

Sensordlösning för att undvika kollision mellan lastbil och vädertätning



Anton Meuller

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation
Faculty of Engineering, Lund University

Sensorlösning för att undvika kollision mellan lastbil och vädertätning

Anton Meuller



LUNDS
UNIVERSITET

Sensordlösning för att undvika kollision mellan lastbil och vädertätning

Copyright © 2024 Anton Meuller

Publicerad av

Institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation (IEA)
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet
Box 118, 221 00 Lund

Avdelning: Industriell elektroteknik och automation (IEA)
Huvudhandledare universitet: David Wenander
Huvudhandledare företag: Anders Löfgren
Examinator: Avo Reinap

Abstract

With the introduction of inflatable dock shelter bags and curtain docks, money and energy has been saved in solving one of the major heat losses in distributions centres. These dock shelters are now almost on every dock across Sweden and each cost thousands of kronor to install. Therefore, it is expensive for distribution centres to replace them whenever they break. ASSA ABLOY have found a common cause for them breaking is due to collision with a truck reversing into the loading bay. This is due to the low visibility and too few markers for the driver to navigate by. The low visibility is also a leading cause for pinning injuries at the loading bay area. These problems are the reasons ASSA ABLOY is developing a guidance system to guide the driver when the truck is reversing towards the loading bay. Aswell as warns the driver if the truck is too off centred or if there is a worker in front of the loading bay.

The purpose of this thesis is to review and compare various types of sensor technology to later implement with ASSA ABLOY'S guidance system prototype. The work includes investigating optimal sensor placement to provide vision of critical areas when trucks are docking, for the various types of dock shelters across ASSA ABLOY markets. The study employs an adapted Ulrich and Eppinger product development method to determine the requirements of the guidance system and its sensors. The requirements are then used to evaluate current sensor on the market, to provide ASSA ALBOY a recommendation of sensors and their placements.

Sammanfattning

Införandet av uppblåsbara och mekaniska vädertätningarna har sänkt energikostnader genom att eliminera en av de största värmeförlusterna i lagringscenter. Dessa vädertätningar kostar tio tusentals kronor att installera och finns nu i varje lager runt hela Sverige. Denna kostnad gör det dyrt att ersätta en vädertätning ifall den skadas. Största orsaken till att dessa vädertätningar blir förstörda enligt ASSA ABLOY, är lastbilar som kolliderar med tätningen när de backar in mot lastbryggorna. Orsaken till detta är dåligt sikt och för få markeringar för föraren att navigera efter. Det är av denna anledning som ASSA ABLOY har påbörjat utvecklandet av ett guidningssystem för att assistera föraren med att backa in mot dockningsstationen. Dessutom ska systemet varna föraren ifall lastbilen inte är centrerad eller ifall personal befinner sig mellan lastbilen och lastkajen.

Målet med detta examensarbete är att utvärdera och jämföra olika sorter givare för att senare tillämpa dessa i ASSA ABLOYs prototypsystem för att guida lastbilen under backning. Detta arbete omfattar undersökningen av de optimala placeringarna av givare för att ge bäst uppsikt över de kritiska områdena för olika sorters dockor bland alla ASSA ABLOYs kunder. Studien utnyttjar en modifierad Ulrich och Eppinger produktutvecklingsmetod för att bestämma alla krav för guidningssystemet och givarna. Dessa krav används för att bedöma lämpliga givare sålda idag, för att rekommendera givare och placeringar av givarna till ASSA ABLOY.

Förord

Först skulle jag vilja tacka min företagshandledare Anders Löfgren från ASSA ABLOY Entrance Systems, för all hjälp med intervjuer och testning. Ett till tack går till alla anställda på ASSA ABLOY Entrance Systems i Landskrona som hjälpte till med att svara på alla mina frågor och hjälpte till med mitt examensarbete.

Jag vill ge ett stort tack till min handledare David Wenander för den snabba responsen till alla mina frågor. Dessutom all hjälp med rapportskrivandet och presentationen.

Sist vill jag tacka min familj och nära för allt stöd med skrivandet och rättning av min rapport och för det moraliska stödet under examensarbetet.

Lund, Juni 2024

Anton Meuller

Innehållsförteckning

Akronym- och förkortningslista	10
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Syfte	11
1.3 Problemformulering	12
1.4 Begränsningar	12
1.5 Disposition	12
2 Teknisk bakgrund	14
2.1 Dockningsstationen	14
2.1.1 Lasthus	14
2.1.2 Lastbrygga	16
2.1.3 Vädertätningar	17
2.1.4 Lastbilar	18
2.2 Givare och sensorer	19
2.2.1 Definition	19
2.2.2 Fotocell	20
2.2.3 Lasergivare	21
2.2.4 Ultraljudsgivare	21
2.2.5 Radar och mikrovågssensor	22
2.2.6 Light Detection And Ranging (LiDAR)	23
2.2.7 Vertical Cavity Surface-Emitting Laser (VCSEL)	23
2.3 Bildhantering	23
2.3.1 Kamera	23
2.3.2 Bildprocessor	24
2.3.3 Mjukvara	24

2.3.4 Axis kamera	24
3 Metod	26
3.1 Undersökning av givare	27
3.2 Ulrich och Eppinger produktutveckling	27
3.2.1 Kundbehov	28
3.2.2 Konceptutveckling	29
3.2.3 Konceptutvärdering	30
3.2.4 Konceptkombinationer	32
3.2.5 Sista konceptutvärdering	33
3.3 Kameratest	33
4 Resultat	36
4.1 Val av sensortyper	36
4.2 Sista konceptvalen	36
4.2.1 Koncept 02–05, Port-sensor och LiDAR-ridå	36
4.2.2 Koncept 02–06, Port-sensor och Overview-sensor	37
4.2.3 Koncept 02–18, Port-sensor och Lastkaj-sensor	37
4.2.4 Koncept 04–06, Block-sensor och Overview-sensor	38
4.2.5 Koncept 05–18, LiDAR-ridå och Lastkaj-sensor	39
4.2.6 Koncept 18–06, Lastkaj-sensor och Overview-sensor	39
4.3 Resultat av kameratesten	40
5 Diskussion	44
5.1 Slut koncepten	44
5.1.1 Sensorval	44
5.1.2 Konceptval	45
5.1.3 Kameratest	46
5.2 Traditionella givare och bildhantering	47
6 Slutsats och framtida arbete	49
6.1 Slutsats	49
6.2 Framtida arbete	50
7 Referens	51

Bilaga A Lastbilar	56
Bilaga B Intervjufrågorna	59
B.1 Intervjufrågor och svar	59
B.2 Tolkat behov	60
Bilaga C Samlade kundkrav	63
Bilaga D Delkoncept beskrivningar	65
D.1 Hysteres-mätning	65
D.2 Port-sensor	66
D.3 Sensor ovan porthålet	66
D.4 Block-sensor	67
D.5 LiDAR-ridå	68
D.6 Overview-sensor	69
D.7 Inre sidovägmontering	69
D.8 Plastskyddad sensor	70
D.9 Top-down-sensor	71
D.10 Takfällarm-sensor	72
D.11 Sidofällarm-sensor	73
D.12 Sidotättnings-sensor	73
D.13 Sidotättnings-sensor 2	74
D.14 Sensor i parkeringsavdelare	75
D.15 Sensor i marken (synlig)	75
D.16 Sensor i marken (nedgrävd)	76
D.17 Sjunkbar-sensor	77
D.18 Lastkaj-sensor	78
D.19 Mobil sensorsetup	79
D.20 Sensor-stolpe	80
D.21 Plastskyddad distans-sensor	81

Akronym- och förkortningslista

AI	artificiell intelligens
DLPU	deep learning processing unit
DMS	docking management system
EEL	edge-emitting laser
ETSI	european telecommunications standards institute
EU	eupeiska unionen
FMCW	frequency modulated continuous wave
fps	frames per second
IR	infraröd
LED	light emitting diode
LiDAR	light detecting and ranging
LVDT	linear variable differential transformer
MMW	millimetre wave
MP	megapixel
SRD	short range device
ToF	time of flight
VCSEL	vertical cavity surface-emitting laser

1 Inledning

1.1 Bakgrund

ASSA ABLOY är en svensk koncern med fokus på dörrsäkerhet och låslösningar i 70 olika länder. Koncernen grundades 1994 genom sammanslagningen av säkerhetskoncernen Securitasägda låsverksamhet Assa och det finländska låsföretaget Abloy. ASSA ABLOY är uppdelad i 5 divisioner, vilka täcker flera länder på olika kontinenter, som till exempel Storbritannien, Sverige och Kina. En av avdelningarna i Sverige, ASSA ABLOY Entrance Systems, med huvudkontor i Landskrona, arbetar med dörrsystem och dockningsutrustning.

ASSA ABLOY Entrance System har sedan tidigare introducerat mekaniska och uppblåsbara vädertätningar för deras lastbryggor. Dessa har blivit utsatta för upprepade skador på grund av kollisioner med lastbilstrailers då föraren backar för att docka [1]. ASSA ABLOY har därför undersökt lösningar för detta kundproblem. En av dessa lösningar är ett guidningssystem som är kopplat till ett ljussystem utvecklat av företaget, för att assistera föraren att centrera sig till lastbryggan. Systemet ska dessutom detektera personal för att lösa problem med klämoltyckor eller personskador som kan inträffa när någon står framför kajen i lastbilens döda vinkel. Företaget har redan utvecklat ljussystemet men har idag ingen metod för mätning och detektion av lastbilen vid lastkajen.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att assistera ASSA ABLOY i deras utveckling av ett nytt guidningssystem för att lösa kundproblemet med skadade vädertätningar. Guidningssystemet kommer med hjälp av ett ljussystem, som använder symboler, att meddela föraren att de är på rätt kurs medan de backar in till en dockningsstation. Självaste ljussystemet var utanför omfattningen av projektet, då systemet redan hade en färdig prototyp.

Själva målet med examensarbete är att undersöka och utvärdera olika sensormetoder för att kunna positions bestämma lastbilstrailern i relation till lastbryggan. Mätningmetoden ska ligga till grund för guidningssystem åt ASSA ALBOY. Utvärderingen innefattar att sätta krav på systemet och jämföra med existerande givare, för att skapa ett koncept för mätningmetoder och placering av de utvärderade givarna. I detta projekt innebär koncept att vara en preliminär idé som ska fungera som utgångspunkt för vidare utveckling och förfining.

1.3 Problemformulering

Eftersom sensorlösningar är problemspecifika går det inte att göra en jämförelse av andra sensorbaserade lösningarna som idag används inom industrin. Sensorlösningen som skall konstrueras för ASSA ABLOY skall svara på följande frågor.

- Vilka typer av beröringsfria givare existerar på den nuvarande marknaden lämpliga för guidningssystemet?
- Vilka egenskaper anses vara väsentliga hos en lämplig givare?
- Vilka sorters störningar eller problem uppstår runt ett lasthus som påverkar prestandan hos en givare?
- Hur skiljer sig de traditionella givarna från bildhanteringskameror, som en sensorlösning?
- Hur ska en givare bevaka en lastbil i den döda vinkeln bakåt, för att varna föraren för personal i vägen?

1.4 Begränsningar

Studiens syfte var att undersöka och testa möjliga sensorbaserad lösningar för att undvika kollision med vädertätningen och personal. Eftersom det ställdes krav på att hitta en generell lösning som kunde användas på olika platser i världen blev sensorkravens spännvidd större än vad som initialt var planerat. Faktorer som påverkade var kostnaden, krav på hårdvaran och driftkostnader. Dessutom på grund av tidsbegränsningar var det inte möjligt att bygga och testa en färdig prototyp.

1.5 Disposition

Rapporten börjar med en teknisk bakgrund om givare och sensorer, samt lastbryggor och vädertätningar. Denna tekniska bakgrund beskriver i detalj de olika sensortyperna och de kameror med bildhantering som finns på marknaden.

Metoddelen förklarar processen för undersökningen av givare och hur kundbehoven definierades enligt Ulrich och Eppinger produktutvecklingsmetoden [2], samt hur metoden modifierades under processen för att anpassa den till projektet. Beskrivningen av produktutvecklingsprocessen förklarar de olika genererade delkoncepten för placering av givare och de kriterier som används för att värdera de olika delkoncepten. Dessa delkoncept kombineras tillsammans i par för att bilda ett komplett koncept för placering och val av givare, som kallas konceptkombinationer. Sedan i enlighet med Ulrich och Eppinger fortsattes processen med en rekommenderad konceptutvärderingsmetod [2]. Därefter presenteras kombinationerna av de delkoncept som klarade konceptutvärderingen. Metoden bakom den slutliga utvärderingen av konceptkombinationerna redovisas. Metoddelen avslutas sedan med en beskrivning av ”proof of concept”-test för att verifiera och testa genomförbarheten av slutkoncepten.

Resultatdelen presenterar de valda sensortyperna från undersökningen av givare baserat på sensorkraven och konceptkompabilitet. Förutom detta redovisas även resultatet från konceptutvärderingsprocessen med en lista över de slutliga kombinationerna som ASSA ABLOY eftersökte. Resultatet av ”proof of concept”-testning presenteras med skärmbilder från videoinspelningarna.

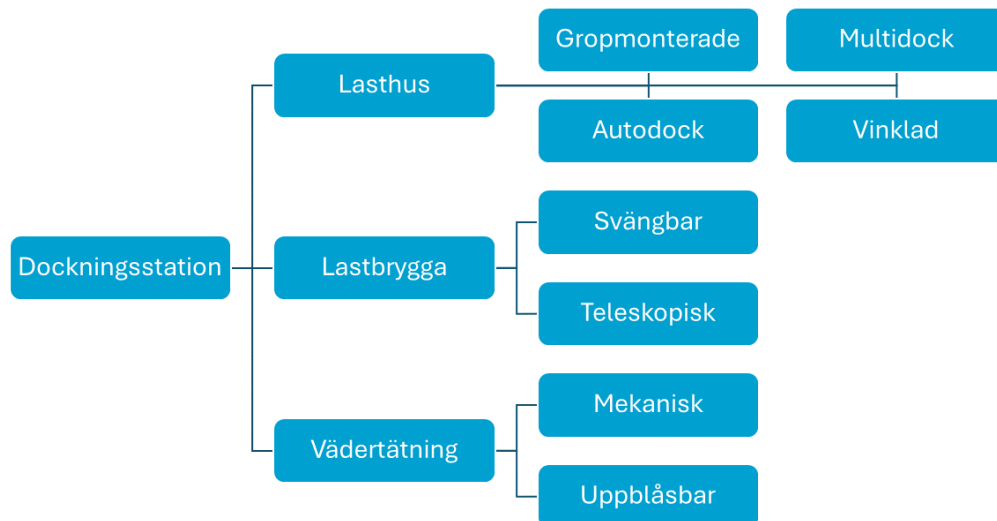
Diskussionsdelen innefattar en detaljerad beskrivning av de olika styrkorna av slutkoncepten samt vilka sorters lastbryggor eller lasthus de är menade att installeras på. Dessutom diskuteras hur traditionella givare står i jämförelse med bildhanteringskameror. I slutet av diskussionsdelen ges en överblick över möjliga förslag till framtida arbeten som det inte fanns tid med i projektet, samt de olika förslag av integrationen av slutkoncepten med guidningssystemet och ljussystemet.

Slutsatsen presenterar de utvalda slutkoncepten som kan användas till en möjlig prototyp för ASSA ABLOY att fortsätta utveckla.

2 Teknisk bakgrund

2.1 Dockningsstationen

I detta projekt används dockningsstation som ett övergripande term för en designerad zon där lastbilar parkerar för att lasta av och på deras innehåll. En dockningsstation kan bestå av tre beståndsdelar, lasthus, lastbrygga och vädertätning. Det är inte nödvändig för en dockningsstation att ha alla beståndsdelar för att fungera. Dock antogs det att alla dockningsstationer relaterade till detta projekt, hade alltid en lastbrygga och vädertätning. För en full överblick av dockningsstation se Figur 1.



Figur 1 Överblick av dockningsstation och de olika beståndsdelar

2.1.1 Lasthus

Överallt i världen transporteras gods med lastbil där både lastning och lossning förenklas med användningen av en lastkaj. Det är vanligt runt om i världen att lastkajer har lastbryggor installerade i en grop i golvet precis innanför porten, med lastbryggans kant direkt under porthålet. Men i Skandinavien är det vanligare med ett lasthus. Detta lasthus är då kopplat framför porten med en autodocklastbrygga installerad under lasthuset [3]. I denna studie kommer de två sorternas dockningsstationer särskiljas med benämningen gropmonterad och autodock se Figur 2.



Figur 2 Gropmonterad lastkaj (vänster) och lasthus med autodock (höger). Bilderna används med tillstånd från ASSA ABLOY

Gropmonterade dockningsstationer varierar inte mycket i sin utformning förutom vädertätningen. Medan autodocks kan variera i sin utformning, som till exempel multidocks och vinklade lasthus. Multidocks är dockningsstationer vars lasthus delar väggar med grannen, för att optimera tätpackningen av dockningsstationer, se Figur 3.

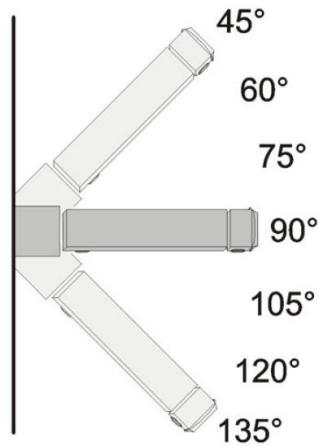


Figur 3 Multidock som består av två autodock. Bilderna används med tillstånd från ASSA ABLOY

När lagerhusutrymmet är begränsad för lastbilarna att docka, används vinklade lagerhus. De vinklade lagerhus är möjlig att installera med en vinkel upp till 45° grader åt vänster eller höger från porthålets riktning, se Figur 4 [4].

Vinkeljusteringar:

Om utrymmet på planen är begränsat kan lasthuset installeras med vinkeljusteringar.



Figur 4 Schematisk bild av vinkeljustering för en autodock enligt produktbladet [4]

2.1.2 Lastbrygga

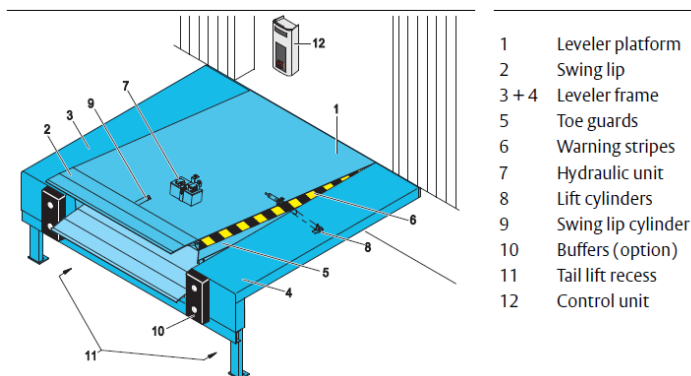
ASSA ABLOY har huvudsakligen två sorters lastbryggor för att brygga mellan dockningsstationen och den inkommande lastbilen. Med flera varierande modeller och tillvalsfunktioner [5,6].

- Svängbar lastbrygga
- Teleskopisk lastbrygga

För projektet skall lastbryggornas normalfunktion ej påverka sensorernas placering, därmed krävdes det ingen djupare undersökning av lastbryggornas funktion.

Svängbar lastbrygga

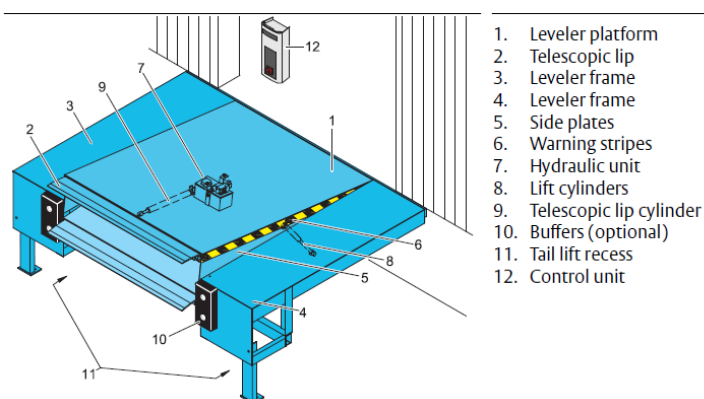
Den svängbara lastbryggan fungerar genom att vinkla upp läppen på framsidan av bryggan och sedan höja vinkel på hela bryggan för att tillåta placering av lastbilens öppna trailer mot lastkajens kant. Därefter sänks lastbryggan ner och klämmer läppen mot trailergolvet och håller lastbilen på plats [5]. Se Figur 5.



Figur 5 Svängbar lastbrygga [5]

Teleskopisk lastbrygga

Den teleskopiska lastbryggan liknar den svängbara lastbryggan, med skillnaden att i stället för att först vinkla upp läppen förlängs bryggan teleskopiskt från under topplattan efter att bryggan vinklats uppåt [6]. Se Figur 6.



Figur 6 Teleskopisk lastbrygga [6]

2.1.3 Vädertätningar

Vädertätningen har funktionen att termisk försegla utrymmet mellan lastbilstrailerdörren och porten. Detta ökar lagrets energibesparing, samt kan vara nödvändig för lager med specifika temperaturkänsliga varor eller lager i mer extrema klimat [4].

ASSA ABLOY säljer primärt två olika typer av vädertätningar i kombination med deras lastbryggor [4]. Dessa två vädertätningar kan installeras på flera sätt. Självaste vädertätningarna uppfyller samma funktioner oavsett om de är installerade på ett lasthus med autodock eller vid porten med gropmonterad lastbrygga. Dock skiljer de sig mycket i metoden de använder.

- HM - Mekanisk vädertätning
- HI - Uppblåsbar vädertätning

Mekanisk vädertätning

Den Mekanisk vädertätning är en enkel design av tre gummiskynken monterade på var sin sida och ovankanten av porten. Gummiskynkena är breda nog att minska öppningen till under dimensionerna för lastbilstrailers. Detta gör att när lastbilen backar in kommer trailern vika gummiskynkena inåt, vilket skapar en termisk försegling mellan trailer och porten [7]. Se den högra bilden i Figur 2.

Uppblåsbar vädertätning

Denna uppblåsbara vädertätning är en aktiv tätning i jämförelse med den mekaniska vädertätning som fungerar som en passiv tätning. Denna uppblåsbara vädertätning är uppbyggd av tre uppblåsbara luftkuddar som sitter på varsin sida och på taket av det utskjutande utrymmet för en gropmonterad lastbrygga eller på insidan av lasthuset med en autodock. Dessa luftkuddar är i normalt läge ihop vikta mot väggen och taket, och endast beskyddade av en tunn och small plastskiva placerad runt öppningen, se Figur 7. När en trailer är placerad rakt framför porten, blåses luftkuddarna upp och förseglar termiskt utrymmet runt trailer [8].



