teknologins brister eller nödvändigheter och kundvärdet höjs genom att reducera eller helt ta bort dem. En klockas oönskade funktion kan vara att den kräver laddning. Funktionernas klassificering ligger sedan till grund för kravspecifikationerna där funktionerna konkretiseras genom att under framtagandet hela tiden ställa frågorna *vad?* och *hur?* [10].

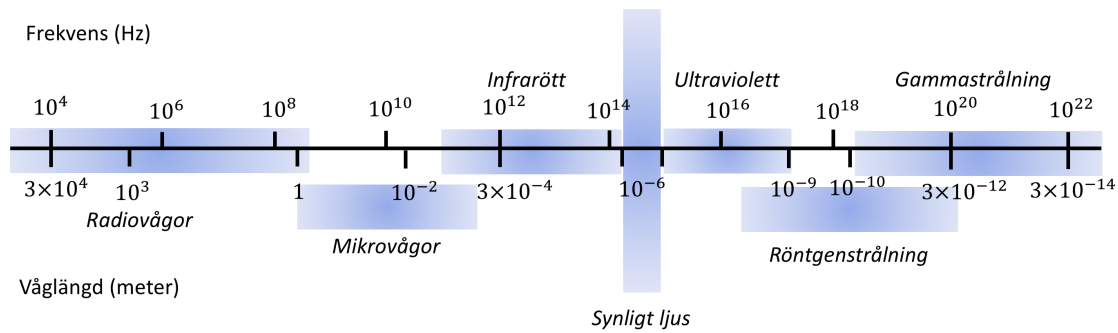
4

Teknisk referensram för spårning

För spårning och lokalisering av objekt används idag många olika typer av tekniker. I detta kapitel redogörs det mer tekniskt för olika typer av spårning- och lokaliseringstekniker. Projektgruppen har valt att fokusera på två stycken stora teknikområden som kan tillämpas för att på något vis utföra en spårningsuppgift. För att på ett tydligt sätt presentera ett urval har områdeskategoriseringarna *Elektromagnetisk strålning* och *Datorseende* valts. De båda ämnesområdena överlappar och är i behov av varandra i flera typer av tillämpningar, men kan som skilda från varandra ge en grundläggande presentation av dess tekniker.

4.1 Elektromagnetisk strålning i användandet för spårning

Genom elektromagnetisk strålning överförs energi som vågrörelse av magnetiska och elektriska fält. Inom detta område ryms händelser som bygger på att elektriska laddningar, exempelvis elektroner, utsätts för acceleration. Ökad mängd fotonenergi resulterar i högre frekvens [12], vilket skiljer strålningsvarianterna åt enligt Figur 4.1 nedan. I figuren visas olika frekvensområden markerade i olika färger, vilket också benämns för band [13]. De olika banden lämpar sig för olika typer av tillämpningar, som beror på dess egenskaper. Det existerar regelverk kring hur respektive frekvensområde tillåts användas, regler som kan variera mellan olika länder. Exempelvis kan ett visst band vara reserverat för militär radiokommunikation [14].



Figur 4.1: Frekvensspann, egengjord illustration.

Kommande underrubriker presenterar olika befintliga tillämpningar av elektromagnetisk strålning som på något sätt används i känd utsträckning på marknaden idag för att spåra objekt. Observera att nedanstående presentation av tekniker är ett resultat av litteraturstudier utförda av projektgruppen och syftar inte till att innehålla de båda kategoriseringarnas alla tillämpningar, tänkbara användningsområden och möjligheter. Listade tekniker är inte nödvändigtvis fristående utan kan även bygga på varandra.

4.1.1 Bluetooth

Bluetooth är framgångsrikt på grund av att tekniken är lätt att tillämpa i diverse produkter samt kräver relativt låg strömförbrukning, mindre än 0.001 mA för en inaktiv enhet och under 20 mA för en aktiv. Två enheter ansluter till varandra och radiovågorna mellan dem bär med sig information. Tekniken använder radiovågor omkring 2,4 GHz-bandet vilket är öppet i de flesta länder. Det finns olika klasser men generellt kräver mer informationsöverföring mer energi. Angående räckvidd specificeras det att i öppet landskap kan avståndet mellan avsändare och mottagare uppgå till 150 meter men troligtvis är en räckvidd inom 10 meter mer rimlig, då omgivning och energiförbrukning beaktas [15].

Bluetooth Low Energy, även kallad BLE eller Bluetooth Smart, är en väldigt energieffektiv teknik och är därför passande för enheter som drivs av mindre energikällor och som avses användas för långa tidsperioder [16]. BLE skiljer sig fundamentalt från andra typer av Bluetooth som kräver en högre kvalitet på informationsöverföringen än vad varianten med låg energi kan leverera. BLE är uppbyggt med ett ramverk kallat Generic Attributes, förkortat GATT, vilka andra typer av Bluetooth inte är. GATT utgör en hierarkisk datastruktur som strukturerar och definierar en enhets beteende, vilket utgör underlag för hur kommunikation mellan två enheter sker [17].

Styrkan på radiovågorna som en Bluetooth-enhet skickar ut kan mätas med Received Signal Strength Indicator, förkortat RSSI. Vanligtvis är RSSI ett mått på dBm, som är en förkortning av decibel milliwatt. En starkare signalstyrka resulterar i ett större värde. En parameter som påverkar mottagen signalstyrka och RSSI-värde är avstånd till Bluetooth-enhet som studeras [18].

4.1.2 Radar

Radar fungerar genom mätning av radarekon. Vanligen sänds radiovågor i frekvensområdet mellan 1 och 10 GHz ut och tiden mäts innan de har reflekterats tillbaka. På så sätt kan avståndet beräknas till målet som exempelvis kan vara en radarreflektor, vilka finns i varierande storlek. Precis som radarreflektorn kan radarantennen som sänder ut radiovågorna variera i storlek och handburna enheter existerar [19].

4.1.3 Radio Frequency Identification

Radio-frequency identification, förkortas RFID, är en teknik för att i ett chip, i sammanhanget kallad för RFID-bricka, lagra data elektroniskt. Informationen hämtas trådlöst med hjälp av en läsare. Beroende på hur utbytet av information sker delas RFID in i två kategorier, passiv och aktiv [20]. Vid den passiva varianten har brickan ingen intern energikälla och är därför underordnad läsaren. Kommunikation sker då läsenheten, som via en antenn genererar ett radiofrekvent fält, är tillräckligt nära en bricka. Fältet kommer aktivera brickan, då den innehåller en spole, och informationsöverföring kan ske. Vid aktiv RFID innehåller brickan en energikälla som möjliggör kontinuerlig sändning av dess signal som registreras av läsaren. Aktiva RFID-brickor kan sända sin signal betydligt längre än passiva men hur långt de aktiva och passiva brickorna kan sända beror på många faktorer. För att bevara energikällans livslängd brukar signalen hos de aktiva brickorna begränsas till en räckvidd på ungefär 100 meter medan passiva brickor har betydligt kortare räckvidd och kommunicerar på ungefär 10 meters avstånd [21].

4.1.4 Wi-Fi

Wi-Fi är likt Bluetooth-tekniken. Anslutning sker genom radiovågor som kan föra över information över ett nätverk. Ett Wi-Fi- eller nätverkskort kan ansluta till ett nätverk som skapats av en så kallad accesspunkt som är uppkopplad mot internet,

eller mot ett annat Wi-Fi-kort. Jämförelse med just Bluetooth ger en bild över tekniken. Wi-Fi ligger i ett högre (>2.4 GHz) frekvensområde, har längre räckvidd och snabbare dataöverföring men kräver därför även mer energi [22].

4.1.5 Mobiltelefonisystemen 2G, 3G och 4G

Kommunikationen sker genom att signaler från avsändarenheten skickas via basstationer till avsedd mottagare [23]. De mobila enheterna kan kategoriseras utifrån hur snabb överföring de har kapacitet för. 4G, fjärde generationen, ska ha kapacitet för 100 Mbit/sekund. Standarden är lägre för tidigare generationer såsom 3G och 2G.

4.1.6 Global Positioning System

Global Positioning System (GPS), på svenska Globalt Positionssystem, är ett navigationssystem med totalt 24 stycken tillgängliga satelliter för positionsbestämning [24], varvid de inom räckhåll används vid varje lokaliseringstillfälle.

De tillgängliga satelliterna kommunicerar med mottagarenheten och via en algoritm baserad på tidsskillnaden mellan satelliternas utsändningstid och mottag kan mottagarenhetens position bestämmas inom cirka 30 meter. Det är ofta inte tillräckligt och lösningen på detta kan vara ett system av en eller flera markstationer som kompletterar satellitsignalerna med radiosignaler [25]. Därigenom kan betydligt bättre noggrannhet åstadkommas.

4.1.7 Metalldetektering

En metalldetektor består överskådligt av en mottagarspole och en sändarspole [26]. Ett magnetiskt fält skapas då elektricitet strömmar genom sändarspolen. Då metalldetektorn är i rörelse kommer det magnetiska fältet från sändaren att inducera en elektrisk ström i ett närliggande metalliskt föremål. Strömmen som uppkommer leder i sin tur till att det metalliska föremålet ger upphov till ett magnetiskt fält. Det magnetiska fältet från föremålet kommer få elektricitet att flöda i mottagarspolen. Mottagaren är kopplad i samma krets som en högtalare som kommer ge ifrån sig ett ljud som blir högre då avståndet mellan sändarspolen och det metalliska föremålet minskas.

4.1.8 Värmedetektering

Förutsatt att temperaturen inte överstiger 700°C ligger värmestrålning inom det infraröda frekvensområdet [27]. Den för ögat osynliga strålningen utsänds från varma föremål och värmer objekt i vilka strålningen absorberas. Ett varmare föremål resulterar i intensivare strålning.

Inom teknisk applikation används infraröd (IR) strålning både aktivt och passivt. En källa kan aktivt emittera IR-strålning, vilket används i exempelvis fjärrkontroller [12]. Alternativt kan strålning som utsänds av objekt nyttjas genom till exempel

värmekameror, vilket benämns passiv användning [28]. En värmekamera kan avbilda en omgivnings temperaturförhållande med hög precision i realtid [29].

4.2 Datorseende

Datorseende är det svenska namnet för det samlade engelska begreppet ”Computer Vision”. Datorseende handlar enligt Nationalencyklopedin om datoriserad bildbehandling och bildanalys [30]. I ett naturvetenskapligt perspektiv handlar det om att ta fram datorskapade modeller som efterliknar människans visuella system i så stor utsträckning som möjligt [31].

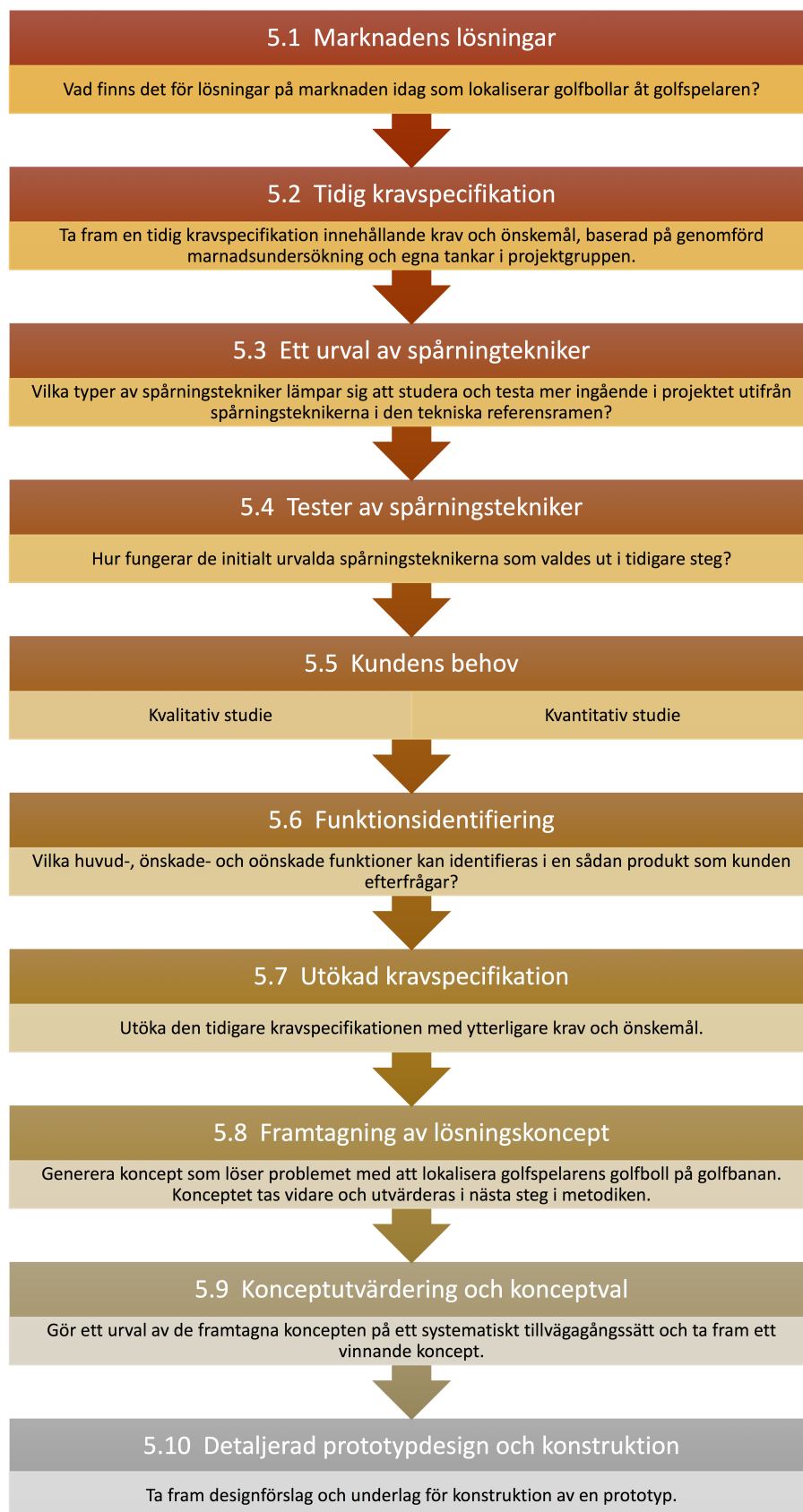
Bildbehandling syftar till att processera och förändra bildinformationen genom olika metoder [32]. Bildanalys innebär att bilden på olika sätt tolkas [33]. Datorseende har på senare år blivit ständigt mer intressant ur ett ingenjörsperspektiv, då utvecklingen inom flertalet områden skridit mot system som kan hantera visuella uppgifter i samma goda utsträckning som människan. Ett antal exempel på uppgifter där datorseende kan tillämpas är följande [34]:

- Identifiering av ett ansikte eller fingeravtryck för att exempelvis låsa upp en smarttelefon.
- Igenkänning av objekt där användaren exempelvis kan rikta en smarttelefons kamera mot en byggnad och få direkt feedback om det specifika objektet.
- Detektering av exempelvis människor vid en passage eller automatisk avläsning av en bils registreringsskylt.
- Positionsbestämmelse genom igenkänning av ett objekt relativt kameran. Kan användas för industrirobotar.
- Rörelsespårning (engelska motion tracking) av ett objekt i en bildsekvens eller video. Kan exempelvis användas för att lokalisera fotbollsspelare under en fotbollsmatch och räkna ut respektive spelares löpta distans. Ett annat användningsområde är lokalisering av olika bolltyper inom sport.

5

Metodik

I detta kapitel presenteras den metodik som tillämpades för att på ett effektivt sätt bemöta problemställningen och dess potentiella lösningar, för att slutligen resultera i ett ändamålsenligt resultat. Metodiken bygger på allmän kundorienterad produktutveckling och Värde modellen, vilket beskrivs i kapitel 3. Projektets metodik sammanfattas genom flödesschemat i Figur 5.1 för att därefter beskrivas mer ingående i efterföljande avsnitt.



Figur 5.1: Schematisk bild över metodikens aktivitetsordning.

5.1 Marknadens lösningar

En litteraturstudie genomfördes för att kartlägga vilka lösningar som fanns på marknaden då projektet startade, för att kunna bestämma en god utgångspunkt för projektet. Lösningar som det fokuserades på var lösningar där användaren får hjälp med att lokalisera sin golfboll. Litteraturstudien inkluderade existerande produkter, utvecklingsprojekt och patent inom området. Med utgångspunkt i existerande marknad skapades förutsättningar att generera unika eller på annat sätt konkurrenskraftiga lösningskoncept i projektets senare aktiviteter.

5.2 Tidig kravspecifikation

En första kravspecifikation upprättades baserad på önskemål från observationer i den tidigare utförda marknadsundersökningen. Önskemål baserades även på projektgruppens egen uppfattning om kundens behov samt projektets avgränsningar. Denna kravspecifikation låg sedan till grund för nästa steg i metodiken, *5.3 Ett urval av spårningstekniker*, då indikationer på kundens behov behövdes.

5.3 Ett urval av spårningstekniker

Den tekniska referensramen (kapitel 4) sammanfattar flera olika typer av spårningstekniker som kan användas för att lokalisera objekt av olika slag. I ett tidigt stadiet genomfördes ett initialt urval av dessa spårningstekniker för att vidare endast studera ett fåtal inom projektet. Urvalet baserades utöver ekonomi, tid och tekniskt kunnande inom projektgruppen, även på den tidiga kravspecifikationen som sammanställts i föregående steg, avsnitt 5.2.

5.4 Tester av spårningstekniker

De spårningstekniker som togs vidare i föregående steg, *5.3 Ett urval av spårningstekniker*, ansågs vara intressanta att testa och studera för att kunna ge data inför senare aktivitet, *5.9 Konceptutvärdering och konceptval*. Testernas tekniska omfattning var grundläggande för varje spårningsteknik. I testerna undersöktes scenarion som efterliknar situationer där golfbollen lokaliseras av golfspelaren.

5.5 Kundens behov

En kvantitativ studie i form av en enkät, samt kvalitativa studier i form av intervjuer, genomfördes i projektet för att kartlägga kundens behov. Med behov avses efterfrågan av lösning på projektets problemställning samt hur delfunktioner av dessa värdesätts relativt varandra. För motivering till insamlingsmetoder, se avsnitt 3.4 i rapportens teoretiska referensram.

5.5.1 Kvantitativ studie

Den kvantitativa studiens, enkätens, huvudsakliga syfte var att utgöra ett underlag till urvalsprocesserna, att undersöka huruvida golfspelaren ansåg lokalisering av golfbollar som ett problem och om marknaden är redo för en i princip helt ny produkt grundad som ett tekniskt hjälpmedel. Utformningen gjordes enligt tratteknik där inledningen bestod av ett profiltagande av respondenten, där bland annat ålder och handicap efterfrågades i kundpositioneringssyfte.

Därefter belystes själva problemet där det ansågs intressant att ta reda på var borttappandet av golfbollen börjar, direkt från utslagsplats eller i en senare fas omkring den troliga nedslagsplatsen. De probleminriktade frågorna avslutades med en undersökning om hur många golfbollar respondenten slår bort under en 18-hålsrond för att kunna utvärdera storleken på problemet samt om det i slutändan kan anses ekonomiskt lönsamt att använda den framtida prototypen. De lösningsinriktade frågorna är menade till att erhålla spontana reaktioner på de fyra tekniker som valdes i det initiala urvalet, något som användes i de senare urvalsprocesserna. Med samma upplägg, för att erhålla spontana reaktioner, utformades den kostnadsinriktade delen. Enkäten spreds sedan via sociala medier och gruppkontakter.

5.5.2 Kvalitativ studie

Fyra kvalitativa intervjuer med fem olika golfspelare utfördes parallellt med enkäten. De utformades som ett samtal med låg grad av strukturering och medelhög grad av standardisering. Riktlinjer fastställdes för intervjuaren där respondenten uppmuntrades att beskriva sin personliga förhållning till lokalisering av golfbollar. Det gavs även möjlighet att komma med egna lösningsförslag för lokalisering av golfbollar vid spel på golfbana. Avslutningsvis styrdes samtalet mot att tala om de spårningstekniker som det redogörs för i avsnitt 5.3. Tanken var att på så sätt erhålla spontana reaktioner hos de intervjuade golfspelarna.

5.6 Funktionsidentifiering

Utifrån teorin som beskrivs i avsnittet 3.5 identifierades funktioner hos de initialt valda spårningsteknikerna. Funktionerna delades in i huvud-, stöd- och önskade funktioner som presenteras i resultatavsnittet 6.6. De ligger som grund för den utökade kravspecifikationen där krav och önskemål svarar mot funktionerna.

5.7 Utökad kravspecifikation

Den *tidiga kravspecifikationen* (se avsnitt 5.2) kunde efter tekniska tester och funktionsidentifiering utökas med fler krav och önskemål. Därefter användes den utökade kravspecifikationen som underlag vid urval av lösningskoncept. Avsikten med den utökade kravspecifikationen var att dels kunna ligga till grund för ett så bra urval av lösningskoncept som möjligt, men också för att samla och presentera alla de krav

och önskemål som skapar mest kundvärde. Kostnad utelämnades ur kravspecifikationen, enligt Värde modellen, för att istället möjliggöra relativmätning av pris för kundvärden.

5.8 Framtagning av lösningskoncept

Olika typer av lösningskoncept, det vill säga koncept som kan uppfylla huvudfunktionerna, genererades med hjälp av en morfologisk matris (avsnitt 3.2). Lösningsskoncepten ska som helhet kunna lösa projektets definierade problem, att lokalisera en golfboll. Genereringen av lösningskoncept genomfördes i tre stycken kortare steg enligt följande:

1. *Brainstorming*

Genom brainstorming togs en mängd olika dellösningar fram till respektive identifierad huvudfunktion. Ingen begränsning sattes i detta skede på hur realistiskt genomförbara dellösningarna må vara i avseendena tid, kostnad och teknik.

2. *Morfologisk matris*

En mängd av de dellösningar som togs fram under brainstormningen i tidigare steg, begränsades ner genom sällning i avseendet realiserbarhet. De dellösningar som därefter fortfarande ansågs vara av god karaktär för genomförande fördes in i en morfologisk matris varefter totallösningar plockades ut för vidare utvärdering.

3. *Konceptbeskrivning*

Utifrån den morfologiska matrisen sattes hela koncept samman i den utsträckning det var fysiskt och tekniskt möjligt att passa samman olika dellösningar. De hela koncepten erhöles därefter en kort konceptbeskrivning för att tydliggöra vad koncepten innebar.

5.9 Konceptutvärdering och konceptval

Alla genererade lösningskoncept från tidigare steg utvärderades relativt varandra med hjälp av Pughs matrismetod (avsnitt 3.3). De uppställda matriserna baserades på den utökade kravspecifikationen, funktionsidentifieringen och väntade tekniska svårigheter för projektgruppen vid prototypframtagning. På grund av osäkerhet i uppskattade produktkostnader och tydliga skillnader i de relativa kundvärdena, genomfördes endast en grundläggande reflektion över Värde modellens mått av pris på kundvärde. Två stycken iterationer av Pugh-matriser genomfördes för att kunna erhålla ett definitivt vinnande koncept. Det vinnande konceptet var den lösning som gick vidare för konstruktion och design av prototyp.

5.10 Detaljerad prototypdesign och konstruktion

Det vinnande konceptet kompletterades med en mer detaljerad konceptbeskrivning. Därefter genomfördes flera steg, enligt nedan, för att utveckla en ändamålsenlig prototyp.

1. *Detaljerad prototypbeskrivning*

En mer utförlig och detaljerad beskrivning av prototypen togs fram för att tydliggöra prototypens design- och konstruktionsmål. Beskrivningen utgör också grund för en produktbeskrivning.

2. *Golfbollens mekanik och deformation*

Det vinnande konceptet innefattar hårdvara inbyggd i golfbollen. Projektgruppen bedömde det som nödvändigt att med beräkningar studera vilka krafter och deformationer som ett chip i golfbollen utsätts för vid ett slag. Det i sin tur utgjorde diskussionsunderlag för hurvida hårdvara kan placeras i en golfboll utan att hårdvaran går sönder vid spel.

3. *Processträd och prototypens komponenter*

Det vinnande konceptet designades med hjälp av ett processträd där schematisk illustration presenterar hur olika sekvenser exekveras, evalueras och itereras. Parallellt med upprättandet av processträdet förtecknades också en lista över prototypens komponenter som behövs för dess konstruktion.

4. *Prototypens konstruktion*

Utifrån prototypbeskrivningen, processträdet och förteckningen över komponenter konstruerades prototypen. En golfboll modifierades med hjälp av olika typer av verkstadsmaskiner och en smarttelefonapplikation programmerades med plattformen Android Studio.

5. *Test och utvärdering*

För att validera prototypen utformades ett slutgiltigt test som upprepades åtta gånger. Golfbollsprototypen placerades på vad som för användaren var en okänd plats inom ett område av 20x20 meter. Terrängen utgjordes av tjock ruff där bollen var ytterst svår att se om den inte observerades rakt ovanifrån. Användaren fick sedan i uppgift att beträda området och med hjälp av projektets prototyp lokalisera golfbollen.

6. *Aspekter avseende miljöpåverkan*

Prototypen påverkar i viss mån miljön. Projektgruppen redogör för aspekter avseende prototypens miljöpåverkan under dess förväntade livscykel.

6

Resultat

Rapportens resultatkapitel presenterar erhållna resultat från genomförda utvecklingsaktiviteter enligt metodikkapitlets avsnitt, vilka också redogörs för i Figur 5.1. Kapitlet innehåller bland annat kort redogörelse för hur marknaden ser ut för utrustning som lokaliserar golfbollar, vilka krav som projektgruppen ställt på prototypen, vad kunden har för behov av en lösning för lokalisering av golfbollar samt hur design, konstruktion och validering av en prototyp har genomförts.

6.1 Marknadens lösningar

De senaste åren har flera alternativa lösningar utvecklats för att underlätta lokalisering av golfboll vid sin nedslagsplats. Vid marknadsundersökning utförd av projektgruppen återfanns produkter i produktion, i utvecklingsfas och som patenterade koncept. De tekniker som används i de funna koncepten listas nedan. För mer information om specifika produkter och referenser till undersökningen, se Bilaga B.

- *Radio Frequency Identification*
Med aktiv RFID kan specialtillverkade golfbollar spåras av en extra handhållen enhet. Den handhållna enheten uppges kunna lokalisera chippet i golfbollen upp till 100 meter i goda förhållanden. Systemet kostar cirka 4000 kronor [35].
- *Bluetooth*
Med angiven räckvidd över 130 meter ska golfbollen, med inbyggt chip, kunna lokaliseras med riktning och avstånd från smarttelefon. Produkten återfinns endast i utveckling.
- *Global Position System*
I utvecklingsstadiet återfinns projekt som med GPS planeras kunna använda en smarttelefon för att placera ut golfbollen, med inbyggt chip, på en karta på smarttelefonens skärm. GPS-datan förväntas kunna användas för att ge spelare råd under golfrond, analysera svingen och även spåra golfbollen.
- *Datorseende*
Genom videoupptagning och annan mätning med hög precision och bearbetning av denna kan golfspelarens teknik studeras, golfbollens bana analyseras och en ungefärlig nedslagsplats beräknas. Denna teknik återfinns i produkter avsedda för swingteknikträning och är mycket kostsam.

Som nämnt ovan befinner sig flertalet projekt för spårning av golfbollar idag i utvecklingsstadiet och förväntas erbjuda sin funktionalitet inom de närmsta kommande åren. Det är tydligt att ingen lösning som lokaliserar golfbollar hittills har fått tillräckligt stor spridning för att ta grepp om marknaden.

6.2 Tidig kravspecifikation

Den tidiga kravspecifikationen upprättades utifrån krav och önskemål från marknadsundersökningen som projektgruppen formulerade. Kravspecifikationen delas in i krav som lösningen ska uppfylla samt önskemål, vilka gärna får uppfyllas men som inte är nödvändiga. Utifrån projektgruppens uppfattning av framtida kund efterfrågan, genomförd marknadsundersökning samt strävan efter ett genomförbart kandidatprojekt skapades den tidiga kravspecifikationen enligt Tabell 6.1.

Tabell 6.1: Tidig kravspecifikation innehållandes kriterier i form av krav och önskemål.

Kravområde	Kriterier	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål
Produkt	Underlätta lokalisering av golfboll	Test	Användbart	K
Produkt	Minimal påverkan av en golfbolls symmetriska massfördelning	Test och eventuella beräkningar	Inte märkbart förämrade bollegenskaper	Ö
Produkt	Ingen energikälla placerad i golfbollen	Produktdesign	Ingen energikälla	Ö
Produkt	Robusthet mot yttre krafter	Test och eventuella beräkningar	Inte gå sönder vid normalt golfspel	Ö
Produkt	Användaren kan spåra sina nuvarande golfbollar	Produktdesign	Existerande golfbollar på marknaden är kompatibla med produkten	Ö

I kravspecifikationen återfinns ett krav och fyra stycken önskemål. Dessa fem kriterier, nämnda i kolumn två, används i nästa aktivitet då ett urval av spårningstekniker från den tekniska referensramen väljs att studeras vidare. Den tredje listar hur kriteriets uppfyllnad kan testas och i den fjärde listas kriteriets målvärde. Den tidiga kravspecifikationen utgör en grund för det vidare arbetet i projektet.

6.3 Ett urval av spårningstekniker

Utifrån en kombination av den tidiga kravspecifikationen och projektgruppens bedömning av teknisk, ekonomisk och tidsmässig genomförbarhet utfördes urvalet av spårningsteknikerna listade i den tekniska referensramen för spårning (se kapitel 4). De spårningstekniker som valdes ut ansågs vara intressanta att studera för möjlig tillämpning i avseendet att lokalisera en golfboll. Urvalet resulterade i att nedanstående tekniker togs vidare i projektet.

- *Bluetooth*
Projektgruppen anser att Bluetooth är en intressant teknik för ändamålet. Tekniken används i allt större utsträckning i vardagen för att för olika ändamål kommunicera och delge information mellan olika enheter.
- *Metalldetektering*
Detektering av metall är en välkänd teknik för att identifiera metalliska föremål med hjälp av metalldetektor. Projektgruppen anser tekniken vara tillräckligt intressant för att inte utesluta den för vidare studier.
- *Värmedetektering*
Värmekameror har utvecklats i sådan utsträckning att de idag finns att koppla till en smarttelefon. Det är av intresse att utvärdera tekniken för att kunna se om en golfboll kan detekteras i sin omgivning på grund av temperaturskillnad.

- *Datorseende*

Tillämpning av olika typer av datorseende blir allt vanligare i samhället och idag återfinns datorseende av enklare variant i många smarttelefonapplikationer. Projektgruppen anser tekniken vara intressant att studera vidare i avseendet att med hjälp av en smarttelefons kamera kunna lokalisera en golfboll.

De listade teknikerna ovan erbjuder olika styrkor och svagheter och kan på så sätt tillfredsställa olika efterfrågan hos kunder. Denna variation är viktig för att kunna möta de resultat som uppstår vid kartläggning av kundens behov i projektets nästföljande aktivitet.

6.4 Tester av spårningstekniker

Nedan presenteras en kort sammanfattning av de tester som genomfördes av de tekniker som redogörs för i föregående avsnitt, 6.3. För en mer utförlig redogörelse av metodiskt genomförande och detaljerat resultat hänvisas till Bilaga D, där testrapporter återfinns.

- *Test av: Bluetooth*

För Bluetooth genomfördes ett test där en applikation programmerades och testades med en smarttelefon med operativsystemet Android. Applikationen läste in enheter med sändande lågenergi-Bluetooth-signaler inom räckhåll. Vid varje detektion av ny enhet lades denna till i en lista på smarttelefonens skärm. Informationen som skrevs ut för respektive enhet var enhetsnamn, signalstyrkevärde (RSSI) och MAC-adress. Därefter uppdaterades signalstyrkevärdena i listan för varje ny scancykel när respektive enhet detekterades. Signalstyrkevärdena för enheterna uppdaterades som förväntat vilket gav goda förhoppningar om att kunna approximera förändring av avstånd mellan smarttelefon och enhet med periodiskt sändande lågenergi-Bluetooth.

- *Test av: Metalldetektering*

För metalldetektering genomfördes två test med olika metalldetektorer som hade skilda egenskaper, vilket även resulterade i olika resultat. I det första testet var räckvidden för detektering mellan planterat objekt och detektor störst och uppmätte som mest cirka 40 centimeter, men en stor osäkerhet kring detektorns signalhantering fanns och detektorn ansågs vara inkonsekvent. I det andra testet uppvisade metalldetektorn en bättre signalhantering men en betydligt kortare räckvidd, ungefär 2 centimeter. Avståndet är så begränsat att det inte underlättar lokalisering av objekt för användaren. Metalldetektering för att lokalisera metalladade golfbollar anses därför delvis uppfylla kravspecifikationen med hänvisning till det första testet, men det är osäkert om systemet är robust nog.

- *Test av: Värmedetektering*

Testet för värmedetektering omfattade hur väl relativt uppvärmda golfbollar gentemot omgivning håller temperaturen samt om dolda uppvärmda bollar går att lokalisera med hjälp av en värmekamera. Resultaten visade att temperaturhållningen på golfbollarna är likvärdig oberoende av omgivningen och att en uppvärmd boll som är dold för användaren inte går att hitta i ett buskage. En synlig boll syns tydligt i värmekameran vilket ändå gör att värmedetektering till viss del uppfyller kravspecifikationen.