Figur 7 Bild på en uppblåsbar vädertätning på en autodock. Bilderna används med tillstånd från ASSA ABLOY

2.1.4 Lastbilar

I detta projekt var guidningssystemet primärt designad för att förhindra kollision mellan tunga lastbilar och vädertätningen [1]. De tunga lastbilarnas vikt i förhållande till lätta lastbilarna medför en större risk att vädertätningen blir permanent förstörd vid vårdslös backning. Därför studerades dockningsstationer för tunga lastbilar med antagandet, ifall lösningen fungerar för de tunga lastbilarna, bör lösningen fungera även för lätta lastbilar.

En kort undersökning av begagnade lastbilstrailers visade att utformningen av trailerdörr och positionen av bakre stötfångare varierar. En av de mest avvikande variationerna var trailers med bakgavellyft.

Se Bilaga A för bildreferens av olika lastbilstrailertyper.

2.2 Givare och sensorer

Kort beskrivning och definition av sensorer och givare anges, samt en kort beskrivning av relevanta sensortyper för projektet och deras för- och nackdelar.

2.2.1 Definition

I dagens globala industri förekommer det översättningsproblematik mellan tillverkare, distributör och slutkund. Detta var ett problem för projektet avseende användningen av ordet sensor. Det förekommer vanligt att gemene man använder ordet sensor som ett samlingsnamn för alla detekterande och mätande komponenter [9]. Sensor är den komponent som reagerar med en fysisk ändring [10], men det förekommer bland internationella tillverkare att sensor används synonymt med givare. Givare är den närmsta översättningen av det engelska "Transducer", med vilket menas en anordning som omvandlar fysikalisk storhet till en annan storhet [11], i andra fall definieras givare som en signalförstärkare [9]. Givaren är alltså en enhet med en sensor, som mäter sensorns reaktion till fysikaliska ändringar och omvandlar till ett annat fysikalisk storhet.

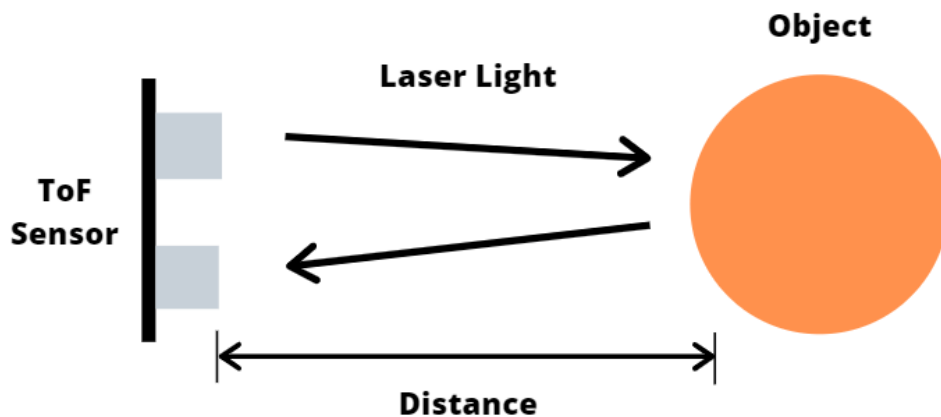
I denna rapport definieras sensor enligt svensk ordbok, "anordning som känner av värdet eller ändringen av tryck, temperatur, ljus, ljud m.m." [10]. Givare definieras mer övergripande till en färdig produkt som omvandlar en fysikalisk enhet till en användbar elektrisk signal.

De viktigaste egenskaperna för en givare ihopkopplad till en avståndsmätare är noggrannhet, precision, repeterbarhet och linjäritet. Dessa givareegenskaper användes mest under undersökning av tillgängliga givare på marknaden för att identifiera lämpliga givare [12].

- **Noggrannhet**, hänvisar till hur nära mätningresultatet representerar det sanna värdet.
- **Precision**, beskriver måttet av **repeterbarhet**, förmågan att upprepa samma mätvärde, för mätningar gjorda under samma förutsättningar och tillstånd.
- **Repeterbarhet** beskriver hur mycket mätvärdena avviker från varandra under upprepade mätningar i samma förutsättningar och tillstånd.
- **Linjäritet** representerar skillnaden av givarens mätvärden från det fysiska värdet som mäts.

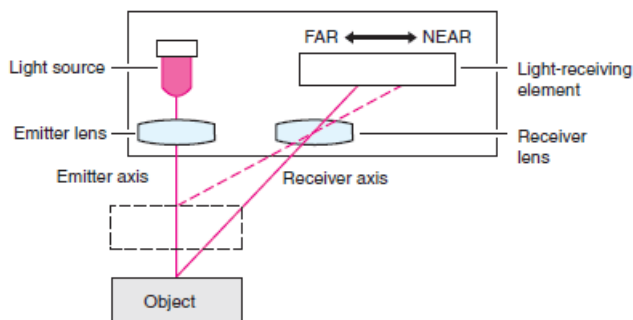
Metoden för hur en givare mäter distans varierar mellan de olika produkterna, däremot förekommer två metoder oftare bland flertalet produkter. "Time-of-Flight"- (ToF) och trianguleringsmetoden.

ToF-mätning baserar på flygtiden för mätsignalen. Ett klassiskt upplägg för ToF-mätning är en sändare och en mottagare. Sändaren skickar en puls av till exempel ljus, mottagaren registrerar ljuset efter en kort tid. Distansen beräknas genom att multiplicera tiden med hastigheten för ljuset i exempelfallet. För distansmätning med ToF är sändaren och mottagaren inbyggda i samma enhet vilket betyder att mätningssignalen reflekteras tillbaka samma väg som när signalen reste mot objektet [13]. Se Figur 8.



Figur 8 Upplägg av en ljusbaserad time-of-flight mätning [13]

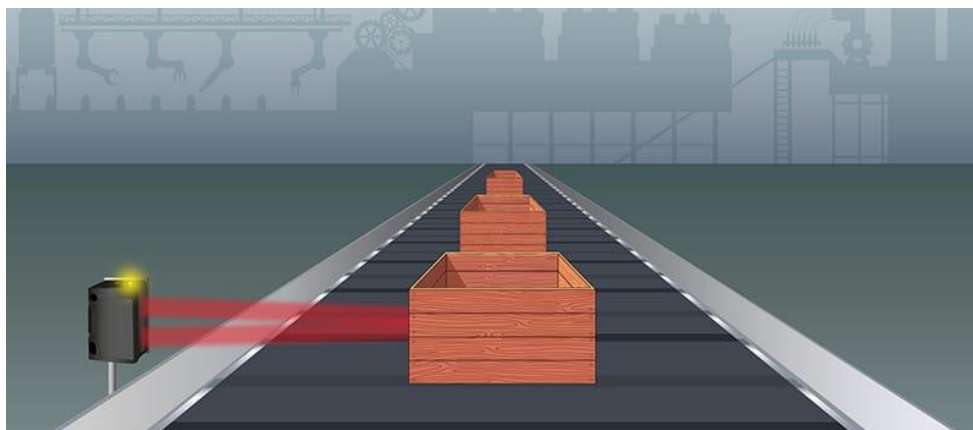
Trianguleringsmetoden använder sig av bestämda vinklar för att mäta objektets distans från givaren. Sändaren skickar en signal som reflekteras mot objektet och studsar tillbaka. Denna signal träffar sensorytan på en specifik punkt. Med avståndet mellan sensor och sändaren känt blir det möjligt att rekonstruera den bildade triangel mellan sändaren, objektet och sensorn. Därmed beräknas distansen mellan givaren och objektet, som representeras av den sidan av triangeln med sändaren och objektet som kanter [14]. Se Figur 9.



Figur 9 Upplägg av en ljusbaserad triangulering [14]

2.2.2 Fotocell

Fotocell definieras som en ”anordning som omvandlar infallande ljus till en elektrisk ström använd för att mäta ljusintensitet.” enligt Nationalencyklopedin [15]. Fotocell används även som ett samlingsnamn för de produkter som använder ljus för detektering [16]. Dock var det endast en sorts fotocell av intresse för projektet, direktkännande vilket faller in på kategori för optiska givare, se Figur 10. Dessa fungerade enligt trianguleringsmetoden, se Figur 9 eller ToF, se Figur 8 och använde sig av röd light emitting diode (LED), infrarött (IR) ljus eller röd laser för mätningen [16].



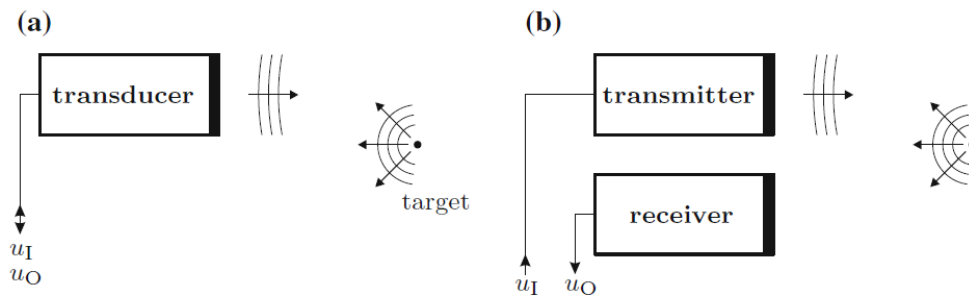
Figur 10 Bild av en direktavkännande fotocell från OEM [16]

2.2.3 Lasergivare

Lasergivare faller under kategorin av optiska givare och därmed använder sig av samma ToF- och trianguleringsmetod. Traditionellt används röd laser för mätning utav objekt, eftersom de fungerar bättre med matta material [17]. Däremot förekommer det lasergivare, specifikt de med trianguleringsmätning, med blå laser i stället [18]. Detta beror på att blå laser har en kortare våglängd än röd laser, vilket tränger mindre in i materialet och orsakar mindre diffusion. Detta gör blå laser mer noggrann vid mätning av blanka ytor. Dessutom på grund av att det blå ljuset är längre bort i spektrumet från värmestrålning passar blå laser bättre för mätning av glödheta material, vilket avger en stor mängd strålning i den röda delen av spektrumet [17].

2.2.4 Ultraljudsgivare

Ultraljudsgivare fungerar primärt med ToF-metoden, och använder sig av ljud som mätsignal. Specifikt skickar ultraljudsgivaren en ultrasonisk ljudpuls, för högt för det mänskliga örat att registrera. När ljudet reflekteras tillbaka till givaren fångas den av mottagare precis enligt ToF-metoden, se Figur 11. På grund av utbredningen av ljud jämför med ljus, skiljer sig ultraljudsgivaren från den optiska givaren. De optiska givarna fångar ljuset i en mer direkt reflektion, eftersom ljuset skickas som en stråle. Ljud fortplantar sig koniskt utåt från sändaren, vilket leder till att den närmsta ytan inuti konen reflekteras först, till skillnad från den optiska givarens relativt punktformade mätning. Denna karaktäristiska skillnad gör ultraljudsgivaren bättre på att mäta större ojämna ytor. Men, endast ifall objektet är det enda inom konen och inom mätavståndet [19].

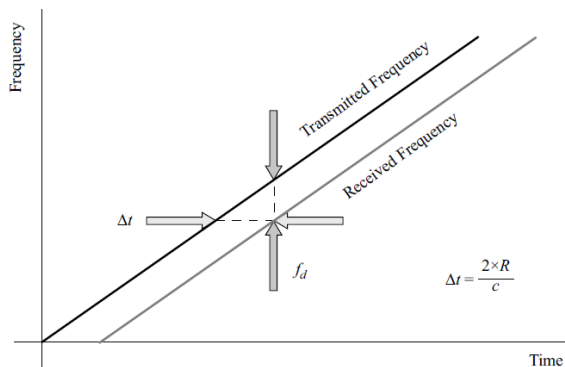


Figur 11 Grundläggande mätningmetoder för en ultraljudsgivare: a) ”pulse-echo”-läge där givaren genererar både pulsen och mäter ekot. b) ”pitch-catch”-läge där sändare (transmitter) och mottagare (receiver) representerar givare som exklusivt genererar och tar emot ultraljudvågor, respektive. Figur från [19]

2.2.5 Radar och mikrovågssensor

Radar är en gammal detekteringsteknik baserat på radiovågor. Olika våglängder har använts genom tiden för olika funktioner, och idag finns det specifikationer för vilka frekvenser som är tillåtna för olika radioutrustningar [20]. Specifikt inom Europeiska unionen (EU), är det ”European Telecommunications Standards Institute” (ETSI) som har standardiserat specifikationerna för ”Short Range Devices” (SRD) [21,22]. SRD är radioapparater med låg transmissionskraft, vilket har låg risk att störa andra radiotjänster [22].

Det har funnits flera mätningmetoder genom tiderna, i detta projekt fokuserades det på en specifik teknik vid distansmätning, ”frequency modulated continuous wave” (FMCW). FMCW mäter distans med hjälp av en linjärt modulerande radiosignal, där tidsskillnaden mellan den sända och mottagna signalen för samma frekvens mäts. Tidsskillnaden används för att beräkna distansen till och tillbaka från objektet med ljusets hastighet [23], se Figur 12.



Figur 12 Förhållandet mellan frekvens och tid för utsända och mottagna signalen av en linjär FMCW radar [23]

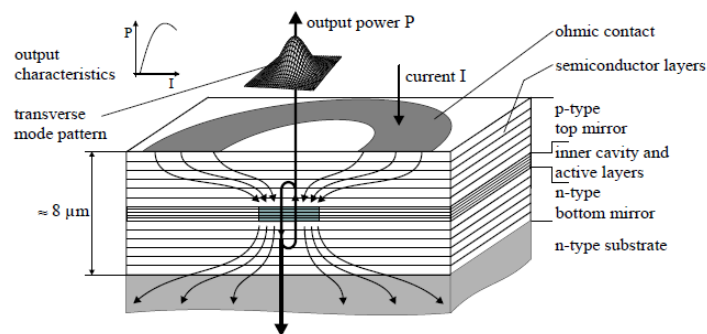
Radar och mikrovågssensor användes oftast synonymt inom industrin och det är därmed oklart med den exakta definitionsskillnaden mellan dem. I projektet definierades radar som en givare som använder radiovågor för distansmätning, medan mikrovågssensor definierades som en radargivare som specifikt använde ”Millimetre wave” (MMW) spektrumet (30 GHz – 300 GHz) [20].

2.2.6 Light Detection And Ranging (LiDAR)

LiDAR fungerar likt en aktiv radar, fast i stället för radiosignaler använder LiDAR elektromagnetiska vågor inom det synliga och infraröda spektrumet [24]. Likheten mellan LiDAR och radar förlängs till deras mätningseffekt på grund av kortare våglängder. Den ökade vinkelupplösningen från en kortare våglängd, kommer på bekostnad av ökad störning från dimma och regn. Mikrovågssensor använder en frekvens mellan 30 GHz och 300 GHz, jämförelsevis har industrisäkra LiDAR-system en frekvens på 200 THz [24].

2.2.7 Vertical Cavity Surface-Emitting Laser (VCSEL)

VCSEL är en annan form av halvledarlaser, med en liknande halvledarstruktur med en laserdiod. Den traditionella edge-emitting laser (EEL) dioden är uppbyggd av flera nanometertjocka lager i den aktiva regionen mellan lager av p-typ halvledare ovanför och n-typ halvledare under [25]. Se Figur 13.



Figur 13 schematisk bild av lagerstrukturen och funktionsprincip av en VCSEL [25]

2.3 Bildhantering

Syftet med bildhantering är att efterlikna den mänskliga förmågan uppfatta ett objekts egenskaper inom synfältet. Artificiell Intelligens (AI) används för att analysera och att identifiera objekt i bilderna.

2.3.1 Kamera

Precis som bildhanteringsprogrammen och AI är anpassade för den specifika uppgiften, är valet av kamera av lika stor betydelse för att öka prestandan på lösningen. Detta innefattar allt från kamerans upplösning, brännvidden, synfält, sensor och skanningsmetod [26,27]. För detta projekt behövdes kameror med en brännvidd som ger ett stort nog synfält för att identifiera objekt under kameran, samtidigt som den ska ha tillräckligt långt fokusavstånd för att identifiera en lastbil utanför parkeringsområdet.

Vision-system och smart kamera

Vision-system är föreningen av en kamera med en bildprocessor, och i vissa fall även belysning. Bilden tas av kameran för att sedan bearbetas av bildprocessorn som skall utföra de bestämda funktionerna i systemets programvara [28]. Denna bildprocessor kan vara en persondator eller en separat processorenhet kopplat till en eller flera kameror.

Smarta kameror är en enhet med hela vision-systemet inbyggd i kameran, för enklare installation och användning.

Likt smarta kameror existerar 3D kameror, vilket förutom bildprocessor innehåller inbyggda lasergivare. Givaren producerar en höjdkarta kopplat till kamerans synfält [29,30].

2.3.2 Bildprocessor

Olika former av AI-modeller har använts för bildhanteringen i vision-systemen. De två metoder som användes i projektet var maskinlärning och djup maskinlärning.

Maskinlärning för bildhantering är en AI tränad med ett dataset av bilder kategoriserade och identifierat av en programmerare i förväg. Dessa bilder bygger grunden till hur AI:n identifierar objekt baserad på de detaljer programmeraren identifierar för varje objekt i datasetets bilder. Repeterbarhet av korrekt identifieringen beror direkt på mängden och kvalitén av det givna datasetet.

Djup maskininlärning är en undergrupp av maskininlärning med skillnaden att AI:n har algoritmer för att identifiera detaljer i bilder själv. Därmed automatiseras kategoriseringsprocessen utav datainsamlingen för ett dataset. Möjligheten innebär att AI:n kan använda bilder utan detaljbeskrivning vilket gör att AI:n kan snabbare bli tränad med ett större dataset än maskininlärning [31].

2.3.3 Mjukvara

Det finns många olika program för objektidentifiering av fordon, särskild för övervakning och mätning av trafik. Dessa program tillåter identifiering av olika klasser av fordon, gående, fordonens hastighet, summera passerade fordon med mera [32,33,34]. Dessutom finns det programvaror för logistik för att identifiera registreringsskyltar och parkeringskontroll [34]. Den omfattande mängd av olika objektidentifieringsprogram för fordon visar att det är möjligt att skapa nya program för specifika lösningar.

2.3.4 Axis kamera

Axis P1467-LE kamera, se Figur 14, är en nätverkskamera med 5 megapixlar (MP) och en uppdateringsfrekvens på 30-180 "frames per second" (fps). Byggd för 24-timmarsövervakning och säkerhet, kommer kameran programmerad med moderna ljuskorrigeringsfunktioner för klar bild under svagt ljusförhållande eller stark belysning. Med den inbyggda IR sensorn klarar kameran även helt obelysta miljöer [35].



Figur 14 Bild av P1467-LE kameran monterad mot trappans ramverk

Med kamerans senaste hårdvara med deep learning processing unit (DLPU), är den kapabel att utföra mer komplex objektidentifiering än äldre modeller. Kombinerat med Axis egna objektidentifieringsprogram (Axis Object Analytics), kan kameran detektera flera typer av fordon och gående [36].

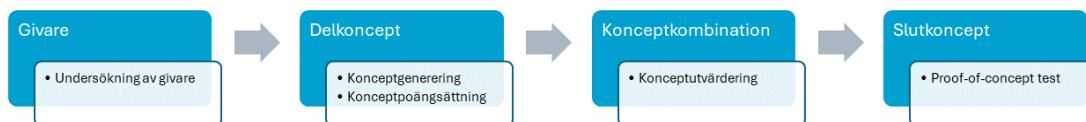
3 Metod

I detta projekt samlades all tillgängliga data om givareprodukter direkt från tillverkarnas produktlistor på deras hemsida. För konceptgenereringen och de två konceptutvärderingarna följdes Ulrich och Eppingers produktutvecklingsmetod. Meningen med den samlade data var att bygga en grund för kriterierna via intervjuer med anställda på ASSA ABLOY för konceptgenereringen. Anledningen till att två konceptutvärderingar skedde, var för att det behövdes sållas ut delkoncept. Utan den första sållningen skulle det finnas för många konceptkombinationer att utvärdera. På grund av förändrade förutsättningar under konceptutvecklingen och konceptutvärdering, som bland annat ny information och kundkrav, ändrades riktningen för projektet. Därför behövdes produktutvecklingsmetoden modifieras i vissa steg genom att följa rekommendationerna av Ulrich och Eppinger för att anpassa till förutsättningarna.

I början av detta examensarbete var förväntningen att undersökningen av olika sensorerna var för att designa en givare från grunden anpassat för ett guidningssystemet. Därmed påbörjades undersökningen av olika typer av sensorer, sensorfunktioner och begränsningar av hårdvaran. Undersökningen ledde till större kunskap som förklarade funktionerna av olika sorters fotocellssensorer och de olika mätningstekniker för givare.

Flera olika mätningmetoder undersöktes för att utvärdera den mest lämpliga metoden för designen av en givare för guidningssystemet. Intervjufrågorna var formulerade med tanken att utreda kraven för denna givare. Detta innebar att majoriteten av kraven för givaren hade inget att göra med placering av givaren eller hur den kommunicerar med andra enheter.

Dock ändrade projektet riktning efter den första intervjun med de anställda från ASSA ABLOY. Detta berodde på att under intervjun gav företags handledare en djupare förklaring av guidningssystemets funktioner och hur ASSA ABLOY hade förväntat sig att systemet skall positionsbestämma lastbilen. Mer information om intervjun och funktioner tas upp i 3.2.1. Det blev då tydligt efter intervjun att det inte var möjligt att uppfylla alla funktioner med endast en givare. Därmed skiftades fokus på projektet till att kombinera givare för att uppfylla alla funktioner och krav, som en ensam givare inte kunde uppfylla. För en överblick av den nya arbetsprocessen se Figur 15.



Figur 15 Överblick av processen från undersökning av givare till slutkoncept

3.1 Undersökning av givare

Undersökningen började innan intervjuer med de anställda på ASSA ABLOY för att samla information om kundkraven. Dessutom gjordes undersökningen parallellt med kundbehovs intervjuerna och konceptutveckling.

Det var efter de första intervjuerna som det blev tydligt från ASSA ABLOY att sensorlösningen behövdes för olika sorters lastbryggor och dockningsstationer. Dessutom skulle sensorlösningen användas i andra miljöer än Skandinavien då ASSA ABLOY har kunder i Belgien, Nederländerna och Luxemburg med samma behov av en sensorlösning. Av denna anledning ställdes det högre hårdvarukrav på givardesignen. Därför beslutades att skifta fokus på att införskaffa en färdig givare och i stället undersöka en placeringslösning av givaren. Däremot visade det sig att ingen av de undersökta givarna kunde ensamt bemöta alla kundkrav (se Bilaga C Samlade kundkrav) och att placeringen hade få fungerande platser gemensamt för alla de olika sorternas lastkajer. Följaktligen uteslöts förslaget att bara ha en ensam givare och i stället skulle flera givare paras ihop för att kompensera för döda vinklarna och uppfylla kundkraven.

Undersökningen gällande givare tog sin början med att titta på och samla information från flera olika tillverkare av distansmättningsgivare. Följande tillverkare studerades bland annat Micro-Epsilon, OMRON, Baumer, SICK och OEM [37,38,39,40,41]. Från deras sortiment av produkter kunde flera sensortyper uteslutas då de inte uppfyllde kraven:

- Distansmätare vilket kräver fysisk kontakt kunde uteslutas, till exempel linjära magnetisk givare eller dragvajergivare.
- Distansmätare vars maximala räckvidd är för låg för användning, till exempel virvelströmssensorer, kapacitiva sensorer eller induktiva sensorer (linear variable differential transformer (LVDT)) [37].
- Direktavkännande fotocellsensorer uteslöts som distansmätare på grund av den stora variationen i mätningar beroende på objektets färg [16].

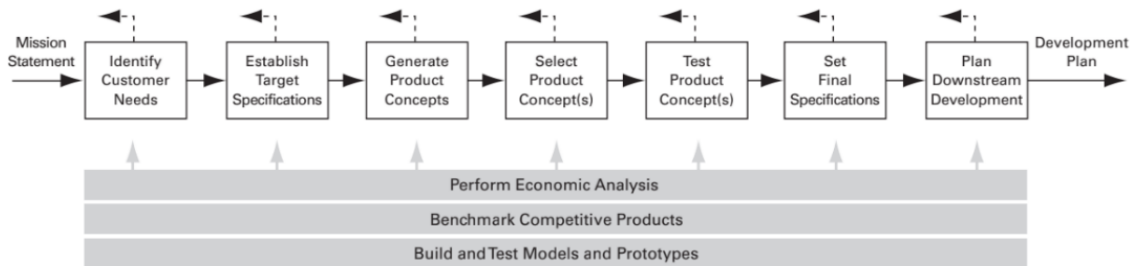
De återstående sensortyperna användes sedan vid sista konceptutvärderingen, där en lämplig givare från undersökningens givarlista valdes till varje delkoncept.

3.2 Ulrich och Eppinger produktutveckling

Den generella metoden för att utveckla ett koncept följde nära produktutvecklingsmetoden som beskrivs i "*Product design and development*" av Karl T. Ulrich och Steven D. Eppinger [2]. Denna produktutvecklingsmetod är bland de mest använda metoder när det kommer till framställning av en ny produkt [42]. Till skillnad från boken hoppades produktplaneringsstadiet över då antagandet i början av projektet, var att majoriteten av arbetet skulle vara undersökningen av sensorer. När skiftet från undersökning och utvärdering till placeringskoncept visad i Figur 15 skedde, var det mer effektivt att påbörja produktutvecklingsprocessen direkt än att göra om planeringsstadiet.

Eftersom det varken hittades en liknande sensorbaserad lösning hos andra konkurrenter eller erfarenheter från liknande projekt hos ASSA ABLOY blev processen nerskalad och anpassad för

att stämma överens med projektets resurser och tidsramar. Därmed genomfördes det ingen omgående ekonomisk analys eller testning vid varje steg under processens gång, se Figur 16. Av samma skäl gjordes inga iterationer av varje steg till skillnad från Ulrich och Eppinger [2].



Figur 16 Flödesschema av produktutvecklingsmetoden enligt Ulrich och Eppinger [2]

3.2.1 Kundbehov

Enligt produktutvecklingsmetoden identifierades kundkraven via intervjuer med syftet att öppna en diskussion angående behoven för sensorlösningen [2]. Intervjuerna genomfördes internt på ASSA ABLOY, personalen som deltog hade kompetenser och erfarenheter från att ha arbetat med lastbryggor och dockningsstationer. Eftersom det var en liten grupp, blev antalet intervjuer begränsat. Att det endast intervjuades internt var på grund av bristen på existerande sensorlösningar från konkurrenter, med samma komplexitet. Se Bilaga B.1 för bilaga av intervjufrågorna och svaren.

ASSA ABLOY hade därmed definierat funktionerna för guidningssystemet som skulle uppfyllas av projektets slutkoncept efter de första intervjuerna:

- Systemet bör kunna mäta och identifiera lastbilen på upp till sex meters avstånd, med en noggrannhet av ± 50 mm ifrån två meters avstånd.
- Systemet skall kunna meddela ifall lastbilen är vid stopplinjen framför lastkajskanten.
- Under backningen ska systemet identifiera när lastbilen är utanför marginalen för centrerung med lastkajens vilket innebär att lastbilen är på en bana mot att kollidera med vädertätningen.
- Systemet skall kunna detektera personal två till tre meter från lastkajens kant när systemet är aktivt. Detta för att skicka en varningssignal om att det finns personal i risk att klämmas mellan lastkajen och lastbilen.

Flera vägledningar från Ulrich och Eppingers bok användes för att få fram kundkraven av dem som intervjuades [2]. Intervjustrukturen var utformad på ett sätt som möjliggjorde fördjupade diskussioner och förklaringar för att få en bättre bild av kundbehoven. En whiteboard för att få en visuell kontext där kunden på ett lättare och smidigare sätt kunde beskriva problemet och visa förslagslösningar och angreppspunkter, också enligt rekommendationerna.

Efter intervjuerna samlades all information för att få fram de konkreta behoven gällande sensorlösningen, se Bilaga B.2 för tolkningen av behoven. Det som divergerade från den traditionella identifieringen av kundbehov, var att intervjufrågorna var gjorda när antagandet var att det enbart skulle vara en givare. Detta gjorde att frågorna som ställdes vid intervjuerna inte

fokuserade på en hel lösning utan i stället på kraven för givaren. Därför lades fokus på de kraven som var relaterade till givaren i stället för givarens placering.

Efter att svaren tolkades översattes de till kvantitativa värden med enheter som hjälpte att välja lämpliga givare från undersökningen i 3.1. Listan över kraven blev 49 punkter, med ett idealvärde och ett marginalvärde för varje punkt, se Bilaga C. Vissa krav överlappar varandra med samma värdetyp till exempel kravet på individuella IP-klassificering och kravet på temperaturer från ASSA ABLOYs kunder i olika länder. Dessa bevarades i listan för att behålla komplexiteten av de tolkade kraven.

3.2.2 Konceptutveckling

Konceptutvecklingen började med ett möte med de anställda på ASSA ABLOY som hade erfarenhet med liknande projekt. Deras arbete var relaterade till användningen av bildhanteringsprogram för att undvika och registrera kollisioner med vädertätningen med hjälp av en AXIS P1445-LE kamera (gammal kamera). Brainstormingen under mötet var grunden till flera av placeringskoncepten.

Metoden bakom konceptgenereringen var att inte förutsätta att konceptet bör vara gjord för alla sorters vädertätningar eller för både autodock och gropmonterade. Koncepten behövde dessutom inte utföra alla funktioner ensamt utan bör minst uppfylla en funktion. Därmed kallades genererade koncepten i detta stadie för delkoncept. Denna term används vidare för alla koncept som kombineras till konceptkombinationer senare i 3.2.4. Val av sensortyp för varje delkoncept togs från givarlistan i 3.1 och valdes intuitivt efter vad som verkade lämpligt för delkonceptet.

För att underlätta sorteringen och sedan kombinerat till konceptkombinationer. Skapades fem konceptkategorier ut av gemensamma egenskaper från givarnas funktioner och kundkrav.

- **Distans:** att definiera hur långt ut från lastkajens kant delkonceptet bör kunna mäta. Termen "lång" innebär att delkonceptet kan mäta en trailer från mer än **sex meters** håll. Termen "mellan" betyder att räckvidden för mätningen var mellan **två och sex meter**. Termen "kort" mäter delkonceptet upp till **två meter** ifrån lastkajens kant.
- **Upplösning:** detta gav en antydning om delkonceptets teoretiska upplösning eller noggrannhet för den primära valet av sensortyp. Det som påverkade och kunde ändra upplösningen eller noggrannheten var hur stabilt givaren var monterad och hur utsatt för störningar eller slitage den var. En "hög" upplösning innebar att noggrannheten var mindre än $\pm 50 \text{ mm}$ enligt kundkravet. "Medium" betydde att noggrannheten var över $\pm 50 \text{ mm}$, men mindre än $\pm 150 \text{ mm}$. Detta betydde att delkonceptet inte kunde användas för att mäta vid stopplinjen, men den var bra nog att mäta från två meter och längre ifrån kanten. En "låg" upplösning betydde att det var osäkert med upplösningen och noggrannheten för delkonceptet och att det skulle behövas en praktisk testning för bedömning.
- **Avståndsmätning:** detta visade om delkonceptet hade placerat givaren så att den kunde uppfatta avståndet från lastkajens kanten linjärt.
- **Vinkel:** detta visade om delkonceptet hade placerat givaren/givarna i ett läge som kunde uppfatta vinkel på lastbilstrailer vinkelrät mot lastbryggans kant.

- **Centrering:** detta visade om delkoncepten hade placerat givare i centrum av lastbilstrailer som sen kunde jämföras med lastbryggans centrum.

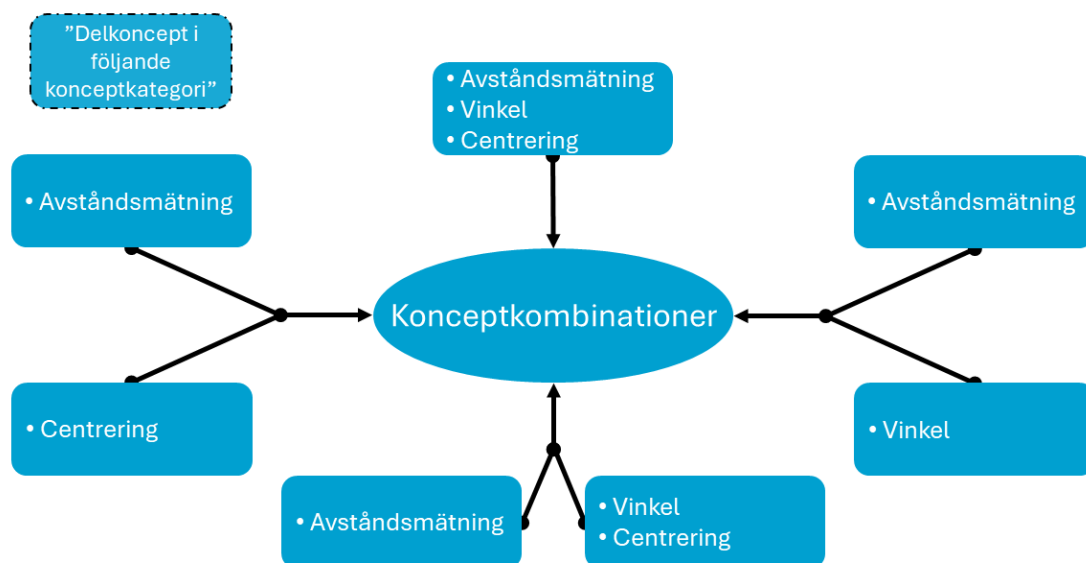
Alla delkoncept tillhörde distans- och upplösningsskategorier. Dock var avståndsmätning-, vinkel- och centreringsskategorier individuellt bedömt. Därmed kunde ett delkoncept ha en, två eller tre av dessa kategorier.

Totalt genererades 21 delkoncept (Tabell 1) varav 15st har kategorin avståndsmätning, 12st har kategorin vinkel och 18st har kategorin centrering.

Se komplett delkoncept lista och delkonceptbeskrivningar i Bilaga D.

3.2.3 Konceptutvärdering

Delkoncepten kunde kombineras i par (Tabell 2) och detta skapade flera kombinationer. En komplett konceptkombination bör innehålla ett delkoncept i avståndsmätningsskategorin och ett annat delkoncept i ett utav vinkel- eller centreringsskategorier, se Figur 17. Detta är för att ett komplett slutkoncept måste kunna uppfatta distansen mellan lastbilen och lastkajen samt hur väl centrerad bakningen är. Mellan centrering- och vinkelkategorierna, fanns det totalt 19 delkoncept. Detta var på grund av hur majoriteten av vinkelkategorierna även hade centreringsskategorin.



Figur 17 Överblick av hur delkoncept paras ihop för att bilda ett kombinationskoncept

Under beräkningen för antalet kombination användes antagandet att de delkoncepten som kombinerades med sig själva, alltså ensamt delkoncept i alla tre eller rätt två unika kategorierna, var ett delkoncept med potential att vara en komplett lösning, se på toppen delen av **Error! Reference source not found.** Utav de 21 delkoncepten var det 15 delkoncept i avståndsmätningsskategorin som parades ihop med en av de 19 delkoncept i centrering- eller vinkelkategorierna. Efter att ha exkluderat konceptkombinationer som var upprepade kombinationer, blev antalet lämpliga konceptkombinationer upp till 207 potentiella koncept, se ekvation 1.

$$19 \times 15 - \text{dubbletter} = 207 \quad (1)$$

Enligt Ulrich och Eppinger produktutvecklingsmetod skulle nästa steg vara konceptsällning [2]. Dock ansågs deras konceptsällningsmatris var en allt för grov sällningsmetod för det begränsade antalet delkoncept. Därmed användes produktpoängsättning direkt som en mer detaljerad jämförelse av koncepten. Detta var för att undvika att utesluta för många delkoncept och därmed ej ha nog för konceptkombinationer.

En konceptpoängsättningsmatris likt Ulrich och Eppinger [2], skapades med sju utvärderingskriterier, se Tabell 1.

- **Uppsikt:** hur väl delkonceptet kan se lastbilstrailer och stopplinjen under hela backningen.
- **Ej Blockerande:** hur lite delkonceptet blockerar lastbilen när den backar in eller en truck som lastar av från trailern.
- **Tillgänglighet:** hur lättillgänglig givaren är för reparation eller service.
- **Enkelhet:** hur lätt delkonceptet är att installera och arbeta med.
- **Kajkompatibilitet:** hur många olika sorters dockningsstationer delkonceptet fungerar för.
- **Sensortyper:** antalet sensortyper som fungerar med delkonceptet.
- **Antalet Sensorer:** hur många givare delkonceptet behöver för att fungera.

Likt konceptpoängsättningsmetoden enligt Ulrich och Eppinger rekommendation, betygsätts delkoncepten på en skala 1–5 enligt Figur 18 [2].

Relative Performance	Rating
Much worse than reference	1
Worse than reference	2
Same as reference	3
Better than reference	4
Much better than reference	5

Figur 18 Betygskala för konceptutvärdering enligt Ulrich och Eppinger [2]

Vid val av referens användes delkoncept 6 Overview sensor, för hur ofta den användes i exempel i diskussion och brainstorming. Dock var det tre kriterier som valdes med andra delkoncept för att det ansågs vara en mer passande referens. Referenserna var markerade med gult för tydlighets skull vilket observeras i Tabell 1. Blå betydde att delkonceptet mätte distans, medan orange betydde att delkonceptet mätte vinkel. Centrerings markerades med prickmönster ovanpå färgen, på grund av hur överlappande centrerings var med avståndsmätning och vinkel. Delkoncepten markerades med linjemönster betydde att delkonceptet hade alla tre kategorierna.

Den sista raden i Tabell 1 var resultatet utav konceptutvärderingsmatrisen för alla delkoncept, rangordnat 1–21 efter högsta betyg. Detta är förtydligat med en färggradient från grön till röd, där den mörkare gröna representerade bättre betyg medan mörkare röd representerade sämre betyg. De fem bästa delkoncepten markerades med en grön checkboxikon för att förtydliga vilka delkoncept fortsatte till nästa utvärdering. Dock var dessa fem (19, 2, 4, 20, 18) delkoncepten inte tillräckliga för att bilda nog med konceptkombinationer för nästa steg. Därmed valdes i stället

de första sju bästa delkoncept (19, 2, 4, 20, 18, 6, 5) för att ha tillräckligt många konceptkombinationer för den sista utvärderingen.

Tabell 1 Konceptpoängsättningsmatrisen för konceptutvärderingen av delkoncept

	Nr Vikt	Hysteri Mätning	Port Sensorer	Sensor ovan porthålet	Block Sensor	LiDAR ridå	Overview sensor (Referens)	Inre sidoväg monterning	Plastskyddad sensor	Top down sensor	Takfällarm sensor	Sidofällarm sensor	Sidotättnings sensor	Sidotättnings sensor 2	Sensor i Parkeringsavdelare	Sensor i marken (Synlig)	Sensor i marken (Nedgräven)	Sjunkbara sensor	Lastkaj sensor	Mobil sensor:setup	Sensor stolpe	Plastskyddad distans sensor	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Uppsyn	25%	3	4	2	4	4	3	2	2	1	4	4	2	3	2	2	3	2	4	4	4	4	2
Ej Blockerande	10%	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	1	1	4	5	5	4	4	5	4	3	
Tillgänglighet	5%	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	2	5	1	2	
Enkelhet	15%	2	2	3	3	3	3	3	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	
Kajkompatibilitet	20%	2	4	2	4	3	3	1	2	2	2	2	2	2	4	5	5	1	4	4	5	2	
Sensortyper	15%	3	5	3	4	1	2	3	3	2	1	1	1	3	3	1	1	3	2	4	3	3	
Antal Sensorer	10%	3	3	4	3	2	4	3	3	4	4	3	2	2	2	1	1	3	3	5	3	3	
Total	100%	2,6	3,5	2,6	3,5	2,75	2,9	2,3	2,35	2,35	2,65	2,45	1,8	2,2	2,55	2,45	2,7	2,1	3,2	3,95	3,35	2,35	
Rank		11	2	10	2	7	6	18	16	15	9	13	21	19	12	13	8	20	5	1	4	16	

3.2.4 Konceptkombinationer

Från resultaten av konceptpoängsättningen, valdes de översta sju delkoncepterna för att bilda kombinationskoncept. Delkoncept 19, 4, 2, 10, 18, 6 och 5 (se Bilaga D), gav 14 möjliga tvådelkoncept-kombinationer, se Tabell 2. Detta berodde på att vissa delkoncept ej gav en funktionell kombination. Till exempel delkoncept 4, blocksensor och delkoncept 18, lastkajsensorn, båda hade givarna placerade i samma område, och därmed gav ingen förbättring till varandras mätning. Eller hur delkoncept 20 sensorstolpe och delkoncept 5 LiDAR-ridå, ej kunde kombineras för att ingendera av delkonceptet hade en bra uppsikt på stopplinjen. Därmed kunde de inte uppfylla uppgiften att kontrollera om lastbilen är parkerad eller ifall personal är mellan lastbilstrailern och lastkajskanten.

Med hjälp av den tidigare kategoriseringen av delkoncepten för deras mätningsmetod var det enklare att identifiera de delkonceptkombinationer som troligen kommer att fungera tillsammans. De konceptkombinationerna som eftersöktes var konceptkombinationer med ett delkoncept som primärt var avståndsmätningsskategorin, kombinerat med ett delkoncept som var antingen centreringskategori, vinkelkategori eller båda. Efteråt beslutades vilket av de två delkoncepten som skulle ansvara för vilken mätuppgift utav distans, centrerings och vinkel. Detta var för att underlätta val av sensortyp för delkoncepten i konceptkombinationen.

Tabell 2 Kombinationskoncept och val av givare för distans-, vinkel-, centreringsmätning. Nummer 1 och 2 representerar ifall givaren är ifrån det primära eller sekundära konceptet, respektive

<i>Koncept nr</i>	<i>Primära koncept</i>	<i>Sekundära koncept</i>	<i>Distans sensor</i>	<i>Vinkel sensor</i>	<i>Centrerings sensor</i>
19-00	Mobil sensorsetup		Mikrovåg ¹	Mikrovåg ¹	
19-20	Mobil sensorsetup	Sensor stolpe	Mikrovåg ¹	Mikrovåg ¹	Bildhantering ²
19-06	Mobil sensorsetup	Overview sensor	Mikrovåg ¹	Mikrovåg ¹	Bildhantering ²
19-05	Mobil sensorsetup	LiDAR ridå	Mikrovåg ¹	Mikrovåg ¹	LiDAR ²
19-18	Mobil sensorsetup	Lastkaj sensor	Mikrovåg ¹	LiDAR / Mikrovåg ²	LiDAR / Mikrovåg ²
02-18	Port Sensorer	Lastkaj sensor	Mikrovåg ¹	LiDAR / Mikrovåg ²	LiDAR / Mikrovåg ²
02-20	Port Sensorer	Sensor stolpe	Mikrovåg ¹		Bildhantering ²
02-06	Port Sensorer	Overview sensor	Mikrovåg ¹		Bildhantering ²
02-05	Port Sensorer	LiDAR ridå	Mikrovåg ¹		LiDAR ²
04-06	Block Sensor	Overview sensor	LiDAR ¹	LiDAR ¹	Bildhantering ²
04-20	Block Sensor	Sensor stolpe	LiDAR ¹	LiDAR ¹	Bildhantering ²
20-18	Sensor stolpe	Lastkaj sensor	LiDAR / Mikrovåg ²	LiDAR / Mikrovåg ²	Bildhantering ¹
18-06	Lastkaj sensor	Overview sensor	LiDAR / Mikrovåg ¹	LiDAR / Mikrovåg ¹	Bildhantering ²
05-18	LiDAR ridå	Lastkaj sensor	LiDAR / Mikrovåg ²	LiDAR / Mikrovåg ²	LiDAR ¹

3.2.5 Sista konceptutvärdering

Den sista utvärderingen av de 14 konceptkombinationer (Tabell 2) gjordes i ett intuitivt urval, där konceptkombinationerna eliminerades efter känsla, enligt Ulrich och Eppingers rekommendationerna för alternativa konceptutvärderings metoder. För- och nackdelar av varje konceptkombination diskuterades öppet likaså de eventuella komplikationer med installation eller service som ASSA ABLOY skulle behöva tillhandahålla kunderna. Efter att ha eliminerat ut de konceptkombinationer som inte kändes vara fungerande koncept, återstod det endast sex konceptkombinationer (som beskrivs i 4.2).

Därefter studerades vilka slutkoncept som var möjliga att testa inom den tidsram som var kvar, för att bevisa konceptkombinationernas genomförbarhet. Slutkoncept med bildhanteringsdelkoncept blev utvalda för att det var möjligt att utföra ett tidigt “proof of concept”-test. Resterande slutkoncept behålls för framtida studier. Dessutom hade bildhantering flera inbyggda funktioner för att kunna lösa andra problem såsom detektion av personal på fel plats.