- *Test av: Datorseende*

I testet för datorseende analyserades bilder och videor av inbyggda funktioner i programvaran MATLAB. Målet var att på ett tydligt sätt urskilja en golfboll från dess omgivning, även i rörelse. Förhållandena hölls till en början enkla i form av enfärgad stilla bakgrund och kort avstånd mellan boll och kamera, för att sedan försvåras. Resultaten visade tydligt att det i optimala förhållanden är möjligt att studera golfbollens bana men att det snabbt blir svårt i mer realistiska situationer med rörelse i bakgrund och långa avstånd mellan golfboll och kamera.

Testernas resultat används vidare som ingångsdata vid val av lösningskoncept i avsnitt 6.8 tillsammans med resultatet från kundens behov i avsnitt 6.5.

6.5 Kundens behov

Kundens behov kartlades med hjälp av en kvantitativ respektive en kvalitativ studie. Dess resultat och identifikationer presenteras nedan i avsnitten 6.5.1 och 6.5.2. En sammanfattning av tolkade och identifierade behov återfinns som sista del i avsnitt 6.5.3.

6.5.1 Kvantitativ studie

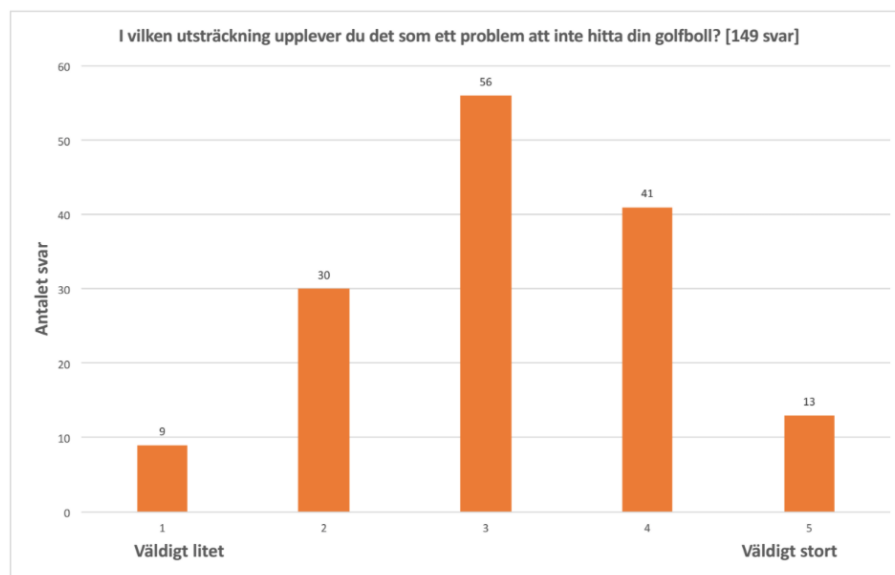
I avsnittet 5.5.1 redogjordes det för hur den kvantitativa studien arbetades fram. De frågor som respondenterna uppgavs svara på vid studietillfället presenteras i detalj i Bilaga E medan en sammanfattning följer nedan. En komplett sammanställning över frågeformulärets svar återfinns i Bilaga F.

I den genomförda kvantitativa studien registrerades 149 stycken golfspelande respondenter, där de tre inledande frågorna resulterat i en bild av svarsgruppen. Följande identifierades:

- Majoriteten av de svarande (115 st) uppgav att de vid tillfället hade ett handicap mellan 4 och 26. Medelhandicapet beräknas till 15,9.

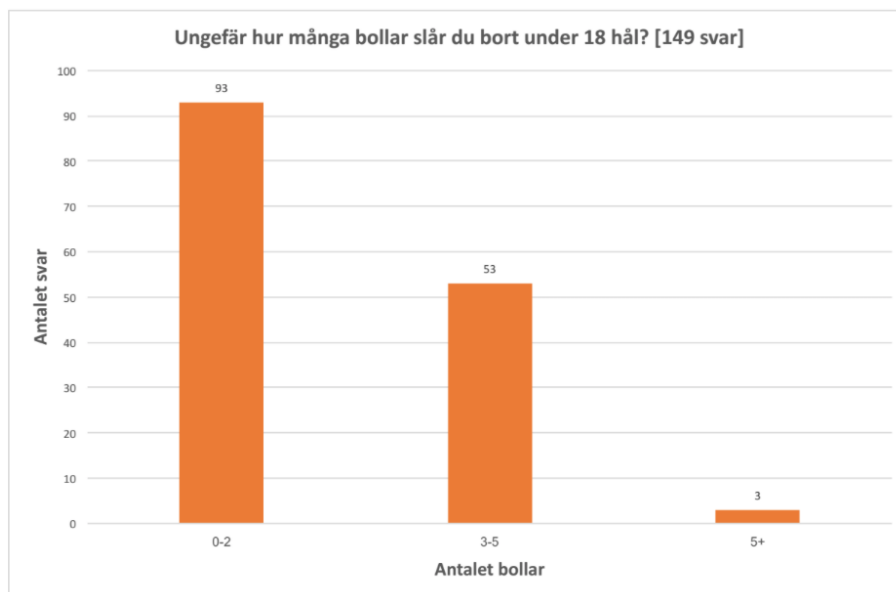
- Vid frågan vilken golfklubb de är medlemmar på uppgav 32 stycken att de är medlemmar på Chalmers Golfklubb, vilket är det dominerande svaret. Den golfklubb med näst flest svarande medlemmar är Partille Golfklubb med 7 stycken respondenter.
- Den största svarsgruppen är i åldrarna 20-25 med 67 stycken svar. Medelåldern bland alla svarande beräknas till 31 år.

Ett av studiens syften var att *identifiera huruvida golfaren ansåg bortslagna bollar som ett problem*. Frågan ställdes i rak mening och cirka en tredjedel uppgav sig vara neutrala. Ur diagrammet i Figur 6.1 framgår det att en majoritet anser det som ett stort problem snarare än ett litet.

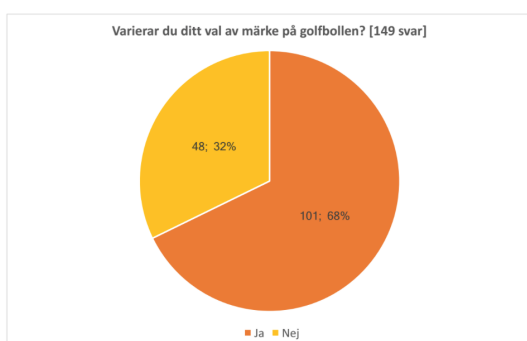


Figur 6.1: Fördelning över svaren på frågan "I vilken utsträckning upplever du det som ett problem att inte hitta din golfboll?"

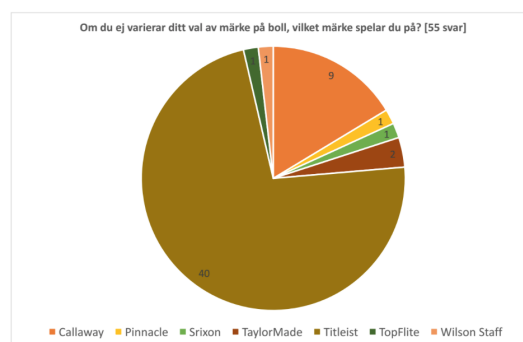
Sett till antalet golfbollar som respondenterna uppgav att de slår bort under en 18-hålsrond bör resultatet i tidigare fråga däremot analyseras vidare. Majoriteten ansåg sig slå bort mellan 0-2 golfbollar under 18-hål, se Figur 6.2. I vilken utsträckning problemet med bortslagna golfbollar kan bekräftas eller ej, samt vad bakomliggande orsaker kan vara diskuteras vidare i diskussionsavsnitt 7.4.1. Som ingång till diskussionen är också Figur 6.3 och Figur 6.4 intressanta resultat där följande frågorna besvaras "*Varierar du ditt val av märke på golfbollen?*" och "*Om du ej varierar ditt val av märke på boll, vilket märke spelar du på?*".



Figur 6.2: Fördelning över svaren på frågan ”Ungefär hur många bollar slår du bort under 18 hål?”



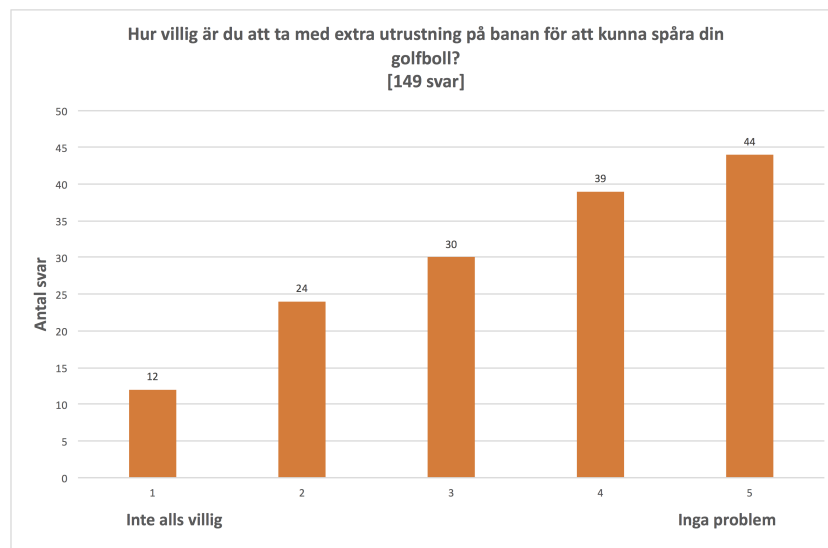
Figur 6.3: Fråga: Varierar du boll?



Figur 6.4: Fråga: Om nej, vilket märke?

Vidare upplever majoriteten det som *Något Lätt* att se ungefär var golfbollen tar vägen vid ett slag och gällande frågan hur svårt de upplever det att hitta golfbollen vid dess troliga nedslagsplats, så ställde sig de flesta som *Neutrala* och uppgav i andra hand det som *Något Lätt*.

I studiens tredje frågedel riktades frågorna mot en mer specifik men ändå fortsättningsvis bred lösningsrymd. Respondenterna ombads att svara på frågan *Hur villig är du att ta med extra utrustning på banan för att kunna spåra din golfboll?*. Här ställde sig flertalet som positiva och ser det inte som några problem alls, se Figur 6.5.



Figur 6.5: Fördelning över svaren på frågan ”Hur villig är du att ta med extra utrustning på banan för att kunna spåra din golfboll?”

Tidigare fråga åtföljdes därefter av följande tre frågor där resultatet av sammanställningen presenteras undertill:

- *Är du beredd att köpa och spela med en specielltillverkad boll med spårfunktion?*
 - Ja 100 st; 67 %
 - Nej 49 st; 33 %
- *Är du beredd att själv enkelt modifiera dina nuvarande bollar för spårfunktion?*
 - Ja 92 st; 62 %
 - Nej 57 st; 38 %
- *Är du beredd att kompromissa med bollegenskaper för en spårfunktion?*
 - Ja 37 st; 25 %
 - Nej 112 st; 75 %

Slutligen avslutades den kvantitativa studien med några frågor rörande prisnivå på en eventuell lösning. Detta för att kunna ge kandidatarbetet en uppfattning om vilken typ av lösning på problemet som är intressant att utveckla för golfspelaren. Sammanställningen för dessa frågor återfinns i Bilaga F. Kort nämns följande:

- Kunden kan tänka sig att betala upp till 1200 kronor som en engångskostnad för utrustning som hittar befintliga golfbollar.
- Kunden kan tänka sig att betala upp till 100 kronor per golfboll om lösningen skulle innehålla en pejlsändare för lokalisering med hjälp av smarttelefonen.
- Kunden kan tänka sig att betala upp till 1200 kronor som en engångskostnad för utrustning som hittar specielltillverkade golfbollar.
- Kunden är villig att betala upp till 100 kronor per golfboll om denna skulle innehålla pejlsändare för lokalisering i kombination med ytterligare utrustning.

6.5.2 Kvalitativ studie

De fullständiga kvalitativa studierna återfinns i Bilaga G. Nedan följer en sammanfattning och ett urval av de viktigaste aspekterna.

Gemensamt för alla intervjuer är att de svarande känner frustration över att inte hitta golfbollen vid det riktmärke de har tagit för nedslag, det vill säga ett område om cirka 7x7 meter. Att inte se var bollen tar vägen från utslagsplatsen är ett skilt problem mellan intervjuerna, det är alltså inget alla deltagare upplever utan är mer individbaserat. Delade meningar förekom också om den ekonomiska aspekten, där två av deltagarna visade ett intresse för frågan om man i slutändan sparar in en längre tids bollkostnader vid lösning av problemet.

Som lösning på problemet önskar alla att snabbt kunna hitta golfbollen i spelfältet och områden som nämns är framför allt områden som är belägna på hålet, det vill säga högt gräs och ruff. Att tappa bort bollen efter ett dåligt slag in i skogen är inte ett lika stor irritationsmoment som att tappa bort den efter ett bra som stannar på hålet. Letandet efter en boll upplevs som både tids- och resultatkrävande och har en stor inverkan på spelglädjen.

När de intervjuade gavs möjlighet till att föreslå egna lösningar kom alla in på någon slags modifierad golfboll. Alla var överens om att en sådan tillsammans med smarttelefonen skulle lösa problemet bäst men med konsekvensen sämre bollprestanda. Blandade åsikter förekom om huruvida man kan tänkas kompensera med bollegenskaper mot ett enkelt sätt att hitta golfbollen, vilket gör det intressant att veta hur mycket sämre bollen blir, som en person uttryckte det. Går den specialtillverkade bollen konsekvent någon meter kortare än en icke modifierad boll, upplevs detta inte som ett problem eftersom variationen av slaglängd från svingen är betydligt större.

Lösningar som värmedetektering och metalldetektor möttes med viss ifrågasättning. Stor tveksamhet till hur de teknikerna löste ändamålet med att hitta golfbollen. I båda fallen var de första reaktionerna att man var tvungen att veta var bollen faktiskt låg för att hitta den. Skulle dock en fungerande lösning erbjudas hade ingen problem med att ta med extra utrustning ut på banan, så länge som den inte är stor och opraktisk.

Datorseende som ämnar att lösa problemet med att inte se golfbollen i luften hade överlag positiv respons, men ifrågasättande till en smarttelefons kameras upplösning förekom. Tvånget till att inför varje slag placera en kamera vid slagplatsen ansågs överkomligt. Just användandet av tekniken nämnde en respondent mer utförligt, där han önskar en lösning där denne kan välja när interaktion ska ske. Systemet ska delge information först när användaren efterfrågar och inte bli ett störande moment i golfspelet med ständig feedback. Stort fokus på lösningen bör ligga på att vara av assisterande hjälp på håll där långtsläående klubbor behövs på utslag. Framför allt lyfts golfklubban ”driver” fram som ett exempel på klubba där spridning och förlust av golfbollar lätt förekommer. På så sätt får lösningen inte heller vara utfor-

mad på ett sådant fysiskt sätt så att den är krävande att ha med sig ut på golfbanan.

Avslutningsvis när ett eventuellt slutpris på en produkt som löser problemet bra diskuterades var alla deltagare beredda att betala upp mot 2000 kronor.

6.5.3 Sammanställning av kundens behov

Att tyda kundens efterfrågan handlar om att ta reda på *vad* det är kunden vill ha i form av behov. Dessa behov kan antingen vara uttalade av kunden själv eller omedvetna för kunden. Kartläggningen byggde på både den kvantitativa och den kvalitativa studien. Efter tolkning av resultaten från studierna sammanfattades behoven i punktform. Vad som gemensamt upplevs är att respondenterna inte tydligt uttalar sig om att en lösning är absolut nödvändig att tillkomma i sporten, men att behovet troligtvis skulle uppstå om en lösning fanns tillgänglig. Kundens behov ser ut enligt följande:

- Kunden vill hitta sin golfboll vid sin nedslagsplats, om denne efterfrågar denna information och hjälp.
- Kunden vill känna sig övertygad om att lösningen har likartade spelegenskaper i jämförelse med nuvarande golfbollar på marknaden.
- Kunden har ett behov av användarvänlighet i form av en enkel och lättförståelig lösning som inte tar tid från spelet. Dessutom bör lösningen vara liten i sin utformning för enkelt fysiskt handhavande.

Ett annat behov som det redogörs för i studierna är att kunden kan önska se var golfbollen tar vägen vid utslag då långtslående golfklubbor används. Detta problem föreligger för vissa målgrupper, men projektgruppen bedömer problemet med att hitta golfbollen med sin nedslagsplats som större och väljer att fokusera på en lösning för lokalisering vid nedslagsplats.

6.6 Funktionsidentifiering

Projektgruppen identifierade nio stycken funktioner i form av huvud-, stöd och oönskade funktioner. De listade funktionerna är ämnade att ligga till grund för den utökade kravspecifikationen i avsnitt 6.7.

Huvudfunktioner

- *Delge position*
För att något ska kunna spåras måste objektet, det vill säga golfbollen, via en viss teknik eller ett visst fenomen delge sin position till omgivningen.
- *Spåra position*
Positionen som delges av objektet måste kunna mottagas och spåras av en annan enhet som tillhör samma system som projektets lösningsförslag.
- *Indikera/visualisera position*
Den spårade mottagna signalen ska efter bearbetning återges till användaren genom indikering på golfbollens position i förhållande till användaren.

Stödfunktioner

- *Erbjuda användarvänlighet*
Lösningen på projektets problem skall för användaren vara användarvänlig och lättförståelig. Det är viktigt att lösningen är effektiv och inte medför ökade väntetider på golfbanan.

Oönskade funktioner

- *Försämra bollegenskaper*
Projektets lösning bör inte vara av sådan karaktär att denna påverkar golfbollens egenskaper till det sämre.
- *Kräva bolladdning*
Lösningen som lokaliserar golfbollar bör ej innebära att golfbollen behöver laddas.
- *Kräva tillbehörsstorlek*
Projektets lösning önskas ej vara av sådan typ att ett extra tillbehör av betydande storlek är nödvändig att ta med sig ut på golfbanan för att kunna användas.
- *Kräva tillbehörsvikt*
Projektets lösning bör inte heller vara av sådan typ att ett extra tillbehör som behöver tas med ut på golfbanan innebär markant extra vikt för användaren att bära.
- *Oönskad feedback*
Utifrån den kvalitativa studien (se avsnitt 6.5.2) klargjordes det att systemet

inte nödvändigtvis alltid önskas användas av användaren och kan då utgöra en distraktion istället. Det gäller således att lösningen inte alltid återger feedback till användaren utan endast när denna efterfrågar den.

6.7 Utökad kravspecifikation

Utifrån de identifierade funktionerna, i föregående avsnitt 6.6, och kartläggning av kundens behov sammanställdes en utökad kravspecifikation som senare används som underlag för utvärdering och urval av koncept. Utförda kvalitativa studier visar på att problemet att hitta en golfboll vid dess nedslagsplats uppfattas som större än att följa dess ungefärliga bana i luften vid slag. Beslutet togs att kravsätta ett system med mål att lokalisera golfbollen vid dess nedslagsplats.

Tabell 6.2: Utökad kravspecifikation med kriterier i form av krav och önskemål.

Kravområde	Kriterier	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål
Produkt	Lokalisering av dold golfboll	Test	7x7 meter på under 30 sekunder	K
Produkt	Snabb lokalisering av dold golfboll	Test	10x10 meter på under 15 sekunder	Ö
Miljö	Miljömedveten produktdesign	LCA	Sund miljöprofil	Ö
Produkt	Minimal påverkan av en golfbolls symmetriska massfördelning	Test och eventuella beräkningar	Inte märkbart förämrade bollegenskaper	Ö
Produkt	Ingen energikälla placerad i golfbollen	Produktdesign	Ingen energikälla	Ö
Produkt	Robusthet mot yttre krafter	Test och eventuella beräkningar	Inte gå sönder vid normalt golfspel	Ö
Produkt	Användaren kan spåra sina nuvarande golfbollar	Produktdesign	Existerande golfbollar på marknaden är kompatibla med produkten	Ö
Produkt	Livslängd golfboll	Produktdesign/ Uppskattning	Samma som nuvarande golfbollar på marknaden	Ö
Produkt	Livslängd ytterliggare utrustning	Produktdesign/ Uppskattning	Utrustningen ska ha en livslängd på 4 år	Ö

I kravspecifikationen, Tabell 6.2, listas 13 kriterier varav tre stycken är krav och resterande är önskemål. Den tredje kolumnen listar hur kriteriets kan utvärderas och jämföras mot dess måluppfyllnad som framgår i kolumn fyra. Kriterier från kravspecifikationen förs med till nästa steg i projektet där lösningskoncept utvärderades och valdes.

6.8 Framtagning av lösningskoncept

För att generera koncept baserade på de initialt valda spårningsteknikerna i avsnitt 6.3, brainstormade projektgruppen fram en mängd olika dellösningar. Koncept togs fram med hjälp av en morfologisk matris som resulterade i sju stycken intressanta koncept tillsammans med en konceptbeskrivning.

6.8.1 Morfologisk matris

En morfologisk matris konstruerades innehållandes de identifierade huvudfunktionerna från avsnitt 6.6 samt brainstormade dellösningar som svarar på *hur* huvudfunktionen kan vara möjligt lösbar. I Tabell 6.3 visas den morfologiska matrisen och dess sju generade koncept. Dess sammansättning av dellösningar framgår med hjälp av symboler och varje koncept består av tre stycken likadana symboler. Tabellen återfinns också i Bilaga H. Varje koncept har utöver sin tilldelade symbol också ett kort namn som identifierar dess unika sammansättning av dellösningar.

Tabell 6.3: Morfologisk matris som presenterar de sju genererade koncepten.

Huvudfunktion	Dellösning					
Delge position	Varm golfboll genom vattenuppvärmning i behållare	Varm golfboll genom luftuppvärmning i behållare	Metallisk ytbeläggning på golfboll	Metalliskt innandöme i golfboll	Bluetooth-chip i golfboll	Färg och form på golfboll
Spåra position	Värmekamera	Metalldetektering	Signaldetektering och hantering	Bildupptagning, hantering och analys med hjälp av		
Indikera position	Smarttelefon	Extern handhållen enhet	Ljud från golfboll	Ljus från golfboll		

Koncept

-  Timglas Värme
-  Triangel Värme
-  Sol Metall
-  Trekvarts cirkel Bluetooth
-  Rektangel Bluetooth
-  Cirkel Datorseende
-  Moln Datorseende

6.8.2 Konceptbeskrivningar

De sju koncepten framtagna från den morfologiska matrisen är nedan kortfattat beskrivna och redogör för hur de initiala teknikerna för spårning (se avsnitt 6.3) ämnas att appliceras. Konceptbeskrivningarna syftar till att ge en enkel bild av hur en lösning kan komma att se ut, och en mer detaljerad beskrivning görs på det konceptet som väljs för detaljerad produktdesign som påbörjas i avsnitt 6.10.

- **Timglas värme**

Konceptet använder tekniken värmedetektering. Golfbollen värms upp i en cylindrisk termosliknande behållare med förvämt vatten som uppvärmningsmedium. Den varma golfbollen spåras sedan med en extern handhållen värmekamera.

- **Triangel värme**

Konceptet använder tekniken värmedetektering. Golfbollen värms upp i en batteridrivnen cylindrisk termosliknande behållare med luft som uppvärmningsmedium. Den varma golfbollen spåras sedan med en värmekamera kompatibel med en smarttelefon där den kompatibla värmekameran fästes på smarttelefonen.

- **Sol metall**

Konceptet använder tekniken metalldetektering där en specialtillverkad golfboll konstrueras med ett metalliskt innandöme, i form av antingen en kärna eller homogen utspridning av spån. Golfbollen lokaliseras sedan med hjälp av en handhållen metalldetektor.

- **Trekvartscirkel Bluetooth**

Konceptet använder tekniken Bluetooth där en specialtillverkad golfboll konstrueras med ett inbyggt Bluetooth-chip som delger en periodisk signal. Golfbollen lokaliseras sedan med en smarttelefon som läser denna signal. En applikation grundad på signalstyrka visualiserar golfbollens position.

- **Rektangel Bluetooth**

Konceptet använder tekniken Bluetooth där en specialtillverkad golfboll konstrueras med ett inbyggt Bluetooth-chip och en mindre högtalare. Golfbollen spåras sedan med en extern enhet som ansluter via Bluetooth. Vid kontakt samt ett aktivt knapptryck på enheten av användaren, så signalerar golfbollens högtalare och användaren kan lokalisera golfbollens position.

- **Cirkel datorseende**

Konceptet använder en smarttelefons kamera som filmar användarens slag. Därefter analyseras bildmaterialet av algoritmer i en mjukvara installerad i smarttelefonen. Golfbollens bollbana beräknas och en position uppskattas. Positionen förmedlas till användaren genom smarttelefonen.

- **Moln datorseende**

Konceptet använder en extern kamera som filmar slaget. Därefter analyseras bildmaterialet av algoritmer i en mjukvara installerad i enheten. Golfbollens bollbana beräknas och en position uppskattas. Positionen förmedlas till användaren med hjälp av en mindre handhållen enhet.

6.9 Konceptutvärdering och konceptval

De sju genererade koncepten i avsnitt 6.8 sällades ner till ett, genom relativt kundvärde och reflektion kring kostnad. Det relativa kundvärdet beräknades genom Pugh-matriser där huvudfunktionerna viktades med en trippel-multiplikator. Viktningen innebar att huvudfunktionerna stod för cirka 40 procent av det relativa kundvärdet. Två iterationer av Pugh-matrisen genomfördes, där referensen i Tabell 6.4 var "Timglas värme". I tabell 6.5 var referensen det vinnande konceptet från den första Pugh-matrisen.

Tabell 6.4: Pugh-matris med den första av två iterationer.

Pugh-matris 1 av 2							
Kriterier	Koncept						
	Ref. Värme ☒	Värme △	Metall ☀	Bluetooth 📶	Bluetooth 📶	Dator ●	Dator ☁
Huvudfunktioner							
Delge position	0	+	0	+	+	-	-
Spåra position	0	0	0	+	+	-	-
Indikera position	0	0	0	0	-	0	0
Stödfunktioner							
Användarvänlig	0	0	+	+	+	+	+
Oönskade funktioner							
Försämra bollegenskaper	0	0	-	-	-	0	0
Boll kräver laddning	0	0	0	-	-	0	0
Kräver storlek hos utrustning	0	0	0	+	+	+	+
Kräver vikt hos utrustning	0	0	0	+	+	+	+
Oönskad feedback	0	0	0	0	0	0	0
Övriga önskemål							
Hjälpa spelare att ta ut avstånd till golfboll efter slag	0	0	-	+	-	+	+
Uppmätt information kommuniceras till användares befintliga utrustning	0	+	0	+	0	0	+
Kräver ej förberedelse före användning	0	0	+	+	+	+	+
Robusthet mot yttre krafter	0	0	-	-	-	0	0
Användaren kan spåra sina nuvarande golfbollar	0	0	-	-	-	0	0
Livslängd golfboll	0	0	0	-	-	0	0
Livslängd ytterliggare utrustning	0	0	0	0	0	0	0
Utveckling							
Tekniska svårigheter i utveckling	0	0	0	-	-	-	-
Antal + inkl. viktning (3 gånger huvudfunktioner)	0	4	2	12	10	5	6
Antal - inkl. viktning (3 gånger huvudfunktioner)	0	0	3	6	10	7	7
Summa	0	4	-1	6	0	-2	-1
Rangordning	3	2	5	1	3	7	5
Går konceptet vidare?	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej

Tabell 6.5: Pugh-matris med den andra av två iterationer.

Pugh-matris 2 av 2		
Kriterier	Koncept	
	Ref. Bluetooth G	Värme △
Huvudfunktioner		
Delge position	0	-
Spåra position	0	-
Indikera position	0	0
Stödfunktioner		
Användarvänlig	0	-
Oönskade funktioner		
Försämrade bollegenskaper	0	+
Boll kräver laddning	0	+
Kräver storlek hos utrustning	0	-
Kräver vikt hos utrustning	0	-
Oönskad feedback	0	0
Övriga önskemål		
Hjälpa spelare att ta ut avstånd till golfboll efter slag	0	-
Uppmått information kommuniceras till användares befintliga utrustning	0	0
Kräver ej förberedelse före användning	0	-
Robusthet mot yttre krafter	0	+
Användaren kan spåra sina nuvarande golfbollar	0	+
Livslängd golfboll	0	+
Livslängd ytterligare utrustning	0	0
Utveckling		
Tekniska svårigheter i utveckling	0	+
Antal + inkl. viktning (3 gånger huvudfunktioner)	0	6
Antal - inkl. viktning (3 gånger huvudfunktioner)	0	9
Summa	0	-3
Rangordning	1	2
Går konceptet vidare?	Ja	Nej

Ur Pugh-matriserna ses det att det relativa kundvärdet är högre hos "Trekvartscirkel Bluetooth" än hos de övriga lösningskoncepten. Resultatet grundar sig i de tidigare testerna (avsnitt 6.4) där det konstaterades att värme och metall inte spårar sina respektive objekt särskilt väl, något som Bluetooth gjorde mycket tydligare. Datorseende visade potential vid uppskattning av bollbana men löser inte problemet att lokalisera bollen vid nedslagsplats.

Efter kontakt med återförsäljare av elektronikkomponenter uppskattades kostnaden för ett Bluetooth-chip till ungefär 20 kronor i inköpspris. Detta chip, med energiför-

sörjning, skulle troligtvis vara den enda extra hårdvara som skulle behövas till det vinnande konceptet, eftersom golfspelare förutsätts inneha smarttelefon.

För de övriga lösningskoncepten med lägre relativt kundvärde, drogs slutsatsen att bara ett koncept förväntades vara kortsiktigt billigare för en golfspelare än "Trekvartscirkel Bluetooth". Detta billigare koncept var "Cirkel datorseende" men på grund av lågt relativt kundvärde uteslöts konceptet "Cirkel datorseende". På lång sikt kan det dock tänkas vara billigare med ett system som endast kräver en engångsinvestering som kan användas ihop med icke specialtillverkade golfbollar. Det resulterar i mindre löpande kostnader för användaren då specialtillverkade bollar med Bluetooth-chip antas vara dyrare än marknadens icke specialtillverkade golfbollar.

Med resultatet från Pugh-matriserna i kombination med uppfattningen av produktkostnad valdes lösningskonceptet "Trekvartscirkel Bluetooth". Detta koncept förväntades skapa högst kundvärde per prisenhetsenhet och har därför bäst förutsättningar att lyckas på marknaden för lokalisering av golfbollar. Om de relativa kundvärdena varit jämnare mellan koncepten hade en djupare uppskattning av produktkostnader genomförts för att ligga till grund för urvalet. "Trekvartscirkel Bluetooth" är alltså det vinnande konceptet som tas vidare till nästa steg i processen.

6.10 Detaljerad prototypdesign och konstruktion

I detta avsnitt beskrivs det vinnande konceptet, "Trekvartscirkel Bluetooth", från avsnitt 6.9 mer detaljerat och det ges en redogörelse för dess design och konstruktion, där en prototyp slutligen skapats.

6.10.1 Detaljerad prototypbeskrivning

Det vinnande konceptet tillämpar tekniken Bluetooth av lågenergityp. Med hjälp av en inbyggd pejlsändare i golfbollen sänds periodiskt signaler från golfbollen oavsett var denna befinner sig. Signalerna innehåller en unik adress för respektive golfboll med chip.

En specialprogrammerad smarttelefonapplikation installerad på användarens smarttelefon registrerar golfbollens signal, då dessa två befinner sig inom räckhåll från varandra. Golfspelaren behöver på så sätt ha en uppfattning om var golfbollen har landat på spelfältet. Med hjälp av analys av signalens styrka, dess RSSI-värde, delar applikationen feedback för avståndet mellan användaren och golfbollen. På så sätt kan användaren systematiskt avsöka områden för att lokalisera sin golfboll.

Det vinnande konceptet består således av två stycken huvudsakliga delar, vilka är följande:

- En applikation installerad på användarens befintliga smarttelefon med stöd för Bluetooth av lågenergityp.

- En specialtillverkad golfboll innehållandes en pejlsändare som periodiskt sänder Bluetooth-signaler av lågenergityp.

Då användaren förväntas äga en smarttelefon med stöd för lågenergi-Bluetooth, kommer denna fysiska enhet ej att designas. Fokus på design och konstruktion tillfaller smarttelefonapplikation och specialtillverkad golfboll innehållande ett Bluetooth-chip.

6.10.2 Golfbollens mekanik och deformation

Ett golfslag kommer utsätta golfbollen för en kraft och en acceleration. Nedan följer ett exempel som behandlar sex stycken driverslag utfört av en testperson med handicap 3,2. Det vill säga slag med den klubban som går längst utfört av en erfaren golfspelare. Datan är mätt och insamlad från en TrackMan golfsimulator vilken filmar och hanterar slagen och sammanställer medelvärdena. Den fullständiga analysen av slagdatan återfinns i Bilaga I.

Slagdatan är omfattande och ger möjlighet till flera olika beräkningar av kraft och acceleration. Här väljs hastigheten direkt efter slag, $v_{b, efter}$, som utgångspunkt vilken var 68,26 m/s. Utöver bollhastigheten behöver två antaganden göras som simulatören inte täckte. En golfbolls vikt, m_{boll} är cirka 45 gram (se avsnitt 2.3) och kontakttiden, t_k , mellan klubbhuvud och boll kan variera mellan 420 – 480 μs [36]. Bollhastigheten används sedan tillsammans med rörelsemängden P och impulsen I .

Impulsen beräknas enligt följande:

$$I = \Delta P = m_{boll} \cdot (v_{b, efter} - 0) = 0,045 \cdot (68,26 - 0) = 3,07 Ns$$

Kraften F på golfbollen under slaget.

$$F = I/t_k = 3,07/450 \cdot 10^{-6} = 6826 N$$

Medelaccelerationen a under kontakttiden.

$$a = (v_{b, efter} - 0)/t_k = 68,26/450 \cdot 10^{-6} = 151688,9 m/s^2 = 15446,93g$$

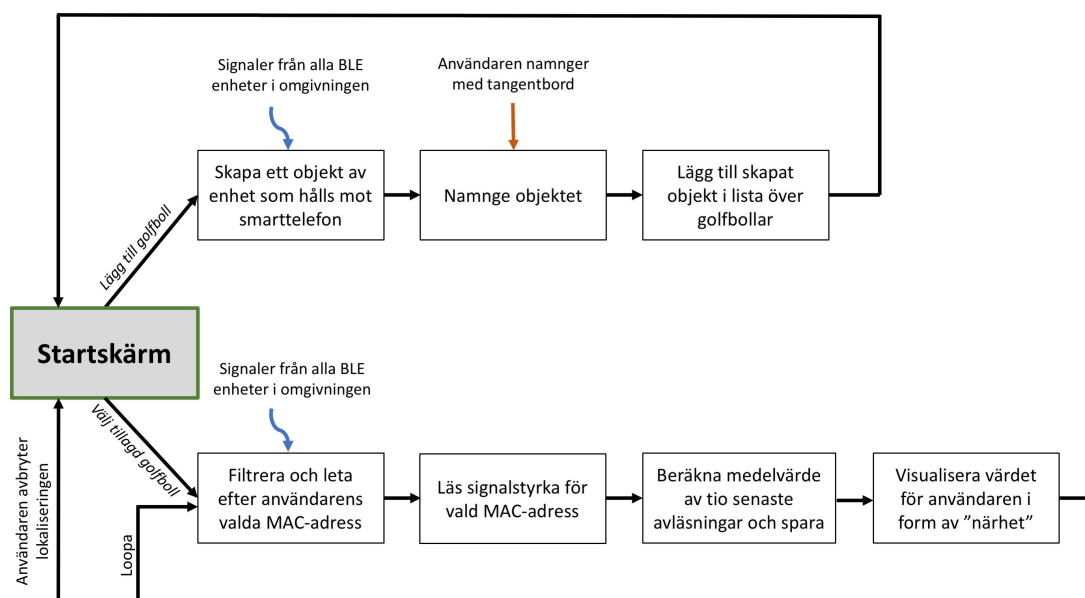
Vad värdena på kraften och medelaccelerationen medför vid eventuell tillverkning av en specialtillverkad golfboll diskuteras vidare i avsnitt 7.5.1.

6.10.3 Processträd och prototypens komponenter

Lösningen består av två olika delar i form av en mjukvara till smarttelefonen och en hårdvara till golfbollen som beskrivs i avsnitt 6.10.1. Planeringen för mjukvaran, det vill säga applikationens funktion, beskrivs med hjälp av ett processträd i Figur 6.6. Även en plan för konstruktion av den specialtillverkade golfbollen genomfördes genom att ta fram en lista av nödvändiga ingående komponenter och en CAD-rendering av detta.

Applikation i smarttelefon

Innan arbetet med programmering påbörjades, skapades ett processträd för att illustrativt beskriva hur applikationen skulle utformas. I Figur 6.6 visas applikationen schematiskt. Processträdet användes som stöd vid programmering och framtagning av grafik till applikationen.



Figur 6.6: Processtråd som visualiserar hur applikationen i smarttelefon fungerar.

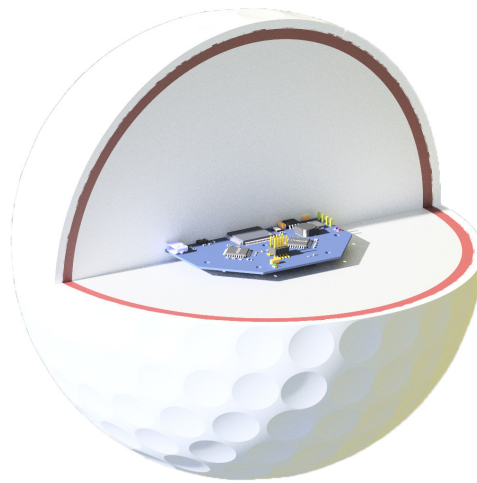
Användaren bör först mötas av en startskärm där denne kan välja att lägga till en golfboll i applikationen eller om lokalisering önskas av redan tillagd golfboll. Detta val symboliseras av den gråa rutan märkt *Startskärm*. Övriga rutor, med vit bakgrund, beskriver därefter vad applikationen bör exekvera för uppgift. Kurviga pilar symboliserar att indata hämtas från enheter i omgivningen som sänder ut signaler genom lågenergi-Bluetooth. Rak pil indikerar att användaren tillåts att föra in information i applikationen i form av önskat namn på sin golfboll.

Specialtillverkad golfboll

För att kunna skapa en prototyp av en golfboll innehållandes ett Bluetooth-chip behövdes två stycken komponenter i form av följande:

- Golfboll av valfri golfbollstillverkare.
- Ett lågenergi Bluetooth-chip (BLE), med batteri, som periodiskt sänder ut signaler med hög frekvens.

För att i projektet kunna visualisera funktionen planerades en befintlig golfboll att delas i två halvor, för att sedan placera Bluetooth-chippet i golfbollen enligt Figur 6.7. Observera att chippet skulle behöva placeras i bollen redan vid dess tillverkning för att skapa en spelbar produkt.



Figur 6.7: CAD-rendering av prototypen.

6.10.4 Prototypens konstruktion

I detta avsnitt redogörs det för hur prototypen konstruerades genom programmering av en applikation samt framtagning av en specialtillverkad golfboll.

Applikation i smarttelefon

Applikationen programmerades för smarttelefoner med operativsystemet Android, vilket 2016 utgjorde cirka 87,5 procent av den totala marknaden för smarttelefoner [37]. Utvecklingsmiljön som användes var Android Studio, en plattform utvecklad av Google för programmering till just Androidenheter.

Innan programmeringen påbörjades, skapades grafik enligt funktionsönskemål från Figur 6.6. Programmeringen skrevs i språken Java och XML. Språket XML användes för front-end programmering, det vill säga det grafiska användargränssnitt som användaren möts av på respektive applikationssida. XML-programmeringen innebar att använda den grafik som framställts för att skapa ett användarvänligt utseende. Java-språket användes för back-end programmering, vilket i detta fall innefattar

resten av funktionaliteten i applikationen. Exempel på detta är hantering av inkommande Bluetooth-signaler och kopplingar mellan olika sidor av applikationen.

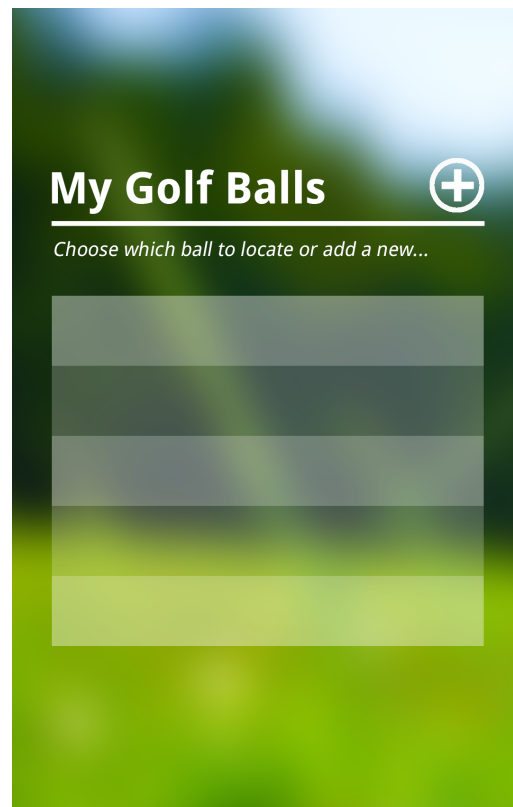
Applikationen byggdes upp med en huvudaktivitet och en fragmentstack som innehåller de olika sidor som visas för användaren, vilket även möjliggör att smidigt gå tillbaka till tidigare sidor. För hantering av Bluetooth-signaler användes klassen `BluetoothLeScanner` vilken tillhandahåller möjlighet att utföra skanning efter lågenergi-Bluetooth-enheter inom räckhåll samt avläsning av deras respektive signalstyrkor [38]. När användaren valt vilken specifik enhet som ska spåras, skapas i applikationen ett internt objekt som innehåller enhetens unika adress samt det namn som användaren tilldelat sin golfboll. Denna information används sedan för att filtrera bort alla andra enheter vid skanning i syfte att lokalisera golfbollen. För att minska osäkerheten vid visualisering av bollens ungefärliga avstånd, beräknades och användes medelvärden av de tio senaste avläsningarna av bollens signalstyrka. Den inkommande signalfrekvensen sattes till 100 millisekunder, vilket innebär att ett värde endast är beroende av värden inom den senaste sekunden. Detta tillvägagångssätt för filtrering gör systemet mer robust mot avvikande avläsningar samtidigt som systemet håller sig snabbt nog för ändamålet att gående avsöka ett område.

På efterföljande sida återfinns bilder som visar hur applikationen är uppbyggd tillsammans med en kort beskrivning.

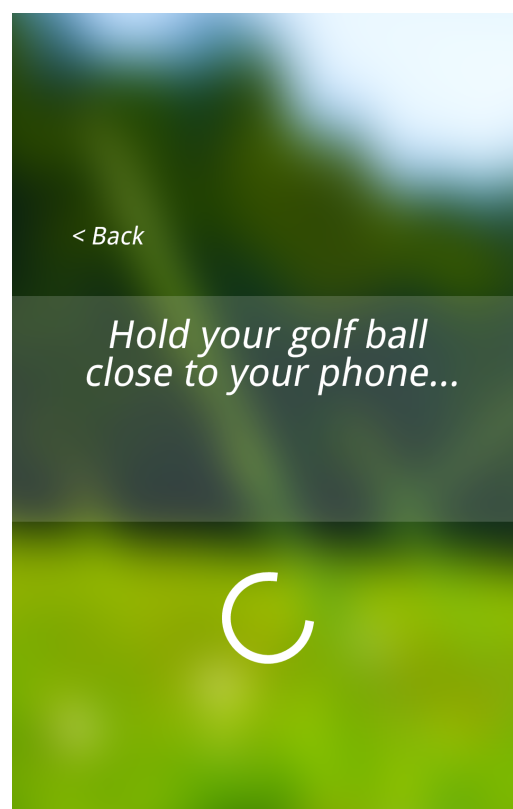
För fullständig kod, se:

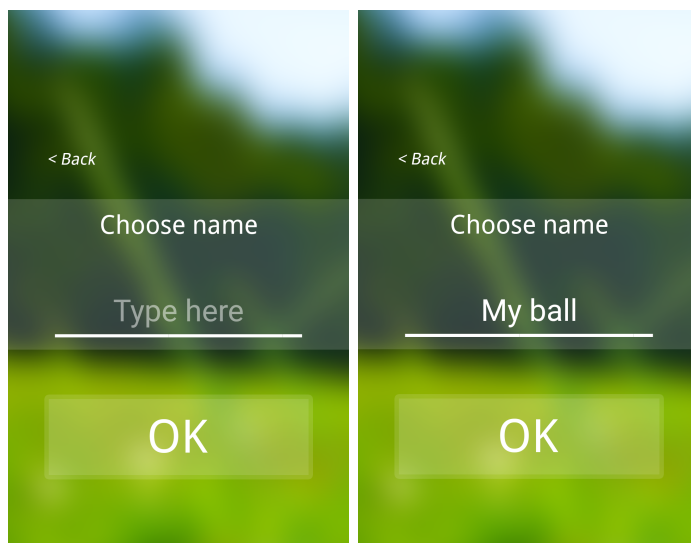
<https://github.com/kandidatgrupp41/Lokalisering-av-golfboll>

Figur 6.8: Användaren möts av applikationens startskärm vid uppstart, där denne uppmanas att antingen lägga till en ny golfboll i listan eller välja en redan tillagd golfboll. Om listan är tom måste en ny golfboll adderas innan lokalisering kan påbörjas.

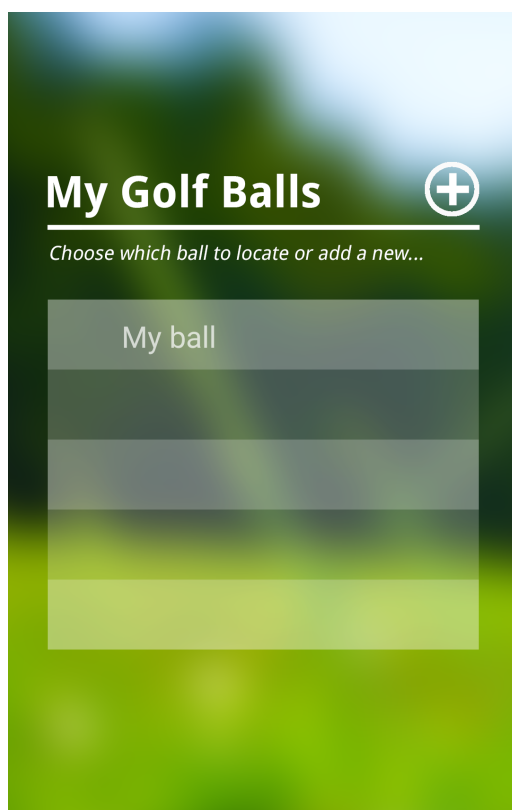


Figur 6.9: När användaren väljer att lägga till en ny golfboll i applikationens minne uppmanas användaren att hålla golfbollen nära smarttelefonen. Det är för att applikationen ska läsa av en signalstyrka som är så stark att den överstiger programmerat tröskelvärde. Vid tillräckligt stark signalstyrka sparas MAC-adressen på golfbollens Bluetooth-chip och golfbollen blir tillgänglig för lokalisering.



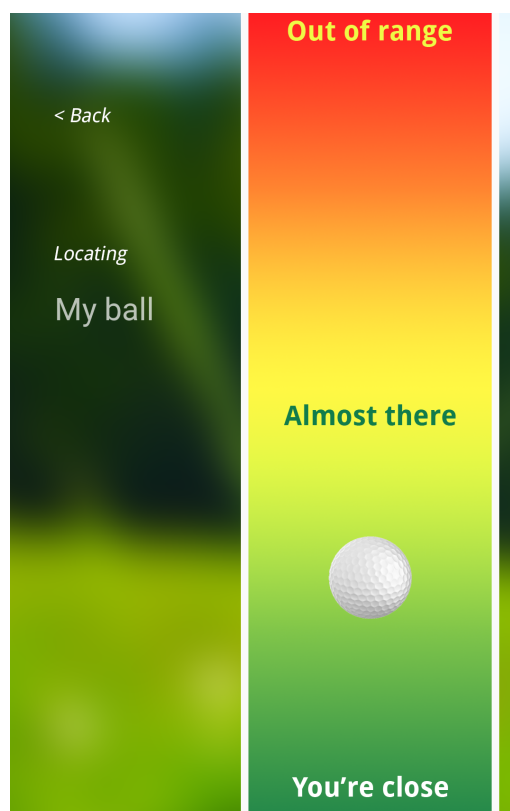


Figur 6.10: Användaren tillåts att välja ett eget namn på golfbollen som ska lokaliseras och bekräftar sitt val av namn på golfbollen genom att klicka på knappen OK.

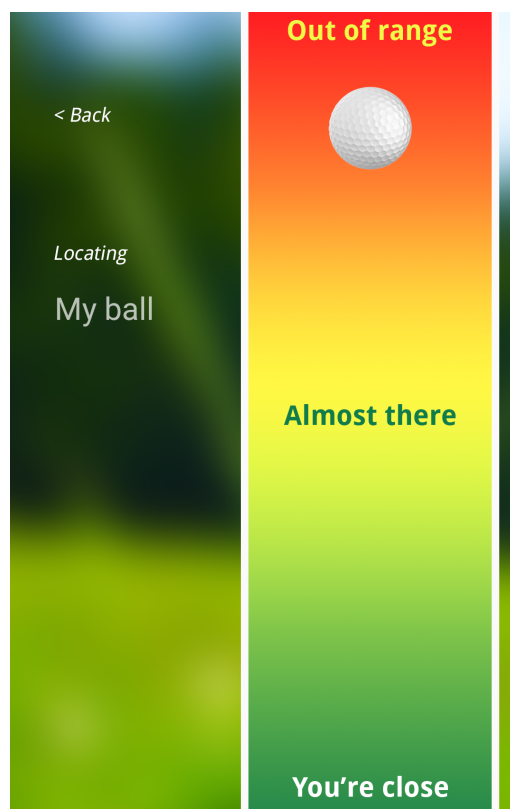


Figur 6.11: När önskad golfboll är identifierad och namngiven tillåts användaren att välja sin golfboll i listan över lokaliserbara golfbollar. Genom ett tryck på namnet, tas användaren vidare till skärmen för lokalisering av golfbollen.

Figur 6.12: Efter val av golfboll att lokalisera, tas användaren vidare till följande skärmläge. Till vänster på smarttelefonens skärm specificeras vilken golfboll som är aktuell och lokaliseras av applikationen. Färgskalans gröna område att användaren är nära golfbollen och det röda att användaren befinner sig långt ifrån bollen. Att markören befinner sig på grönt område innebär att applikationen avläser en stark signalstyrka från golfbollen och rött område betecknar en svag. Markören, i form av en golfboll, förflyttar sig över skalan beroende på var användaren befinner sig relativt golfbollen, med andra ord hur stark signalstyrka applikationen avläser. Registreras ingen signal från golfbollen indikeras detta i applikationen genom att markören försvinner. Vid återupptagen signal vibrerar smarttelefonen och markören uppenbarar sig på skärmen.

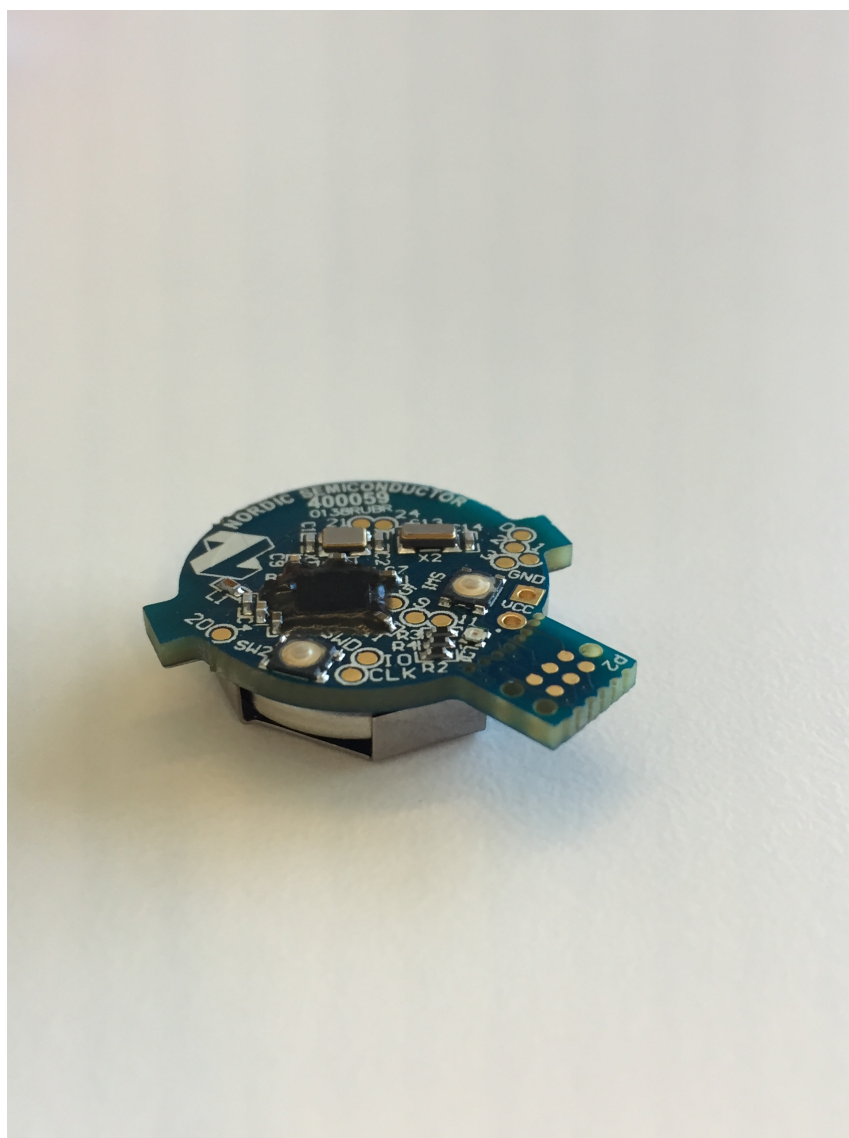


Figur 6.13: Ett exempel på när användaren har förflyttat sig längre bort från golfbollen och signalstyrkan därmed är något svagare än i föregående figur. Då användaren har lokaliserat sin golfboll kan applikationen stängas ned för att därefter startas upp igen när ny lokalisering önskas.



Specialtillverkad golfboll

För konstruktion av en spårbar golfboll användes Bluetooth-chippet nRF51822 utvecklat av Nordic Semiconductor [39]. Chippet möjliggör periodiska sändningar av Bluetooth-signaler av lågenergityp. Användning av lågenergi-Bluetooth reducerar energiförbrukning markant relativt traditionellt använd Bluetooth, vilket även reducerar kraven på energikällans kapacitet. I denna prototyp monterades ett CR1632 knappcells batteri intill chippet via en kompakt, tätt monterad batterihållare. Chippet programmerades vidare att periodiskt sända ut sin unika adress och enhetsnamn tio gånger per sekund. Denna frekvens är den högsta som nRF51822-chippet klarar av vilket innebär att mjukvaran optimerats utifrån hårdvarans begränsningar. I Figur 6.14 visas det färdigmonterade chippet som sedan placerades i bollen.



Figur 6.14: Bluetooth-chippet nRF51822, utvecklat av Nordic Semiconductor.

För att montera chippet i en golfboll användes för prototypen en golfboll av typen Titleist NXT Tour. Golfbollen sågades i två halvklot och därefter borrades hål i vardera halvklot utifrån en pappermall av chippets form. För att vidare rymma chippets storlek precis sattes en 3 mm-indikation på borren. För att minimera ingreppets påverkan på golfbollens masscentrum centrerades hålen noggrant. Chippet placerades i det frigjorda utrymmet, varpå golfbollen i nästa skede limmades ihop. Till sist putsades och målades skarven mellan de två halvkloten för att dölja spåren av ingreppet. I Figur 6.15 nedan visas golfbollen med chip monterat i dess centrum.



Figur 6.15: En delad golfboll av typen Titleist NXT Tour med ett inbyggt Bluetooth-chip.

6.10.5 Test och utvärdering

Resultatet av det utvärderingstest beskrivet i avsnitt 5.10 var lyckat. Till en början bestämdes systemets räckvidd av en avståndsmätare till cirka 20 meter, där räckvidden definieras som avståndet mellan golfbollen och platsen där smarttelefonen vibrerar och avståndsmarkören, i form av golfbollen, dyker upp på färgskalan.

I testen som varje projektgruppmedlem utförde två gånger var, lokaliserades golfbollsprototypen inom 90 sekunder alla åtta försök. Valideringen diskuteras vidare i diskussionsavsnittet 7.5.3.

6.10.6 Aspekter avseende miljöpåverkan

I avsnitt 6.9 valdes ”Trekvartscirkel Bluetooth” som slutgiltigt lösningskoncept. Konceptet använder sig av en smarttelefon men en sådan antas inte användaren köpa endast för att kunna lokalisera sin golfboll och kan därför ses som exkluderad i minimeringen av negativ miljöpåverkan avseende lösningskonceptet. Vad som berörs blir därför endast golfbollen där ett Bluetooth-chip planteras inne i bollen vid tillverkning.

Golfbollen med inbyggt Bluetooth-chip kommer ha olik miljöpåverkan jämfört med existerande golfbollar på marknaden. För att minimera negativa effekter som det inbyggda chippet medför behöver en medvetenhet kring vissa områden upprättas, vilka främst berör material och efterhantering av golfbollen. Materialvalet syftar i första hand på chippet vilket utgör tillkommet material mellan lösningskonceptet och existerande golfbollar. För att minimera negativ miljöpåverkan bör olika material i chippet utvärderas för att se att önskad funktion uppfylls. Utifrån utvärderingen görs ett materialval där miljön står i fokus. En aspekt i urvalet är vad som händer om materialet lämnas i naturen i fallet då en boll inte blir upphittad.

När livstiden på golfbollen är passerad skiljer sig efterhanteringen mellan en golfboll med Bluetooth-chip och en golfboll utan. Gummi och plaster som majoriteten av bollen, eller hela bollen i fallet med existerande golfbollar, består av ska vid fullständig materialhantering skiljas från Bluetooth-chippet. För att det ska vara möjligt måste tekniker för att avskilja chippet i kärnan av bollen från resterande material upprättas.

7

Diskussion

Projektets innehåll i form av metodik- och resultatkapitlen diskuteras utifrån projektgruppens perspektiv. Diskussionskapitlet redogör inte för varje aktivitet i metodiken (se Figur 5.1) utan endast de avsnitt som projektgruppen anser vara mest intressanta att föra diskussion kring.

7.1 Marknadens lösningar

En marknadsundersökning genomfördes i projektet varvid flertalet lösningar som lokaliserar golfbollar identifierades. Vad projektgruppen finner intressant är att även om några av de identifierade lösningarna har existerat ett tag tillbaka i tiden så finns det ingen lösning som tagit grepp om marknaden eller finns enkelt tillgängliga för oss som golfspelare. Den oetablerade marknaden antas, utöver det höga priset på produkterna, bero på regelverket kring golf. Mer specifikt syftas det på regeln gällande användning av elektroniska hjälpmedel för att spåra golfbollar (avsnitt 2.3).

Golfregeln sätter restriktioner för när hjälpmedel får användas och begränsar också projektgruppens lösning till att endast användas som träningsredskap. Golf är däremot en relativt materialistisk sport och utövarna utgör en köpstark kundgrupp som ändå må vara intresserade. En bedömning görs att marknaden för lokalisering av golfbollar fortfarande är inne i en tidig fas och att golfspelaren ännu inte är helt införstådd i faktumet att elektroniska hjälpmedel kan användas för ändamålet. En tillräckligt billig och bra produkt saknas alltså än så länge. Om de begränsande golfreglerna ändras, förväntas marknaden utbud och efterfrågan öka markant.

7.2 Tester av spårningstekniker

I detta avsnitt förs diskussion kring de fyra testområden som genomfördes i projektet, vars resultat presenterades i avsnitt 6.4.

7.2.1 Bluetooth

Testets syfte var att få en uppfattning om huruvida det finns potential eller ej för ett lokaliseringssystem som använder sig av signalstyrkan från en Bluetooth-sändare. Testresultaten var goda, då signalstyrkan från sändare tydligt visades hos mottagaren. Det öppnade upp för prototypsystemet som använder signalstyrka för att uppskatta avståndsförändring. Vissa begränsningar och variationer i avläsningen upptäcktes dock. Att det inte finns något direkt sätt att översätta RSSI-värde till sträcka mellan enheter är en av begränsningarna. Även om uppmätningar skulle göras av olika avstånd med tillhörande RSSI-värden för att konstruera ett samband, skulle variationerna i RSSI-värden innebära att översättningen i många fall skulle vara felaktig.

Lokaliseringssystemet förväntas uppträda mer eller mindre ändamålsenligt beroende på användarens smarttelefon och vilken hårdvara som sändaren består av, där det i båda fallen finns variationer. Olika smarttelefoner antas ha olika förhållanden mellan signalstyrka och avstånd vilket ytterligare försvårar en uppskattning av avstånd mellan mottagare och sändare. För sändarens hårdvarukomponenter finns det variationer i storlek och styrka, vilket påverkar sändarens prestanda. Ytterligare studier av olika komponenter skulle vara lämpligt före slutgiltig val av chip-konstruktion.

7.2.2 Metalldetektering

I de två metalldetekteringstesten användes olika metalldetektorer där detektorn i det första testet har ett inköpspris som är ungefär tio gånger mer än den som användes i det andra. I vårt fall innebar det variationer mellan dem i både utseende och funktion. Vad som däremot var gemensamt för detektorerna och som blev helt avgörande för testerna, var hur inkonsekvent de uppförde sig med ändamålet att lokalisera placerade testobjekt.

Detektorn i det första testet, CST/berger Magna-Trak 100, gav i princip utslag hela tiden när den var riktad mot marken trots variation av känslighetsreglaget. Även då metalldetektorns känslighet varierades från hög till låg fortsatte tydlig störning och inkonsekvent beteende. Till exempel kunde utslag variera från min till max vid en ytterst liten vinkeländring av metalldetektorn. Beteendet gav upphov till att en ny testplan behövde konstrueras under testets utförande. Längsta avstånd som ett testobjekt med säkerhet kunde detektera med hjälp av metalldetektorn var cirka 40 centimeter, vilket vid uppmätning upplevdes tydligt begränsande. Det visade sig vara ett betydligt bättre resultat än vad som kunde uppmätas i det andra testet med metalldetektorn Discriminator cs150. Med den gick det inte att detektera föremål på mer än enstaka centimeter, i princip var kontakt mellan detektorns tallrik och testobjektet nödvändigt. Att hitta dolda objekt blev därför i stort sett en omöjlighet.

Att marken som testen utfördes på inte utgjorde någon störning för metalldetektorerna går inte att utesluta och det är snarare sannolikt att så var fallet. Testområdet, en gräsmatta i ett villaområde, antas dock efterlikna en golfbanas miljö väl. Testresultaten medför därför att metalldetektering inte uppenbart uppfyller kravspecifikationen att underlätta lokalisering av golfboll.

7.2.3 Värmedetektering

Testet hade som avsikt att reda ut två frågeställningar, dels om en uppvärmd golfboll kan spåras med hjälp av värmedetektering samt hur väl en uppvärmd golfboll håller värmen.

I graferna, som återfinns i Bilaga D, där golfbollens temperatur visas syns det att en uppvärmd golfboll behåller den tillförda värmen på ett likvärdigt sätt oberoende av vilken omgivning den placeras i. De golfbollar vars utgångstemperatur var störst relativt omgivningen kyldes påtagligt inom de två första minuterna. Det går därför att argumentera för att den extra energi som krävs för en ytterligare uppvärmning och en större temperaturskillnad mellan golfboll och omgivning, inte är befogad, då golfbollen syns tydligt i kameran ändå.

Testet för hur väl golfbollar behåller tillförd värme utfördes med flertalet golfbollar vilket kan leda till variationer i resultatet som inte beror på omgivningen. Golfbollarna är identiska i den mån att de har samma inre uppbyggnad av ett skikt av plast och gummiblandning. Den uppbyggnaden skiljer sig från golfbollar som är vanligast förekommande på golfbanor idag som har fler skikt inom sig. Att flera lager tydligt

förändrar golfbollens värmekapacitet är inte troligt och graferna för temperatur över tid i testrapporten ses därför som aktuella.

Att en uppvärmd golfboll tydligt syns i kameran, då den ligger synligt för kameran, gör det lättare för användaren att hitta golfbollen. Värmekameran uppfyller därför den tidiga kravspecifikationen att på något sätt underlätta lokalisering av en golfboll. Däremot går det inte att se golfbollen då den inte ligger synligt. Att kunna hitta golfbollar som ligger dolda, vilket utgör majoriteten av fallen då användaren behöver assistans av ett eventuellt hjälpmedel för lokalisering, går därmed inte att realisera med hjälp av en värmekamera. Ett konstaterande som utgjorde beslutsunderlag i senare urvalsprocesser.

7.2.4 Datorseende

Testresultaten visade att spårning okomplicerat kan genomföras vid enkla förhållanden men att det snabbt blir svårt då störningar i bilder och videor ökar. Ingen tillräckligt robust bearbetningsmetod hittades i testet, dock skapades förståelse för olika sätt att använda sig av datorseende för spårning. I testresultaten för Kalmanfiltrering sågs det att en stapling av bilder från en video kan ge en uppfattning om golfbollens rörelse, även om det blir svårare med högre hastighet på golfbollen. För att fördjupa sig inom ämnet kan utvärdering av ytterligare funktioner i MATLAB studeras, men även andra programvaror som tillhandahåller möjlighet för datorseende. Om ett lokaliseringssystem ska vara användbart krävs betydligt bättre robusthet än vad testerna visade på, för att därmed kunna klara av golfspels-liknande förhållanden.

7.3 Spelregler för spårningsbar elektronisk golfboll

En medvetenhet har hela tiden funnits om att konceptet med en specialtillverkad golfboll bryter mot golfreglerna för handicapgrundande ronder. Hjälpmedlet är dock tillåtet för träningsronder, vilket innebär att en marknad för en eventuell framtida produkt existerar. Reglerna har därför inte varit en faktor under urvalsprocesserna.

Det pågår emellertid en modernisering inom golfen och således golfreglerna. Avståndsmätare, golfklockor och golfapplikationer är numera väldigt vanliga hjälpmedel hos golfspelaren vilket bland annat har medfört att det under 2014 gavs möjlighet till att införa lokala regler för handicapgrundande sällskapsronder och tävlingsronder. Det är alltså upp till varje enskild golfklubb att besluta om det är accepterat att kunna bestämma avstånd på golfbanan, något som innan 2014 var förbjudet. Det bör alltså inte anses som en omöjlighet att samma process sker inom hjälpmedel för golfbollslokalisering.