3.3 Kameratest

Axis kameror valdes som givare för deras tidigare användning i liknande projekt internt på ASSA ABLOY. Dessutom hade Axis applikationsfunktioner breddare användning än andra

bildhanteringsprogram bland de olika vision-systemen undersökta för projektet. Den avgörande funktionen för Axis bildhanteringskameror var applikationen Axis Object Analytics, Axis egna AI-assisterade objektidentifieringsprogram [36]. Applikationen släpptes 2020 och var därmed ny för ASSA ABLOYs personal, vilket betydde att det inte fanns någon referens om applikationens effektivitet för denna lösning. Därför testades applikationens objektidentifiering förmåga, samt kamerans perspektivförvrängning.



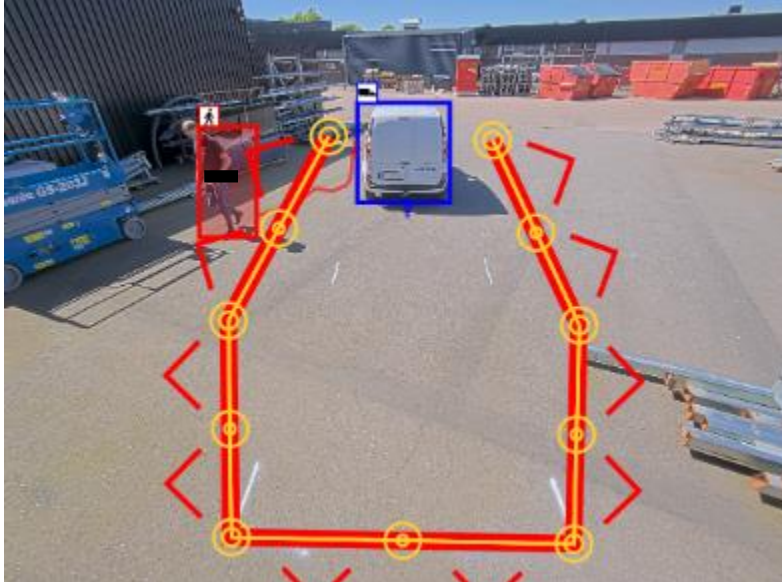
Figur 19 Vy från sidan av upplägget för kamera testet. Parkeringsområdet är markerad i vit runt lastbilen och kameran är monterad på undersidan av andravåningen av trappan.

Testet gick ut på att placera kameran på en hög position över en öppen yta, med markeringssprej för att simulera parkeringslinjerna och lastbryggan, se Figur 19 och Figur 20. En lätt lastbil användes som ett substitut för en tung lastbil för att testa objektidentifieringen i rörelse. Dessutom studerades hur perspektivförvrängningen berodde på distansen från kameran till fordonet.



Figur 20 Parkeringsområdet utan och med lastbilen parkerad. De två horisontella linjerna representerar början av exkluderingszonen för personal.

Vid testningen backade den lätta lastbilen mot kajkanten. Därefter markerades linjer direkt i applikationen för de synvinklar som blockerades av den lätta lastbilen, detta för att skapa triggerlinjerna i objektidentifieringsprogrammet. Se Figur 21.



Figur 21 Första utformning utav korsningslinje för exkludering

För objektidentifieringstestet med personal markerades ett område med horisontella linjer två meter från stopplinjen närmst nederkant i kameranssynfält, se Figur 20. Därefter gick personal diagonalt över exkluderingsområdet, för att testa noggrannheten i hur snabbt objektidentifieringens kunde upptäcka personalen. Dessutom testades vad och hur mycket av en person som kunde exkluderas från kamerans synfält och fortfarande identifieras av objektidentifieringen. Sist testades programmets förmåga att identifiera en person från extrema vinklar.

Inledningsvis användes applikationens linjekorsningsfunktion, denna funktion triggar en signal endast då de utvalda objekttyperna, så som lastbilar, korsar de utritade linjerna i den bestämda riktningen [43]. Tanken var att funktionen skulle tillåta lastbilen att korsa triggerlinjen utifrån parkeringsområdet när lastbilen först backar in i parkeringsområdet för att ta hänsyn till lastbilens inre svängradie. Detta utan att trigga en varning, men om lastbilen korsar linjen inifrån parkeringsområdet, det vill säga när lastbilen backar snett, ska den triggas. Efter den primära testningen observerades att linjens mönster tillät stor felmarginal på den lätta lastbilens bana. När linjen ritades efter perspektivförvrängningen av lastbilen, lede det till en progressiv större felmarginal för lastbilens centrerung ju lägre lastbilen var positionerad från kameran, se Figur 21.

Därefter ersattes linjekorsningsfunktionen med objekt-i-zon för guidningen [43]. Objekt-i-zon funktionen triggar en signal när de utvalda objekten träder in i den markerade zonen. I denna rapport definieras även dessa zoner som exkluderingszoner. Två zoner placerades på varsin sida av parkeringslinjerna med separata varningar för att upplysa vilken sida lastbilen identifierades. Flera tester gjordes för att identifiera vilken marginal inåt ifrån parkeringslinjerna som var optimal.

4 Resultat

4.1 Val av sensortyper

Under utredningen av sensortyperna (3.1) för konceptkombinationerna blev det tydligt att vissa sensortyper fungerade bättre än andra. Till exempel visade det sig att laserbaserade givare vara för känsliga för vibrationer ifall de ska vara kalibrerad på en punkt i en längre period, vilket innebar en risk för de delkoncepten som använde det tidigare i utvärderingen. De resterande delkoncepten fungerade inte med en punktmätande givare. Därmed uteslöts laseravståndsmätare, lasersensorer med triangulering och VCSEL. Ultraljudsensorerna och de infraröda sensorerna visade sig vara mindre noggranna och mindre pålitliga än mikrovågsensorer och radar på längre avstånd, och påverkades mer av klimat och nedsmutsning [44]. Detta resulterade i att endast tre sensortyper återstod med potential till användning på en dockningsstation.

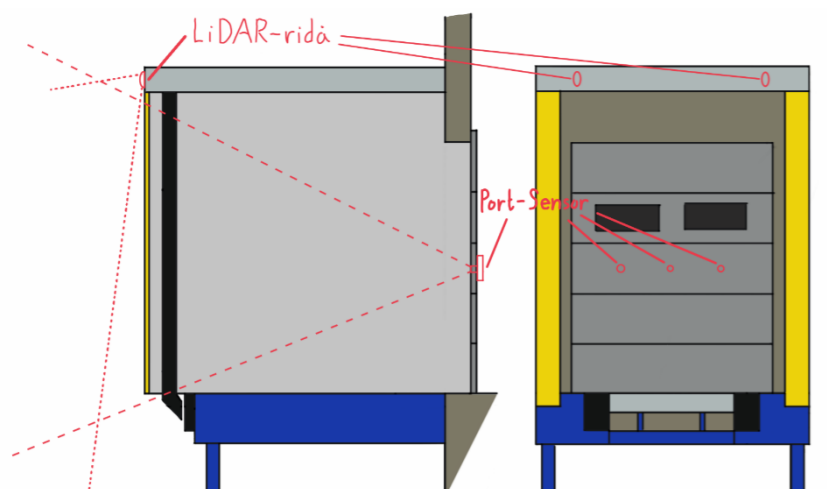
- Radarsensor och mikrovågsensor
- LiDAR
- Bildhantering.

4.2 Sista konceptvalen

Utifrån den sista konceptutvärderingen i 3.2.5 valdes sex sensorbaserade lösningskoncept genom en intuitiv utrustning utav konceptkombinationer från de 14 som hade kombinerats med de vinnande delkoncepten. De vinnande delkoncepten hade sedan tidigare utvärderats efter utvalda kriterier listade i 3.2.3. De sex återstående koncepten efter utvärderingen blev följande:

4.2.1 **Koncept 02–05, Port-sensor och LiDAR-ridå**

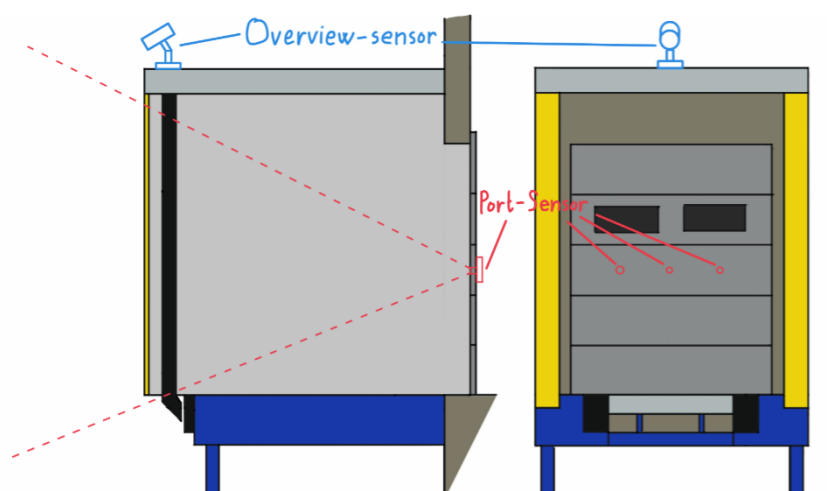
Detta koncept (Figur 22) är en kombination utav Port-sensor (D.2) och LiDAR-ridå (D.5) delkoncepten. Port-sensors oförmåga att centrera lastbilen medan trailerdörren är öppen löses av LiDAR-ridån, då dennas centrering inte är baserad på lastbilens bakdel. På samma sätt ger port-sensorn uppsyn på lastbilen medans den är inom LiDAR-ridåns laser korridor där LiDARn är blind.



Figur 22 Koncept 02–05 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

4.2.2 Koncept 02–06, Port-sensor och Overview-sensor

Detta koncept (Figur 23) är en kombination utav Port- (D.2) och Overview-sensor (D.6) delkoncepten. Med bildhanteringen för Overview-sensor har kameran en dålig uppsyn på stopplinjen samt distansen mellan lastbilen och lastkajen. Med Port-sensor är det möjligt för konceptet att positionsbestämma lastbilen medan den vägleds av bildhanteringsprogrammet. Likt Koncept 02–05 kan Port-sensorns nackdel med öppen trailerdörr kompenseras av Overview-sensorn.

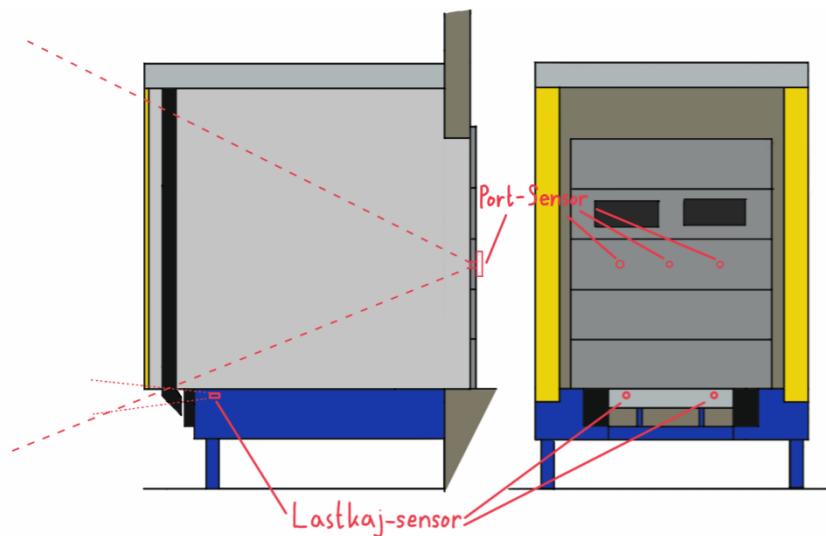


Figur 23 Koncept 02–06 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

4.2.3 Koncept 02–18, Port-sensor och Lastkaj-sensor

Detta koncept (Figur 24) är en kombination utav Port- (D.2) och Lastkaj-sensor (D.18) delkoncepten. Med båda delkonceptens fria sikt vinkelrätt mot lastkajen kompletterar deras

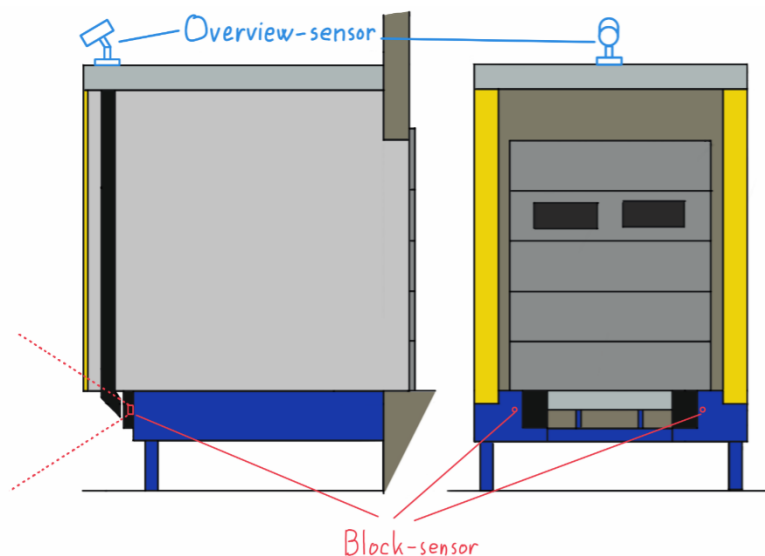
mätvärden varandra och bildar en bättre virtuell uppfattning av trailerbaksidans plana yta. Med det kan lastbilens vinkel beräknas och användas av guidningssystemet.



Figur 24 Koncept 02-18 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

4.2.4 Koncept 04-06, Block-sensor och Overview-sensor

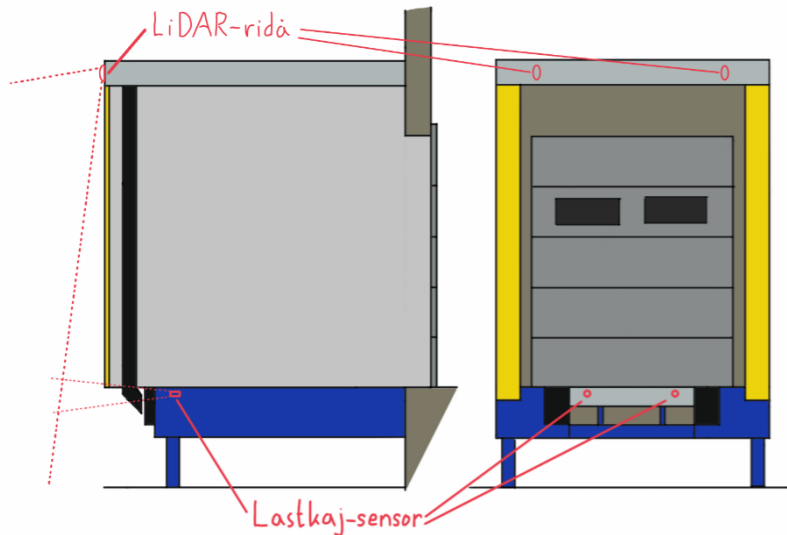
Detta koncept (Figur 25) är en kombination utav Block- (D.4) och Overview-sensor (D.6) delkoncepten. Dessa delkoncept kompletterar varandra som Koncept 02-06, med skillnaden att block-sensorn mäter lastbilens stötfångare, vilket ger en möjlig fördel att kunna mäta med trailer dörren öppen. Dessa slutkoncept bör därför jämföras i test.



Figur 25 Koncept 04-06 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

4.2.5 Koncept 05–18, LiDAR-ridå och Lastkaj-sensor

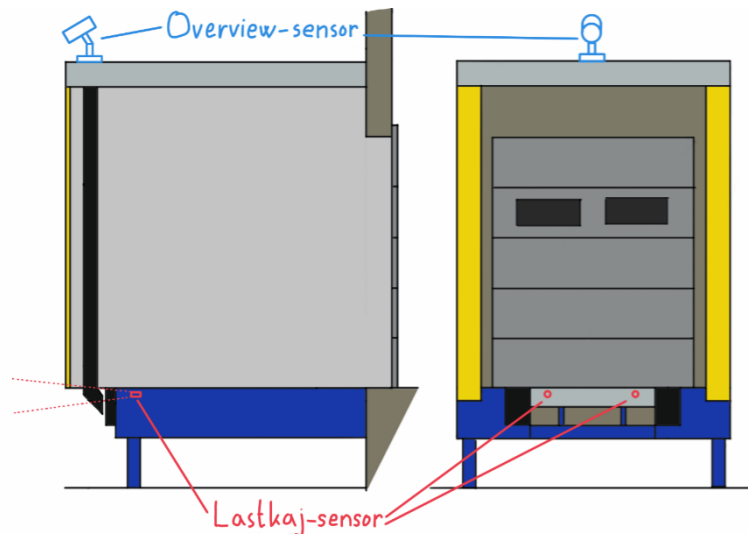
Detta koncept (Figur 26) är en kombination utav LiDAR-ridå (D.5) och Lastkaj-sensor (D.18) delkoncepten. Precis som med Koncept 04–06 och Koncept 02–06 har detta koncept samma förutsättningar för att möjligen utföra bättre mätningar än ett koncept som delar liknande delkoncept, Koncept 02–05. På samma sätt innebär detta ytterligare tester för att kunna jämföra.



Figur 26 Koncept 05–18 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

4.2.6 Koncept 18–06, Lastkaj-sensor och Overview-sensor

Detta koncept (Figur 27) är en kombination utav Lastkaj- (D.18) och Overview-sensor (D.6) delkoncepten. Jämförbart med Koncept 02–06 och Koncept 04–06 i hur givarna kompletterar varandra.

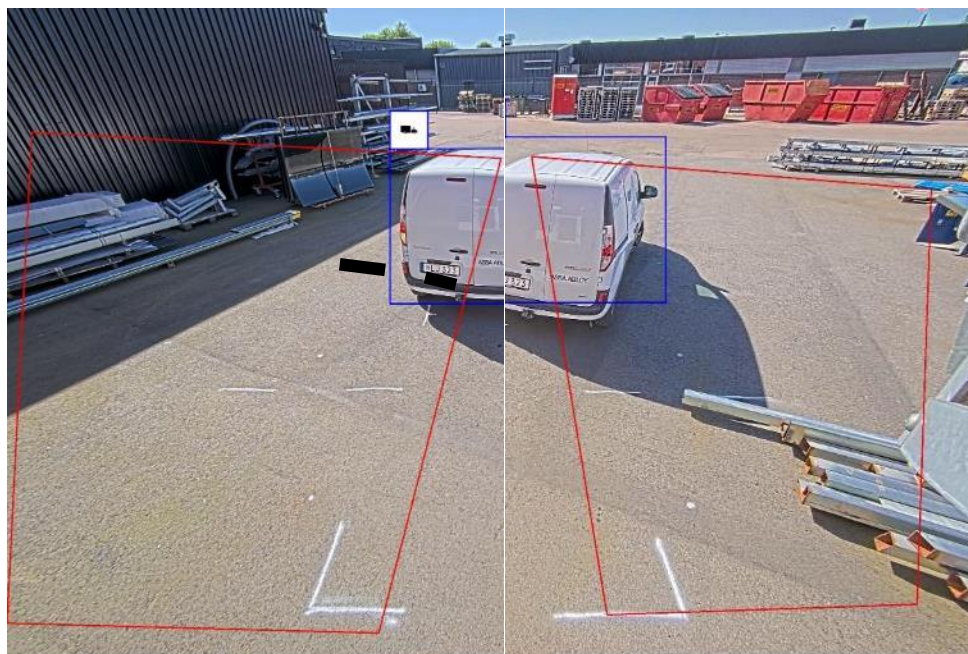


Figur 27 Koncept 18–06 monterat på en autodock med uppblåsbar vädertätning

Dessa sensorkoncept visade potential att fungera för de flesta dockningsstationskonfigurationerna med stor noggrannhet och repeterbarhet. Utav slutkoncepten var det tre (Koncept 02-06, Koncept 04-06, Koncept 18-06) som använde bildhanteringskameran primärt. Dessa var av extra intresse för projektet, eftersom bildhantering har bättre möjligheter att implementera detektering för personal framför lastkajen.

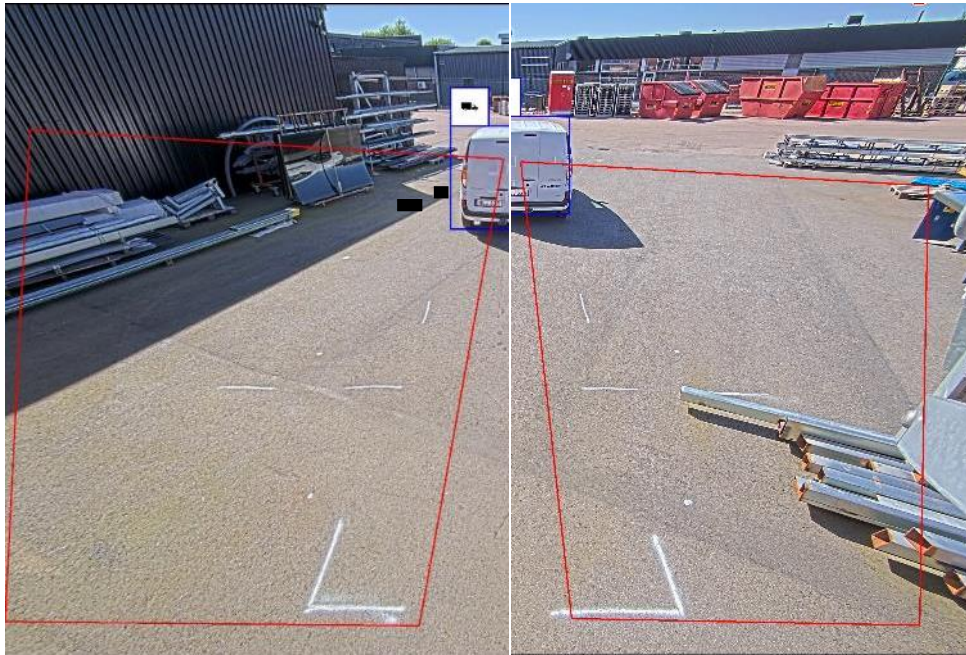
4.3 Resultat av kameratesten

Kameratesterna gjordes för att undersöka de olika möjliga mönster för exkluderingszoner. Dessa zoner finns på varsin sida om parkeringsytan och markerar de områden där lastbilen inte får befinnas sig i. Det var möjligt att trigga separata händelser när lastbilen identifierades i den vänstra eller den högra zonen, visat i Figur 28.



Figur 28 Skärmbild av vänstra och högra exkluderingszonen för test 2

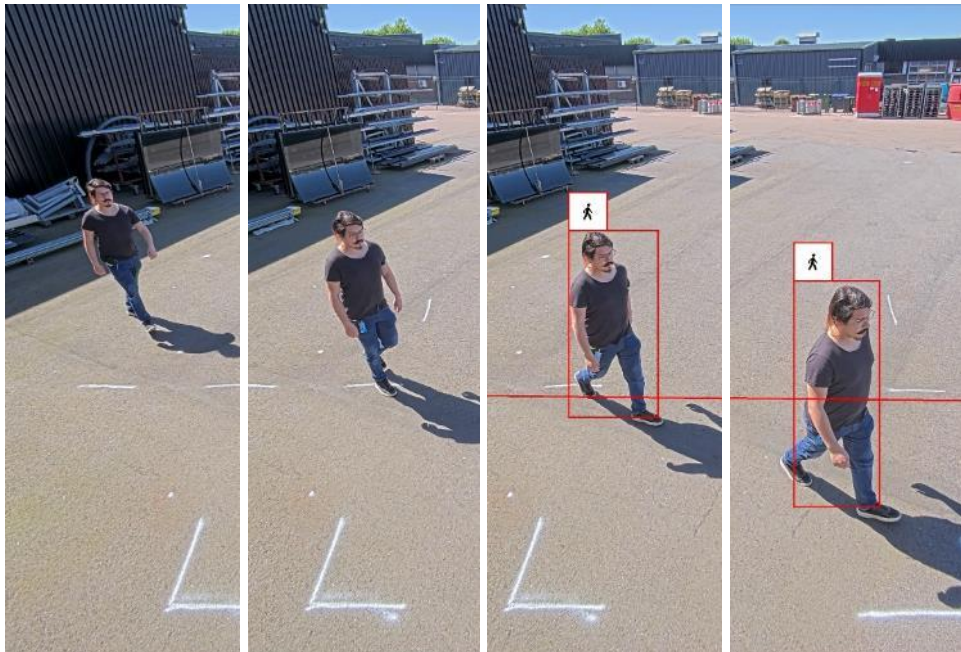
Testerna med exkluderingszonerna visade dock på en betydande marginal för hur mycket av lastbilen som måste vara inom zonen innan det triggades. Detta visades i skärmbilderna av kameravyn från tidpunkten när lastbilen triggade exkluderingszonen. Vid dessa ögonblick observerades en horisontell marginal på 35–50% av lastbilens bredd. Detta menades att triggnade av funktionen inte skedde ögonblicket objektet trädde in i zonen, utan efter en vis marginal av objektet trädde in i zonen. Skillnaden i marginalen observerades mellan Figur 28 och Figur 29.



Figur 29 Skärmbild av vänstra och högra exkluderingszonen för test 3

Vad som observerades var skillnaden i den vertikala marginalen, där för test nummer två var hela baksidan inom området, medan för test nummer tre var ungefär 50% inom zonen. Den enda skillnaden mellan testerna var zonernas utformning. I test tre flyttades zonernas lägre hörn närmast parkeringszonen närmre till mittpunkten av parkeringszonen jämfört med test 2.

Testerna för detektering av personal i zonerna visade på en snabbare respons för detektering av människor. När personalen korsade exkluderingszonen diagonalt, triggades varningen direkt efter foten korsade linjen. Vilket observerades i inspelningen av testet, se Figur 30.

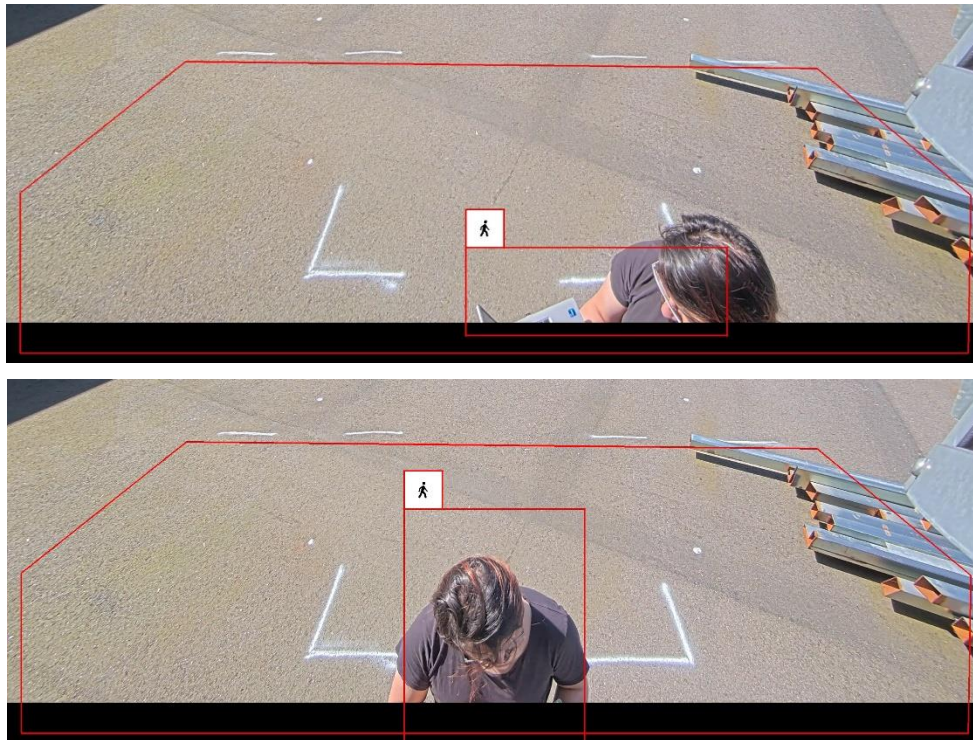


Figur 30 Serie av skärmbilder av detektering av människor som går diagonalt över exkluderingsområdet

I testerna för detektering av individuella kroppsdelar, demonstrerades att en underarm eller ett helt ben räckte för att trigga varningen, se Figur 31. Resultatet ansågs vara tillräcklig för att påvisa en tydlig identifiering av personal. Dessutom stöddes det av sista testets positivt triggnande av människor och kroppsdelar från extrema vinklar, se Figur 32.



Figur 31 Skärmbild av ögonblicket kameran triggades av armen och benet



Figur 32 Skärmbild på ögonblicket för detektering av människor i extrema vinklar

Hastigheten för när kameran identifierade ett objekt, visade sig vara cirka två sekunder. Detta stämde överens med installationsspecifikationerna för kameran som säger att objekt bör vara i synfältet i två sekunder för att garantera objektidentifiering. De två extra sekunderna för objektidentifieringen påverkade inte de tidigare testerna för guidningen av lastbilen. Detta berodde på att lastbilen befann sig redan inom kamerans synfält innan backningen. Detta innebar att kameran registrerade lastbilen som objekt innan den hade närmast sig zonerna. Personalvarningstesten visade samma beteende för test med personal innanför kamerans synvinkel innan de korsade in i exkluderingszonen.

5 Diskussion

5.1 Slut koncepten

De sex slutkoncepten i 4.2 går att använda för alla varianter av dockningsstationer med minimal modifiering av utrustningen och lasthus. Till exempel i koncept 02–18 (se 4.2.3) är givarna monterade bakom ett portsegment och inuti en lastbrygga, dessa modifieringar för att montera givarna kan då möjligen säljas som tillägg.

Även om det finns endast två koncept med LiDAR-ridå och en med givare i bromsblocket var dessa fortfarande lovande, då den vanligaste tilläggsutrustning för dockningssäkerhet använde nästan identiskt mätningmetoder [45]. Detta stödjer de tre slutkoncept med dessa två delkoncept som en lämplig lösning.

De tre slutkoncepten (Koncept 02–05, Koncept 02–18, Koncept 05–18) som inte innehåller bildhantering är fortfarande lovande. Detta för de i utbyte mot flexibiliteten i AI-objektidentifiering, har en ökad noggrannhet i sin mätning. Med rätt kalibrering och programmering har dessa koncept en större sannolikhet att identifiera lastbiltrailers centrerung. Dessutom, med den precisa distansmätningen är det även möjligt att mäta lastbilens hastighet och vinkel. Detta gör det möjligt att förutse lastbilens riktning och tidigt varna föraren, för de fallen där reaktions- och bromstiden är för lång för att förhindra en kollision med till exempel bildhantering eller givare med långsammare återkoppling.

De tre slutkoncepten (Koncept 02–05, Koncept 02–18, Koncept 05–18) utan bildhantering har större utvecklingspotential då de inte är kräver en tredjepartsprogramvara. Då kan rådata från givarna användas i en egen programvara med de funktioner och filter ASSA ABLOY själv önskar. Dessutom behövs ingen tredje part för att uppdatera program- eller hårdvaran. Men detta kräver att ASSA ABLOY tillför egna resurser för att skapa och uppdatera programvaran.

5.1.1 Sensorval

Det finns många givare på dagens marknad med antingen breda applikationer eller designade för att lösa ett specifikt problem. Detta gjorde undersökningen av sensortyper mer tidskrävande då det existerar flera varianter av samma givarmodell. Detta resulterade i en undersökning av alla varianter, då det förekom att endast en av varianterna uppfyllde kundkraven för en given modell.

I början av projektet fanns det en oro om vissa givare skulle kunna vara skadliga för personal vid användning eller att vissa störningar som kan förekommer inom generell industri och som kan försämra givarens noggrannhet. Men dessa problem löstes av EU:s konformitetsregler, då det inom EU har lagts fram flera olika regler för hur olika sorters produkter och industristandarder skall följas [46]. För att veta vilka produkter som följer de lämpliga EU-reglerna, ska man

kontrollera om produkterna är CE-märkta [47]. Därför var det enkelt att se vilka givare som uppfyllde den europeiska standarden för hälsa och säkerhet [48]. Vidare finns det en europeisk standard för mängden störningar och utsläpp industrin ska hålla sig under [49]. Därmed behövdes det endast kontrolleras ifall givaren var CE-märkt för industri användning och tyda ifall givaren kunde klara störningarna som producerades av industrin.

Resultatet för valen av sensortyperna gjordes för att begränsa antalet delkoncept i kombinationerna och antalet givare för varje delkoncept. Detta ledde till att sensortyper med mest justerbarhet och funktioner valdes framför resterande sensortyperna. Begränsningen gjordes med antagandet att guidningssystemet inte skulle öka mycket mer i prestanda för varje givare eller delkoncept tillagd utöver två.

Begränsningen stöddes även av ekonomiska skäl, eftersom kostnaden för vissa givare var för höga. Exempelvis kunde LiDAR bilda en 3D-vy av ett objekt ifrån givaren [50]. När flera LiDAR-givare var uppsatta på olika positioner runt objektet kunde systemet bilda en tydligare 3D-modell av lastbilen. Ifall det antas att datamängden inte är det största problemet med flera LiDAR för projektet, skulle det vara kostnaden. En industri anpassad LiDAR kostar mellan 10 000 kr och 100 000 kr [51]. Installationen av tre LiDAR skulle innebära att kostnaden för hela systemet är betydligt högre än kostnaden för vädertätningen vilket kan vara mellan 27 000 – 30 000 för mekanisk och 60 000 – 65 000 för uppblåsbar vädertätning (Personlig kommunikation ASSA ABLOY anställd 2024-05-21). Till och med de billigaste industrinivågivarna, såsom ultraljudsgivare och fotocellgivare var för kostsamma för att införskaffa i en gynnsam mängd [52,53].

Sensorvalen och antagandena visade sig vara rimliga för ASSA ABLOYs prototyp av guidningssystem. De valda sensortyperna uppfyllde alla kundkrav och funktioner som förväntas av ASSA ABLOY, och är kostnadsmässigt billig nog för en produkt åt ASSA ABLOYs kunder.

5.1.2 Konceptval

Det uppstod komplikationer under övergången från antagandet att projektet gällde ett koncept för en givare, till att gälla konceptkombinationer. Detta berodde på att kundkraven gjordes i början med antagandet att en sensor skulle uppfylla alla funktioner begärda av ASSA ABLOY. Kundkraven som var framtagna efter det gamla antagandet gjorde det svårare att utvärdera vilka givarekombinationer som var lämpliga.

Ytterligare påverkan på utvärderingen av koncepten var att det förekom ny viktig information mellan projektmötena under utvärderingsprocessen för både delkoncept och konceptkombinationerna. Under det första brainstormingsmötet med personal från ASSA ABLOY informerades de om hur liknande tester för guidning hade gjorts med laserridåer. Dessa laserridåer gav en visuell gränslinje för lastbilen att följa, men de gav ingen positioneringsinformation eller signal till systemet. Dessutom nämndes det att laserridån endast varade ett par månader, även när levnadstiden för en industristandard lasergivare var cirka 50 000 timmar [54]. Detta skulle innebära att lasermätare inte möte kundkraven på 5 års levnadstid under konstant användning. Men, genom att koppla guidningssystemet till ASSA ABLOYs *Docking management system* (DMS) skulle det vara möjligt att endast aktivera lasergivarna för en kortare period för att tillåta lastbilen ha tid att docka. DMS tillåter lageradministratören att delegera inkommande lastbilar till en dockningsstation och bekräfta när en dockningsstation är ledig efter lastbilen checkat ut vid utgången [55]. Detta betyder att en lasergivare med 30 min användningstid under dockning för ett godtyckligt högt genomsnitt på 15 lastbilar per dag är

aktiv i cirka 13 688 timmar under 5 år. Alltså är lasergivare en lämplig givare ifall den kopplas till DMS. Detta kräver dock att lagret införskaffar DMS med guidningssystemet, annars kommer drifttiden för de laserbaserade givarna öka betydligt. Det är ändå möjligt att koppla aktiveringen för lasergivaren med den andra givaren. Däremot har denna möjlighet ännu inte testats.

Den primära anledningen till att den sista konceptutvärderingen beskriven i 3.2.5, skedde intuitivt i stället för kriteriebaserat, var på grund av hur ny information uppkom vid varje möte. Detta påverkade hur man viktade kriterierna [2]. Ett exempel var hur det innan sista utvärderingsmötet framkom att ibland manipulerar personal de givarna inom nära räckhåll till dockningsstationen. Anledning till manipulationen var att minska tiden spenderat på plats, då viss personal prioriterade tid över säkerhet (E-mejl ASSA ABLOY anställd 2024-04-24). Detta innebar att alla konceptkombinationer med en givare inom räckhåll behövdes övervägas ytterligare under utvärderingen.

Detta gjorde att delkonceptet Mobil sensorsetup (se D.19) var utsatt för större risk att skadas av manipulation än först förväntat. Detta skulle vara extra kostsamt eftersom det var planerat att en mobil sensorsetup skulle användas för flera dockor. På grund av denna svaghet uteslöts alla konceptkombinationer med mobil sensor från listan. Även om delkoncepten med Lastkajsensor och Blocksensor (se D.18 och D.4) var mer tillgängliga ansågs det inte vara lika riskabelt för att det fanns möjlighet att dölja givarna från obehöriga för dessa delkoncept.

Sist uteslöts delkonceptet Stolpesensor (se D.20) på grund av den relativa kostnaden och extra åtgärder som behöver tillsättas för att installera stolparna vid alla dockningsstationer.

Även om det endast var de tre slutkoncepten med bildhantering som valdes för testning enligt 4.2, betydde det inte att de andra tre slutkoncepten var uteslutna. Dessa andra slutkoncept kräver egna tester för att utvärdera deras potential vilket inte fick plats i tidsplanen för projektet. Specifikt behöver utläsningen av LiDAR-mätdata och databearbetningshastigheten testas för att ge ett konkret resultat om givarens potential att fungera effektivt med guidningssystemet [50].

5.1.3 Kameratest

På grund av tidsramarna för projektet och brist på en säker nätverksuppkoppling till en aktiv dockningsstation var det inte möjligt att utföra kameratesterna med en tung lastbil och autodock. Detta betydde att planer för längre inspelning utav en aktiv dockningsstation för att studera variation i trailerutformning och backningsväg ströks. Förutom det påverkades resultatet av att inte kunnat använda ett verkligt upplägg för kameratesten. Det nerskalade upplägget för testet gjorde att perspektivförvrängning inte helt motsvarade den förvrängning som uppstår med en lastbilstrailer och autodock.

Resultatet av testerna visade att det upprepat var möjligt att backa centrerat utan några falska positiva triggingar av exkluderingszonerna. Detta uppvisades även för testerna med något större del av exkluderingszonerna innanför parkeringslinjerna.

Dock finns det tecken på svagheter från Axis Object Analytics, specifikt med noggrannheten av objektidentifiering för objekt i rörelse jämfört med stillastående. Dessutom hur den, för objekt-i-zon, hade en vis tidsfördröjning när objekt lämnade zonen till varningen avslutades.

När lastbilen användes för testningen av exkluderingszonerna, startade testet med lastbilen antingen centrerad vid stopplinjen eller bortom zonerna. Detta gjorde att zonerna objektidentifiering för lastbilen testades endast i rörelse. Antagandet var att skillnaden med

identifieringen för lastbilen i rörelse jämfört mot stillastående var försumbar. Dock upptäcktes det att när lastbilen en gång parkerades utanför testområdet, med endast hjulet innanför högra exkluderingszonen, triggades varningen. Detta tydde på en viss felmarginal på noggrannheten när objektet identifieras i rörelse jämfört med stillastående.

Dock ansågs testresultatet vara bra nog för att ge en insikt på hur kameran bör bli uppställd och justerad. Dessutom ger resultatet en bra grund för utformningen utav exkluderingszonen för objektidentifieringsprogrammet.

5.2 Traditionella givare och bildhantering

Antagandet i början av projektet var att en lösning med traditionella givare skulle lösa problemet. Det antogs att traditionella givare skulle ha mindre komplexitet, eftersom de hade färre signaler att bearbeta och enklare mätningssätt som gav en mer linjär mätning [12]. Dessutom gjordes antagandet att bildhantering inte var sofistikerat nog för att ge en noggrann distansmätning för lastbilar med olika färger och utseenden, se 2.1.4.

Antagandet grundade sig i testerna ASSA ABLOY utförde med en Axis kamera i syfte att undvika och registrera eventuella kollisioner genom videoinspelning, vilket nämnts ovan i 3.2.2. Med den gamla kameran från 3.2.2 var linjekorsnings- och object-in-area funktionerna separata applikationer. Dessutom användes andra applikationer för att avläsa registreringsnumret och inspelningen. Resultatet av dessa tester stödde inte kameran som en lämplig lösning för både undvikande och registrering av kollisioner. Skälet var att flera applikationer behövde köras parallellt för att åstadkomma guidningen. Den gamla kameran kunde inte hantera alla applikationerna samtidigt och därmed övergavs guidningen för att prioritera registrering och inspelning funktionerna. Slutligen hade inte placeringen av den kameran lösts för att få den önskade kameravinkel. Detta tog tid ifrån annan testning och därmed testades aldrig den gamla kamerans förmåga att identifiera olika variationer av lastbilstrailers.

Dock visade det sig att vissa givare var lika komplicerade som bildhantering, med andra ord så var antagandet inte välgrundat. Ett bra exempel på hur en mer traditionell givare kunde vara lika komplicerat var LiDAR. De har ett större synfält och högre vinkelnoggrannhet än de flesta givarna, och har ett rutnät av fler mätpunkter med flera mätvärden per mätpunkt, vilket ökar datamängden [56]. Detta kräver mer arbete än förväntat för att kunna filtrera ut de mest användbara mätvärdena, vilket innebär att LiDAR behöver begränsas i sin hårdvara för att generera färre mätvärden för att minska datamängden. Detta kan åstadkommas genom att begränsa synfältet eller vinkelnoggrannheten. Alternativt, kan hårdvaran på guidningssystemet utökas för att klara av att hantera den extra mängden data som kommer in och på så sätt uppfylla kundbehoven för givare.

Linjäritet (se 2.2.1) var svårare att uppnå med traditionella sensorer än först förväntat, på grund av en oförväntad faktor, som var lastbilstrailers baksida. Baksidan på olika lastbilstrailers visade sig ha stor variation av konfigurationer, detta förklaras i punkt 2.1.3 den tekniska bakgrunden. Därmed fanns det få mätpunkter på baksidan där givarna kunde få ett repeterbart mätvärde. Detta linjära problem blev ytterligare komplicerat av att trailerdörren behövde öppnas innan lastbilen backar in den sista sträckan. Därmed var givare med punktmätning inte lämpliga för koncept med mätpunkter på lastbilstrailers baksida. Av dessa givna skäl uteslöts konceptkombinationerna baserade på laseravståndsmätning, lasersensorer och VCSEL riktade mot lastbilstrailers baksida. De andra delkoncepten som använde sig av punktmätning på andra platser än baksidan var

delkoncept som mätte sidorna av lastbilstrailer, vilket var en gemensam yta för alla trailerkonfigurationer. Exempel på detta kan ses med delkoncept 1 och 14 (se D.1 och D.14).

Antagandet om bildhanteringens förmåga att utföra distansmätning var halvt korrekt. Idag finns det metoder för distansmätning som använder kamera och bildhantering. Dock visade det sig att den vanligaste metoden använder sig utav två kameror placerade parallellt med varandra med ett bestämt avstånd mellan varandra. Objektets avstånds beräknas genom att mäta vinkel som objektet är positionerad bort från kamerans centrumlinje. Dessa vinklar används för att bilda en triangel mellan kamerorna och objektet för att beräkna längden på den linjen som går från objektet till mittpunkten mellan kamerorna. Denna linje representerar objektets avstånd [57]. Metoder för distansmätning med en enda kamera existerade också, men då behövde kameran placeras parallellt med distansändringen och metoden kräver referenspunkter för att bildhanteringsprogrammet ska ge en effektiv mätning [58]. Andra tredjeparts bildhanteringsprogram, för till exempel trafikövervakning, fokuserar mest på hastighet och objektidentifiering, inte distansmätning vilket nämndes i 2.3.3. Det skulle vara möjligt att utveckla en specifik bildhanteringslösning för problemet, men det skulle kräva mer arbete och AI-kompetens än vad som fanns inom projektets rammar.

3D-kameror visade också potential att utföra en adekvat distansmätning. Däremot var de flesta 3D-kamerorna gjorda för objektdimensionering på kortare avstånd [29,59]. Likadant var det med de flesta vision-system för objektidentifiering, som primärt var designade för produktkontroll, staplande och sortering [29,60].

Slutsatsen utav vilken av de traditionella givarna eller bildhantering som var en lämpligare sensorlösning, pekade åt bildhantering. Detta trots att testen med bildhanteringskamera demonstrerade att objektidentifieringen inte var felfri under rörelse. Testet åskådliggjorde att bildhantering kunde utföra flera funktioner samtidigt, som att utföra både guidningen av lastbilen och varning för personal i riskzonen. Traditionella givare har bättre avståndsmätning och snabbare detektering än bildhantering enligt tidsfördröjningen som nämns i 4.3. Fast det krävs flera traditionella givare än bildhanteringskameror för att utföra samma mängd funktioner. Detta med det ytterligare antagandet att en funktion inte behöver flera traditionella givare för att uppnå bildhanteringsens prestanda. Därmed kan båda problemen lösas med en sensorfusion av traditionella givare och bildhantering. Detta har visats öka prestanda i både noggrannhet och funktion [61,62].