7.4 Kundens behov

Kundens behov kartlades genom en kvantitativ och en kvalitativ studie. De båda studierna föranleddes med syftet att ta reda på *vad* det är kunden vill ha. Efter presentation av resultaten finns det rum för diskussion.

7.4.1 Kvantitativ studie

Majoriteten uppger att de endast slår bort 0-2 golfbollar per 18-hålsrond. Den högsta siffran, två, kan i sig låta som en relativt låg siffra och således inte bädda för något problem med bortslagna golfbollar. Studeras däremot svaret bland de 40 som spelar på märket Titleist så kan problemet anammas rent ekonomiskt. Låt anta att en 18-hålsrond spelas per vecka under 12 veckor på sommaren. Två stycken golfbollar av märket Titleist och modellen Pro V1 slås bort per rond med ett marknadspris på 49kr/golfboll. Ekonomiskt utfall:

$$\text{Kostnad för bortslagna golfbollar} = 12 \cdot 2 \cdot 49 = 1176 \text{ kronor.}$$

Utifrån enkätsvaren och det ekonomiska utfallet dras slutsatsen att bortslagna golfbollar kan ses som ett problem och att ett behov finns av att återfinna sina golfbollar. Hur stort behovet är exakt utvärderar inte enkäten men om en lösning skulle introduceras skulle behovet möjligtvis öka. En parallell kan dras till den ökade efterfrågan av avståndsskikare och avståndsklockor som har blivit en alltmer populär utrustning hos golfspelare.

Problemet med bortslagna golfbollar existerar men samtidigt menar 75 procent att man inte vill kompromissa med bollegenskaper i jämförelse med vad de har tillgång till just nu. Huruvida bollegenskaperna hos en specialtillverkad golfboll är bättre eller sämre än en väl etablerad modell av golfboll är, kan projektgruppen endast spekulera i. Tillåts sådan spekulering gissar projektgruppen att en golfboll av sådan typ utvecklad i projektet, inte kan hålla samma konkurrenssklass och prestanda som golfbollar på dagens marknad.

Ett icke uttalat behov kan på så sätt identifieras, och innebära att kunden ska känna sig medveten om ifall skillnader föreligger i bollegenskaper mellan en golfboll med inbyggt Bluetooth-chip och en vanlig golfboll. Kan en specialtillverkad golfboll med inbyggd spårningsteknik marknadsföras som konkurrenskraftig är marknaden enligt studien villig (67%) att spela med en spårningsbar golfboll.

Enkätens prisutvärdering för de olika koncepten är tydligt presenterad i avsnitt 6.5. Ett troligt scenario är dock att kundens betalningsvilja ökar då en välfungerande produkt marknadsförs och efterfrågan på marknaden skapas.

7.4.2 Kvalitativ studie

Några intressanta slutsatser och erfarenheter kan hämtas från de utförda intervjuerna. En av dem är hur reaktionen hos golfspelaren ser ut beroende på i vilken miljö golfbollen förloras i. Utövaren upplever det som ett mycket större irritationsproblem att tappa bort golfbollen på spelfältet än i skogen, det vill säga efter ett bra slag gentemot efter ett dåligt. Alltså kan en lösning som fungerar bra i ruffen men inte lika bra i skogen ändå anses önskvärd, lösningar som efter de respektive testerna kan vara värme- och metalldetektering. Där slutsatserna lite förenklat var att golfbollen förmodligen behövde vara någorlunda synlig och platskänd för slutgiltig lokalisering.

Det mest intressanta och med störst konsekvens för urvalsprocesserna var frågan om nedsatta bollegenskaper vid specialtillverkad golfboll med spårfunktion. Den kvantitativa studien säger att 75 procent inte är beredda att kompromissa med bollegenskaperna. Den ja- eller nejfrågan ligger till grund för ytterligare en fråga för projektet. Hur mycket sämre blir golfbollen om Bluetooth-chip byggs in? Som en svarande uppgav påverkas han inte av ett konsekvent 1 meter kortare slag vid användning av en specialtillverkad golfboll gentemot hans nuvarande, eftersom det är fler och andra faktorer som har större inverkan än själva bollen inom det korta avståndet. Blir slaget däremot alltid 10 meter kortare upplevdes inte den specialtillverkade golfbollen som intressant. Risken finns för att ett innandöme med spårfunktion i en golfboll kan försämma bollegenskaper gentemot en högkostnadsboll utan inbyggd teknik. Om skillnaden inte blir allt för stor kan golfbollen med spårfunktion ändå vara efterfrågad. Test av spårfunktionens inverkan på golfbollens övriga egenskaper genomfördes inte i projektet, på grund av arbetets tidsram som avgränsar projektet från tillverkning av golfboll.

7.5 Detaljerad prototypdesign och konstruktion

Framtagningen av prototypen var en process med flera möjliga diskussionsområden där följande valts att diskuteras.

7.5.1 Sportens mekanik och specialtillverkad golfboll

Den slutgiltiga lösningen med en specialtillverkad golfboll med inbyggd Bluetooth-teknik gör slaget på golfbollen extra intressant. Det inbyggda chipet kommer i huvudsak behöva hantera kraften och deformationen golfbollen utsätts för och den efterföljande accelerationen. I avsnitt 6.10.2 konstaterades det efter beräkningar att vid slag med långtsläende klubbor kan kraften verkandes på golfbollen uppnå nästan 7 kN. I artikeln The physics of golf hävdas det upp mot 10 kN, och en deformation upp till 1 centimeter [36]. Angående deformationen finns det flertalet tester av olika bollmärken där bland annat bolltillverkaren Titleist studerat deformationen av sin relativt mjuka och dyra golfboll Pro V1x [40]. I testet uppskattades deformationen till att vara mindre än 1 centimeter vid driverslag, där dessa tillsynes positiva bilder ur ett konceptperspektiv låg till stor grund för att det vinnande konceptet togs vidare i en tidig fas. En tro finns alltså inom projektgruppen att ett spårnings-chip

i golfbollen, med eventuell förstärkning, kan klara av deformationen vid slag.

Kraften och deformationen beror på en mängd olika parametrar där golfbolltillverkaren egentligen bara kan styra över bollegenskaperna. De mynnar ut i golfbollens stöttal som är kvoten mellan golfbollens och klubbhuvudets separations- och kollisionshastighet. Stöttalet representerar på så sett hur hård golfbollen är och hur mycket energi som förloras under slaget. En golfboll med högt stöttal och således låg deformation kommer med all sannolikhet behövas för att undvika att Bluetooth-chippet går sönder vid slag. Huruvida Bluetooth-chippet kommer behövas kravsättas för att klara upp mot 7 kN kommer framtida tester behöva avgöra, men helt klart står att golfbollen och kortet kommer utsättas för stor kraft. Designen av den specialtillverkade golfbollen kommer vara en stor del för att nå en färdig produkt, där man måste se till att kortet endast utsätts för krafter som det klarar av utan att gå sönder. En förutsättning för detta är att Bluetooth-chippet måste vara ordentligt fixerat och orörligt inuti golfbollen. Utöver ett orörligt chip kan deformationen inuti bollen minskas med hjälp av en uppbyggnad av flera lager. Adrian Podpirka från Harvard University beskriver i sin rapport att deformationen inuti en golfboll minskar då ett yttre lager adderas som är mjukare relativt bollens kärna [41]. Med ett hårt inre och mjukare yttre lager förväntas alltså påfrestningen på Bluetooth-chippet minskas.

Ökad relativ hårdhet i kärnan, kommer att ändra golfbollens spelegenskaper gentemot en golfboll utan inbyggd spårfunktion. Om den specialtillverkade golfbollen blir en av de hårdaste på marknaden kommer de positiva egenskaperna vara slaglängd medan de negativa kommer vara minskad spinnkontroll. Hur golfbollens balans och symmetri kommer påverkas av det inbyggda chippet är svårare att förutspå men det kommer troligtvis att påverka, inte minst slaglängden. Innan projektets prototyp eventuellt skulle nå marknaden, är det alltså väldigt intressant med ytterligare testning av hållbarhet och prestanda. Kan det visas att en golfboll med inbyggd spårningsteknik håller vid normalt golfspel och specificeras hur mycket de övriga spelegenskaperna hos golfbollen påverkas, bör produkten vara marknadsklar och vara möjlig att marknadsföra mot den uttalade positioneringen.

7.5.2 Prototypens konstruktion

Applikation i smarttelefon

Kandidatarbetes prototyp är idag funktionell och kan demonstrera funktionen utifrån projektets vinnande koncepts beskrivning. Flera områden föreligger däremot som kan diskuteras ur både prestanda- och användarsynpunkt. För att kunna använda den framtagna lösningen gäller det att golfspelaren som användare, har tillgång till en smarttelefon vars operativsystem stödjer applikationen. Olika modeller av smarttelefoner har därutöver olika typer av hårdvara och därmed varierande egenskaper hos Bluetooth-komponenter. Det innebär i praktiken att kod utvecklad för en typ av smarttelefon kan skilja sig något i avläsning av signalstyrka hos en annan telefon. Detta är något som måste tas i beaktning vid vidare utveckling av applikationen.

Applikationen är på aktuell prototyp helt beroende av den signal som Bluetooth-chippet placerad i en golfboll sänder ut. Utifrån tester är styrkan på signalen som en smarttelefon kan läsa av varierande i sin karaktär, vilket vid förändrat avstånd mellan smarttelefon och Bluetooth-chip är funktionsenligt och vad lösningskonceptet utgår från. Vad som utgör en uppgift att lösa är att viss variation i avläst signalstyrka sker även vid ett fast avstånd mellan smarttelefon och Bluetooth-chip då golfbollen roteras, vilket i ideala fall inte ska hända. Ett lösningsförslag är att placera fler Bluetooth-chip i olika riktningar inne i golfbollen vilka tillsammans i teori väcker förhoppningar om att minska vinkelförändringars inverkan på avläst signalstyrka.

Signalerna som Bluetooth-chippet skickar ut kan inte antas vara optimala utan förmodas innehålla störningar. Olika filtreringsmetoder finns att tillgå för att minimera störningar på de signaler som applikationen läser av. Det kan till exempel implementeras genom att beräkna medelvärdet av ett bestämt antal uppmätta signalstyrkor och därmed ge en mer pålitlig förändring som visualiseras för användaren. Nackdelen blir däremot en applikation som blir mer trögriktig, vilket i en förstorad grad leder till att användaren upplever en oönskad fördröjning av information. Andra typer av filter som blockerar signaler av vissa frekvenser som inte Bluetooth-chippet sänder går även att använda sig av. I den aktuella applikationen valdes filtrering med hjälp av medelvärden på grund av att de variationer i avläst signalstyrka som berodde på vinkelförändringar mellan Bluetooth-chip och smarttelefon gjorde det mycket svårt att designa ett filter som bara släpper igenom vissa specifika frekvenser.

Specialtillverkad golfboll

Vidare består lösningen av en specialtillverkad golfboll med inbyggt lågenergi Bluetooth-chip. Så som prototypen är tillverkad med en tvådelad golfboll, finns det ingen möjlighet att testa golfbollen genom att slå ett golfslag. Testning kan utföras genom att placera ut golfbollen i fältet och genomföra en lokalisering. Projektet har inte heller betraktat tillverkningen av en golfboll, huruvida det är möjligt eller ej, att specialtillverka en golfboll med inbyggt chip och vad som i ett sådant fall krävs. För detta ändamål behövs mer tid, vilket rekommenderas att arbeta vidare med.

Prototypen ses i sin helhet som en kreativ och intressant lösning, vilket inte kräver mycket mer av användaren än ett inköp av golfbollar, då en smarttelefon redan förväntas innehas. Därefter kan användaren som golfspelare själv välja om denne vill använda lokaliseringsfunktionen hos golfbollen eller ej.

7.5.3 Utvärdering av projektets prototyp

Projektets lösning upplevs väldigt bra som bekräftat i avsnitt 6.10.5. Att användaren får en indikation på att denne är inom ett avstånd på 20 meter från golfbollen är väldigt hjälpsamt i letandet. Utöver det ger applikationen en indikation om användaren närmar sig golfbollen då systemet används med tålmod. Går användaren i hög hastighet och endast tittar på skärmen används inte systemet till sin fulla po-

tential och kan då uppfattas orobust. Misstaget blir således att man endast studerar smarttelefonen och inte omgivningen. Används applikationen däremot mer som ett hjälpmedel där golfspelaren efter räckviddsvibrationen drar ner på gångtakten och forfarande använder synen för den huvudsakliga avsökningen och applikationen mer för riktning, så fungerar projektets lösning för ändamålet att lokalisera en golfboll. Att inom räckvidden stanna och studera färgskalan för att sedan ta två lugna steg i en viss riktning tills färgskalan går mot grön visade sig vara ytterst effektivt då tiden till lokalisering blev inom 90 sekunder. Denna teknik kommer vara viktig att förmedla till en ovan användare.

7.5.4 Minimering av negativ miljöpåverkan

Utöver de mer konkreta områdena som bör ses över, vilka presenteras i avsnitt 6.10.6, finns det vidare tillvägagångssätt för att minimera den miljöpåverkan lösningskonceptet åstadkommer. I en strävan efter att alla golfbollar ska lokaliseras, även dem med nedslagsplats långt utanför spelplanen, kan inte allt ansvar hamna hos den enskilde golfspelaren. Inkluderas en utökad systemnivå där organisationen kring golfbanan räknas med, blir det genomförbart att hitta en stor majoritet av bortslagna golfbollar. Vilket är önskvärt även med existerande golfbollar, men än mer med placerat Bluetooth-chip i som bidrar med ytterligare negativ miljöpåverkan vid eventuell nedbrytning i sin omgivning.

Att golfbanan organiserar eftersökning av golfbollar är därför önskvärt, men det behandlas av system högre än vad golfbollen själv är en del av. Men vad lösningskonceptet med Bluetooth-chip i golfbollen möjliggör är att sökning efter dem underlättas betydligt. För golfbollar som landat så långt från spelfältet att inte golfspelaren som slog golfbollen hittar den utan större ansträngning, trots lösningskonceptet, är troligtvis anledningen främst att det hade tagit för lång tid att lokalisera golfbollen. Om golfklubben organiserar sökning av golfbollar kommer lokaliseringsfunktionen kunna användas för att hitta bortslagna golfbollar i troligtvis mer svåråtkomlig miljö som inte golfspelaren som slog är intresserad av att söka av, och som golfbollar utan spårfunktion inte blir upptäckta i.

8

Slutsats

Initialt drogs slutsatsen att marknaden för spårning av golfbollar inte har någon väletablerad lösning. En kundorienterad produktutveckling ska svara mot vad de tänkta kunderna vill ha. För projektet genomfördes detta genom urvalsprocesser baserade på en enkät och intervjuer av golfspelare. Vad som efterfrågades gällande ett lokaliseringssystem är att golfbollen framförallt ska hittas vid sin uppskattade nedslagsplats. Även en mindre efterfrågan av ett system som ger ungefärlig placering från slagposition uppmärksammades. Golfspelaren ska uppfatta spelegenskaperna hos eventuell ny golfboll som likartade med nuvarande golfbollar på marknaden och systemet ska ha fokus på användarvänlighet i form av att det är lätt att använda och är litet till sin storlek.

Projektets prototyp använder sig av lågenergi-Bluetooth och svarar i den grad som gått att undersöka mot marknads efterfrågan. Då golfbollen innehåller ett Bluetooth-chip lokaliseras bollen på sin nedslagsplats med hjälp av en smarttelefon som svarar mot användargränssnittet. Spelegenskaper och tillverkningsprocesser för modifierad golfboll med Bluetooth-sändare ligger utanför projektets tidsram att undersöka.

Den framtagna prototypen för lokalisering av golfboll har genom validering bekräftats fungera väl om användaren är instruerad om hur smarttelefonapplikationen ska användas som komplement till synen. En golfboll kan med hjälp av systemet förväntas hittas inom 90 sekunder, även i annars svårletad terräng.

Att projektets designade prototyp med elektronik placerad i golfboll, i nuvarande situation inte är tillåten för tävlingar och handicapsgrundande ronder ses som olyckligt, men det har inte utgjort en faktor i projektets urvalsprocesser. Golfen genomgår just nu en modernisering som ger hopp om att projektets prototyp inom en snar framtid kan bli tillåten för alla typer av spel. Att det från och med 2014 bestämdes att alla enskilda golfklubbar får besluta ifall avståndsmätare är tillåtet för tävlingar och handicapsgrundande ronder är ett exempel på moderniseringen. Innan 2014 var detta strikt förbjudet.

Då man vill lokalisera utslagna golfbollar, både på dess nedslagsplats och under dess färd i luften, är valet av systemnivå som behandlar problemet central för vilka möjligheter som finns. Projektet har utgått från vad den enskilde användaren, golfspelaren, kan göra för att hitta sin golfboll. Utökas systemnivån till vad ett högre system, exempelvis golfbanan, har för möjligheter öppnas nya vägar att bemöta problemet.

Projektgruppen bedömer att projektets samtliga frågeställningar har besvarats under arbetets gång med väl motiverade resultat. Bedömning görs också att en funktionsduglig och demonstrativ prototyp har utvecklats enligt ändamålet att lösa problemet med bortslagna golfbollar, på ett sätt som går i linje med projektets mål, avgränsningar och syfte. Idéer för vidare arbete återfinns i kapitel 9.

9

Rekommendation för vidare arbete

Projektgruppen ser flera intressanta områden som rekommendation för vidare arbete med projektet *Spårssystem för lokalisering av golfbollar*. Då en produktutvecklingsprocess redan har genomförts rekommenderas det att se projektets prototyp som utgångspunkt för ytterligare utveckling.

Ett första område att arbeta vidare med gällande prototypen är dess smarttelefonapplikation. En möjlighet ses att kunna bestämma golfbollens position med hjälp av användarens smarttelefons GPS i korrelation till signalstyrkan hos golfbollens Bluetooth-chip med en tidsstämplad historik. Idéer finns att skapa ett lokalt rutnät där golfbollens signalstyrka mappas mot olika koordinater där användaren rör sig för att leta efter sin golfboll. Med hjälp av sannolikhetslära kan sedan en trolig position hos golfbollen beräknas och delges till användaren.

Ett annat område av relativt komplex karaktär är utvecklandet och tillverkningen av själva golfbollen innehållandes Bluetooth-chippet. Beräkningar har gjorts i kandidatarbetet men de är förenklade till att endast studera bollträffen då kraftöverföringen mellan golfklubba och golfboll äger rum. Efter bollträffen sker kraftig deformation av golfbollen vilken också blir kravsättande för hållbarheten hos chippet. Detta är något som bör studeras i vidare arbete. Vilka krafter utsätts chippet för? Vilka deformationer är påtagliga? Kanske behöver ett special-chip med förstärkning konstrueras och tillverkas? I samband med detta är det också intressant att studera hur tillverkningen av en golfboll bör se ut. Idag finns flera golfbollstillverkare på marknaden som årligen släpper nya uppdaterade modeller av sina golfbollar. Ett stort ingenjörsarbete föreligger i golfbollstillverkarnas utveckling, vilket även skulle behöva utföras i fallet med ett chip placerat inuti golfbollen. En frågeställning intressant att besvara är exempelvis *Hur golfbollens bollflykt påverkas av ett inbyggt chip?*. Det är även viktigt att ta fram en lösning som håller över flera golfsäsong och kanske till och med en hel golfsäsong.

Projektgruppen har vid flertalet tillfällen varit i kontakt med företaget Nordic Semiconductor för att diskutera lösningar som behandlar lågenergi-Bluetooth. Rekommendation har erhållits från Nordic Semiconductor att utgå från komponent *nRF51822* [42]. Med artikel *nRF51822* finns möjligheten att konstruera ett chip med färre komponenter och mindre oanvänd funktionalitet. Därmed kan chippet bli både mindre och billigare än det som användes i projektets prototyp.

Projektets prototyp använder knappcells batteriet CR1632. Batteriet kommer ef-

ter en viss tid behöva bytas ut eller laddas för att fortsatt försörja Bluetooth-komponenten. För vidare arbete rekommenderas att undersöka hur länge en batteriladdning kan räcka, beroende på signalfrekvens och batteristorlek. Ett möjligt scenario är att batterikapaciteten blir den begränsande faktorn i den spårbara golfbollens livslängd. I detta fall är det värdefullt att utvärdera huruvida batteriet ska vara utbytbart eller laddningbart, exempelvis genom induktion.

Ett sista intressant område att nämna för vidare arbete är omfattningen på lösningens systemavgränsning. I nuvarande kandidatarbete har en lösning där systemet endast omfattar användaren och dennes golfboll tagits fram. Att lyfta upp systemet till att också inkludera golfbanan kan vara en lösning där interaktionen mellan golfspelare och golfbana kan hjälpa golfspelaren att lokalisera golfbollen. En sådan lösning innebär nödvändigtvis inte att en helt ny produktutvecklingsprocess bör genomgå utan att nuvarande arbete utvecklas. Förslagsvis kan golfspelaren använda nuvarande lösning som enskilt system, medan unika golfbanor väljer att investera i kompletterande utrustning till det specifika systemet där pejlteknik på varje hål hjälper till att lokalisera golfbollen genom interaktion med användarens nuvarande system.

Möjligheterna för vidare arbete med projektet är många och flertalet intressanta områden att studera vidare har presenterats. Att utmana dagens golfbollstillverkare med ny bollteknik och utrustning är däremot ingen enkel uppgift. Det kräver med stor sannolikhet samarbete med såväl tillverkare som med förbund som har god kunskap om tillåtna regler för slutligt användande av produkten. Med kreativitet och vilja finns det däremot en marknad att etablera sig på.

Litteraturförteckning

- [1] Chalmers, *Kandidatarbete på chalmers tekniska högskola*, 2016. URL: <https://student.portal.chalmers.se/sv/chalmersstudier/%5C%5Ckandidat-och-examensarbete/kandidatarbete/Sidor/Syfte-mal-och-upplagg.aspx> (hämtad 2017-02-02).
- [2] Nationalencyklopedin, *Golf*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/golf> (hämtad 2017-01-21).
- [3] Svenska Golfförbundet, *Golf i sverige*. URL: <http://www.golf.se/golfsverige/> (hämtad 2017-01-21).
- [4] Out-of-Bounds, *Golfbollens uppbyggnad*. URL: https://www.out-of-bounds.se/ombollarna/golfbollens_uppbyggnad (hämtad 2017-04-13).
- [5] Golfprylar.nu, *Köpguide för bollar*. URL: <http://golfprylar.nu/kopguider/ovrigt/kopguide-for-bollar> (hämtad 2017-03-09).
- [6] RA Rules Limited, The United States Golf Association och Svenska Golfförbundet, "Regler för golfspel", nr 33, s. 56, 171–172, 2016.
- [7] USGA, *Rules and decisions*, 2017. URL: <http://www.usga.org/content/usga/home-page/rules/rules-and-decisions.html#!decision-14,d14-3-14> (hämtad 2017-04-07).
- [8] A. P. Philip Kotler, Gary Armstrong, *Marknadsföring : teori, strategi och praktik*. Harlow : Pearson, 2013, s. 8, 58, 102–109.
- [9] P. Lindstedt, J. Burenius och Nimba., *The value model : how to master product development and create unrivalled customer value*, 1 uppl. Ödesborg: ValueModel, 2003, s. 14–17, 34–42, 55, 135, 146, ISBN: 9163063492.
- [10] H. Johannesson, J.-G. Persson och D. Pettersson, *Produktutveckling : effektiva metoder för konstruktion och design*, 2. uppl. Stockholm: Liber, 2013, s. 115–125, 174–175, 183–186, ISBN: 9789147105823.
- [11] B. D. Runa Patel, *Forskningsmetodikens grunder : att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund : Studentlitteratur, 2011, s. 67–109.
- [12] Nationalencyklopedin, *Elektromagnetisk strålning*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elektromagnetisk-str%C3%A5lning> (hämtad 2017-01-31).

- [13] —, *Frekvensband*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/frekvensband> (hämtad 2017-02-02).
- [14] A. Silwer, *Yttrande över remiss "från analog till digital marksänd radio"*, 2015. URL: <http://www.regeringen.se/49c83e/contentassets/dc16d4d391944bb5b1d3a04269a0419e/forsvarsmakten.pdf>.
- [15] J. DeCuir, "Introducing bluetooth smart: part 1: a look at both classic and new technologies.", *IEEE Consumer Electronics Magazine*, s. 11–13, 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6685914/>.
- [16] I. Bluetooth SIG, *Bluetooth low energy*. URL: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works/low-energy> (hämtad 2017-04-03).
- [17] —, *Generic attribute profile (gatt) specification*. URL: <https://www.bluetooth.com/specifications/generic-attributes-overview> (hämtad 2017-04-03).
- [18] A. T. Parameswaran, M. I. Husain och S. Upadhyaya, "Is rssi a reliable parameter in sensor localization algorithms – an experimental study", URL: http://www.cse.buffalo.edu/srds2009/F2DA/f2da09_RSSI_Parameswaran.pdf.
- [19] Nationalencyklopedin, *Radar*. URL: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/radar> (hämtad 2017-02-02).
- [20] B. Violino, *What is rfid?*, 2005. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1339/https://www.rfidjournal.com/faq/show?68> (hämtad 2017-02-01).
- [21] *Rfid frequently asked question*. URL: <https://www.rfidjournal.com/faq/show?69> (hämtad 2017-02-01).
- [22] M. Brain, T. Wilson och B. Johnson, "How wifi works", *HowStuffWorks*. Retrieved March, 2001. URL: <http://zulsidi.tripod.com/pdf/HowWifiWork.pdf>.
- [23] Nationalencyklopedin, *Mobiltelefoni*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/mobiltelefoni> (hämtad 2017-02-01).
- [24] —, *Gps*. URL: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/gps> (hämtad 2017-02-02).
- [25] —, *Satellitnavigation*. URL: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/satellitnavigation> (hämtad 2017-02-02).
- [26] B. Candy, "Metal detector", s. 2–3, URL: https://www.minelab.com/___files/f/11043/KBA_METAL_DETECTOR_BASICS_&_THEORY.pdf.

-
- [27] Nationalencyklopedin, *Värme*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rme> (hämtad 2017-01-28).
- [28] —, *Infraröd strålning*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/infrar%C3%B6d-str%C3%A5lning> (hämtad 2017-01-31).
- [29] —, *Värmekamera*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4rmekamera> (hämtad 2017-01-31).
- [30] —, *Datorseende*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/datorseende> (hämtad 2017-01-22).
- [31] T. Huang, “Computer vision: evolution and promise”, *19th CERN School of Computing*, s. 21–25, 1996. DOI: 10.5170/CERN-1996-008.21.
- [32] Nationalencyklopedin, *Bildbehandling*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bildbehandling> (hämtad 2017-01-22).
- [33] —, *Bildanalys*. URL: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bildanalys> (hämtad 2017-01-22).
- [34] R. Szeliski, *Computer vision: algorithms and applications*. Springer, 2011, s. 3–9, ISBN: 978-1-84882-935-0. DOI: 10.1007/978-1-84882-935-0.
- [35] *Prazza golf ball finder*. URL: <http://www.hittagolfbollen.se/> (hämtad 2017-05-09).
- [36] A. R. Penner, “The physics of golf”, *Rep. Prog. Phys*, vol. 66, s. 144, 2003. URL: <http://raypenner.com/golf-physics.pdf>.
- [37] L. Sui, *Strategy analytics*. URL: <https://www.strategyanalytics.com/strategy-analytics/news/strategy-analytics-press-releases/strategy-analytics-press-release/2016/11/02/strategy-analytics-android-captures-record-88-percent-share-of-global-smartphone-shipments-in-q3-2016#.WRGISVKHKHr> (hämtad 2017-05-09).
- [38] *Bluetoothlescanner / android developers*. URL: <https://developer.android.com/reference/android/bluetooth/le/BluetoothLeScanner.html> (hämtad 2017-05-09).
- [39] N. Semiconductor, *Nrf51822 ble smart chip kit*. URL: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-low-energy/nRF51822-Bluetooth-Smart-Beacon-Kit> (hämtad 2017-05-09).
- [40] Titleist, *The moment of impact. an inside look at titleist golf ball*, 2013. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6TA1s1oNpbk&t=53s> (hämtad 2017-04-07).

- [41] A. Podpirka, “Finite element analysis of a golf driver and golf ball”, s. 5–6, URL: http://imechanica.org/files/golf_paper_APodpirka.pdf.
- [42] N. Semiconductor, *Nrf51822 ble chip*. URL: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-low-energy/nRF51822> (hämtad 2017-04-28).

A

Bilaga - Bidragsrapport

Bidragsrapport

Samtliga medlemmar i kandidatarbetet har bidragit på ett ypperligt sätt till arbetsföretskridande och genomförande. Ansvaret har naturligt vilat på allas axlar och har belastat alla jämnt. En god sammanhållning har varit karaktéristisk för gruppen över hela projektets gång. Mötesordförandeskap har rullat löpande över hela gruppen där alla skött sina delar utan anmärkning. Projektgruppen bedömer således gemensamt att alla medlemmar har varit lika betydelsefulla för att nå projektets slutliga mål. Det anses därav svårt att ta fram en rapport över individuella bidrag eftersom alla har varit med och bidragit i alla delar.

Efter varje gruppmöte, cirka två gånger per vecka, har uppgifter av lika storlek fördelats över projektgruppens samtliga medlemmar. Uppgifterna har utan undantag varit väl utförda till av gruppen förutbestämda slutdatum. På grund av den jämna arbetsbelastningen och att varje gruppmedlem varit medverkande i de allra flesta delmoment, är det som ovan nämnt svårt att ta fram en ansvarslista. Vi gör ändå ett försök till uppställning enligt mall men poängterar allas lika arbetsinsats.

En bidragsrapport enligt mall från Studentportalen:

Ansvarsområden

- **Johannes Berghult**

Utöver gemensamt arbete har extra fokus legat på applikationsutveckling och val av Bluetooth-chip, med kontakt hos Nordic Semiconductor och ACTE Solutions. Huvudansvar av programmering av Bluetooth-test och prototypapplikation. Genomförda tekniktester: Metelldetektortest 2, Bluetooth-test och test av datorseende.

- **William Lind**

Utöver gemensamt arbete har extra fokus legat på rimlighetsberäkningar och prototypframtagning. Utformning och spridning av enkät. Genomfört test: Metalldetektering 1.

- **Fredrik Kuylenstierna**

Utöver gemensamt arbete har extra fokus legat på utförande och dokumentation av tester samt utveckling av prototypapplikationen. Genomförda tekniktester: Värmedetektering, Metalldetektering 1 2.

- **William Flodin**

Utöver gemensamt arbete har extra fokus legat på grafik för applikationsutveckling, konceptpresentation och figurer i rapport. Har tagit stort ansvar för utformning av rapport och redigering i L^AT_EX. Genomfört test: Datorseende. Utformning av enkät och sammanställning av studien.

Stort bidrag till författande av avsnitt

- **Johannes Berghult**
Förord, 3.1, 3.4, 4.1, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.7, 5.9, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.7, 6.9, 6.10, 7.2, 9.
- **William Lind**
Abstract, Sammanfattning, 1.1, 1.2, 1.4, 2.3, 3.5, 4.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.8, 5.9, 5.10, 6.5, 6.6, 6.8, 6.10, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5.
- **Fredrik Kuylenstierna**
1.3, 2.2, 4.1, 5.2, 5.7, 6.2, 6.3, 6.4, 6.7, 6.10, 7.2, 7.5, 8, 9.
- **William Flodin**
1.5, 2.1, 3.2, 3.3, 4.2, 5.5, 5.8, 5.9, 5.10, 6.3, 6.5, 6.8, 6.9, 6.10, 7.4, 7.5, 9

B

Bilaga - Marknadsundersökning

Marknadsundersökning

Produkter på marknaden och i utveckling

Prazza

<http://www.golftoday.co.uk/equipment/news/2011/prazza.html>

Spårning – Aktiv RFID (Radio Frequency Identification) för precis lokalisering.

Handenhet -ger riktning och när man kommer närmre

Chip i specialtillverkad boll

Avstånd: Upp till 100 meter

Dålig information, webpage under construction

<http://www.hittagolfbollen.se/butik/prazza-golfbollar-3-pack/>

3 bollar 399 kr

Handenhet 3995 kr

Chip-ing

<http://chip-ing.com/>

Bluetooth via användarens smartphone

Avstånd: Upp till 150 yards

Smartphone ger riktning och ungefärligt avstånd

90\$ för 6 bollar som används med gratis app till mobil

Mer info:

<https://www.indiegogo.com/projects/chip-ing-revolutionary-new-retrievable-golf-ball#/>

Utvecklingsstadie

<http://kevingangi.com/winter-project/>

Spårning-GPS

Samverkar med smartphone via egen app

Chip i specialtillverkad boll

Disclaimer: This is a design concept only

Computer Vision för beräkning vid utslagsplats

Används för att analysera slagteknik för träning och kan beräkna ungefärlig nedslagsplats:

<http://flightscope.com/>

<http://www.protracer.se/>

<http://trackmangolf.com/>

Pris: Offert men uppskattning ca 50 000kr och uppåt.