6 Slutsats och framtida arbete

Projektets mål var att undersöka möjliga sensorbaserade koncept för en prototyp av ett guidningssystem framtaget på ASSA ABLOY Entrance System. Systemet är menat att guida lastbilsförare att backa in korrekt till dockningsstationen utan att kollidera med vädertätningen. Kraven var att lösningarna skall vara lämpliga för alla ASSA ABLOYS internationella kunder och variationer på dockningsstationer.

6.1 Slutsats

Resultatet av undersökningen var sex koncept (se 4.2) för val av givare och placeringen av givaren på dockningsstationen,

- Koncept 02–05, Port sensor och LiDAR-ridå.
- Koncept 02–06, Port- och Overview-sensor.
- Koncept 02–18, Port- och Lastkaj-sensor.
- Koncept 04–06, Block- och Overview-sensor.
- Koncept 05–18, LiDAR-ridå och Lastkaj-sensor.
- Koncept 18–06, Lastkaj- och Overview-sensor.

Dessa koncept genererades och utvärderades enligt rekommendationerna från Ulrich och Eppingers produktutvecklingsmetod, med mindre modifieringar för att anpassa till projektets ramar. Slutliga utvärderingen utav koncepten gjordes med hjälp av informationen från undersökningen av olika sensortyper tillgängliga på dagens marknad. Data om de olika givarna togs från flera av de större givartillverkare med koppling till den europeiska marknaden. Detta för att försäkra sig om CE-markering, vilket innebär att givaren uppfyller säkerhetskraven och standarden satta av EU.

Det slutliga valet av givare från undersökningen i 3.1 gjordes genom att jämföra produktspecifikationerna med kundkraven. Detta var ett resultat av flera interna intervjuer med ASSA ABLOYS anställda med kompetenser av vädertätning och lasthus, eller liknande projekt.

Projektets tidsramar och resurser gav inte möjlighet att utföra tester med de andra givarna från slutkoncepten, utan endast med bildhantering. Därmed valdes det att endast testa bildhantering, både för hur snabbt och enkelt testen kunde utföras och antalet slutkoncept med bildhantering. Test med bildhanteringskamera utfördes med en Axis P1467-LE kamera och med applikationen Axis Object Analytics. Testen visade möjligheterna med bildhantering och hur den kan utföra flera funktioner parallellt. Dock visade testerna även begränsningen med bildhantering, vilket stödjer projektets teori om en sensorfusionslösning av två separata givare för att undvika kollision med vädertätningen.

Projektet visade hur viktigt det är att utföra en mer utförlig utredning av de kriterier och mål företaget har för examensarbetet. Det är för att undvika ändra riktningen av projektet eller processer på grund av ny information som borde ha upptäckts tidigare. Dessutom visades hur flexibel Ulrich och Eppingers produktutvecklingsmetod med deras beskrivningar av alternativa metoder för varje steg. Detta var väldigt hjälpsamt när den generella metoden för ett steg inte var lämplig för arbetet.

6.2 Framtida arbete

Denna studie har visat hur en sensorbaserad lösning för undvikande av kollisioner skulle kunna se ut enligt ASSA ABLOYs kriterier. Föreliggande studie visar möjliga lösningar, dock krävs fler undersökningar. Sensorteknologi utvecklas snabbt vilket har gjort att givare och visionssystem blir allt snabbare och stabilare. Detta innebär att den teknologiska utvecklingen av sensorer och bildhanteringskameror inom den närmsta framtiden kan ledda till att dagens produkter är helt utdaterad. Likt hur den gamla Axis kameran införskaffat av ASSA ABLOY var avvecklad, även när kameran endast var 6 år gammal. Därför bör en ny utvärdering utav givare och bildhanteringskameror utföras omgående för att följa med utvecklingen.

Exempel på denna utveckling med traditionella givare visas med radar som har gått från en 3D-radar till 4D-radar. Den största skillnaden mellan dessa två radartekniker är att 4D-radar har utöver alla 3D-radarns funktioner, kan mäta objektets höjd [63]. Liknande LiDAR har denna 4D-radar potentialen att uppfylla flera av funktionerna och kraven för projektet vilket innebär att precis som med de andra slut val av sensortyper, att nya tester behövs utföras för att bedöma deras förmåga.

4D-radar har visat en ökad kapacitet för objektidentifiering när den kombineras med andra sensortekniker, som till exempel LiDAR och bildhantering [61,64]. Dessa studier förstärker beslutet att kombinera olika givare. Däremot behöver denna teknik studeras djupare för stationära applikationer, eftersom de flesta 4D-radar är gjorda för självkörande fordon.

Avvikelsen i objektidentifieringens noggrannhet för lastbilen i rörelse jämfört med stillastående visar på ett behov för flera tester i en mer noggrant kontrollerad miljö, för att bekräfta ifall avvikelserna är regelbundna eller orsakad av något annat. Tester bör utföras med ett upplägg närmre till avsett scenario, med mer precisa markeringar och referenspunkter. Dessutom behövs fler tester för extrema scenario, till exempel mörkt färgade lastbilar under endast artificiell belysning, vit lastbil under direkt solljus och öppen trailerdörr.

7 Referens

1. ASSA ABLOY Entrance Systems. Distribution och logistik. [Internet]. [citerad 2023 December 23]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/market-documents/solutions/industries/distribution---logistics/White%20paper%20-%20How%20to%20improve%20safety%20at%20your%20loading%20bay.pdf>.
2. Ulrich KT, Eppinger SD. Product design and development. 5th uppl. Gordon B, editor. New York: McGraw-Hill; 2012.
3. ASSA ABLOY Entrance Systems. Lasthus. [Internet]. [citerad 2024 Maj 13]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/se/sv/solutions/products/loading-dock-equipment/loadhouses>.
4. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY LH6180IL Isolerat lasthus. [Internet]. [citerad 2024 Maj 22]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/sv/product-assets/loading-dock-equipment/lh6180il/downloads/product-datasheet/Assa%20Abloy%20LH6180IL%20Loadhouse.pdf>.
5. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY DL6010SA Swingdock Autodock. [Internet].; 2024 [citerad 2024 Februari 2]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/sv/product-assets/loading-dock-equipment/dl6010sa/downloads/product-datasheet/Assa%20Abloy%20DL6010SA%20Swingdock%20Autodock.pdf>.
6. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY DL6120TA Teledock Autodock. [Internet].; 2023 [citerad 2024 Maj 2]. Tillgänglig från: https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/sv/product-assets/loading-dock-equipment/dl6120ta/downloads/product-datasheet/product_datasheet_assa_abloy_dl6120ta_sv-se.pdf.
7. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY DS6060S vädertätning stål. [Internet].; 2018 [citerad 2024 Februari 2]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/sv/product-assets/loading-dock-equipment/ds6060s/downloads/product-datasheet/DS6060S%20Curtain%20dock%20shelter%20steel.pdf>.
8. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY DS6070B uppblåsbara vädertätningar. [Internet].; 2021 [citerad 2024 Februari 2]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/master-blueprint/sv/product-assets/loading-dock-equipment/ds6070b/downloads/product-datasheet/Assa%20Abloy%20DS6070B%20Inflatable%20dock%20shelter%20bags.pdf>.

9. Regal. Givare, sensor, transducer och transmitter, vad är skillnaden? [Internet].; 2021 [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://regal.se/sv/nyheter/givare-sensor-transducer-och-transmitter-vad-ar-skillnaden/>.
10. Svenska akademiens ordböcker. sensor. [Internet].; 2021 [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://svenska.se/so/?sok=sensor&pz=4>.
11. Svenska akademiens ordböcker. givare. [Internet].; 2021 [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://svenska.se/so/?id=126100&pz=3>.
12. Zettlex. [Technical white paper]. [citerad 2024 Januari 24]. Tillgänglig från: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.celeramotion.com/zettlex/wp-content/uploads/sites/7/2019/05/Dummys-Guide-to-Position-Sensors_REV_1.0.pdf&ved=2ahUKEwiKts7G2qGGAxUyMRAIHcsqDeAQmuEJegQICBAB&usg=AOvVaw163O75RVLmCg.
13. Yida. Seeed studio. [Internet].; 2020 [citerad 2024 Januari 16]. Tillgänglig från: <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/01/08/what-is-a-time-of-flight-sensor-and-how-does-a-tof-sensor-work/>.
14. OMRON. Displacement sensors / Measurement sensors. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://www.ia.omron.com/support/guide/56/introduction.html>.
15. Nationalencyklopedin. fotocell. [Internet]. [citerad 2024 Maj 19]. Tillgänglig från: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fococell>.
16. OEM Automatic. Så väljer du rätt fotocell. [Internet].; 2022 [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://www.oemautomatic.se/inspo/kunskap/sa-valjer-du-ratt-fococell>.
17. Jones C. Red vs Blue lasers: A Comparison of Triangulation Sensors. International Society of Automation. 2016 Juli.
18. Micro-Epsilon. Blå Laser (BL) Sensorer. [Internet]. [citerad 2024 Maj 16]. Tillgänglig från: <https://www.micro-epsilon.se/distance-sensors/laser-sensors/blue-laser/#c101403>.
19. Rupitsch SJ. Piezoelectrics Sensors and Actuators. 1st uppl. Bergmann CP, editor. Berlin: Springer Berlin Heidelberg; 2019.
20. Melvin WL, Scheer JA. Radar Applications. I Melvin WL, Scheer JA, editors. Principles of Modern Radar.: Scitech Publishing; 2014.
21. ETSI. About ETSI. [Internet]. [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://www.etsi.org/about>.
22. ETSI. Short Range Devices. [Internet]. [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://www.etsi.org/technologies/short-range-devices>.
23. Melvin WL, Scheer JA. Continuous Wave Radar. I Melvin WL, Scheer JA, editors. Principles of Modern Radar.: Scitech Publishing; 2014. s. 17-82.

24. McManamon. Introduction to LiDAR. I LiDAR Technologies and Systems. Bellingham: SPIE; 2019. s. 1-28.
25. Li HE, Iga K, editors. Operating Principles of VCSELs. I Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Devices. 1st uppl. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg; 2002. s. 53-98.
26. Opto Engineering. Cameras. [Internet]. [citerad 2024 Maj 10]. Tillgänglig från: <https://www.opto-e.com/en/basics/cameras>.
27. Kashyapa R. The Ultimate Guide to Machine Vision Camera Selection. [Internet].; 2020 [citerad 2024 Maj 10]. Tillgänglig från: <https://qualitastech.com/image-acquisition/the-ultimate-guide-to-machine-vision-camera-selection/>.
28. Keyence. Vision Systems. [Internet]. [citerad 2024 Maj 10]. Tillgänglig från: <https://www.keyence.com/products/vision/vision-sys/>.
29. IFM. O3D-kamera. [Internet]. [citerad 2024 Februari 28]. Tillgänglig från: <https://www.ifm.com/se/sv/shared/teknologien/o3d/o3d-kamera>.
30. Cognex. 3D Vision Systems. [Internet]. [citerad 2024 Maj 15]. Tillgänglig från: <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/3d-systems>.
31. IBM. AI versus machine learning versus deep learning versus neural network: What's the difference? [Internet].; 2023 [citerad 2024 Maj 18]. Tillgänglig från: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>.
32. Sprinx technologies. traffix.ai. [Internet]. [citerad 2024 Februari 26]. Tillgänglig från: <https://sprinx.ai/products/traffix-ai/>.
33. Data From Sky. Adaptive Traffic Control. [Internet]. [citerad 2024 Februari 26]. Tillgänglig från: <https://datafromsky.com/adaptive-traffic-control/>.
34. Vaxtor. Logistics. [Internet]. [citerad 2024 Februari 26]. Tillgänglig från: <https://www.vaxtor.com/sectors/logistics/>.
35. AXIS. AXIS P1467-LE Bullet Camera. [Internet].; 2022 [citerad 2024 Februari 28]. Tillgänglig från: <https://www.axis.com/products/axis-p1467-le>.
36. AXIS. AXIS Object Analytics. [Internet].; 2020 [citerad 2024 Februari 26]. Tillgänglig från: <https://www.axis.com/products/axis-object-analytics>.
37. Micro-Epsilon. Lägesgivare. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://www.micro-epsilon.se/distance-sensors/>.
38. OMRON. Sensorer. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://industrial.omron.se/sv/products/sensing>.
39. Baumer. Distance measurement. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://www.baumer.com/se/en/product-overview/distance-measurement/c/287>.

40. SICK. Avståndssensorer. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://www.sick.com/se/sv/catalog/produkter/avstandssensorer/c/g576773>.
41. OEM. Beröringsfria sensorer. [Internet]. [citerad 2024 Februari 23]. Tillgänglig från: <https://www.oemautomatic.se/produkter/sensor-,-a,-maskins%C3%A4kerhet/beroringsfria-sensorer>.
42. El-Sayed M. Lean Implementation in Integrated Design and Manufacturing. SAE International Journal of Materials and Manufacturing. 2013 Juni; 6(3).
43. AXIS. AXIS Object Analytics Scenarios. [Internet].; 2022 [citerad 2024 Februari 27]. Tillgänglig från: <https://www.axis.com/products/axis-object-analytics/scenarios>.
44. Woods GS, Maskell DLMMV. A high accuracy microwave ranging system for industrial applications. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 1993 Augusti; 42(4).
45. Banner. Vehicle Detection at Loading Docks. [Internet]. [citerad 2024 Februari 21]. Tillgänglig från: <https://www.bannerengineering.com/us/en/solutions/vehicle-detection/loading-dock.html>.
46. Europeiska unionen. Standarder i Europa. [Internet].; 2023 [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_sv.htm.
47. Europeiska unionen. CE-märkning. [Internet].; 2024 [citerad 2024 Februari 19]. Tillgänglig från: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_sv.htm.
48. Svenska Institutet för Standarder. Fler standarder för arbetsmiljö. [Internet]. [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: <https://www.sis.se/iso-45001/standarder-for-arbetsmiljo/>.
49. European parliament. Document 02010L0075-20110106. [Internet].; 2010 [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010L0075-20110106>.
50. Li Y, Allu KR, Sun Z, Tok AYC, Feng G, Ritchie SG. Truck body type classification using a deep representation learning ensemble on 3D point sets. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2021 December; 133.
51. Conrad. Industridistanssensor. [Internet]. [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: https://www.conrad.se/sv/o/industridistanssensorer-0231050.html?tfo_productType=2-D-LiDAR-sensor.
52. Conrad. Industridistanssensorer. [Internet]. [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: https://www.conrad.se/sv/o/industridistanssensorer-0231050.html?page=2&tfo_productType=Avst%C3%A5ndsgivare~~~Laserdinstanssensor~~~Optisk%20avst%C3%A5ndssensor.
53. IFM. Alla ultraljudsgivare. [Internet]. [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: https://www.ifm.com/se/sv/category/200_010_050_001#/best/1/100.

54. SICK. OD2000-7002T15. [Internet].; 2023 [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: <https://www.sick.com/se/sv/catalog/produkter/avstandssensorer/laser-avstandssensorer/od2000/od2000-7002t15/p/p663937?tab=detail>.
55. ASSA ABLOY Entrance Systems. ASSA ABLOY Docking Management System med ankomstdirigering. [Internet].; 2021 [citerad 2024 Maj 28]. Tillgänglig från: <https://www.assaabloyentrance.com/se/sv/solutions/products/digital-solutions/docking-management-system>.
56. McManamon PF. LiDAR Processing. I Burrows D, editor. LiDAR Technologies and Systems. Bellingham: SPIE; 2019. s. 383-408.
57. Pang Y, Zhao Y, Chen J, Wang S, Chen H. Viewing distance measurement using a single camera. 2014 IEEE 7th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference. 2014 December;; s. 512-515.
58. Praliyev N, Remeli V, Szalay Z. Distance estimation using mono camera at different altitudes and pitch angles. 2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI). 2021 Januari;; s. 405-412.
59. SICK. V2D652P-2MEWHA6. [Internet]. [citerad 2024 Februari 28]. Tillgänglig från: <https://www.sick.com/se/sv/catalog/products/machine-vision-and-identification/machine-vision/inspectorp65x/v2d652p-2mewha6/p/p467251?tab=detail>.
60. IFM. 3D-givare. [Internet]. [citerad 2024 Februari 28]. Tillgänglig från: <https://www.ifm.com/se/sv/shared/teknologien/o3d/3d-givare>.
61. Zheng L, Li S, Tan B, Yang L, Chen S, Huang L, et al. RCFusion: Fusing 4-D Radar and Camera With Bird's-Eye View Features for 3-D Object Detection. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2023 Maj; 72: s. 1-14.
62. Raharja KAW, Rusmin PH. Detection and Measurement of Object Distances Using the Combination Function of 2D LiDAR Sensor and Camera. 2023 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI). 2023 Oktober;; s. 1-5.
63. Aptiv. What Is 4D Imaging Radar? [Internet].; 2021 [citerad 2024 Februari 5]. Tillgänglig från: <https://www.aptiv.com/en/insights/article/what-is-4d-imaging-radar>.
64. Wang L, Zhang X, Xv B, Zhang J, Fu R, Wang X, et al. InterFusion: Interaction-based 4D Radar and LiDAR Fusion for 3D Object Detection. 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). 2022 Oktober;; s. 12247-12253.
65. Bas World. Nya och bagagnade Semitrailers till Salu. [Internet]. [citerad 2024 Februari 13]. Tillgänglig från: <https://www.basworld.com/sv/lager/semitrailer>.

Bilaga A Lastbilar

Serie av bilder av lastbilstrailers från fordonsåterförsäljare Bas World [65], se Figur 33 Figur 36.



Figur 33 Lastbilstrailers med bakgavellyft [65]



Figur 34 Lastbilstrailers med bakgavellyft



Figur 35 Lastbilstrailer med Roll-up dörr (vänster) och svängdörrar (höger)



Figur 36 Lastbiltrailers med svängdörrar

Bilaga B Intervjufrågorna

Tabell utav alla intervjufrågor som ställdes till anställda hos ASSA ABLOY med svar från diskussionen av frågan. Upprepade eller liknande svar var ifrån olika intervjuade från olika möten.

B.1 Intervjufrågor och svar

Tabell 3 Intervjufrågor med svar

<i>Intervjufrågor</i>	<i>Kundsvär</i>
<i>Vad för lastbilspositioner ska sensorn mäta?</i>	Kollar hur skev lastbilen är när den backar från 6 m distans (absolut minimum 3m) Informera föraren att de backar upp på fel riktning från 6m avstånd
<i>Var ska sensor placeras för ej vara i vägen?</i>	Bästa stället att sätta är ovanför porten men under vädertätningen där den inte blockerar. Området mellan porten och vädertätningen på sidorna är också en möjlig plats men inte ideal. Under bryggan är inte ett bra ställe att placera sensorerna. Kan inte sitta utanför på sidan ifall lastbryggorna sitter för tajt tillsammans
<i>Hur noggrann behöver sensor vara?</i>	Vid stopplinjen behövs en noggrannhet mindre än ± 5 cm. Mellan stopplinjen och 6 m kan det vara ca 15 cm och 25–50 cm under och framåt 6 m.
<i>Vilka miljöer förekommer på lastkajerna?</i>	Är utomhus och måste tåla temperatur och regn. Belysning är ett problem, när det är väldigt soligt eller väldigt mörkt. Syd-riktade portar utsatta för mycket solljus under vintersol. Typiska marknader är Norden och Be-ne-lux. Framför allt Frankrike. Beroende på vad som avlastas kan det förekomma olika hygienkrav.
<i>Hur mycket mänsklig interaktion ska finnas med sensorn?</i>	Förutom kalibreringen ska det inte behöva hanteras. Enda undantag är omkalibrering.
<i>Vad är marginalen för lastbilen inuti vädertätningen?</i>	2500 mm bred är lastbilen, 360 cm brygga. 15 cm försvinner från varje sida pga. tätningen. Marginalen kan vara så låg att lastbilen måste nära på köra in i de.
<i>Ska sensorerna aktivt leta efter en lastbil?</i>	Spelar ingen roll ifall den kan guida lastbilen rätt. Marginalen kan vara så liten att lastbilen passar precis in.
<i>Vilka specifikationer är viktiga för sensorn?</i>	Riktighet Mätyta
<i>Vilka distanser är viktigast för sensorn att mäta?</i>	Stoppen är viktigast som är 20 cm ifrån porten (Gropmonterad). Eller 2,5 meter med en port med autodock/load house ifall sensor är placerad ovanpå porten.

Hur skadar sig personal på lastkajen?	Lastbilen kör i väg innan trucken är ute. Personal som står mellan lastbilen och bryggan. Personal går mellan lastbilen och bryggan
Vad för störningar finns det runt lastkajen?	Direkt solljus för sydliga portar. Cross traffic. Bilar eller truckar som kör framför porten. Störning ska vara under industriell standard för CE märkning. Finns skräp och pallar utspridda på marken.
Vilka sorters lastbilar besöker kajen?	2,5 m bredda standardtrailers England har dubbeldäckare lastbilar som är 5m långa som kräver mer utrymme.
Hur snabbt backar lastbilarna in i kajen?	7–8 km/h som max men förekommer långsammare. Lastbilar brukar backa in snabbt.
Vad för trafik förekommer framför kajen förutom lastbilar?	Lastbilar som kör på tvären. Servicebilar. De som sopar och städar framför kajen. Lastbilsförare som går runt.
Hur annorlunda är varje lastkaj?	Autodock med olika höjder, och olika höjder på kajer. Gropmonterade med olika höjder, och olika höjder på kajer. Multiportar är kajer som delar isoleringsvävar mellan varandra. Standard höjden på taket varierar mellan olika länder. Frankrike har en mekanisk lösning för olyckor där blocken är 1 m från kajens kant. Vissa portar är insjunka från väggen, med blocken och tätningen direkt monterad mot byggnadsväggen. Höjden på byggnaden varierar från byggnad till byggnad. Den uppblåsbara vädertätningen har en ≈ 400 mm tom rum under taket ovanför vädertätningen.
Hur nära ska lastbilarna vara till lastkajens kant?	20 cm vilket är ungefär bufferts tjocklek. Frankrike har en mekanisk lösning för olyckor där blocken är 1 m från kajens kant.
Hur ofta kommer lastbilar till en lastkaj?	En typisk lastbrygga används 2–12 ggr om dagen. Enligt DMS (Distribution Management System) är det mellan 10 - 15 lastbilar per dag.
Finns det någon last som är känslig, som måste tas i åtanke?	Sensorerna ska vara CE-märkta så det inte ska vara farliga för människor och last.
Hur väl belyst är området lastbilen backar?	Vanligtvis finns det mycket belysning på dessa områden. Belysning kan vara kopplade till DMS.
Hur stor volym borde sensorn och andra komponenter ha?	För gropmonterade bör sensorerna vara placerade mindre än 150–200 mm ifrån portväggen.