Exempel: TrackMan 4 starting at \$18,995

Följande data från bollen avläses vid slag för att beräkna bollbana:

<http://flightscope.com/products/trajectory-optimizer/>

Patent

Det existerar flera patent inom spårning med gps, rfid och bildanalys för beräkning, se exempel:

<https://www.google.com/patents/US20140128171>

<https://patents.google.com/patent/US6520864B1/en?q=golf+ball&q=tracking>

<http://www.google.com/patents/US6520864>

https://www.google.com/patents/US20100151955?dq=golf+ball+tracing&hl=sv&sa=X&ved=0ahUKEwiVr_2v_cbSAhXqE5oKHVCrA0UQ6AEIMDAC

C

Bilaga - Tillstånd att använda metallsökare



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Kulturmiljöenheten
Malin K Larsson
Antikvarie
010-224 40 00

Delg.kv.

BESLUT
2017-03-16

Diarienummer
431-8788-2017

Sida
1(2)

Fredrik Kuylenstierna
fgkuylenstierna@gmail.com

Tillstånd att använda metallsökare inom fastigheten Hönekulla 2:4 i Härryda kommun.

Beslut

Länsstyrelsen ger Er tillstånd att använda och medföra metallsökare inom fastigheten Hönekulla 2:4 i Härryda kommun.

Villkor

Länsstyrelsen beslutar med stöd av 2 kap. 19 § kulturmiljölagen (1988:950), KML, om följande villkor.

1. Tillståndet får endast användas för att söka efter annat än fornfynd.
2. Tillståndet är personligt.
3. Tillståndet gäller från och med 2017-03-16 till och med 2017-05-01.
4. Tillståndet gäller endast inom det område som på bifogad karta redovisas med vit begränsningslinje (bilaga 1).
5. Tillståndet ska alltid medföras vid användning av metallsökare.

Redogörelse för ärendet

Ni har ansökt om tillstånd enligt kulturmiljölagen att använda metallsökare för att ta fram ett spårssystem för golfbollar. Projektet görs inom ett kandidatarbete på Chalmers Tekniska högskola. Till ansökan har bifogats kartmaterial med markering av föreslaget avsökningsområde.

Skälen för Länsstyrelsens beslut

Länsstyrelsen får för projektändamål endast lämna tillstånd att använda och medföra metallsökare för verksamhet som avser sökning efter annat än fornfynd.

Länsstyrelsen bedömer att det inte finns några arkeologiska skyddsintressen inom det förslagna avsökningsområdet och beviljar därför dispens enligt 2 kap. 19 § KML från förbudet att använda metallsökare.

Hur man överklagar

Detta beslut kan överklagas hos Förvaltningsrätten (bilaga 2).

Upplysningar

Tillståndet är personligt och kan därför inte delas med någon annan. Tillståndet omfattar heller inte medgivande till att utan fastighetsägarens tillstånd gräva eller göra ingrepp i marken.

Länsstyrelsen påminner om bestämmelserna i 2 kap. 5 § KML. Den som påträffar ett fornfynd, som ska tillfalla eller hembjudas staten, ska snarast anmäla fornfyndet till länsstyrelsen eller en polismyndighet. Fornfynd som hör till fartygslämning kan även anmälas till Kustbevakningen. Länsstyrelsen påminner även om bestämmelserna i 2 kap. 10 § KML. Om en fornlämning påträffas under grävning eller annat arbete, ska arbetet omedelbart avbrytas till den del fornlämningen berörs och anmälan omedelbart göras hos länsstyrelsen.

För upphittade föremål, som inte är fornfynd och därför saknar ägare, gäller bestämmelserna i lagen (1938:121) om hittegods.

Detta beslut har bekräftats digitalt och saknar därför namnunderskrift.

Malin K Larsson

Bilagor

1. Karta med det aktuella tillståndsområdet markerat
2. Hur man överklagar

Kopia till
Riksantikvarieämbetet med bilaga 1
Kulturmiljöenheten

Hönekulla 2:4
Härnäs kommun



D

Bilaga - Testrapporter

Inför testet

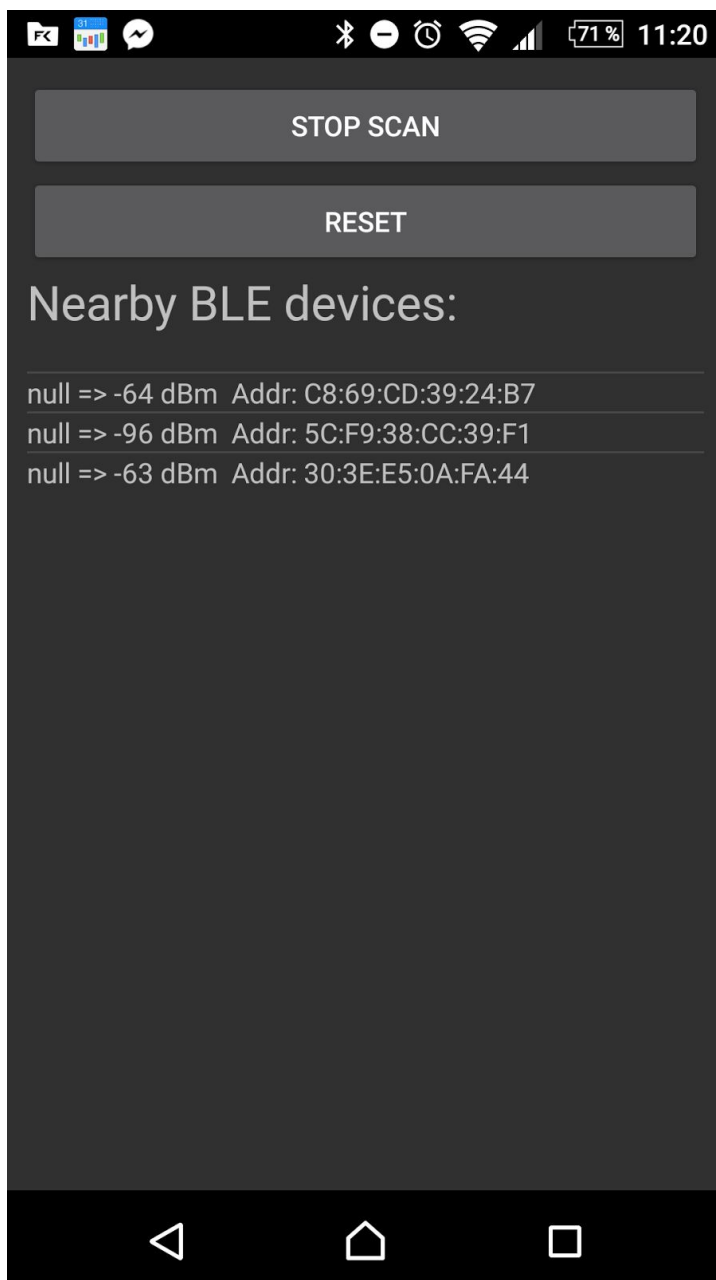
Testets mål var att kunna uppskatta avstånd utifrån en Bluetooth-signal. Informationssökning visade att en signals "Received Signal Strength Indication" (RSSI) är ett värde som kan användas för att uppskatta avstånd mellan sändare och mottagare. Detta värde på signalstyrka går att komma åt från en smarttelefon för varje sändare inom telefonens räckvidd. Med tanke på att kommande lösningskoncept antogs sträva efter att minimera storlek, valdes tekniken lågenergi-Bluetooth där sändare kräver lägre batteriförbrukning än vanlig Bluetooth.

Material

- Sony Xperia Z2 med Android API 23
- Sändare med lågenergi-Bluetooth
- Android Studio installerat på dator

Utförande och resultat

Med Androids egna utvecklingsplattform Android Studio, programmerades en app där enheter som sände lågenergi-Bluetooth registrerades. Ett objekt skapades av varje ny sändare som hittades under de upprepade scan-cyklerna. Vid varje scan-cykel uppdaterades även de sändare som tidigare hittats med ett uppdaterat RSSI-värde, vilket ger en uppfattning om hur avståndet förändrats mellan sändare och mobiltelefon. Vid varje cykel skrevs även samtliga upphittade enheter ut i en lista med eventuellt namn, senaste RSSI-värde och adress. Om inget namn återfanns i sändningen skrivs "null" istället. Resultatet från en sökning visas i en skärmdump från appen nedan:



Figur 1: Skärmdump av app som listar enheter som sänder lågenergi-Bluetooth.

Diskussion

Som resultatet visar nåddes målet med detta test. Signalstyrkan från sändare visas tydligt hos mottagare vilket ger en uppfattning om förändring i avstånd. Det finns dock inget direkt sätt att översätta RSSI-värde till sträcka vilket gör att kommande test delvis kommer studera samband mellan dessa. Olika mobiltelefoner förväntas ha olika förhållanden mellan signalstyrka och avstånd vilket försvårar uppskattningen ytterligare. Val av hårdvara att använda som sändare är också kvar att studera och välja, där variation i storlek, styrka och pris finns. Vad som tas med från detta test är alltså att avläsningen av signalstyrka fungerar bra och att sändare och samband mellan RSSI-värde och avstånd är kvar att studera.

Inför testet

Användandet av metalldetektorer är begränsat i Sverige enligt lag. Innan testet genomfördes ansökte projektgruppen om tillstånd av Länsstyrelsen och fick det beviljat. Plats för testet är gräsmattan på tomten Hönekulla 2:4.

En testplan konstruerades med flertalet tester med varierande svårighetsgrad.

Test av metalldetektering						
Nr	Testnamn (Objekt)	Funktion	Syfte med test	Omgivning	Testmetod	Hypotetiskt resultat
1	Supermagnet Stor	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd	Öppen	Tills utslag på detektor	Förväntas ge tydligast utslag
2	Supermagnet Stor	Hur bra är lösningen	Kartlägga prestanda	Bakom träd	Tills utslag på detektor	Begränsat
3	Supermagnet Liten	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd	Öppen	Tills utslag på detektor	Oklart
4	Supermagnet Liten	Hur bra är lösningen	Kartlägga prestanda	Bakom träd	Tills utslag på detektor	Oklart
5	Mutter Stor	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd	Öppen	Tills utslag på detektor	Förväntas fungera
6	Magnetpulver i påse	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd/Fungerar pulver	Öppen	Tills utslag på detektor	Sämré än helt objekt
7	Boll med mycket färg	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd/Fungerar färg	Öppen	Tills utslag på detektor	Sämré än helt objekt
8	Boll med mindre färg	Se om lösningen möjlig	Kartlägga svstånd/Fungerar färg	Öppen	Tills utslag på detektor	Sämré än helt objekt
9	Boll med lite färg	Se om lösningen möjlig	Kartlägga avstånd/Fungerar färg	Öppen	Tills utslag på detektor	Sämré än helt objekt

Utförande

Utförandet blev inte helt enligt testplanen, se avsnitt diskussion.

De varierande metallobjekten i form av stor supermagnet, liten supermagnet, mutter och magnetpulver placerades en efter en på marken. Metalldetektorn närmades från 10 olika och slumpade riktningar och det kvarvarande avståndet till objektet när metalldetektorn gav ett tydligt utslag mättes. Det vill säga det avstånd när utslaget kunde säkerställas bero på objektet. Avståndsmätningen genomfördes med en lasermätare vars resultat antecknades.

Material

- Laseravståndsmätare
- CST/berger Magna-Trak 100 Metalldetektor

http://www.proffsmagasinet.se/matinstrument/sokverktyg/metallsokare/cstberger-magna-trak-100-metalldetektor?vat=1&gclid=CjwKEAiA3NTFBRDKheuO6IG43VQSJAA74F77-pTWXVDyRRI0wBHDd1Q_pOfQvfloHzyQYPro-ZX6vx0CjMzw_wcB

Resultat

Tabellen nedan visar det maximala avståndet som testobjekten kunde detekteras på av metalldetektorn.

Objekt	Vikt	Avstånd(medelvärde)	Observationer
Supermagnet stor	4 g	38,5 cm	Utslag på längst avstånd
Supermagnet liten	0,4 g	24 cm	Storlek på magneter påverkar
Magnetpulver	0,4 g	33 cm	Påverkar om pulver eller helt objekt
Magnetisk färg	2 g	0 cm	Inget utslag
Mutter	6 g	10 cm	Svagare än magneterna

Diskussion

Problem uppstod direkt då metalldetektorn i princip hela tiden gav utslag när den var riktad mot marken trots variation av känslighetsreglaget. Metalldetektorns känslighet varierades från hög till låg där 3 på den interna skalan tillslut ansågs lagom, men fortsatt tydlig störning observerades. Snabbt insågs att metalldetektorn var inkonsekvent och svårtydd. Till exempel kunde utslag variera från 0 till max vid en ytterst liten vinkeländring av metalldetektorn. Ett ny testplan konstruerades på plats vilken är den beskriven under utförande.

Resultatet anses dåligt ur perspektivet som ett framtida lösningsförslag. Sammanfattningsvis upplevs själva metalldetektorn som inkonsekvent och störningskänslig samt att dess räckvidd var begränsad. Dock har bara en modell testats vilket ska vägas in i urvalsprocessen. Angående den spårade metallen var supermagneterna som väntat lättast att hitta före det magnetiska pulvret. Den magnetiska färgen gav i princip inget utslag trots direktkontakt med metalldetektorns mottagare.

Inför testet

Användandet av metalldetektorer är begränsat i Sverige enligt lag. Innan testet genomfördes ansökte projektgruppen om tillstånd av Länsstyrelsen och fick det beviljat. Plats för testet är gräsmattan på tomten Hönekulla 2:4.

Detta test utformades efter det första testet av metalldetektor, utfört 16 mars. Samma testobjekt används vid detta test.

För att generera jämförbar data mellan detektorerna som används, kommer omgivning och metod i detta test strävas efter att efterlikna testet utfört 16 mars. Det maximala avståndet för att detektera testobjekten med metalldetektorn kommer initialt undersökas med gräs som underlag. Utförandet består sedan av att försöka hitta dolda testobjekt i ett buskage med hjälp av metalldetektorn. De objekt som kommer lokaliseras listas nedan.

- Supermagnet stor
- Supermagnet liten
- Magnetisk färg på golfboll
- Mutter

Material

- Laseravståndsmätare
- Discriminator cs150 Metalldetektor

<http://www.jula.se/catalog/fritid/fritidsaktiviteter/metalldetektorer-och-kompasser/metalldetektorer/metalldetektor-150058/>

Utförande och resultat

Tabellen nedan visar det maximala avståndet som testobjekten kunde detekteras på av metalldetektorn.

Objekt	Vikt	Avstånd	Observationer
Supermagnet stor	4 g	1 cm	Litet utslag
Supermagnet liten	0,4 g	0 cm	Inget utslag
Magnetisk färg	2 g	0 cm	Inget utslag
Mutter	6 g	2 cm	Störst utslag

Försöken att lokalisera dolda testobjekt för användaren misslyckades. Metalldetektorn var inte till hjälp då testobjekt placerade i buskaget nedan söktes.



Diskussion

Discriminator cs150 kunde inte utföra testet med framgång. Vad som var tydligt begränsande var faktumet att metalldetektorn inte kunde detektera testobjekten på längre avstånd än maximalt några enstaka centimeter. Att hitta dolda objekt blev därför nästan en omöjlighet då i princip kontakt mellan detektorns tallrik och objektet var nödvändigt.

Metalldetektorn var inte helt lätt att ställa in och uppförde sig inkonsekvent. Utslag kunde ges utan att tallriken var nära något metalliskt föremål vilket ses som felaktigt. Detta utgjorde ytterligare en faktor till att dolda testobjekt inte kunde lokaliseras.

Att marken som testet utfördes på inte utgjorde några störningar för metalldetektorn går inte att utesluta. Då utslagen på detektorn var så små ses detta inte som bidragande till det uppmätta resultatet.

Inför testerna

Två tester genomfördes med värmekamera. Det ena utfördes för att undersöka hur snabbt uppvärmda golfbollar sjunker i temperatur och det andra för att se om det går att hitta en uppvärmd golfboll med hjälp av värmekamera utan att den ligger synligt. För att i större utsträckning kartlägga hur väl golfbollar behåller tillförd värme studerades två bollar i olika temperaturer i två olika omgivningar med olika temperaturer.

Utförande

Golfbollar värmdes till önskad temperatur genom att ligga i vattenbad som kontrollerades med termometer. Vattentemperaturer var ungefär 10 grader samt 20 grader varmare än omgivningen som bollen skulle placeras i. Aktuell boll som testades hade legat minst 20 minuter i ett vattenbad.



Omgivningarna vid testet för att undersöka hur snabbt golfbollen sjönk i temperatur var gräsmatta utomhus som vid testet var 4 grader samt golv inomhus som vid testet var 20 grader. Var trettionde sekund antecknades temperaturen på placerad boll.

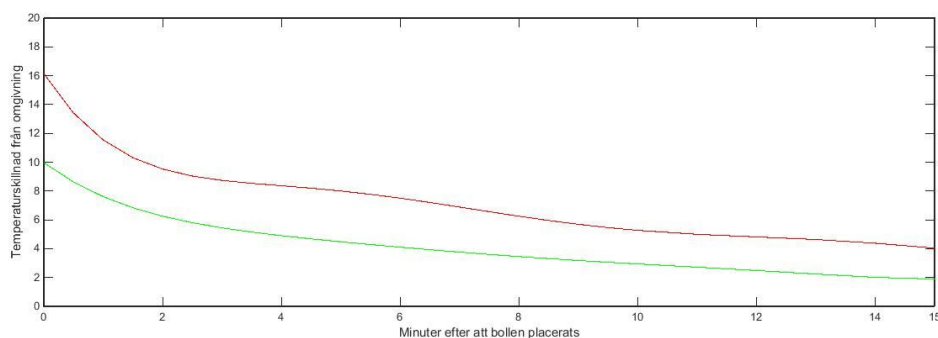
Testet för att studera om man kan hitta en boll som inte ligger synligt gjordes utomhus med en boll som legat i vatten 20 grader varmare än omgivningen. Bollen placerades inte på öppen gräsmatta utan i ett buskage. Resultatet dokumenterades med kamera.

Resultat

Förmåga att behålla tillförd värme

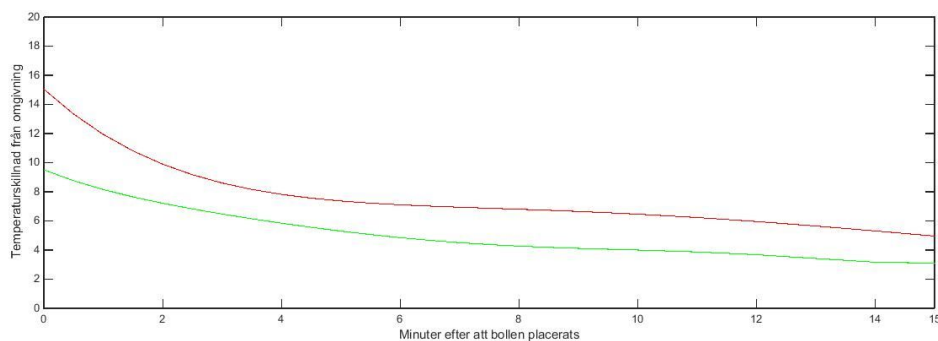
Graferna är gjorda i MATLAB genom att diskreta punkter med temperatur och tid lags till. En kurvanpassning till graferna gjordes för att efterlikna ett kontinuerligt förlopp. En sjättegradsfunktion användes för att anpassa grafen.

Utomhus, temperatur: 4°C



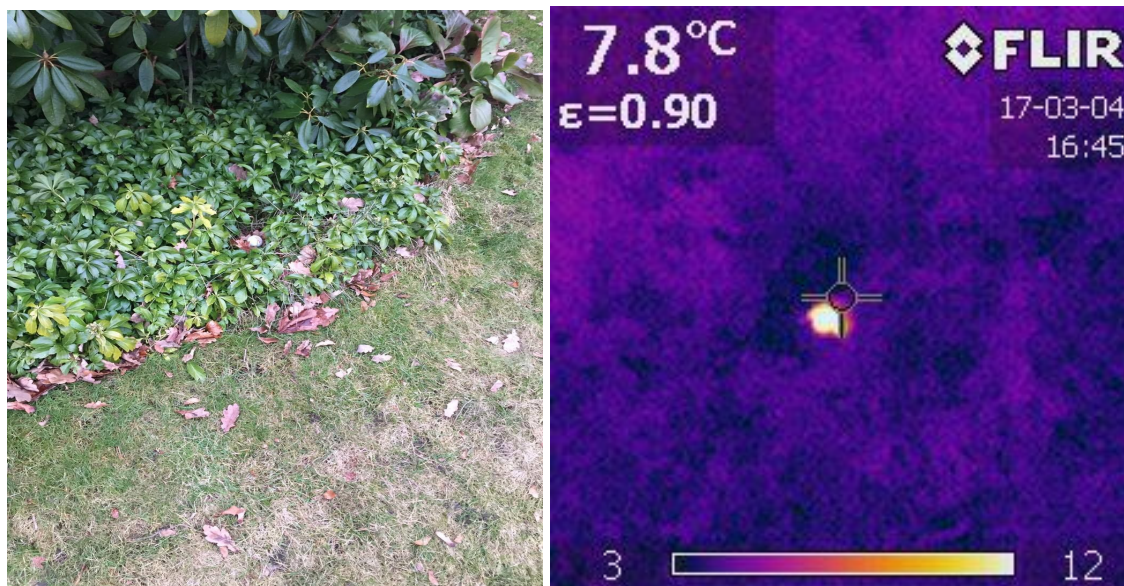
Grafen ovan visar hur temperaturskillnaden mellan golfbollen och omgivningen sjönk under de första 15 minutrarna som den placerats på gräsmattan.

Inomhus, temperatur: 20°C

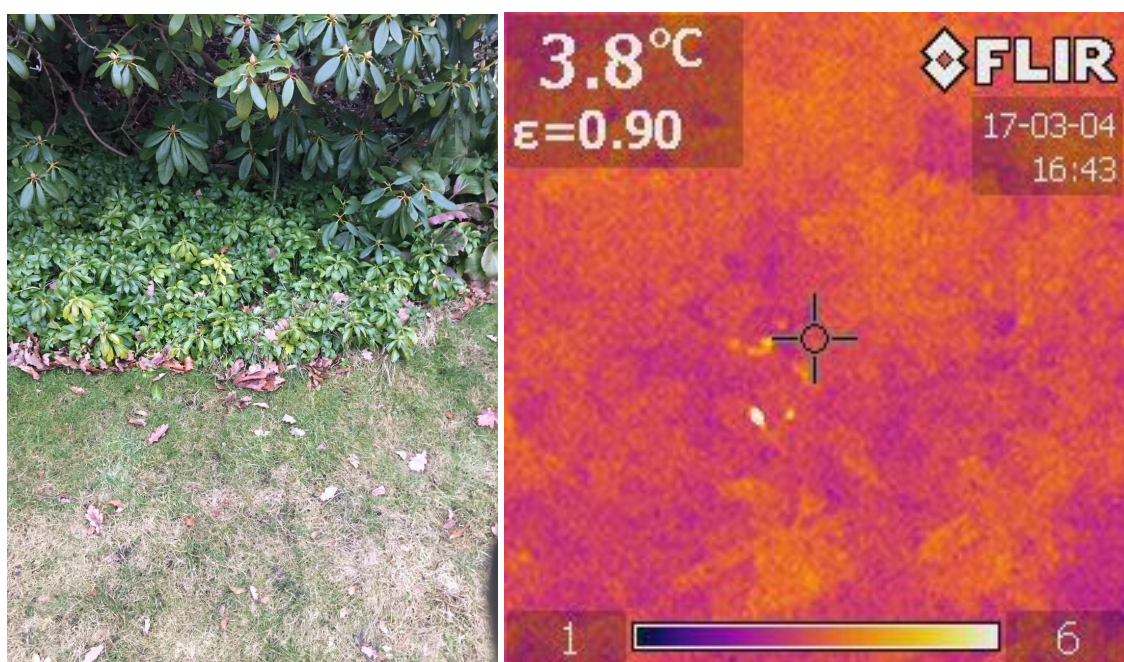


Grafen ovan visar hur temperaturskillnaden mellan golfbollen och omgivningen sjönk under de första 15 minutrarna som den placerats på golvet.

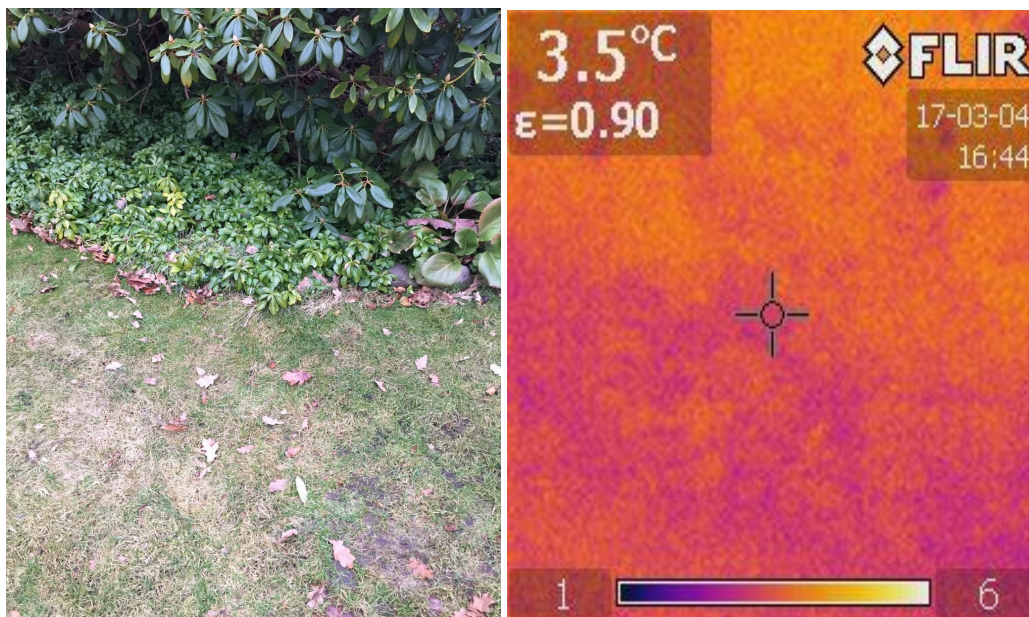
Möjlighet att hitta en dold boll



Bilderna ovan visar hur en uppvärmd boll ser ut i värmekameran.



Bilderna ovan visar hur en uppvärmd boll som är delvis synlig ser ut i värmekameran.



Bilderna ovan visar hur en uppvärmd boll som ligger dolt ser ut i värmekameran.

Att hitta en uppvärmd golfboll i ett buskage då den inte ligger synligt är enligt bilderna inte möjligt.

Sammanfattning

I graferna från det första testet syns det att en uppvärmd golfboll behåller den tillförda värmen på ett likvärdigt sätt oberoende av vilken omgivning den placeras i. De bollarna vars utgångstemperatur var störst relativt omgivningen kyldes tydligt inom de två första minuterna. Det går därför att argumentera för att den extra energin som krävs för ytterligare uppvärmning av bollar inte är motiverbar, då bollen syns tydligt i kameran ändå.

Att en uppvärmd boll syns tydligt i kameran, då den ligger synligt för kameran, gör det lättare för användaren att hitta bollen. Värmekameran uppfyller därför den tidiga kravspecifikationen. Däremot går det inte att se bollen då den inte ligger synligt. Att kunna hitta bollar som ligger dolda, vilket utgör majoriteten av fallen då användaren behöver hjälp, går därmed inte att utföra med hjälp av en värmekamera.

Testerna utfördes med olika bollar vilket kan leda till variationer i resultatet, för testet gällande tillförd värme, som inte beror på omgivningen. Bollarna är identiska i den mån att de har samma inre uppbyggnad av ett skikt plast. Den uppbyggnaden skiljer sig från bollar som är vanligast förekommande på banor idag som har flera skikt inom sig. Att flera lager tydligt förändrar golfbollens värmekapacitet är inte troligt och graferna ovan ses därför som aktuella.

Grafernas utseende är efter en kurvanpassning inte helt asymptotiska. I en korrekt avbildning av verkligheten hade graferna varit det. För testet att visa hur snabbt uppvärmda bollar sjunker i temperatur är det inte kritiskt för att ge demonstrera förloppet.

Inför testet

Projektgruppen bildade sig grundläggande förståelse av datorseende genom dialog med projektets handledare Sebastien Gros följt av ett webinarium av The MathWorks Inc, utvecklare av programvaran Matlab (<https://se.mathworks.com/videos/computer-vision-made-easy-81802.html>). Mer specifikt lades fokus på bildbehandling med analys för spårning av objekt utifrån en bild eller video.

Material

Programvara: Matlab

Kamera: GoPro Hero 5

Svart skynke

Golfbollar i olika färger

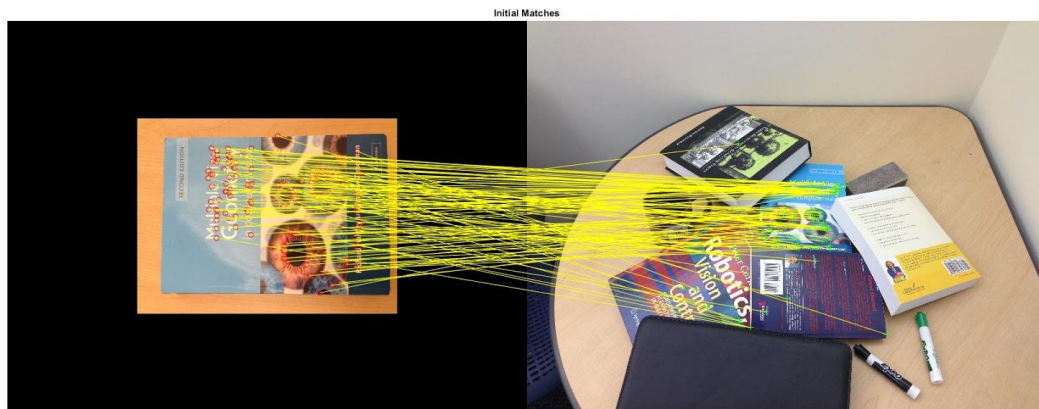
Utförande och resultat

Test genomfördes av de algoritmer som används i MathWorks webinarium länkat ovan, kompletterat med ytterligare ett exempel hämtat från Matlabs hjälpsida. Mindre korrigeringar i koden gjordes för att kunna tillämpa metoderna på vår situation med spårning av golfboll.

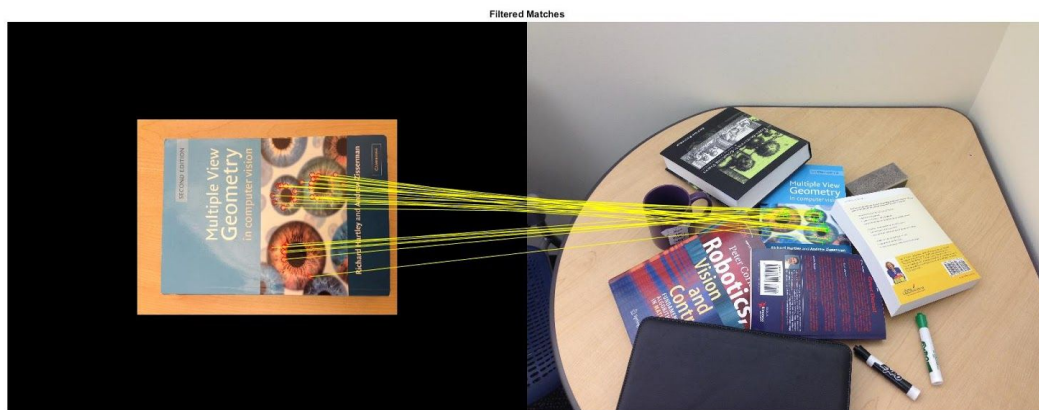
Spårning utifrån bild

Exempelkod från MathWorks detekterar de mest karaktäriserande punkterna på objektet som ska spåras från en referensbild. Dessa punkter används för att identifiera objektet i en annan bild där sedan den välkända filtreringsalgoritmen "Ransac" tillämpas för att ta bort avvikande detekteringspunkter. Till sist tillhandahåller även exemplet möjlighet att uppskatta objektets form.

I MathWorks exempel används böcker där processen för att detektera karakteristiska punkter går mycket bra för att sedan även lyckat kunna identifiera objektet i dess andra bild. Se figurer 1-2 nedan.



Figur 1: Detektering av bok, en bild. MathWorks exempel.

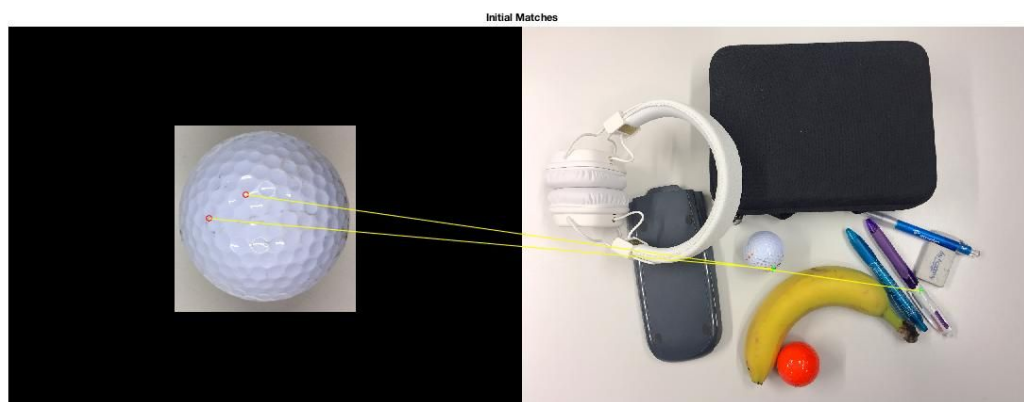


Figur 2: Detektering av bok, en bild. Efter Ransac-filtrering. MathWorks exempel.