B.2 Tolkat behov

Totalt tolkades intervjuvaren till 56 behov. Upprepade tolkat behov kommer ifrån att olika intervjuade anställda ger svar som tolkas till samma behov. Dessa ligger till underlag för de samlade kundkraven, där dubletter och relevanta behov har tagits bort.

Tabell 4 Tolkade behov från kundsvär

<i>Tolkat behov</i>
Givaren ska kunna se lastbilens sidovägar bakifrån
Givaren ska kunna se lastbilen backa från 6 m avstånd.
Givaren måste minst kunna se lastbilen från 3 m avstånd.
Givaren ska kunna märka ifall lastbilen inte är centrerad från 6 m avstånd.
Givare ska få plats på ytan ovanför porten men under tätningen.
Givaren ska inte röra vädertätningen.
Givaren ska inte blockera framför porten
Givaren ska ha konstant uppsikt på trailerns bakdörr
Givaren ska kunna göra mätningar från högre höjder.
Givaren ska inte avvika mer än ± 50 mm vid stopplinjen
Givaren ska inte avvika mer än ± 50 mm vid stopplinjen
Givare kan avvika med ca 150 mm på 3 m distans
Givaren kan avvika med ca 250–500 mm på distanser längre än 3 m
Givaren måste tåla svensk utomhus klimat
Givaren måste tåla att bli blöt
Givaren måste fortfarande skanna effektivt med direkt solljus
Givaren måste fortfarande skanna effektivt med låg belysning
Givaren måste fortfarande skanna effektivt med direkt solljus
Givaren måste tåla belgisk utomhus klimat
Givaren måste tåla nederländsk utomhus klimat
Givaren måste tåla luxemburgisk utomhus klimat
Givaren måste tåla franskt utomhus klimat
Givaren måste tåla smutsig miljö
Givaren ska inte förlora funktionalitet pga. lite smuts.
Givaren är autonom
Givaren ska vara möjlig att om kalibreras/repareras
Det är 400 mm mellan lastbilens sida och vädertätningen på båda sidorna
Givare bör vara aktiv givare
Möjligheten att starta givaren ur en standby-läge med en extern givare
Givaren ska vara precis nog att kunna mäta distansen rätt
Givaren ska ha en hög riktighet på stopplinjen som är 200 mm från porten med gropmontering
Givaren ska ha en hög riktighet på stopplinjen som är 2500 mm från porten med autodock
Givaren ska kunna uppfatta att lastbilen är på plats
Givaren ska kunna bedöma skillnaden mellan lastbil och personal framför dockan
Givaren måste fortfarande skanna effektivt med direkt solljus
Givaren bör inte trigga för ofta av annat än lastbilar
Givaren ska klara av störningar som uppfyller CE-märkning

Givarens mätningss yta ska ej vara påverkade av skräp på marken.

Givarens synvinkel ska täcka 2.5m från 6m ifrån till 800 mm ifrån

Givaren ska kunna göra mätningar från högre höjder.

Givarens repetitionsfrekvens ska vara hög nog att mäta en 25 mm skillnad när lastbilen backar med 7 km/h till 8 km/h

Givaren ska kunna följa en lastbil som backar snabbare än 7-8 km/h

Givaren bör inte trigga för ofta av annat än lastbilar

Givaren ska passa i minimihöjden för porten och fortfarande mäta 6 m med en högre port och kaj

Placering av givarna till sidan av dockan är begränsad till vissa lastområdets design

Givaren ska kunna göra mätningar från högre höjder.

Placering av givarna kan i vissa fall vara begränsad till endast byggnadsväggen.

Givare vars höjd är <400 mm kan installeras i tomrummet

Givaren får inte sticka ut längre än 200 mm från porten

Givare ska få plats i ytan ovanför porten men under tätningen.

Möjligheten att starta givaren ur en standby läge med en extern givare

Givarens produktlivslängd ska ha en livslängd på 5 år med högtrafik

Givarens produktlivslängd ska ha en livslängd på 5 år med högtrafik

Givaren ska bemöta CE-märkerings kraven

Belysningen förhindrar inte givarens riktighet

Givaren får inte sticka ut längre än 200 mm från porten

Bilaga C Samlade kundkrav

Samling av de tolkade behoven översatt till ett kvantitativt krav med ett marginalvärde och ett idealvärde, samt deras enhet. Denna lista har rensats från onödiga upprepade behov och behov som inte var relevanta till konceptet eller givaren.

Tabell 5 Samlade kundkrav

<i>Kvantitativa krav</i>	<i>Enhet</i>	<i>Marginalvärde</i>	<i>Idealvärde</i>
Max synvinkel ~175°	[°]	175	180
Max Autodock mätbaravstånd ≥ 9600 mm ≈ 10 m	[mm]	9	11
Min Autodock mätbaravstånd ≥ 6900 mm ≈ 7 m	[mm]	7	8
Ska kunna mäta en horisontal skillnad på < 400 mm	[mm]	300	100
Sensor höjd ≤ 426 mm från taket	[mm]	400	350
Sensor djup ≤ 600 mm från väggen	[mm]	550	400
10 mm marginal framför porthålet	[mm]	10	0
Detektera min. 1500 mm ovanför marken på 3-6m distans	[mm]	1500	2000
Mätbaravstånd > 7000 mm	[mm]	7000	15 000
Linjäritet + riktighet + precision ≤ 50 mm 600–3100 mm ifrån	[mm]	50	20
Linjäritet + riktighet + precision ≤ 150 mm 3600–6600 mm ifrån	[mm]	150	50
Linjäritet + riktighet + precision ≤ 250 mm $\gg 3600$ mm ifrån	[mm]	250	150
Fungera med utomhustemperatur mellan -30 och 35 grader	[°C]	- 20 till 25	-40 till 50
IPx4	IP-klass	IPx4	IPx7
Sensor bör klara ungefär 70 klux (direkt solljus)	[klx]	50	100
Sensor bör klara ungefär 300–500 lux (lagerbelysning)	[lx]	300	1
Fungera med utomhustemperatur mellan -20 och 40 grader	[C°]	- 20 till 35	-30 till 50
IPx6	IP-klass	IPx6	IPx7
Fungera med utomhustemperatur mellan -20 och 40 grader	[C°]	- 20 till 35	-30 till 50
IPx5	IP-klass	IPx5	IPx7
Fungera med utomhustemperatur mellan -25 och 40 grader	[C°]	- 20 till 35	-30 till 50
IPx6	IP-klass	IPx6	IPx7
Fungera med utomhustemperatur mellan -25 och 40 grader	[C°]	- 20 till 35	-30 till 50
IPx6	IP-klass	IPx6	IPx7
Fungera med utomhustemperatur mellan -25 och 45 grader	[C°]	- 20 till 40	-30 till 50
IPx6	IP-klass	IPx6	IPx7
Fungera med utomhustemperatur mellan -25 och 45 grader	[C°]	- 20 till 40	-30 till 50
IPx6	IP-klass	IPx6	IPx7
IP6x	IP-klass	IP5x	IPx6
Tvättbara	IP-klass	IPx4	IPx7
Sensor kräver ingen manuell aktivering	Binär	Ja	Ja

Fysisk tillgänglig för service personal	Binär	Ja	Ja
Sidotolerans 400 mm	[mm]	400	300
Input-port	Binär	Nej	Ja
Riktighet < 50% × 50 mm	[mm]	25	15
Riktighet <50 mm vid 200 mm avstånd	[mm]	25	15
Riktighet <50 mm vid 2500 mm avstånd	[mm]	25	15
Skicka signal efter specifik distans	Binär	Ja	Ja
Objektidentifiering	Binär	Ja	Ja
3 sekunds timer för sensor att aktiveras	[s]	5	3
EU-certifierat	Binär	Ja	Ja
Objektidentifiering	Binär	Ja	Ja
Max synvinkel ~175°	[°]		
≈ 90 Hz	[Hz]	90	110
> 88,89 Hz	[Hz]	90	110
Max Autodock mätbaravstånd ≥ 9600 mm ≈ 10 m	[mm]	10 000	15 000
Multidock kompatibel	Binär	Nej	Ja
HM dock kompatibel	Binär	Nej	Ja
Kontroller höjd <400 mm	[mm]	400	350
Sensor djup <200 mm	[mm]	200	150
Levnadstid på 3–5 år	[år]	3	5
Ska vara noggrann med 10 000 lux belysning	[klx]	0.1	50
EU-certifierat	Binär	Ja	Ja

Bilaga D Delkoncept beskrivningar

Lista av alla delkoncept (Tabell 1) med en kort beskrivning med för- och nackdel, delkonceptets typ och förslag av givare för delkonceptet. Förslag av givare är rangordnad med lämpligaste först.

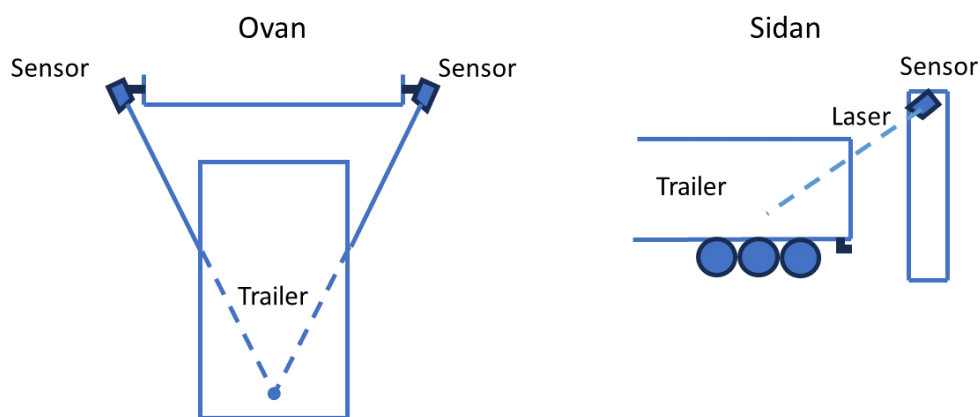
Figurerna är baserade på skisserna som gjordes under konceptgenereringen och användes under intervjuerna och konceptutvärdering.

D.1 Hysteres-mätning

Konceptkategorier: Lång distans, hög upplösning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Två givare är monterade på varsin sida på utsidan av vädertätningen på en hög punkt riktade inåt mot parkeringsområdet mot en gemensam punkt. Lastbilens centrering och vinkel mäts via hysteres-avvikelsen av distansmätningen för sensorn till lastbilstrailerns sida jämfört med den andra sidan, se Figur 37.



Figur 37 Illustrering av delkoncept 1

Fördelar:

- Mäter gemensam yta för alla trailervariationer.

Nackdelar:

- Uppfattar ifall lastbilens vinkel är fel, men inte med vilken vinkel.
- Risk för betydliga mättningsfel ifall givarna är dåligt kalibrerade.

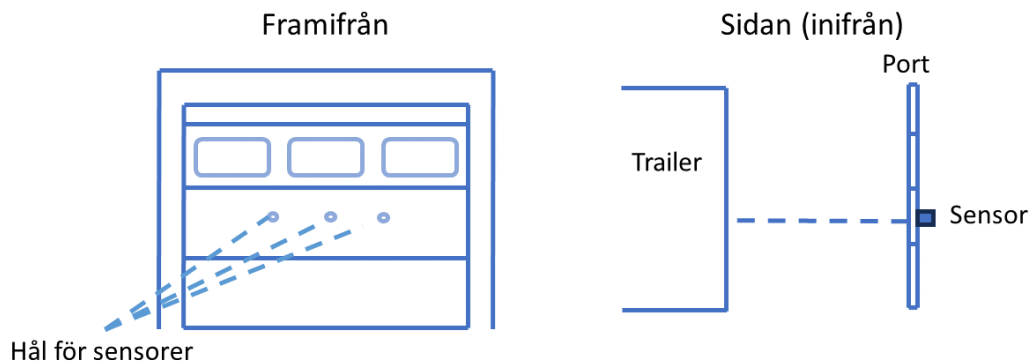
Givareförslag: Lasergivare, LiDAR, radar/mikrovåg, bildhantering

D.2 Port-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, centrering

Beskrivning:

Givaren är monterad på baksidan av ett portsegment, riktad mot parkeringsområdet, se Figur 38.



Figur 38 Illustrering av delkoncept 2

Fördelar:

- Fri syn mot horisonten
- Givaren är inte utsatt för utomhusmiljön.
- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.

Nackdelar:

- Kan inte utföra en mätning med porten öppen.
- Portens normalfunktioner kan fördärva kalibreringen.
- Risk för kollision med truckar.

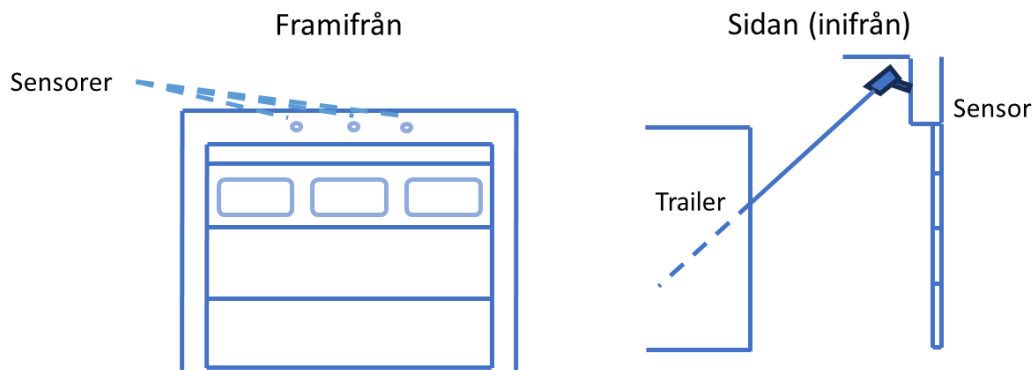
Givareförslag: Radar/mikrovåg, bildhantering, ultraljud, laser

D.3 Sensor ovan porthålet

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, centrering

Beskrivning:

Givaren är monterad mot byggnadsväggen ovanför porthålet och under övre vädertätningnen, se Figur 39.



Figur 39 Illustrering av delkoncept 3

Fördelar:

- Stabil monteringspunkt
- Skyddat av lasthuset från väder.

Nackdelar:

- Synvinkel begränsad av gummiskynket för mekaniska vädertätning.
- Monteringsyta är inte detsamma för alla installationer.

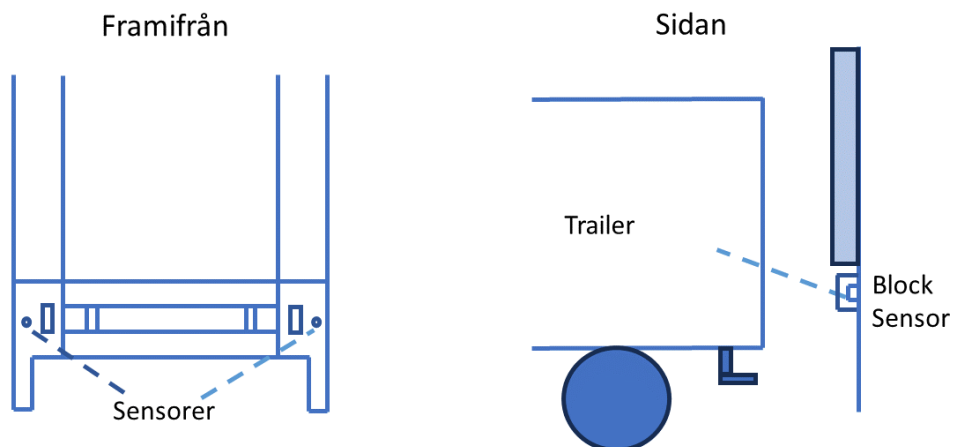
Givareförslag: Radar/mikrovåg, bildhantering, ultraljud, laser

D.4 Block-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, hög upplösning, avståndsmätning, vinkel

Beskrivning:

Givaren är monterad inuti eller bredvid stoppblocken framför lastkajen, se Figur 40.



Figur 40 Illustrering av delkoncept 4

Fördelar:

Nackdelar:

- Direkt syn mot kontaktytan för trailern.
- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Möjlighet att fungera som personalvarningsgivare
- Utsatt för mer nedsmutsning.
- Begränsat installationsutrymme.
- Utsatt för starka stötar.

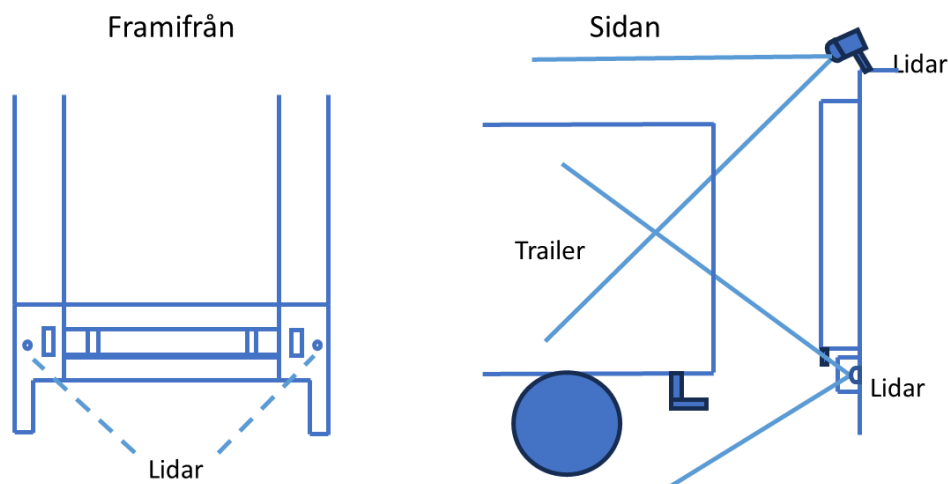
Givareförslag: Radar/mikrovåg, ultraljud, VCSEL, fotocell, lasergivare.

D.5 LiDAR-ridå

Konceptkategorier: Lång distans, låg upplösning, centring

Beskrivning:

Två LiDAR monterade i linje med vädertätningen med liten marginal för att bilda en laserkorridor. När trailern bryter laserridån skickas en signal av LiADARn, se Figur 41.



Figur 41 Illustrering av delkoncept 5

Fördelar:

- Möjlighet att ge tydlig guidelinje.
- Minimalt beräkningskrav.

Nackdelar:

- Risk för ögonskada vid förlängd ögonkontakt.
- Blind för objekt inom laserkorridoren.

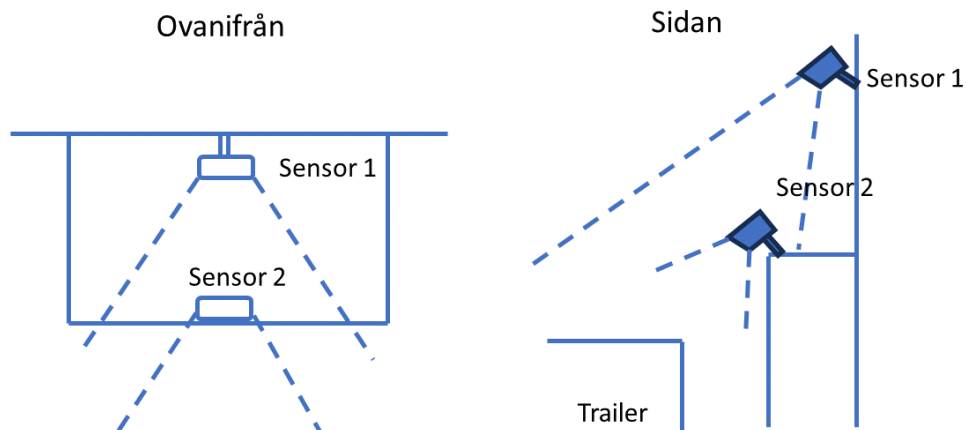
Givareförslag: LiDAR

D.6 Overview-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, låg upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givare monterad mot lasthustaket eller byggnadsväggen ovanför dockningsstationen, se Figur 42.



Figur 42 Illustrering av delkoncept 6

Fördelar:

- Givaren inte påverkad av olika vädertätningar.
- Stabil monteringspunkt.
- Säkrare att dra kablar till.

Nackdelar:

- Dålig uppsyn på stopplinjen.
- Ökad distans påverkar givarens upplösning.
- Lastbilshöjd påverkar noggrannheten av givaren.

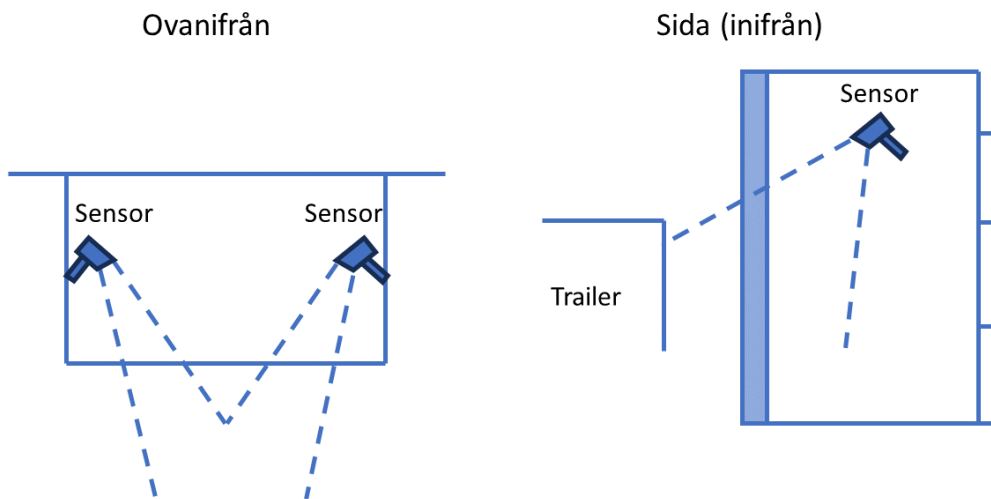
Givareförslag: Bildhantering, radar/mikrovåg, LiDAR

D.7 Inre sidovägmontering

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givarna är monterade mot på insidan av väggen, på varsin sida av lasthuset. Givarnas synvinklar överlappar varandra utåt för att komplettera varandras synfält, se Figur 43.



Figur 43 Illustrering av delkoncept 7

Fördelar:

- Bra uppsyn på vädertätningen.
- Synfältet täcker även bakom stopplinjen.
- Möjlighet att använda parallax för distansmätning.

Nackdelar:

- Endast kompatibel med autodocks.
- Synfält begränsas av mekanisk vädertätning.