Då motsvarande test genomfördes med referensbild på en golfboll för att därefter detektera denna i ny bild var resultatet inte tillfredsställande. Algoritmen för att hitta karakteristiska punkter var inte tillämpbar på denna typ av objekt där inga tydliga, skarpa färgövergångar existerade. Testet genomfördes med en vit och en orange golfboll, där lokaliseringen inte fungerade i någon av varianterna. Se resultat i figurer 3-6 nedan.



Figur 3: Karakteristiska punkter, vit golfboll.



Figur 4: Försök till lokalisering av vit golfboll, efter Ransac-filtrering.



Figur 5: Karakteristiska punkter, orange golfboll.



Figur 6: Försök till lokalisering av orange golfboll, efter Ransac-filtrering.

Spårning utifrån video

Videor av varierande svårighetsgrad för spårning spelades in för testning. De videor som spelades in var följande:

- **Video 1:** Svart skynke som bakgrund, kamera cirka 1 meter från bollen som studsade från vänster till höger i bild. En bild från videon:



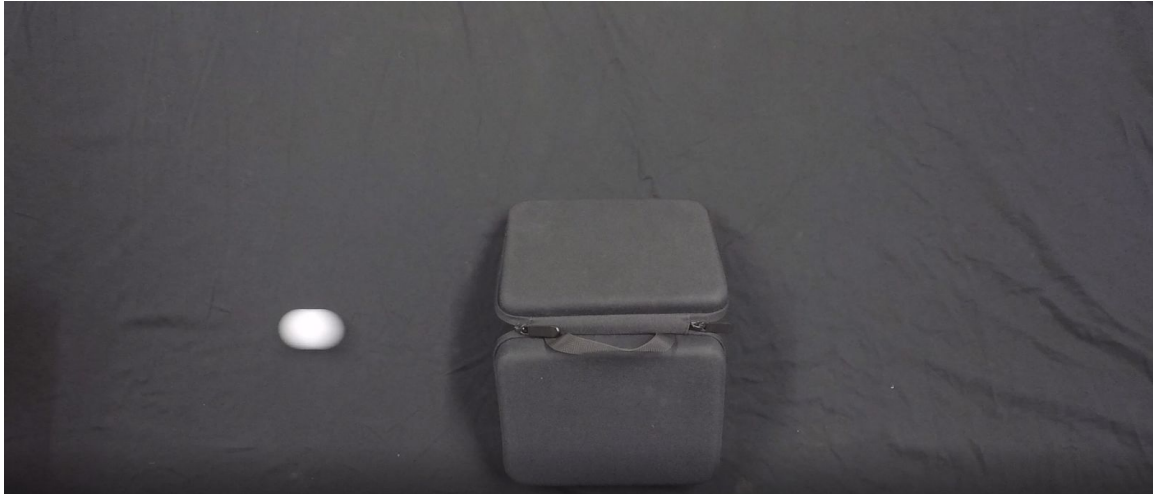
Figur 7: Bild från video 1.

- **Video 2:** Vit tavla som bakgrund, stolsben och påse i bild som skymmer en del av bollens bana. Kamera cirka 1,5 meter från bollen som flög från höger till vänster i bild. En bild från videon:



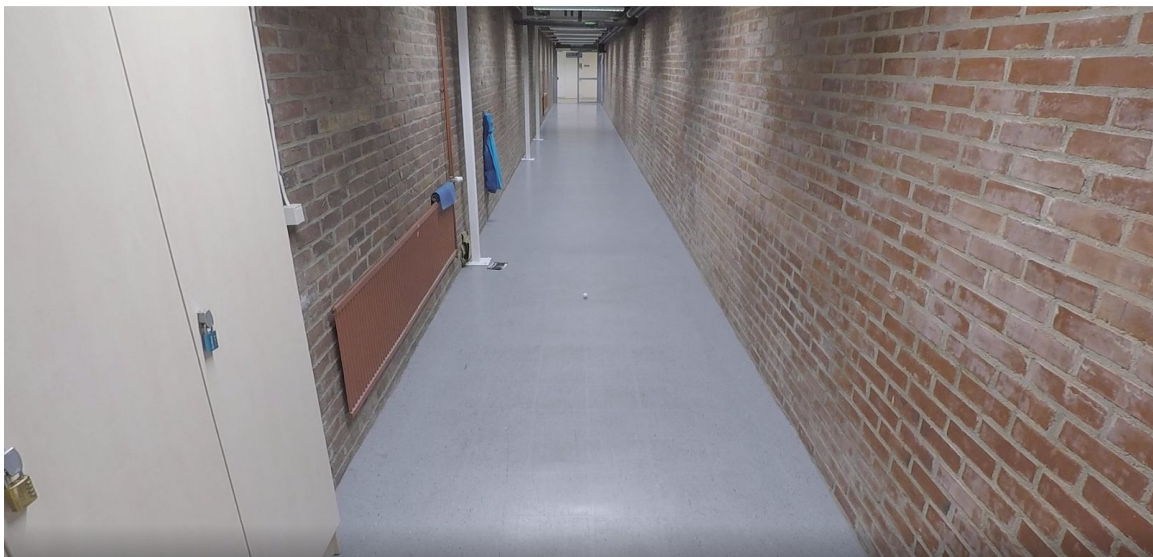
Figur 8: Bild från video 2.

- **Video 3:** Svart skynke som bakgrund och svart fodral som skymmer en del av bollens bana. Kamera cirka 1 meter från bollen som rullade från vänster till höger i bild. En bild från videon:



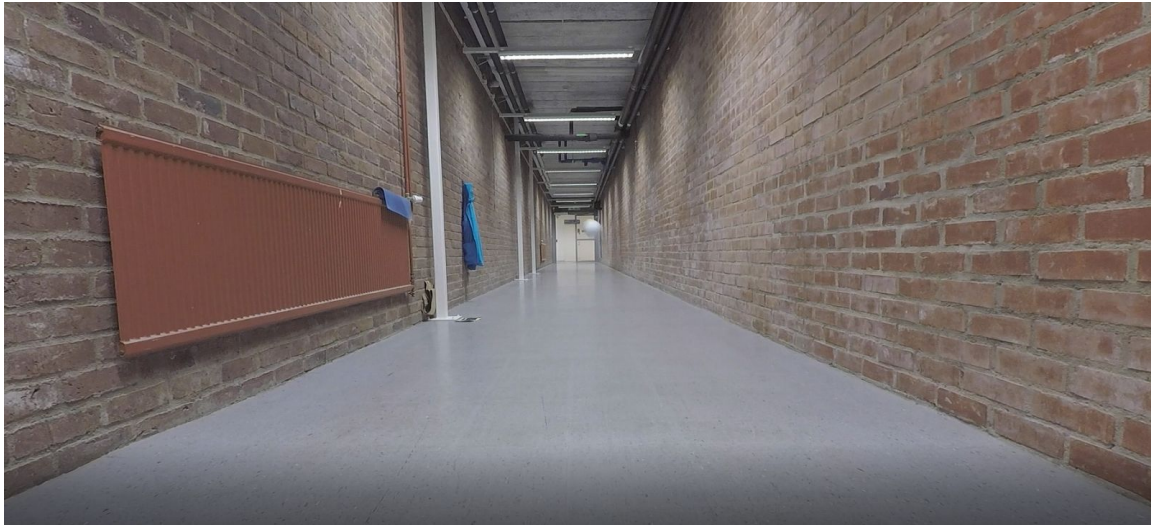
Figur 9: Bild från video 3.

- **Video 4:** Rullande boll från kamera i korridor. En bild från videon:



Figur 10: Bild från video 4.

- **Video 5.** Studsande boll från kamera i korridor. En bild från videon:



Figur 11: Bild från video 5.

Spårning utifrån video - webinarium

I detta test användes kod från MathWorks webinarium där bilar spåras och beräknas utifrån en video på en trafikerad väg. Koden bearbetar videon till svartvit och filtrerar ut störningar baserat på vilken typ av form och storlek som söks, därefter kvarstår i bästa fall endast de objekt som eftersöks. Filtringen anpassades för sökning efter runda objekt i storlek som en golfboll. Därefter testades de olika inspelade videorna. Resultatet var att golfbollen separerades tydligt från omgivningen i testen med svart skynke som bakgrund men att störningarna inte filtrerades bort tillräckligt för att möjliggöra spårning på övriga videor.

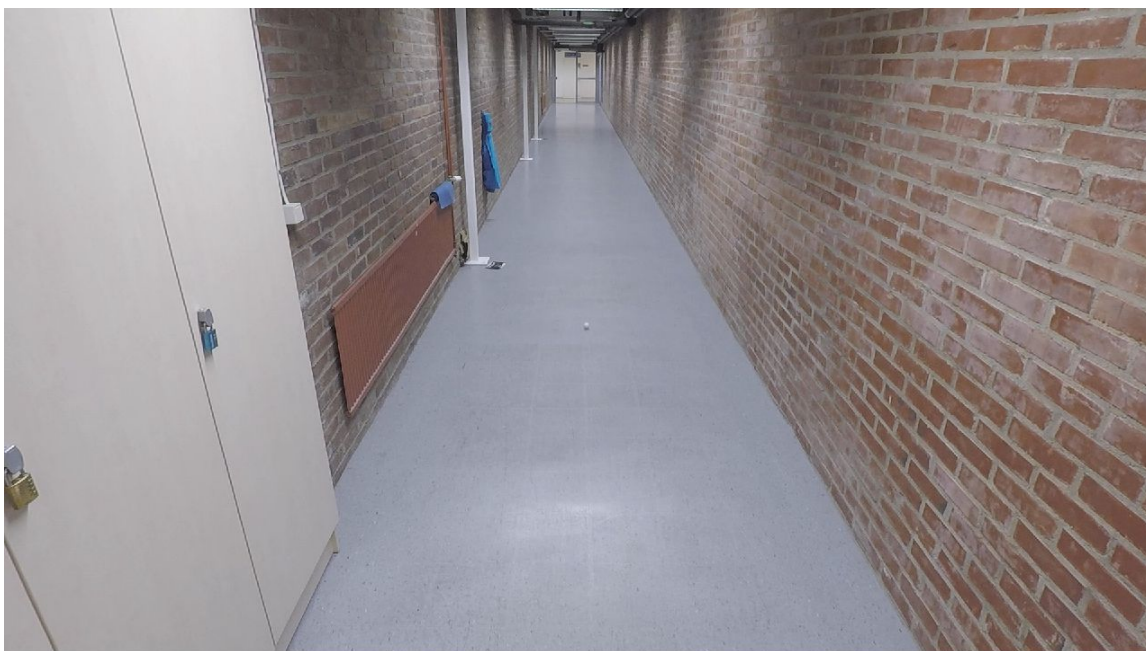
Nedan visas resultat för video 1 respektive video 4, dessa visar bilder från videorna före och efter filtrering.



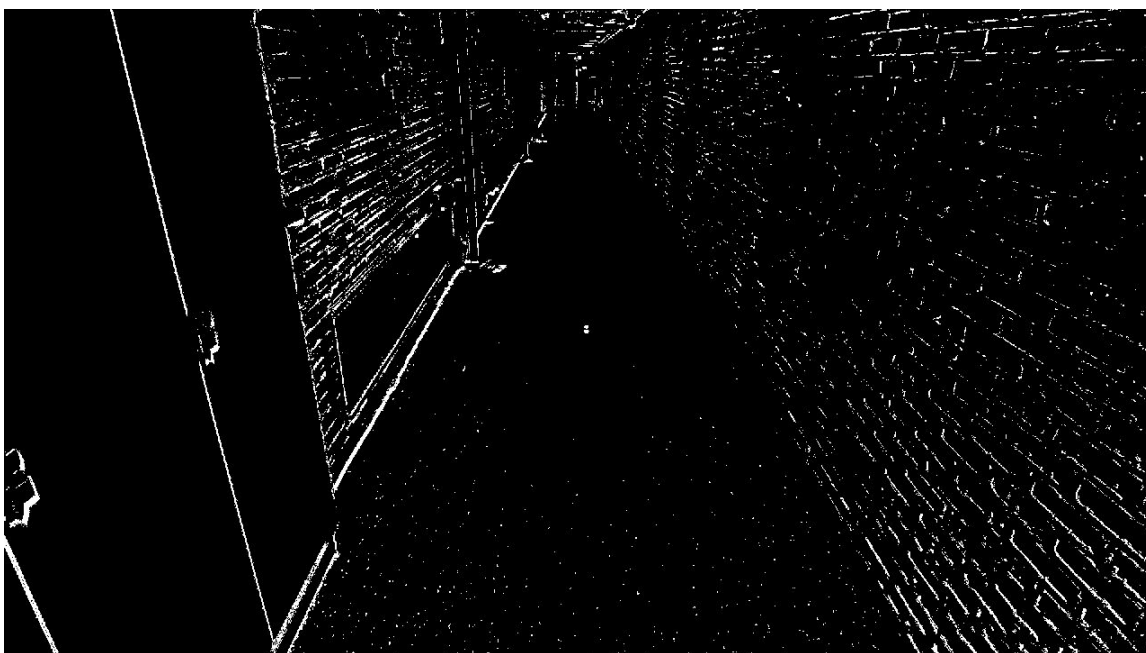
Figur 12: Bild från input-video (1) till spårning utifrån webinarium.



Figur 13: Bild från output-video (1) från spårning utifrån webinarium.



Figur 14: Bild från input-video (4) till spårning utifrån webinarium.



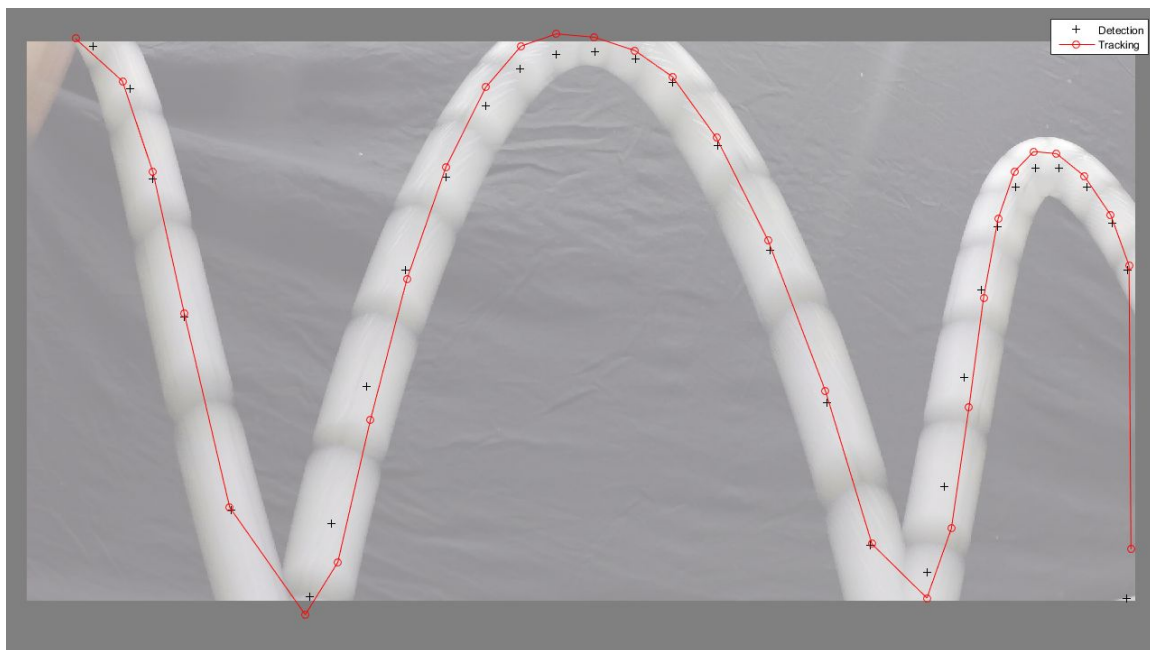
Figur 15: Bild från output-video (4) från spårning utifrån webinarium.

Spårning utifrån video - kalmanfiltrering exempel

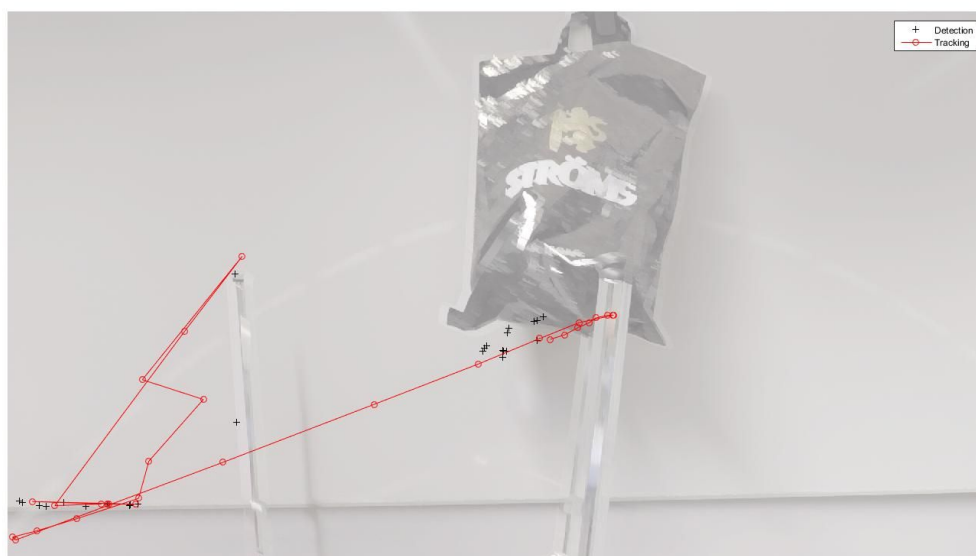
I testet användes kod från:

<https://se.mathworks.com/help/vision/examples/using-kalman-filter-for-object-tracking.html>

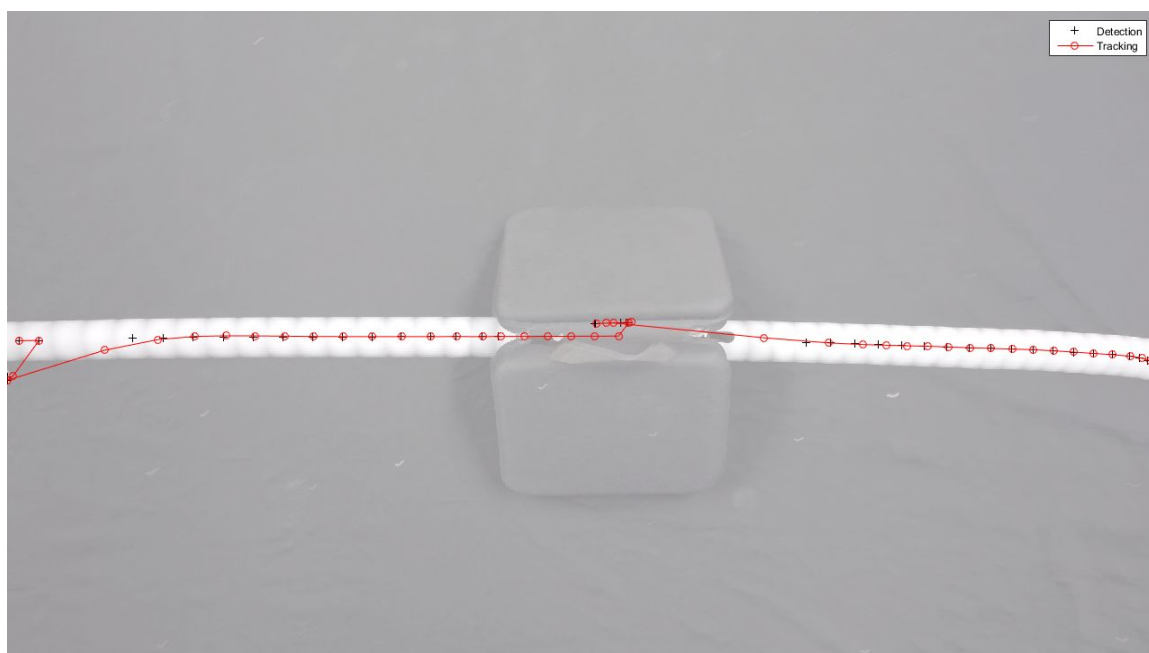
Programmet läser in en video och staplar de ingående bilderna ovanpå varandra där centrum av objektet i rörelse lokaliserats i varje bild. Utifrån detta beräknas även dess rörelse då objektet är skymt eller tillfälligt ur bild, under antagande av konstant hastighet eller acceleration. Ett rött streck dras slutligen på de staplade bilderna för att visa objektets rörelse under videon. Resultat för video 1-5 visas i figur 16-20 nedan.



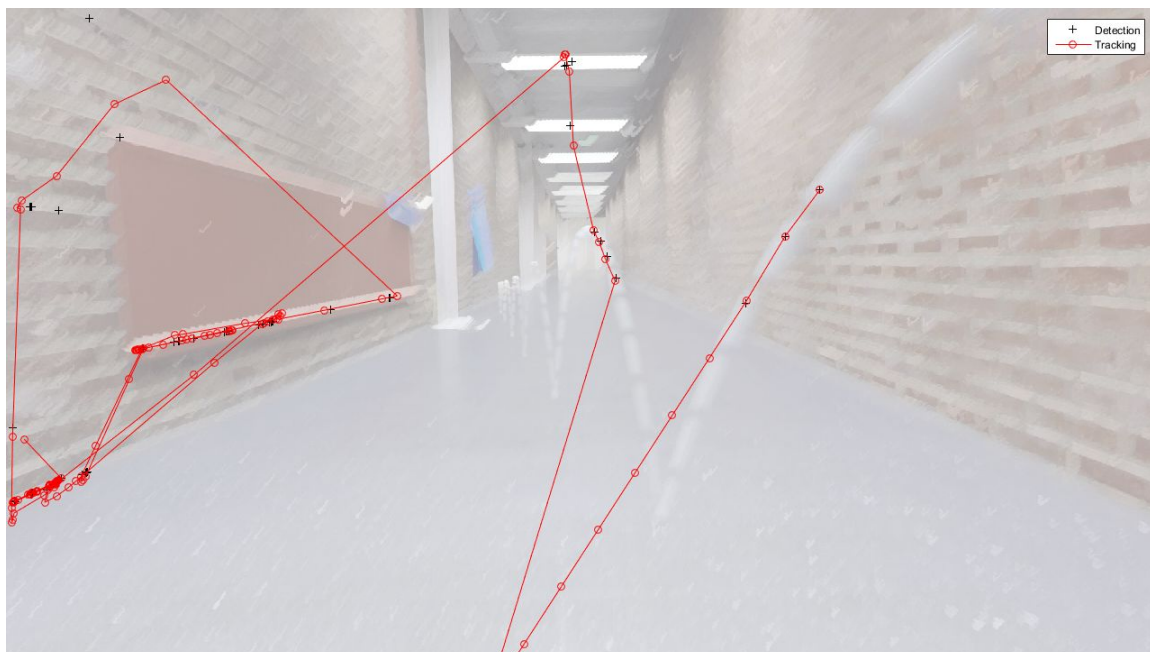
Figur 16: Kalman för spårning, video 1.



Figur 17: Kalman för spårning, video 2.



Figur 18: Kalman för spårning, video 3.

**Figur 19: Kalman för spårning, video 4.****Figur 12: Kalman för spårning, video 5.**

Diskussion

Resultaten visar att spårning okomplicerat kan genomföras vid enkla förhållanden men att det snabbt blir svårt då störningar i bilder och videor ökar. Ingen tillräckligt robust bearbetningsmetod har hittats i detta test, dock har förståelse skapats för olika sätt att använda sig av datorseende för spårning. I testresultaten för kalmanfiltrering ses att en stapling av bilder från en video kan ge en uppfattning om bollens rörelse, även om det blir

svårare med högre hastighet på bollen. För eventuella fortsatta test planeras utvärdering av ytterligare funktioner i matlab men även andra programvaror som tillhandahåller möjlighet för datorseende. För att systemet ska vara användbart krävs betydligt bättre robusthet för att kunna klara av spel-liknande förhållanden.

E

Bilaga - Frågeformulär för kvantitativ studie

Spårssystem för lokalisering av golfboll

Det här är en enkät med koppling till Kandidatarbetet "Spårssystem för lokalisering av golfboll", SSYX02:41, på Institutionen Signaler och System, vid Chalmers tekniska högskola.

Genom att bidra med att svara på på dessa korta enkät-frågor hjälper du oss med djupare förståelse och identifiering i vår problemställning.

Tack för hjälpen!

William Flodin, William Lind, Johannes Berghult och Fredrik Kuylensstierna.

***Obligatorisk**

Spelar du golf?

Avgör om du passar in i vår målgrupp eller ej.

1. **Spelar du golf? ***

Markera endast en oval.

☐ Ja

☐ Nej *Sluta fylla i det här formuläret.*

Allmänna frågor - Sida 1 av 4

Allmänna frågor för att få en uppfattning om svarsgruppen i sin helhet.

2. **Vad har du för handicap?**

3. **Vilken golfklubb är du medlem i?**

4. **Ålder?**

5. **Varierar du ditt val av märke på dina golfbollar?**

Markera endast en oval.

☐ Ja

☐ Nej

6. **Om nej på föregående fråga, vilket märke spelar du mest på?**

Probleminriktade frågor - Sida 2 av 4

7. I vilken utsträckning upplever du det som ett problem att inte hitta din golfboll?

I avseenden som exempel resultat, tid, bollkostnad eller upplevelsen i stort.

Markera endast en oval.

	1	2	3	4	5	
Väldigt litet.	☐	☐	☐	☐	☐	Väldigt stort.

8. Hur svårt upplever du att se ungefär var bollen tar vägen vid slag?

Markera endast en oval.

	1	2	3	4	5	
Väldigt lätt.	☐	☐	☐	☐	☐	Väldigt svårt.

9. Hur svårt upplever du att hitta bollen vid dess troliga nedslagsplats?

Markera endast en oval.

	1	2	3	4	5	
Väldigt lätt.	☐	☐	☐	☐	☐	Väldigt svårt.

10. Ungefär hur många bollar slår du bort under 18 hål?

Markera endast en oval.

- ☐ 0-2
☐ 3-5
☐ Fler än 5

Lösningssinriktade frågor - Sida 3 av 4

När du besvarar följande frågor, tänk på att det finns flera möjliga lösningförslag.

11. Hur villig är du att ta med extra utrustning på banan för att kunna spåra din golfboll?

Markera endast en oval.

	1	2	3	4	5	
Inte alls villig.	☐	☐	☐	☐	☐	Inga problem.

12. Är du beredd att köpa och spela med en specialtillverkad boll med spårfunktion?

Markera endast en oval.

- ☐ Ja
☐ Nej

13. Är du beredd att själv enkelt modifiera dina nuvarande bollar för spårfunktion?

Exempelvis ytbelägga eller justera temperatur.

Markera endast en oval.☐ Ja☐ Nej**14. Är du beredd att kompromissa med bollegenskaper för en spårfunktion?***Markera endast en oval.*☐ Ja☐ Nej**Kostnadsinriktade frågor - Sida 4 av 4****Lösning som använder dina nuvarande golfbollar i kombination med extra utrustning**

15. Vad är du beredd att betala som en engångskostnad för utrustning som hittar dina nuvarande golfbollar?

Efter köpet kan utrustningen användas i många år.

Markera endast en oval.☐ 500-1200 SEK☐ 1200-1900 SEK☐ 1900-2600 SEK☐ 2600+ SEK**Lösning som använder specialtillverkade golfbollar i kombination med din smartphone**

16. Vad är du beredd att betala per specialtillverkad golfboll som med din smartphone ges en spårfunktion?

Två referenser: Spalding XD för ca 13kr och Titleist Pro V1 för ca 46kr.

Markera endast en oval.☐ 20-50 SEK☐ 50-100 SEK☐ 100-150 SEK☐ 150+ SEK**Lösning som använder specialtillverkade golfbollar i kombination med extra utrustning**

17. Vad är du beredd att betala som en engångskostnad för utrustning som hittar specialtillverkade golfbollar?

Efter köpet kan utrustningen användas i många år.

Markera endast en oval.

- ☐ 500-1200 SEK
- ☐ 1200-1900 SEK
- ☐ 1900-2600 SEK
- ☐ 2600+ SEK

18. Vad är du beredd att betala per specialtillverkad golfboll som med extra utrustning ges en spårfunktion?

Två referenser: Spalding XD för ca 13kr och Titleist Pro V1 för ca 46kr.

Markera endast en oval.

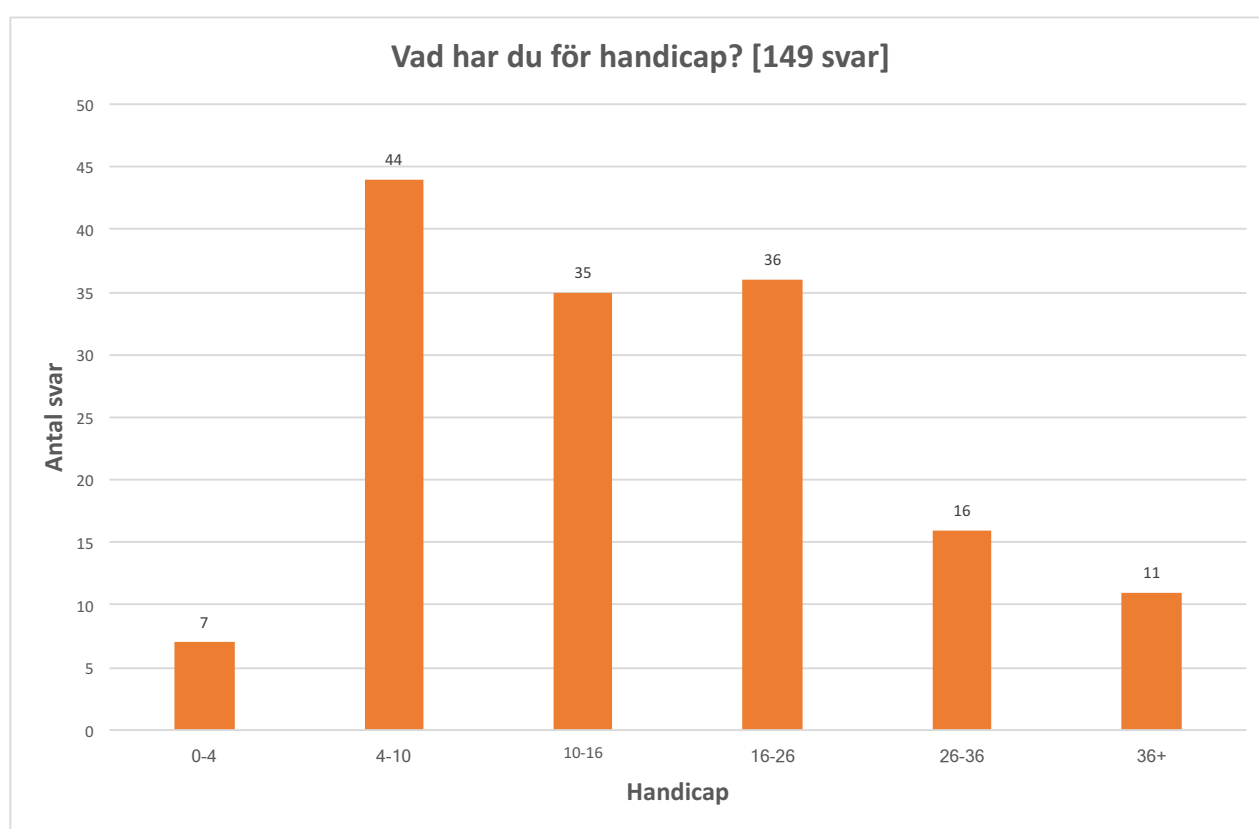
- ☐ 20-50 SEK
- ☐ 50-100 SEK
- ☐ 100-150 SEK
- ☐ 150+ SEK

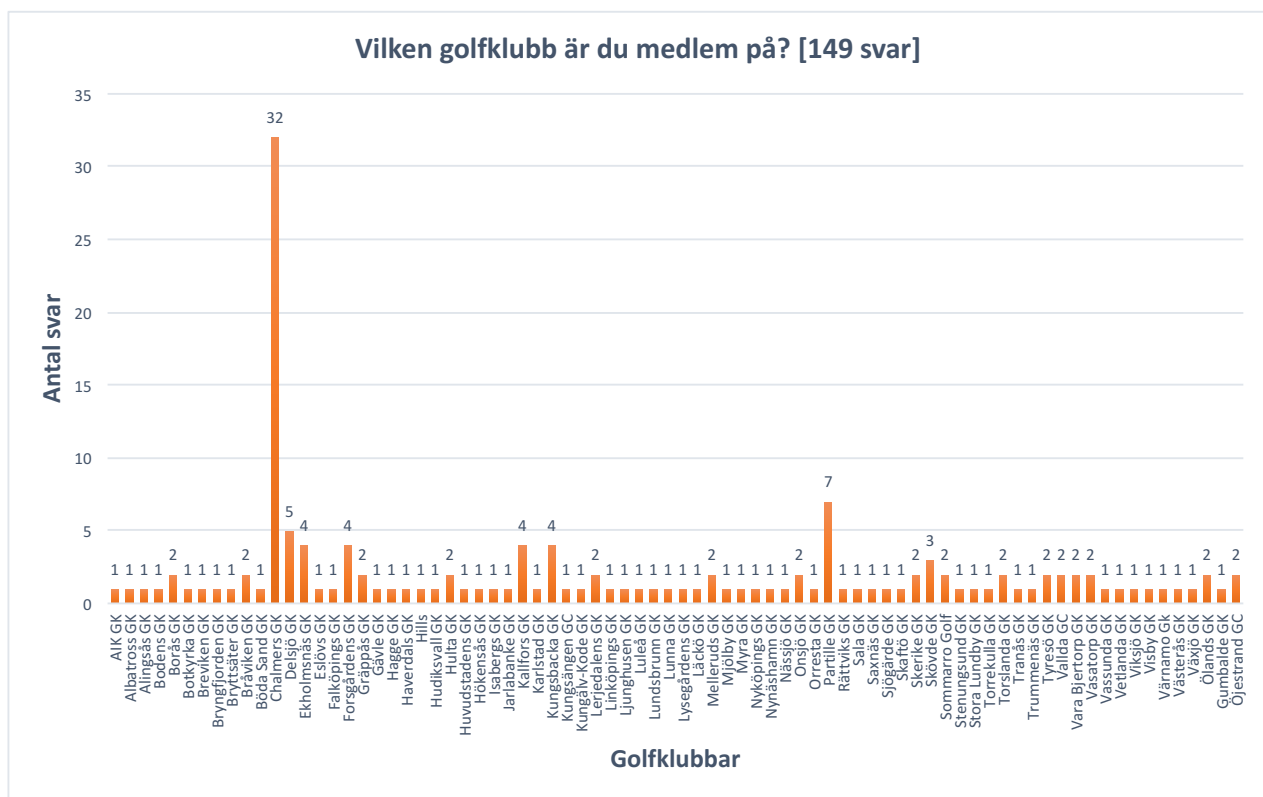
Tillhandahålls av

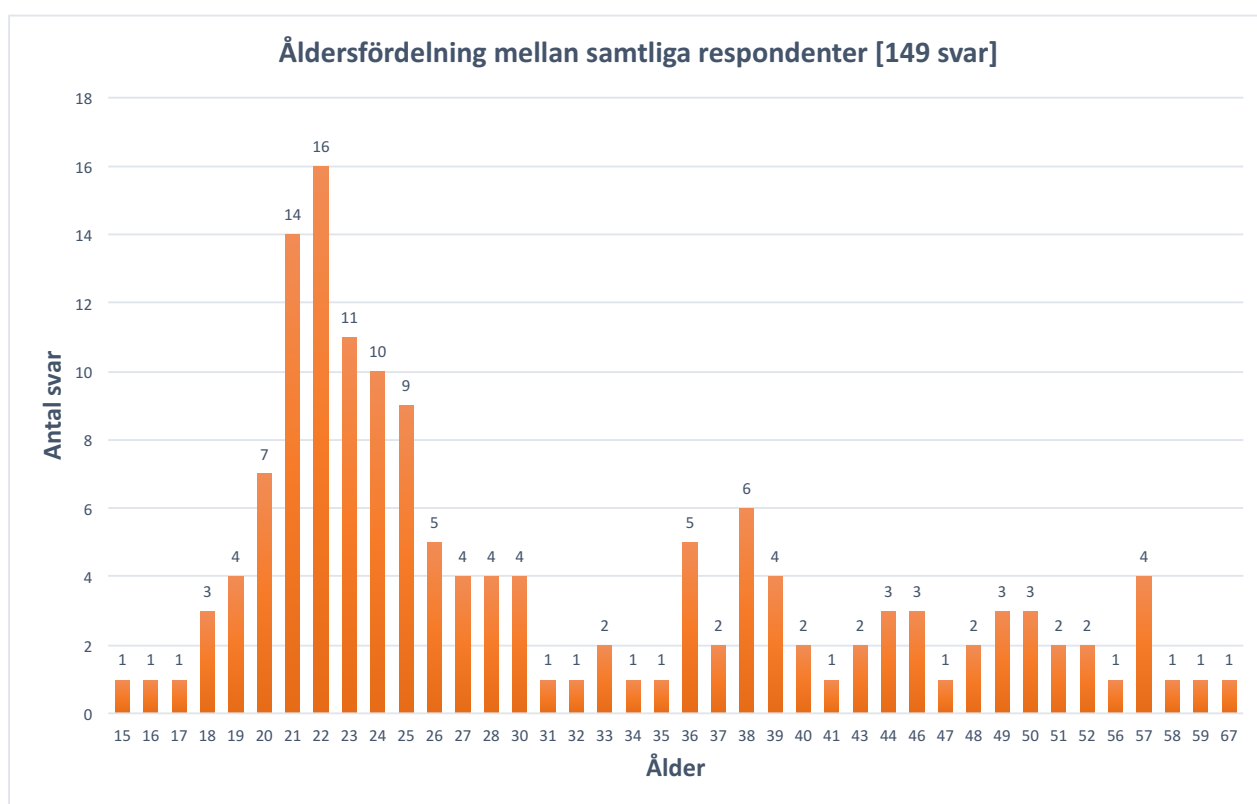


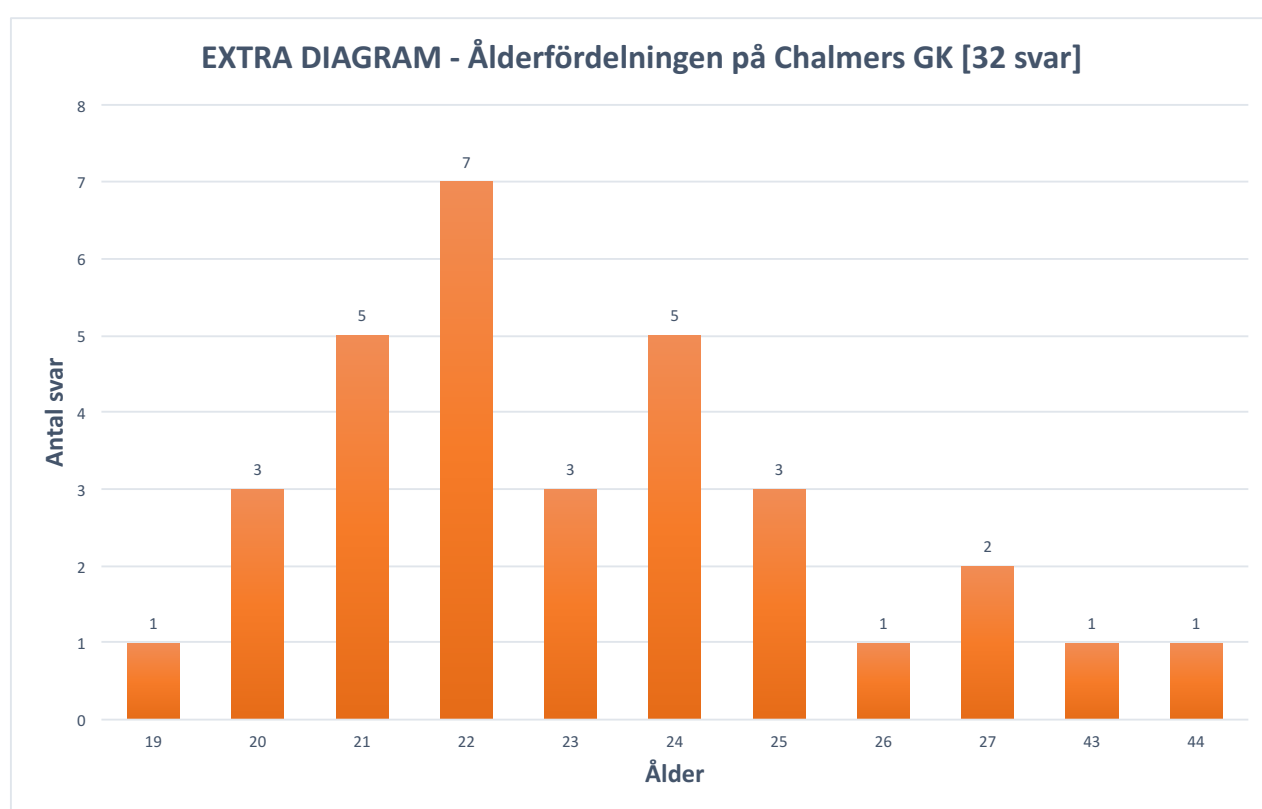
F

Bilaga - Sammanställning över kvantitativ studie

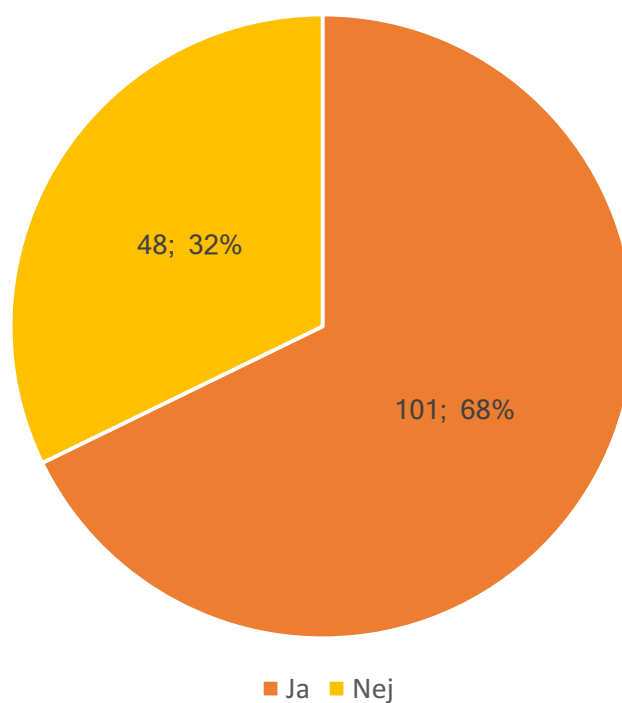




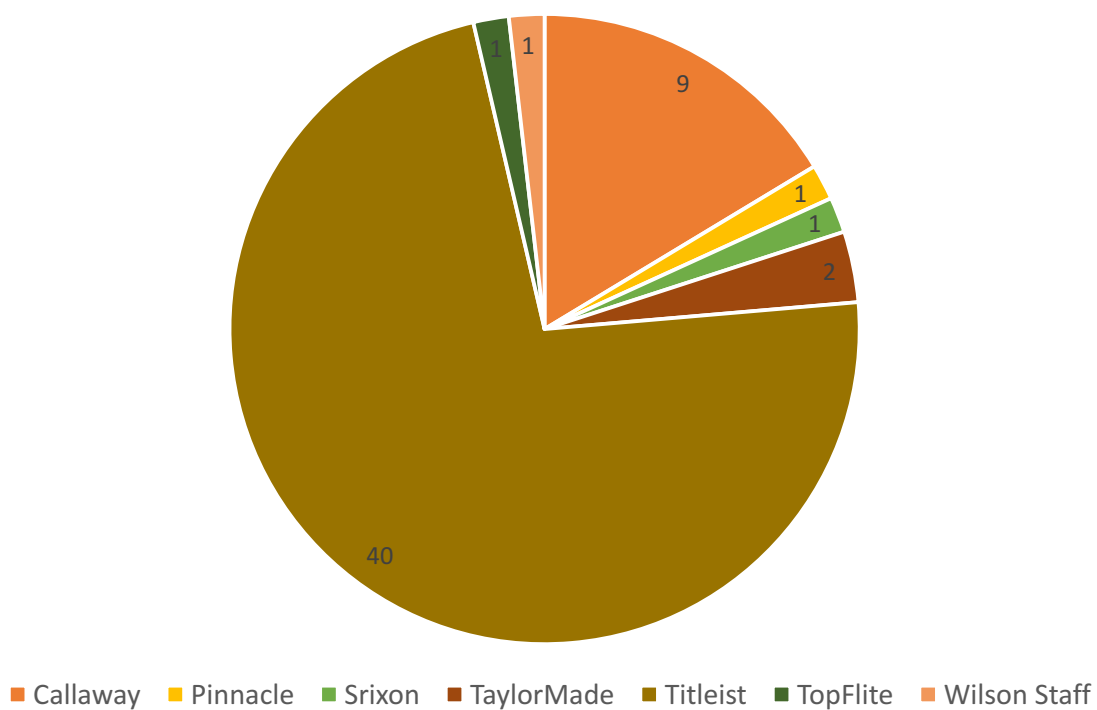


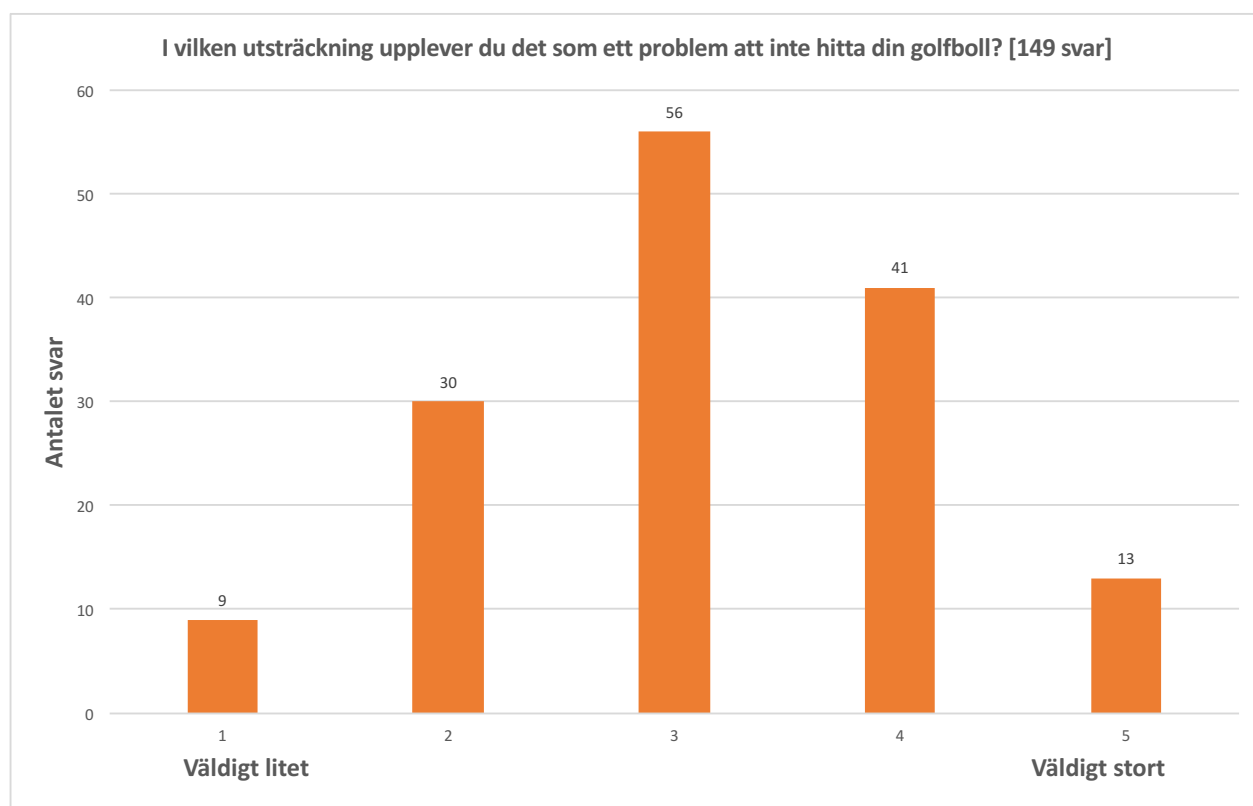


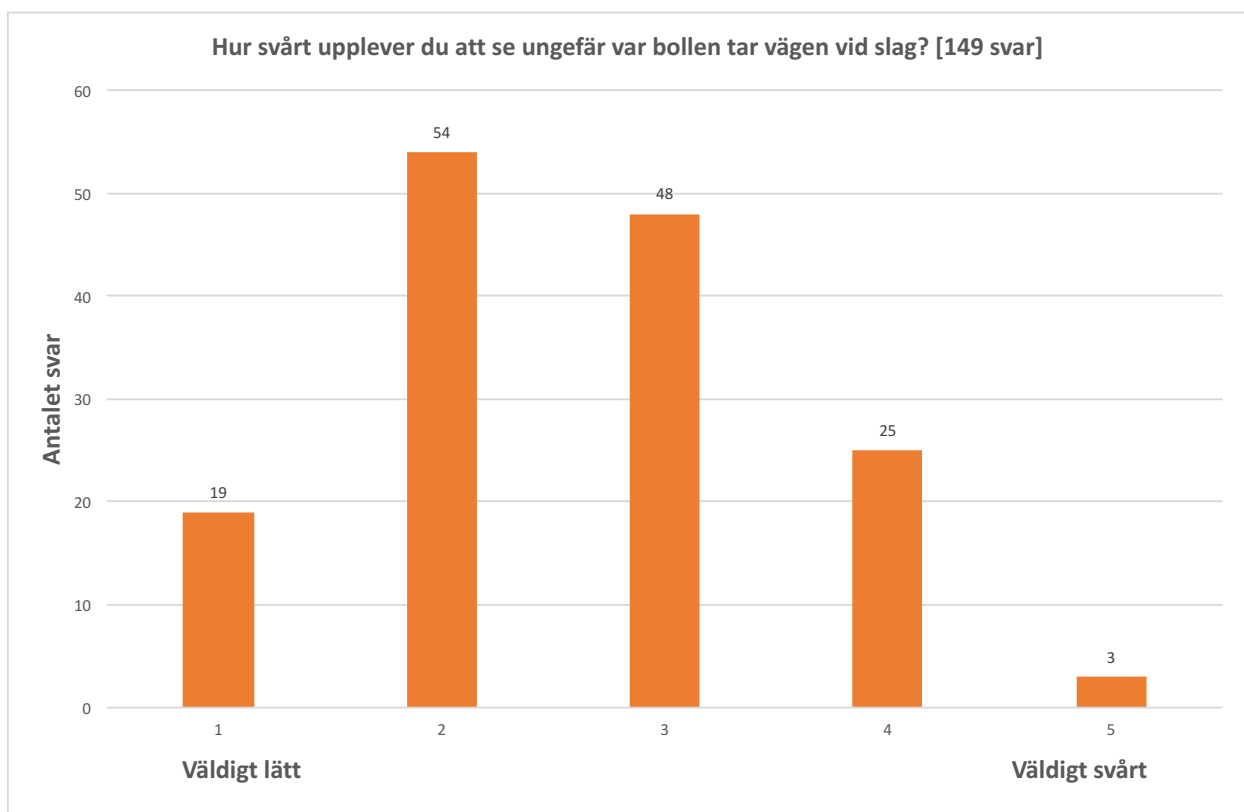
Varierar du ditt val av märke på golfbollen? [149 svar]

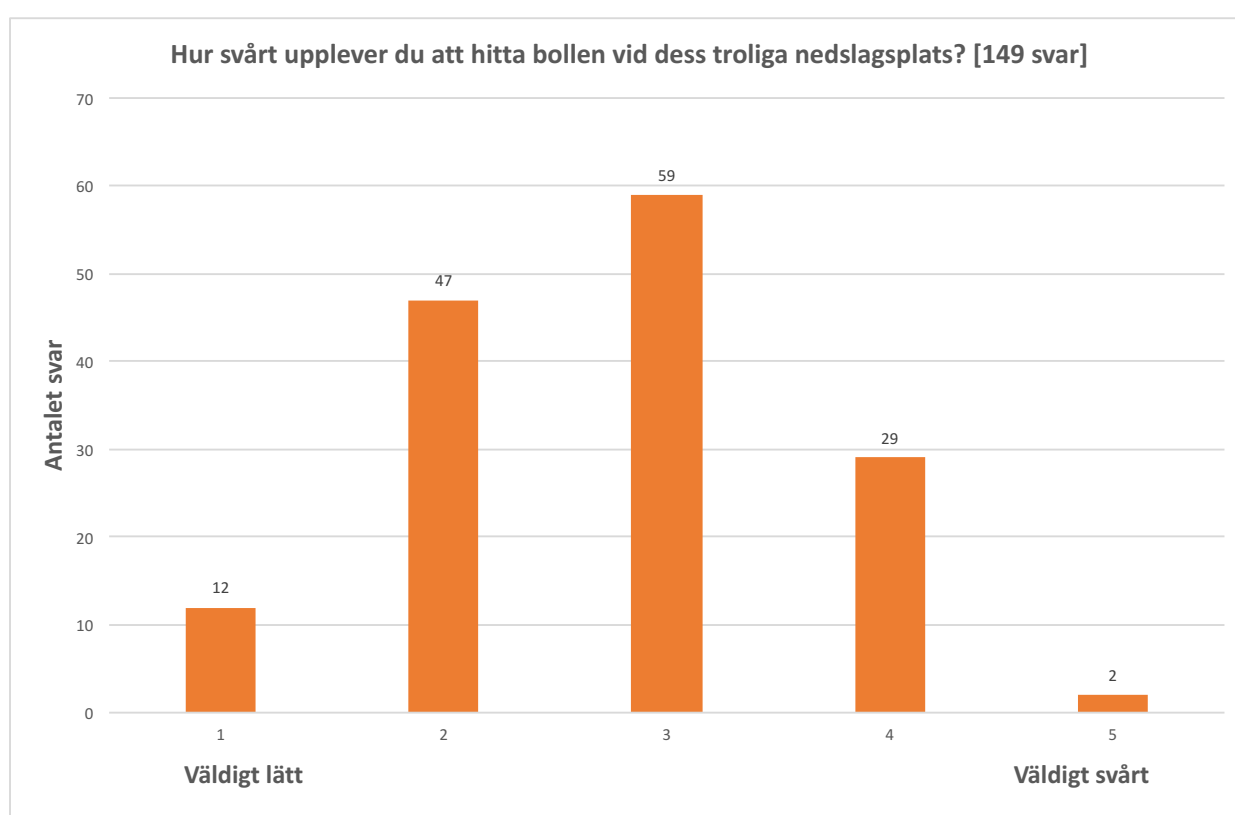


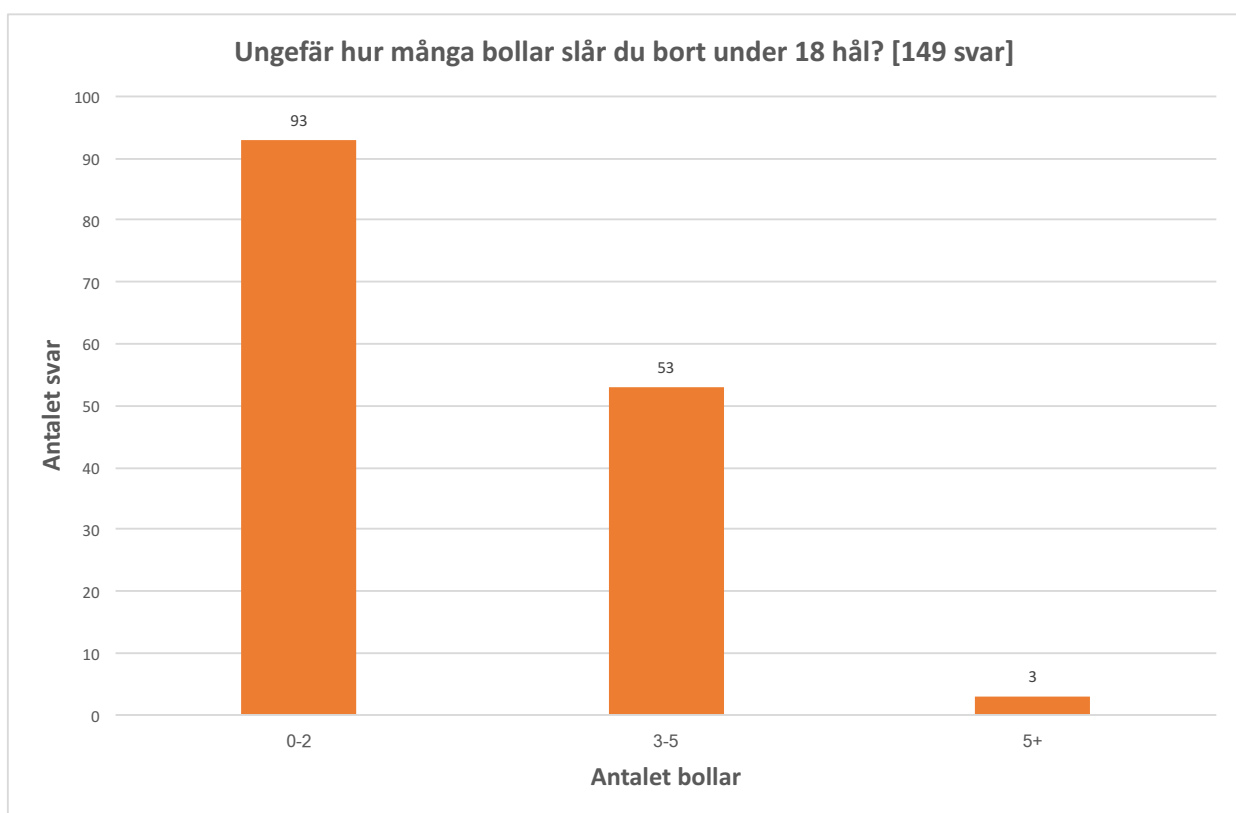
Om du ej varierar ditt val av märke på boll, vilket märke spelar du på? [55 svar]





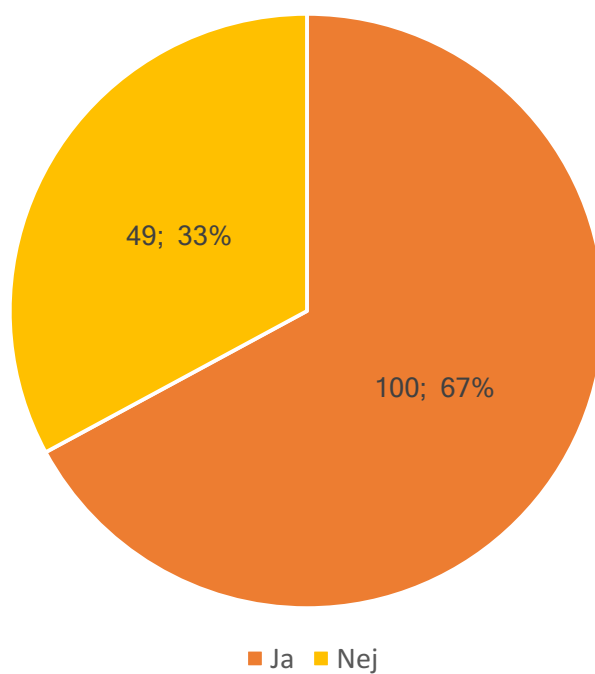




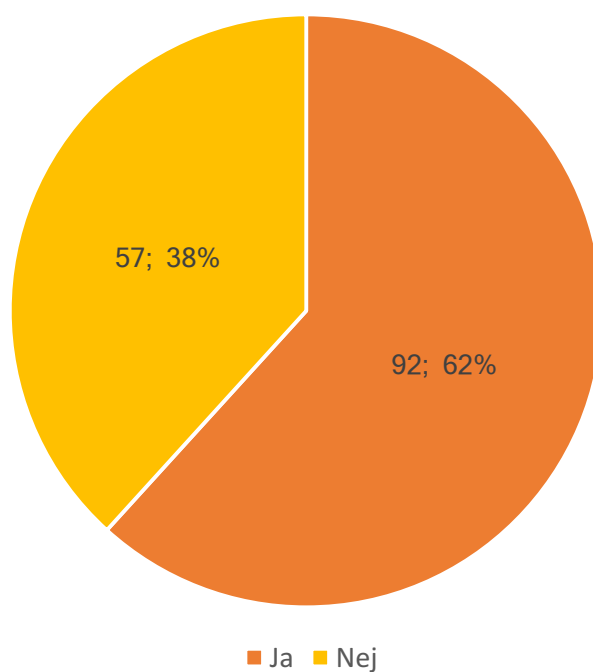




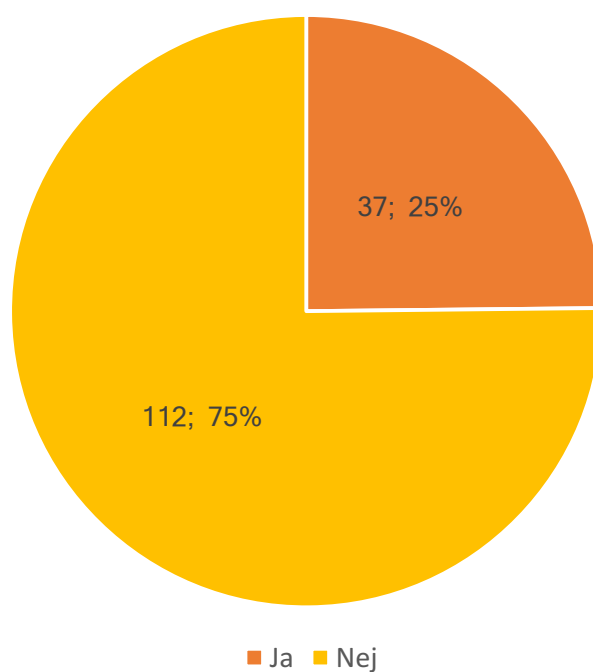
Är du beredd att köpa och spela med en specialtillverkad boll med spårfunktion?
[149 svar]



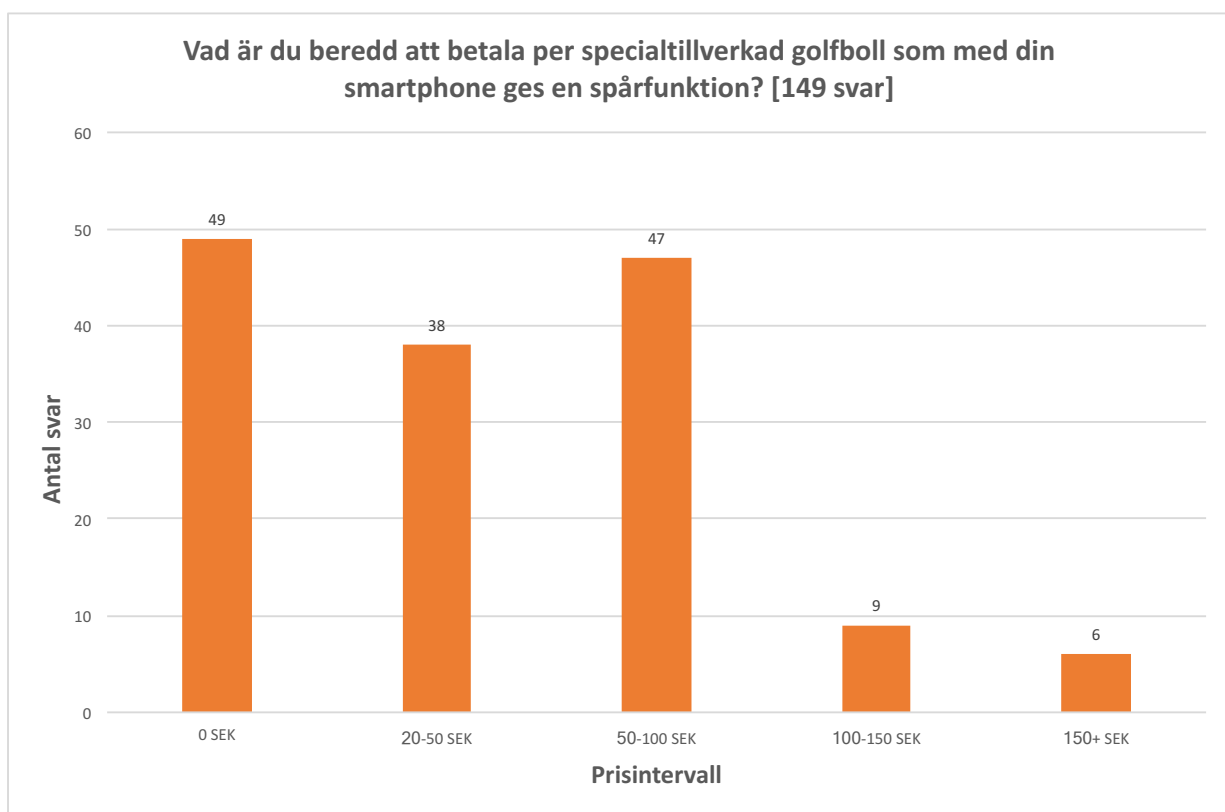
Är du beredd att själv enkelt modifiera dina nuvarande bollar för spårfunktion? [149 svar]

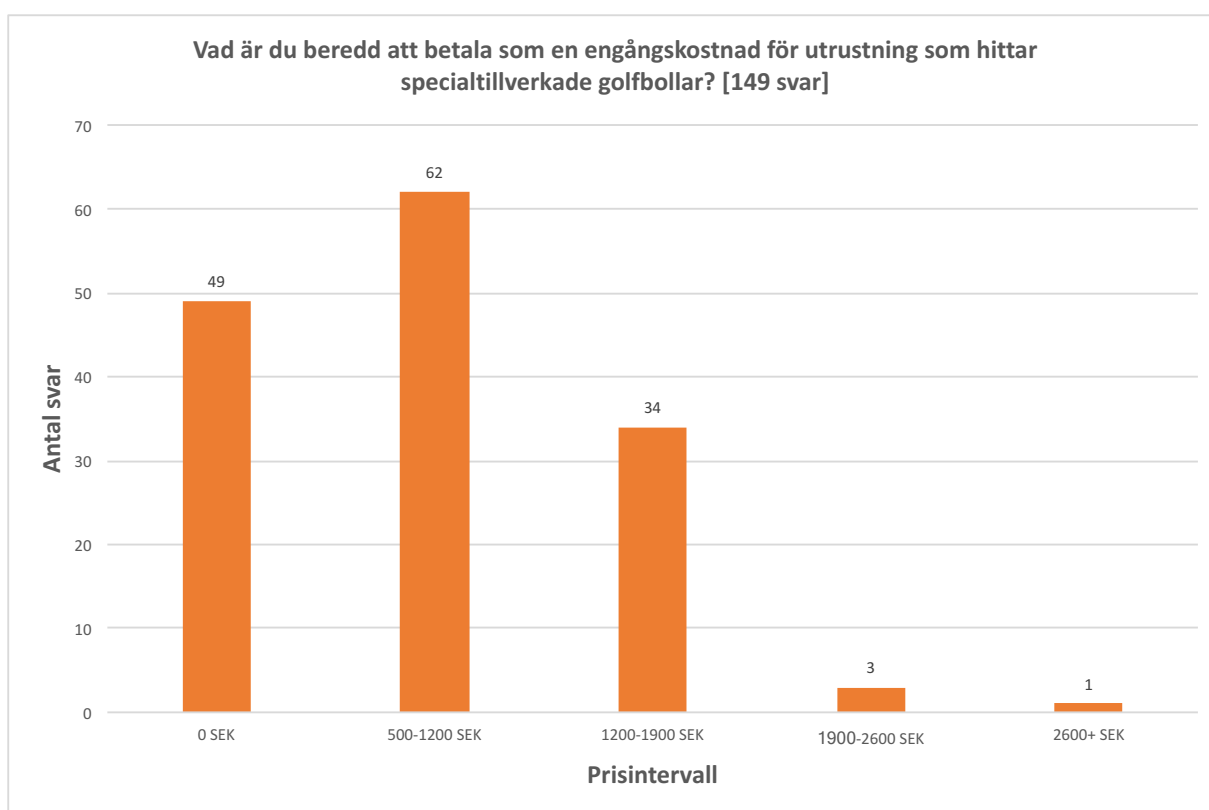


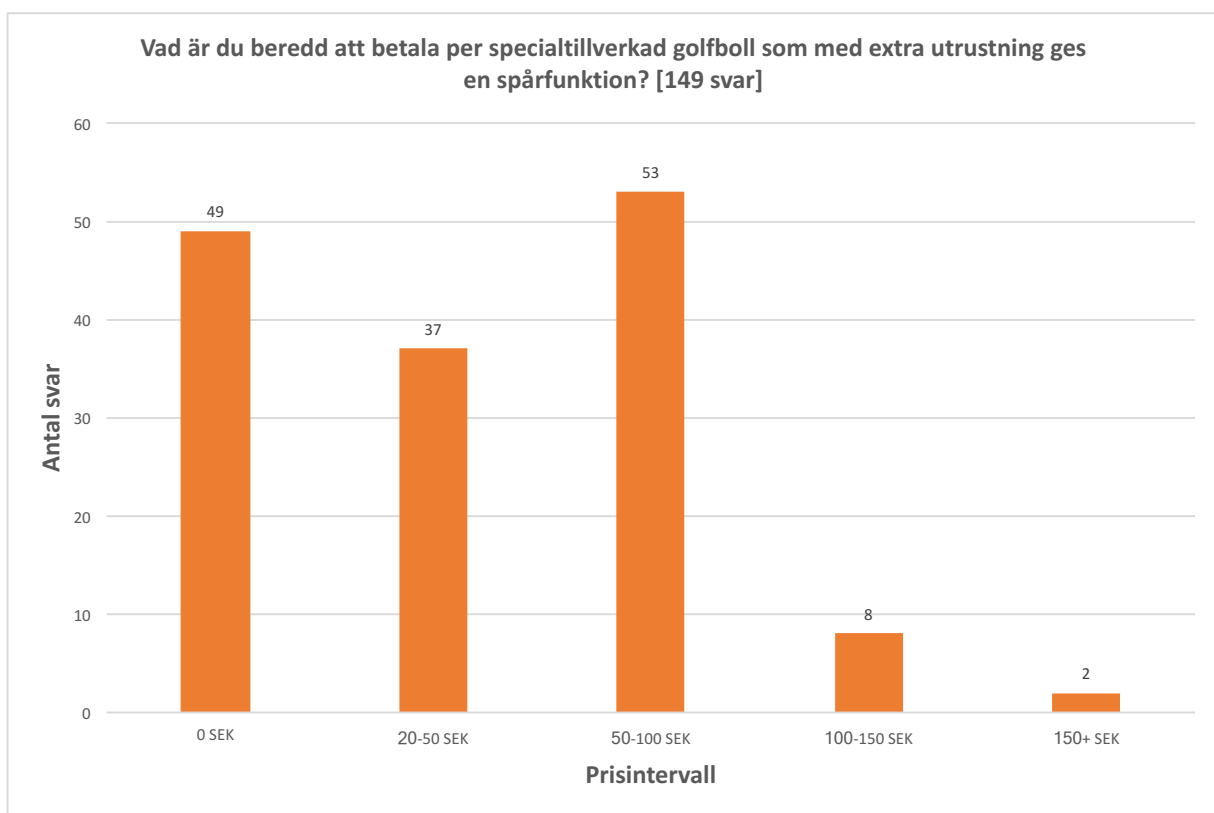
Är du beredd att kompromissa med bollegenskaper för en spårfunktion?
[149 svar]











G

Bilaga - Kvalitativ studie med intervjuer

Kvalitativ undersökning med en eventuell kund

Namn: David Hellström
Född: 1995 (22 år)
HCP: 14,8 (Chalmers GK)
Allmänt: Ganska hög omsättning på bollar, köper inte så dyra, dussin för dryga 200kr. Minimalt tillåtet att ändra egenskaper på bollen för spårfunktion.

Kundens funderingar kring problemet med försvunna golfbollar

Att se var bollen tar vägen vid utslag är inget problem för David. Att däremot inte hitta bollen snabbt när man närmar sig är ett problem. Vill inte ta för lång tid på sig, utan droppar hellre en ny boll i spel än att leta. David upplever tveksamheter kring hederlighet vid dropp av ny boll, det vill säga var den ska droppas mer precist, samt att stress blir en påföljd av att inte hitta bollen.

Skogspartier nära ruff är områden ses som det svåraste området att hitta bollen i. David skulle gärna se en lösning där golfbollen snabbt kan lokaliseras inom 5-10 meter.

Kundens egna idéer på lösningar på problemet

David's första tanke för att lösa problemet med att lokalisera golfbollen var en lösning genom utrustning i bollen. Ljud/ljus är spontana tankar. Mer utvecklat kom telefonen in som hjälpmedel. David menar på att det ska vara enkelt att lokalisera med telefonen, inget flashigt. Använder ingen speciell spårningsteknik i sin egen beskrivning. Nämner inte heller ordet Bluetooth som finns med i kandidatarbetets initiala urval.

Metalldetektor sägs direkt som en annan lösning. David är inne på ytbehandling, men vill påverka bollens egenskaper minimalt då han inte vill kunna differentiera någon skillnad mot sina nuvarande golfbollar. Han kommer också in på viktfordelningen i bollen då man i David's lösning behöver implementera någon typ av metalliskt föremål.

I övrigt är bilden av metalldetektor stor och klumpig. Fredrik Kuylenstierna visar bilder på några moderna utformningar på metalldetektorer och David's åsikt ändras därefter något och spontana reaktionen är istället "Såg inte så klumpig ut". Därefter spann tankarna vidare mot att design skulle vara viktigt, med mer fokus på färg än form.

David uttrycker sig: "Kan tänka mig att ta med extra utrustning ut".

Vid vidare spåning är ett nytt område som nämns värmedetektering men att detta "Känns sjukt". David resonerar kring värme men är tveksam. En lösning skulle kunna innefatta något med värmekamera. Han kommer in på att bollegenskaper kommer att ändras vid för hög temperatur. Miljön och därmed förutsättningar kommer också att se olika ut för olika årstider, och tänker sig att sommaren bör vara svårast för att få goda utslag vid värmedetektering.

David's idéer kring hur man ändrar temperaturen på golfbollen är följande:

- Använda tillslaget för värmeskapande
- Värmefack som knäpps på bagen, som kan värma upp bollen. Denna kan drivas av batteri eller solenergi. Solen ses som mest attraktiv.

Vidare ska värmekamera och uppvärmare ska vara en paketslösning. Vid frågan att rörande att bollen ändrar egenskaper så mycket att man inte får tävla, så erhålls ett svar i stil med att det accepteras.

Sammanfattande inställning och kostnadsnivå på en lösning

Det viktigaste för David är inte den minskade kostnaden för inköp av nya golfbollar, utan den ökade spelglädjen genom att golfbollar kan hittas snabbt. Det skulle också möjliggöra att man kan spela med mer flyt utan avbrott samt med rent samvete att man inte droppar på fel ställen.

Rörande vad en lösning får kosta så är svaret vagt, men någonstans kring 2000kr är accepterat.

Kvalitativ undersökning med en eventuell kund

Namn: Johan Egeland
Född: 1995 (22 år)
HCP: 12,8 (Chalmers GK)
Allmänt: Har en omsättning på bollar om cirka 3-5 bollar per rond. Johan uppger dock att han vid tillfällen hittar nya bollar på banan som andra golfspelare har spelat bort. Det gör att han spelar på varierande märke av golfbollar och bryr sig inte om egenskaper så som spinntal, skruv och längd. Vid tillfällen köper han också begagnade bollar av gott skick.

Namn: Peter Egeland
Född: 1961 (56 år)
HCP: 26,0 (Chalmers GK)
Allmänt: Peter är en spelare som alltid spelar Titleist Pro V1 och köper nya paket då och då, både 3-pack och dussin som varierar mellan 149kr - 549kr.

Kundens funderingar kring problemet med försvunna golfbollar

Johan uppger att han inte har några större problem vid utslag/slag att se var bollen tar vägen, men ibland kan det vara svårt vid ett dåligt slag (eller bra slag) att hålla ett gott riktmärke på var bollen slår ner och tar vägen. Det händer att humöret tar över och han snabbt istället irriterar sig över det dåliga slaget, då är blicken släppt från bollen och han har inte koll på var den har tagit vägen. Att droppa en ny boll har Johan inga problem med vid förlorad boll, han ser gärna att spelet går vidare än att alla ska behöva hjälpa till och leta efter hans försvunna boll.

Peter har mer problem med att se var bollen tar vägen, speciellt vid utslag, i fallen då slagen är av längre karaktär. Han uppger att det är skönt att ha någon som hjälper till att hålla koll. Peter letar för det mesta en kort stund efter bollen då den har försvunnit men har inga problem med att sätta en ny boll i spel om så behövs. Citering: "Det hör ju till sporten att leta boll emellanåt". Johan tillägger att det känns som att spelare över 35 år har i allmänhet problem med att se var bollen tar vägen vid olika typer av slag.

De båda uppger att den absolut svåraste terrängen att hitta bollar i är i högt gräs, mer specifikt och relativt ofta, oklippt ruff. Här skulle de vara väl mottagliga för en lösning som hjälper till med att hitta golfbollen. Det är frustrerande att se att bollen smiter in i gräset, men att den ändå tappas bort på grund av gräsets höjd.

Kundens egna idéer på lösningar på problemet

Det spånas snabbt på idéer om en applikation av något slag i form av exempelvis en mobilapplikation eller någon slags handenhet. Ingendera ser något problem med att ta med sig extra utrustning ut på banan. "Folk bär idag med sig både kikare, klockor och siktpinnar ut på banan, så varför inte en extra liten handenhet för golfbollen?" Hur en applikation ska konstrueras funderas det inte så mycket på mer än att det möjligtvis behöver finnas någon sändare i bollen.

Gällande kandidatarbetets initiala urval av spårningstekniker ser varken Peter eller Johan hur värme- och metalldetektering skulle fungera i praktiken. Det menar tillsammans på att det krävs stora värmeskillnader mellan boll och omgivning för att detta skulle fungera väl. En varm sten skulle kunna ges en bild av att synas lika väl som en varm golfboll. Johan tänker sig att en varm boll snabbt kyls av efter luftfärd och av svalt gräs. Det gäller att lokalisera bollen snabbt innan temperaturskillnaden är borta. "Spårsändare skulle nog fungera bäst".

Gällande metalldetektering av något slag så föreställer de sig båda att en detektor kommer att ge utslag för en mängd föremål i marken samt att den måste riktas mot bollen för att överhuvudtaget kunna ge utslag. Och har man ingen aning om var bollen tog vägen, hur ska då denna lösning kunna hjälpa till med att faktiskt peka på vart bollen ligger? Då hänger ju det hela på att man vet var bollen ligger inom en 5-10 meters område och det går ganska snabbt att söka av även om man bara är en 2-boll. Det kan då hända att det inte känns lönt med att ta fram en detektor. Skulle det däremot finnas en lösning som fungerar väl och hjälper till att lösa problemet med försvunna golfbollar är de båda öppna för att använda den.

Gällande en applikation som med hjälp av datorseende och detektering av golfbollen är både Johan och Peter mer öppna. Citering: "Man har ändå alltid med sig mobilen om man kan använda mobilkameran för datorseende." De funderar däremot på hur bra upplösning på mobilkameran man måste ha för kunna använda en sådan applikation. De tänker spontant att om man behöver filma varje slag för att kunna lokalisera bollen så kommer de bara att använda lösningen då och då, uttryckligen på de golfhål då de känner att det finns risk för att golfbollen försvinner. Johan säger sig att det inte är troligt att han skulle sätta upp kamera för filmning på ett korthål (par 3) då det eventuellt tar mer tid än vad det skulle hjälpa honom på korta avstånd. Det är dessutom inte på dessa avstånd som problem föreligger utan snarare på långa hål där Driver "måste" / önskas användas och då risk finns för slice in i otacksam terräng.

Sammanfattande inställning och kostnadsnivå på en lösning

Peter och Johan skulle se en väl fungerande spårfunktion som välkomnande för personlig del. De hade uppskattat att inte riktigt lika många bollar slås bort per rond vilket också ligger till grund för ett resonemang kring prislappen för en lösning.

Tillsammans börjar de prata om att de kan tänka sig att betala ungefär 1000kr för en väl fungerande lösning. Lösningen får dock inte vara något halvdant, den ska vara väl fungerande. När de däremot tänker efter på hur mycket pengar man kan spara in, särskilt Peter som spelar Pro V1 och köper flera paket bollar per år, så ökar de sin prislapps nivå upp mot 2000kr. De tror också att det finns fler golfspelare som kan tänka sig att betala denna summa pengar och menar på att golfspelare är en relativt köpstark målgrupp som lägger mycket kapital på utrustning.

Kvalitativ undersökning med en eventuell kund

Namn: Mats Karlsson Lindh
Född: 1958 (58 år)
HCP: 13,6 (Forsgården GK)
Allmänt: Ser inte bollomkostnader som ett problem.

Kundens funderingar kring problemet med försvunna golfbollar

Mats tappar sällan bollen med blicken i luften direkt efter slag, men nämner dåligt väder som försvårande och då framför allt den sista avståndsbedömningen. Han kan acceptera att tappas bort bollen i skogen. Mycket större "irritationsmoment" om bollen tappas bort efter ett bra slag, det vill säga i ruff eller runt green.

Kundens egna idéer och reaktioner på problemet

Först nämner Mats en lösning som berör någon form av märkning som går att spåra, det vill säga "färg på ytan" eller någon typ av strålning. Metallisk tuschpenna föreslås. Specialtillverkad boll vore okej så länge som modifieringen inte påverkar för mycket. "Om den går 1 meter kortare är det okej då jag har mer spridning i min swing, men konsekvent 10 meter börjar det bli problematiskt". Lösningar som ljud och pail nämns.

Reaktionen på värmedetektering var återhållsam. Mats anser att det kan vara applicerbart i högt gräs där en kamera kan riktas rakt ner mot marken, men ser många svårigheter i andra scenarier. Avslutar med att han är positiv till computer vision utan vidare utveckling.

Sammanfattande inställning och kostnadsnivå på en lösning

Mats jämför tekniken med en avståndsmätare och är därmed beredd att betala ett liknande pris. Upplever ett personligt värde i att spara slag. Omkring två till tre tusen.

Kvalitativ undersökning med en eventuell kund

Namn: Lars Jacobsson
Född: 1995 (22 år)
HCP: 22 (Chalmers GK)
Allmänt: Har en omsättning på bollar som uppgår till cirka 1000-1500kr per år.

Kundens funderingar kring problemet med försvunna golfbollar

För Lars del är det inget problem att se var bollen tar vägen vid slag. Problemet föreligger vid långa slag som letar sig till tjockare gräs, så som ruff eller skog. Lars har oftast en ungefärlig koll (inom 5x5 meter) på var bollen har tagit vägen, men tycker att den sista biten är svår gällande att hitta bollen och uttrycker detta som kärnproblemet!

Kundens egna Idéer på lösningar på problemet

Lars tänker sig kommunikation mellan boll och allra helst mobiltelefon via någon typ av radiofrekvens. Han kan tänka sig specialtillverkade bollar, även med sämre egenskaper så länge det inte framgår vid köp. Han hade inte antagit från början att de skulle vara sämre än andra golfbollar på marknaden, men hade han fått reda på det innan köpet genomförs så skulle han ändra till till att inte köpa. Lars vill inte ha extra utrustning att bära med sig ut på golfbanan för att leta efter golfbollar, mer än eventuellt mindre lösningar att fästa på bagen.

Idéer för lokalisering kretsar kring någon typ av ämne som avger strålning, eventuellt oskadlig radioaktivt strålning.

När kandidatarbetets initiala tekniker för spårning presenteras så känner Lars sig positiv inför tekniken Bluetooth och ser att det som en bra lösning att integrera med mobil. Han kan tänka sig kortare livslängd på golfbollarna då de eventuellt behöver en strömkälla, så länge totalkostnaden inte blir dyrare för dessa specialbollar än att slå bort befintliga golfbollar.

Gällande någon typ av metaldetektering känner Lars spontant att det känns jobbigt att bära runt extra grejer men är ändå beredd att använda det om det skulle fungera väl. Rörande värmedetektering uttrycker Lars att han vill se en lösning till mobilen och vet inte om det finns lösningar för detta? Han är skeptisk till att kunna lokalisera golfbollen i tuff miljö som högt gräs, vilket egentligen är problemet från början. Men fungerar det så är han positiv.

Sammanfattande inställning och kostnadsnivå på en lösning

Lars vill se möjligheten att vinna ekonomiskt på en lösning, och ser inte tiden att lokalisera golfbollen som en större vinst än den ekonomiska. Han kan tänka sig att betala runt 1500kr för en lösning men vill som sagt också se möjligheten att vinna på det ekonomiskt med lång horisont. Med bra precision på lösningen skulle han även kunna betala samma summa för funktionen utan ekonomisk vinst.

H

Bilaga - Morfologisk matris

Morfologisk matris

Kandidatarbete SSYX02-17-41

Trackersystem för lokalisering av golfboll

LXXXII

Huvudfunktion	Dellösning					
Delge position	Varm golfboll genom vattenuppvärmning i behållare 	Varm golfboll genom luftuppvärmning i behållare 	Metallisk ytbeläggning på golfboll	Metalliskt innandöme i golfboll 	Bluetooth-chip i golfboll 	Färg och form på golfboll  
Spåra position	Värmeamera 	Metalldetektering  	Signaldetektering och hantering 	Bildupptagning, hantering och analys med hjälp av datorseende  		
Indikera position	Mobiltelefon 	Extern handhållen enhet  	Ljud från golfboll 	Ljus från golfboll		

Koncept



Timglas Värme



Triangel Värme



Sol Metall



Trekvartscirkel Bluetooth



Rektangel Bluetooth



Cirkel Datorseende



Moln Datorseende

I

Bilaga - TrackMan golfsimulering

TrackMan Golf

Multi Group Report

Daniel Eineving

den 23 mar 2017

Clubs: **Dr, Unknown**

Ball: **Limited Distance Hard**



In this report

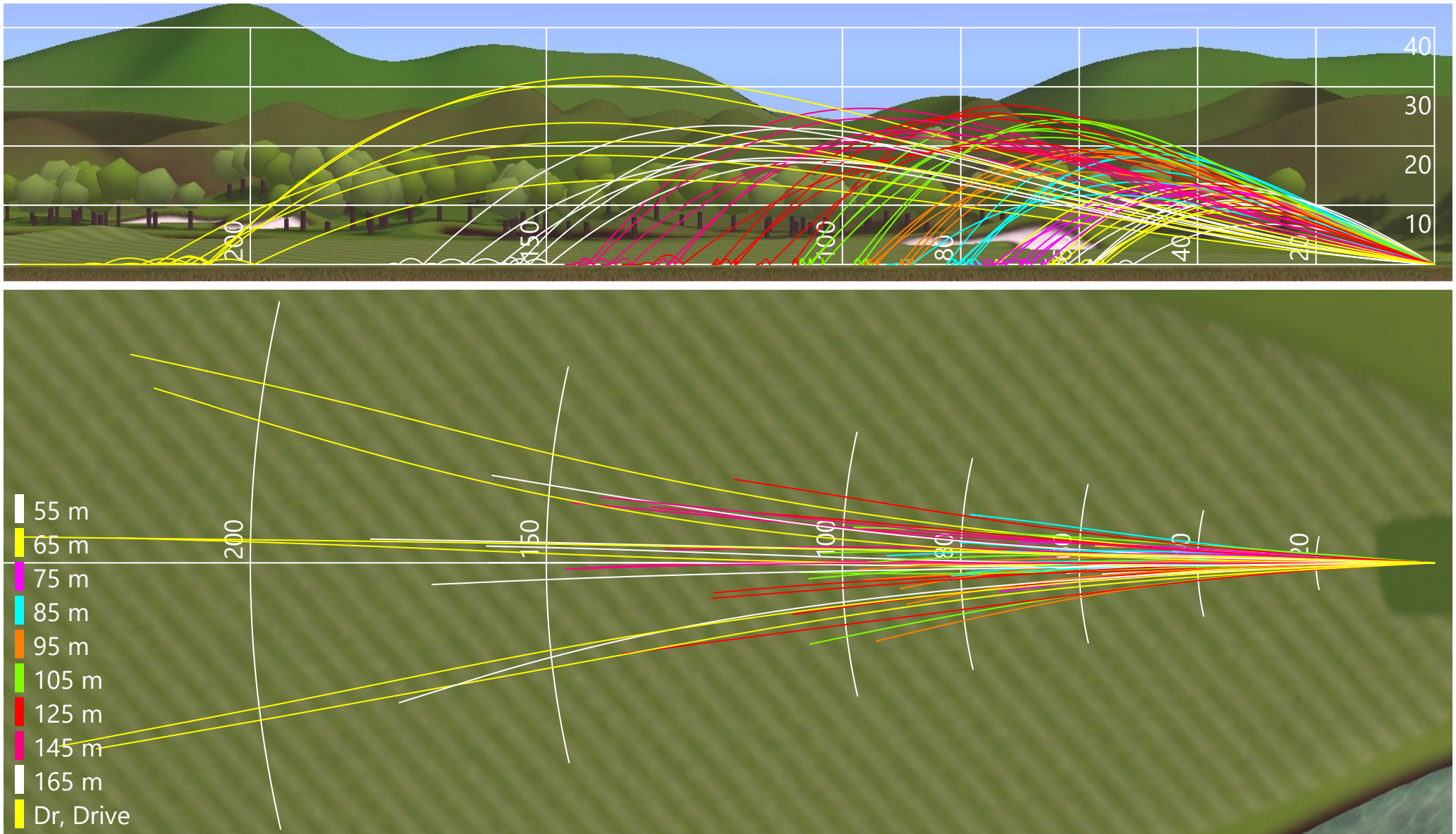
Dispersion	01
Trajectory	02
Averages	03
Shot Details	04-13



Trajectory

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

02



Averages

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

03

	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
Dr, Drive	-3,7	1,7	-2,2	-0,5	109,2	3536	152,7	7,9	1,40	227,5
165 m	-5,2	-1,8	2,1	0,3	95,1	5327	132,0	5,7	1,39	167,5
145 m	-6,0	1,1	-0,3	0,9	93,2	7681	118,3	11,4	1,27	140,2
125 m	-7,2	-0,8	1,4	0,5	87,9	9182	106,8	16,1	1,22	120,6
105 m	-6,9	2,3	-1,8	0,4	81,1	10608	98,2	20,7	1,21	102,2
95 m	-5,7	2,7	-3,5	-1,2	75,4	10428	88,9	20,1	1,18	92,5
85 m	-7,2	-0,4	5,2	2,1	74,2	11146	82,8	21,4	1,12	81,3
75 m	-7,1	0,1	-1,8	1,0	65,0	8752	73,1	22,7	1,13	72,9
65 m	-8,6	0,3	1,8	1,3	62,3	10168	67,3	25,0	1,08	63,2
55 m	-5,9	2,5	-3,9	-0,8	58,0	9425	64,5	26,6	1,12	61,1

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

04

Dr, Drive

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-4,9	2,9	-6,0	-3,1	109,5	3020	155,8	4,6	1,42	228,1
2	-3,6	2,1	-0,1	2,0	109,2	3760	147,6	11,5	1,35	223,0
3	-4,2	2,9	-4,6	-1,7	108,6	4006	152,9	6,8	1,41	222,6
4	-3,1	0,4	1,8	2,2	109,1	2950	153,7	8,4	1,41	238,9
5	-3,9	3,8	-6,2	-2,4	109,5	2949	154,3	6,5	1,41	234,3
6	-2,2	-1,7	2,1	0,3	108,9	4529	151,8	9,5	1,39	218,2
Average	-3,7	1,7	-2,2	-0,5	109,2	3536	152,7	7,9	1,40	227,5
<i>Consistency</i>	0,9	1,9	3,5	2,1	0,3	607	2,6	2,2	0,02	7,2

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

05

165 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-6,4	-1,6	0,8	-0,8	94,0	6011	129,9	7,0	1,38	160,1
2	-4,8	-0,8	-0,4	-1,1	95,7	6148	131,8	7,0	1,38	159,7
3	-5,1	-2,1	4,6	2,5	95,8	5680	125,6	6,1	1,31	159,8
4	-5,2	-3,2	3,7	0,5	94,4	4437	132,9	3,8	1,41	169,3
5	-4,6	-0,4	-1,7	-2,1	94,4	4512	136,1	4,2	1,44	176,4
6	-5,1	-2,8	5,3	2,5	96,2	5172	135,7	6,2	1,41	179,7
Average	-5,2	-1,8	2,1	0,3	95,1	5327	132,0	5,7	1,39	167,5
<i>Consistency</i>	0,6	1,0	2,6	1,8	0,8	677	3,6	1,3	0,04	8,2

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

06

145 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-6,9	2,6	-2,4	0,2	93,9	---	112,4	12,3	1,20	132,7
2	-5,9	4,0	-1,2	2,7	93,3	7738	122,0	12,3	1,31	146,0
3	-6,5	-2,0	2,4	0,4	93,3	7630	120,2	9,1	1,29	144,7
4	-6,7	1,5	0,7	2,2	95,6	7850	115,4	12,4	1,21	141,2
5	-5,2	0,6	-1,3	-0,7	91,0	7241	120,4	12,6	1,32	146,8
6	-5,0	0,1	0,3	0,4	92,3	7947	119,2	9,6	1,29	129,8
Average	-6,0	1,1	-0,3	0,9	93,2	7681	118,3	11,4	1,27	140,2
<i>Consistency</i>	0,7	1,9	1,6	1,2	1,4	244	3,3	1,5	0,05	6,6

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

07

125 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-7,3	-0,1	-0,3	-0,4	87,1	10154	107,8	18,4	1,24	107,7
2	-8,9	-5,8	6,0	0,2	89,9	8757	104,9	14,3	1,17	121,8
3	-6,3	0,8	-5,1	-4,3	91,0	8600	112,0	12,6	1,23	138,1
4	-7,9	-0,5	5,0	4,5	86,2	9920	105,4	18,6	1,22	119,1
5	-5,7	0,5	2,5	3,1	85,1	8991	102,7	16,0	1,21	114,8
6	-6,9	0,2	0,1	0,3	87,9	8668	107,9	17,0	1,23	122,2
Average	-7,2	-0,8	1,4	0,5	87,9	9182	106,8	16,1	1,22	120,6
<i>Consistency</i>	1,0	2,3	3,7	2,8	2,0	620	2,9	2,2	0,02	9,2

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

08

105 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-6,5	3,2	-2,4	0,8	80,7	10733	97,7	21,0	1,21	105,5
2	-7,6	2,6	-2,5	0,2	80,5	10315	97,7	19,7	1,21	103,4
3	-6,8	2,1	-7,0	-4,9	82,4	9850	101,5	19,2	1,23	106,3
4	-6,1	3,1	-1,5	1,6	79,3	10687	95,8	21,7	1,21	95,3
5	-7,3	1,6	4,1	5,7	80,4	11297	95,7	22,0	1,19	96,7
6	-7,5	0,9	-1,7	-0,7	83,5	10768	100,7	20,4	1,21	106,2
Average	-6,9	2,3	-1,8	0,4	81,1	10608	98,2	20,7	1,21	102,2
<i>Consistency</i>	0,5	0,8	3,2	3,2	1,4	444	2,2	1,0	0,01	4,5

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

09

95 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	---	---	---	-4,3	78,1	10879	92,2	20,2	1,18	94,9
2	-5,7	3,8	-3,3	0,5	76,3	11024	85,3	23,5	1,12	87,9
3	---	---	---	-0,9	---	10817	88,8	20,4	---	96,4
4	-5,6	1,2	-1,3	-0,1	74,2	9368	89,3	17,4	1,20	97,2
5	---	---	---	0,4	75,1	10390	89,0	19,5	1,19	89,7
6	-5,7	3,0	-6,0	-3,0	73,3	10092	88,7	19,7	1,21	88,7
Average	-5,7	2,7	-3,5	-1,2	75,4	10428	88,9	20,1	1,18	92,5
<i>Consistency</i>	0,1	1,1	1,9	1,8	1,7	570	2,0	1,8	0,03	3,8

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

10

85 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	---	---	---	5,4	76,5	12456	81,4	25,7	1,06	76,9
2	---	---	---	1,9	76,0	12380	81,8	21,7	1,08	79,0
3	---	---	---	0,4	75,7	12561	84,5	24,3	1,12	79,8
4	-7,2	-0,4	5,2	4,8	72,2	8678	86,2	14,0	1,19	92,4
5	---	---	---	-0,6	74,4	9911	81,3	19,1	1,09	81,6
6	---	---	---	0,7	70,5	10890	81,6	23,9	1,16	77,8
Average	-7,2	-0,4	5,2	2,1	74,2	11146	82,8	21,4	1,12	81,3
<i>Consistency</i>	---	---	---	2,2	2,2	1467	1,9	3,9	0,05	5,2

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

11

75 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-6,5	-0,5	0,0	-0,5	69,4	9427	77,0	18,3	1,11	78,8
2	---	---	---	1,3	64,7	10858	72,5	22,5	1,12	69,9
3	---	---	---	2,1	64,9	1602	71,8	23,7	1,11	78,4
4	-7,8	0,6	-3,6	-3,0	62,5	9611	75,2	23,4	1,20	73,6
5	---	---	---	2,3	63,3	10239	70,1	24,6	1,11	66,5
6	---	---	---	3,9	65,0	10777	72,2	24,0	1,11	70,2
Average	-7,1	0,1	-1,8	1,0	65,0	8752	73,1	22,7	1,13	72,9
<i>Consistency</i>	0,7	0,6	1,8	2,2	2,2	3242	2,3	2,1	0,04	4,5

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

12

65 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	---	---	---	0,3	58,8	9711	64,2	23,1	1,09	61,0
2	---	---	---	0,1	59,3	8772	66,5	25,9	1,12	65,7
3	-8,6	0,3	1,8	2,1	64,3	10244	74,3	23,9	1,16	74,6
4	---	---	---	3,9	63,5	10748	62,9	27,8	0,99	57,3
5	---	---	---	3,9	61,1	10606	64,1	24,1	1,05	56,6
6	---	---	---	-2,3	66,8	10925	71,9	25,0	1,08	64,2
Average	-8,6	0,3	1,8	1,3	62,3	10168	67,3	25,0	1,08	63,2
<i>Consistency</i>	---	---	---	2,2	2,9	738	4,3	1,5	0,05	6,1

Shot Details

Daniel Eineving | den 23 mar 2017

13

55 m

STROKE NO	ATTACK ANG. deg	CLUB PATH deg	FACE TO PATH deg	FACE ANG. deg	CLUB SPEED mph	SPIN RATE rpm	BALL SPEED mph	LAUNCH ANG. deg	SMASH FAC.	TOTAL m
1	-5,8	2,3	-5,0	-2,7	53,1	8665	60,1	21,5	1,13	56,1
2	-6,1	2,7	-2,7	0,0	58,0	8908	67,3	24,8	1,16	65,3
3	---	---	---	-0,6	50,8	8125	62,8	25,6	1,24	62,1
4	---	---	---	-0,5	61,9	10371	64,5	28,0	1,04	58,8
5	---	---	---	-0,7	59,8	9938	64,2	31,2	1,07	58,6
6	---	---	---	-0,1	64,4	10545	68,2	28,6	1,06	65,9
Average	-5,9	2,5	-3,9	-0,8	58,0	9425	64,5	26,6	1,12	61,1
<i>Consistency</i>	0,1	0,2	1,1	0,9	4,8	908	2,7	3,1	0,07	3,6