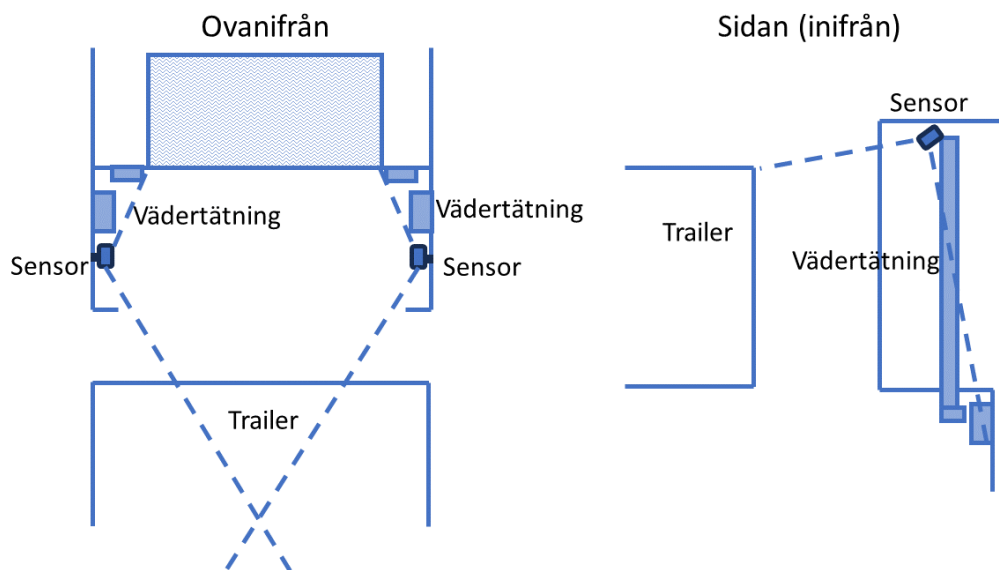
Givareförslag: Bildhantering, radar/mikrovåg, LiDAR, laser

D.8 Plastskyddad sensor

Konceptkategorier: Mellan distans, hög upplösning, avståndsmätning, centrering

Beskrivning:

Givarna är monterade mot ytan mellan den uppblåsbara vädertätningen och plastskyddet. Givarna är riktade mot varandra. Plastskyddet kan modifieras för att öka synfältet, se Figur 44.



Figur 44 Illustrering av delkoncept 8

Fördelar:

- Direkt syn på stopplinjen.
- Kan se personal ankommande mot parkeringsområdet.

Nackdelar:

- Endast kompatibel med uppblåsbar vädertätning.
- Modifiering av plastskyddet kan påverka skyddet av vädertätningen
- Kan påverka vädertätningens funktioner

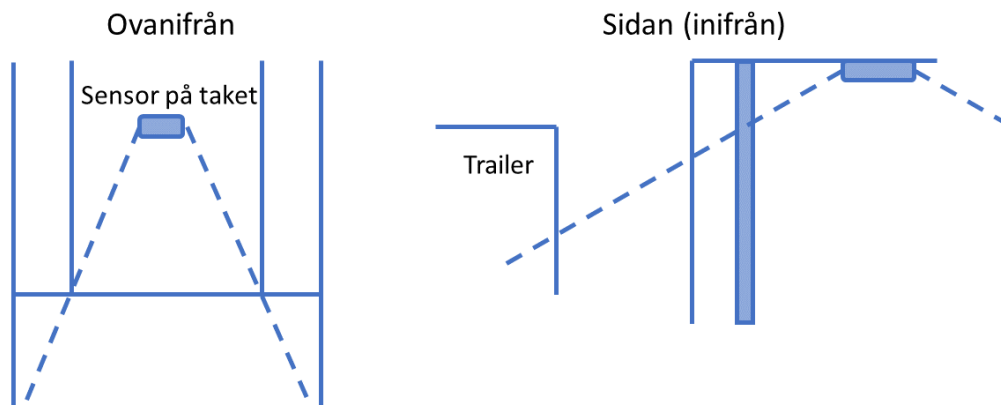
Givareförslag: Radar/mikrovåg, ultraljud, laser

D.9 Top-down-sensor

Konceptkategorier: Kort distans, medium upplösning, avståndsmätning, centrering

Beskrivning:

Givaren är monterad mot innertaket av lasthuset med givaren riktad neråt, se Figur 45.



Figur 45 Illustrering av delkoncept 9

Fördelar:

- Direkt syn på stopplinjen.
- Möjlighet att observera trailerns kant med dörren öppen.

Nackdelar:

- Endast kompatibel med autodocks.
- Synfält begränsas av mekanisk vädertätning.

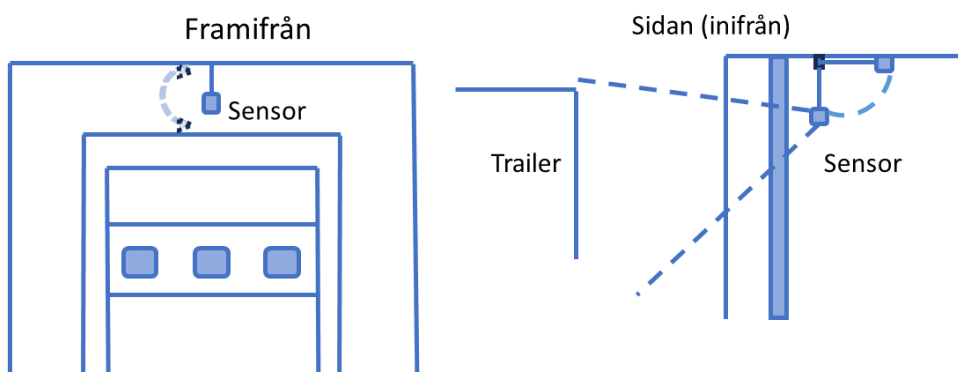
Givareförslag: Radar/mikrovåg, bildhantering

D.10 Takfällarm-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning

Beskrivning:

Givaren är monterad på en fällarm i taket. Armen fälls ned mot parkeringsområdet vid användning, se Figur 46.



Figur 46 Illustrering av delkoncept 10

Fördelar:

- Fri syn mot horisonten.

Nackdelar:

- Rörande komponenter

- Möjlighet att modifieras för att anpassa till alla dockningsstationsvariationer.
- Rörelsen kan påverka kalibreringen.

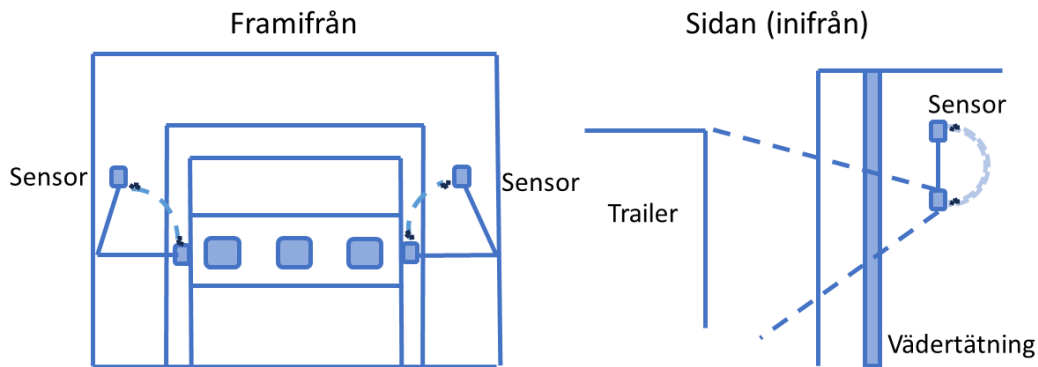
Givareförslag: Radar/mikrovåg, bildhantering

D.11 Sidofällarm-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, centrering

Beskrivning:

Givaren är monterad på en fällarm mot sidoväggen av lasthusets innervägg. Armen fälls ned mot parkeringsområdet vid användning, se Figur 47.



Figur 47 Illustrering av delkoncept 11

Fördelar:

- Fri syn mot horisonten.
- Möjlighet att modifieras för att anpassa till alla dockningsstationsvariationer.
- Möjlighet att installera två givare på varsin sida för att mäta centrering.

Nackdelar:

- Rörande komponenter
- Rörelsen kan påverka kalibreringen.
- Risk att skadas av truckar.

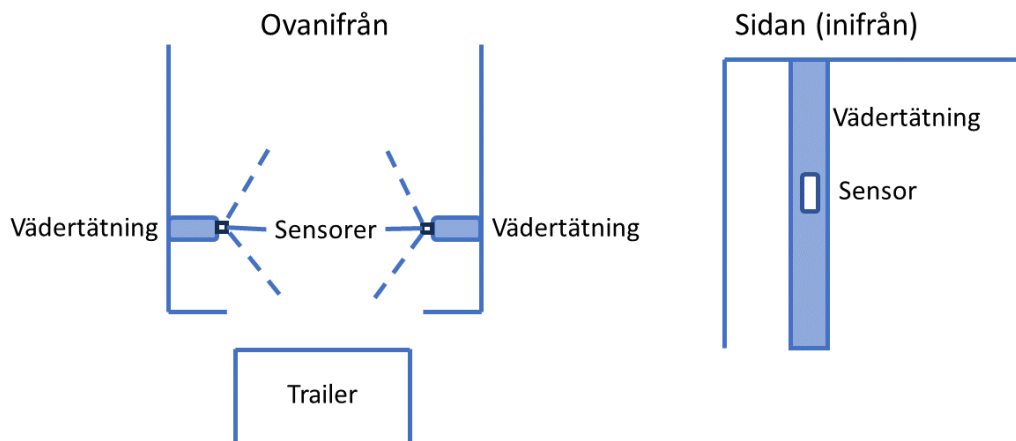
Givareförslag: Radar/mikrovåg, ultraljud

D.12 Sidotättnings-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, låg upplösning, avståndsmätning

Beskrivning:

Givarna är monterade på vädertätningen riktade mot varandra, se Figur 48.



Figur 48 Illustrering av delkoncept 12

Fördelar:

- Möjlighet att observera trailerns kant med dörren öppen.
- Kan se personal ankommande mot parkeringsområdet.

Nackdelar:

- Funkar endast för uppblåsbara vädertätningar.
- Risk att påverka vädertätningen.
- Ostabil monteringsyta.
- Risk för att skada givaren.

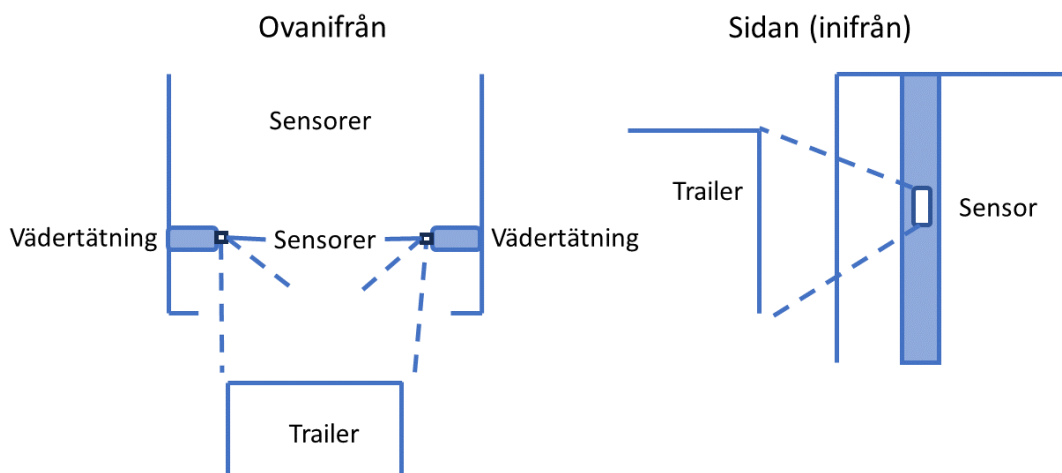
Givareförslag: Fotocell, ultraljud, radar/mikrovåg

D.13 Sidotättnings-sensor 2

Konceptkategorier: Kort distans, låg upplösning, centrerig

Beskrivning:

Givarna är monterade på vädertätningen riktade mot parkeringsytan, se Figur 49.



Figur 49 Illustrering av delkoncept 13

Fördelar:

- Fri syn mot horisonten.
- Möjlighet att observera trailerns kant med öppen dörr.
- Kan se personal ankommande mot parkeringsområdet.

Nackdelar:

- Funkar endast för uppblåsbara vädertätningar.
- Risk att påverka vädertätningen.
- Ostabil monteringsyta.
- Risk för att skada givaren.

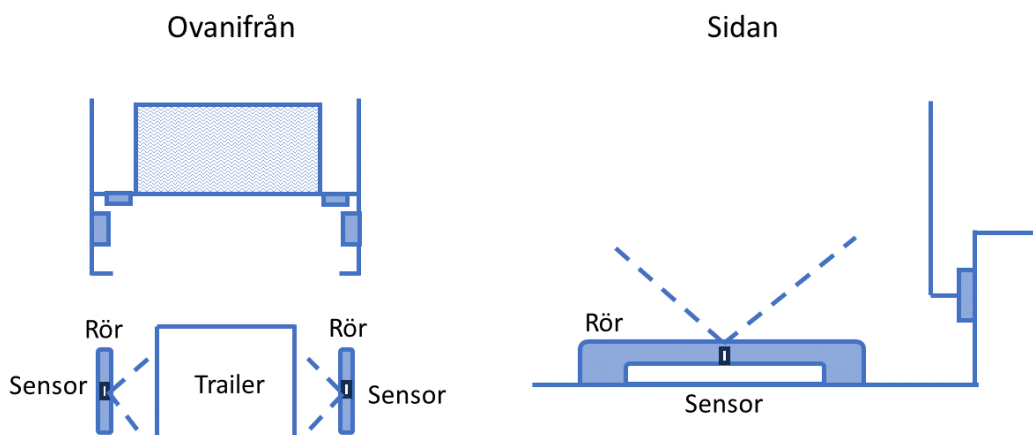
Givareförslag: Fotocell, ultraljud, radar/mikrovåg

D.14 Sensor i parkeringsavdelare

Konceptkategorier: Lång distans, låg upplösning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givarna är monterade inuti guiderören eller betongavdelarna mellan dockningsstationerna. Givarna är riktade mot sidorna av lastbilstrailern, se Figur 50.



Figur 50 Illustrering av delkoncept 14

Fördelar:

- Mäter gemensam yta för alla trailervariationer.

Nackdelar:

- Givarna sitter lågt mot marken.
- Risk för nedsmutsning.
- Utsatt för kollisioner med lastbilen.

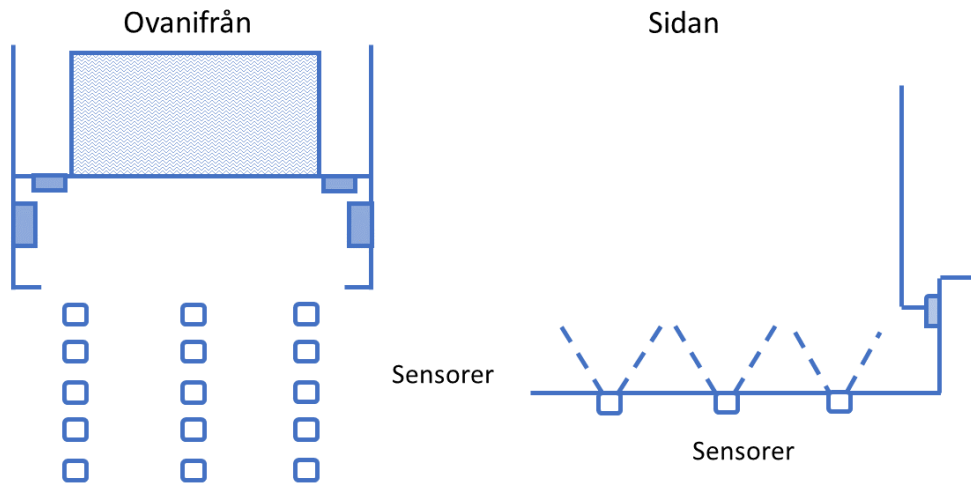
Givareförslag: LiDAR, laser, radar/mikrovåg, fotocell

D.15 Sensor i marken (synlig)

Konceptkategorier: Lång distans, Låg upplösning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givarna är monterade i marken i ett rutnät på parkeringsytan. Givarna är synliga från marken, se Figur 51.



Figur 51 Illustrering av delkoncept 15

Fördelar:

- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Proportionellt mer noggrann med ökat antal givare.

Nackdelar:

- Risk att bli krossade av lastbilens tyngd.
- Kan blockeras av smuts, skräp, regn och snö.
- Kan inte differentiera objekt.
- Kräver stort antal givare.

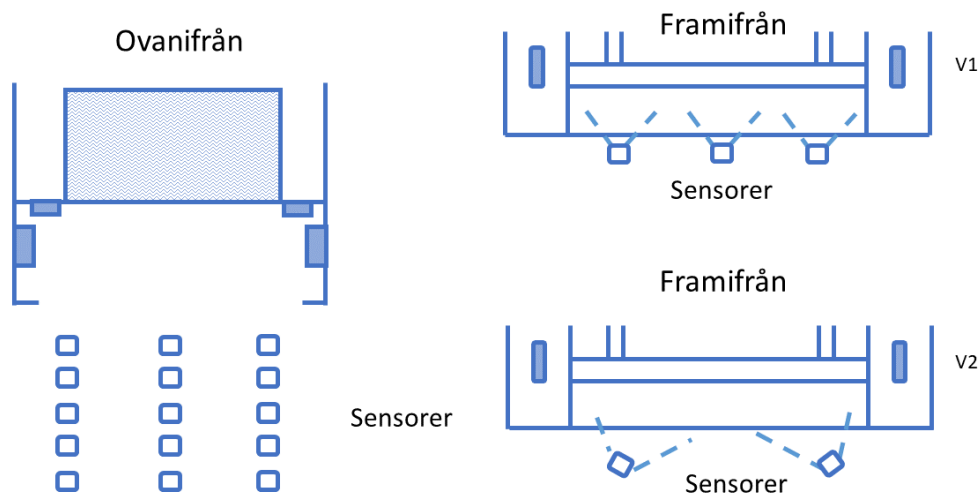
Givareförslag: Fotocell, radar/mikrovåg

D.16 Sensor i marken (nedgrävd)

Konceptkategorier: Lång distans, Låg upplösning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givarna är monterade under marken i ett rutnät i parkeringsytan. Givarna är vinklade mot parkeringsområdets centrumlinje för att minska antalet av nödvändiga givare, se Figur 52.



Figur 52 Illustrering av delkoncept 16

Fördelar:

- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Proportionellt mer noggrann med ökat antal givare.
- Skyddat från ytermiljön.

Nackdelar:

- Kräver materialträngande givare.
- I hög grad svårtillgängligt för reparation eller kalibrering.
- Kan inte differentiera objekt.
- Kräver stort antal givare.

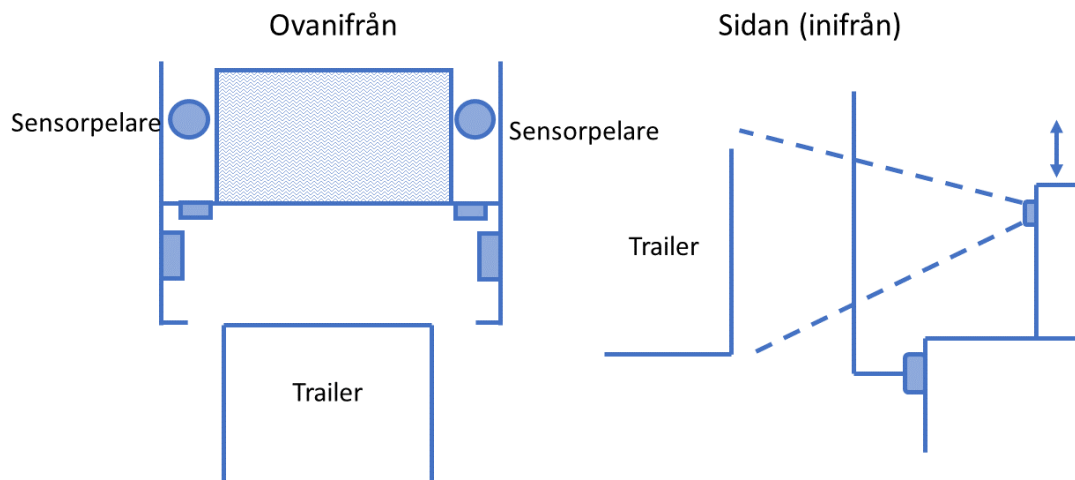
Givareförslag: Radar/mikrovåg

D.17 Sjunkbar-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givaren är monterad i en pelare försjunken i betongen inuti lasthuset. Pelaren stiger vid användning och riktas mot parkeringsområdet, Figur 53.



Figur 53 Illustrering av delkoncept 17

Fördelar:

- Möjlighet att använda parallax för centrering och vinkel.
- Stabil monteringspunkt
- Skyddad av lasthuset från väder.
- Bra uppsyn på vädertätningen.
- Synfältet täcker även bakom stopplinjen.

Nackdelar:

- Endast kompatibel med autodocks.
- Synfält begränsas av mekanisk vädertätning.
- Rörande komponenter.
- Komplicerad installation.
- Kräver dyra komponenter.

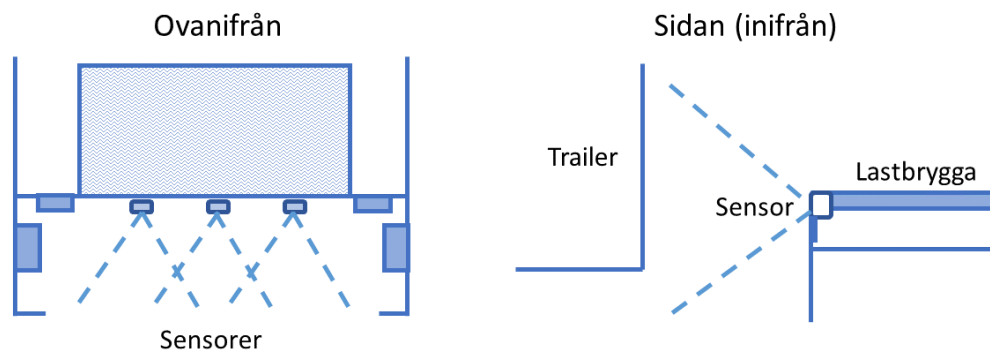
Givareförslag: Radar/mikrovåg, LiDAR, ultraljud

D.18 Lastkaj-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givarna är installerade under eller inuti lastbryggan på en rad längst kanten pekande utåt mot parkeringsområdet, se Figur 54.



Figur 54 Illustrering av delkoncept 18

Fördelar:

- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Fri syn mot horisonten.
- Kan säljas som tillägg för lastbryggor.
- Direkt syn mot kontaktytan för trailern.

Nackdelar:

- Begränsad volym inuti lastbryggor för givare.
- Bryggans normalfunktioner kan fördärva kalibreringen.
- Risk för nedsmutsning.

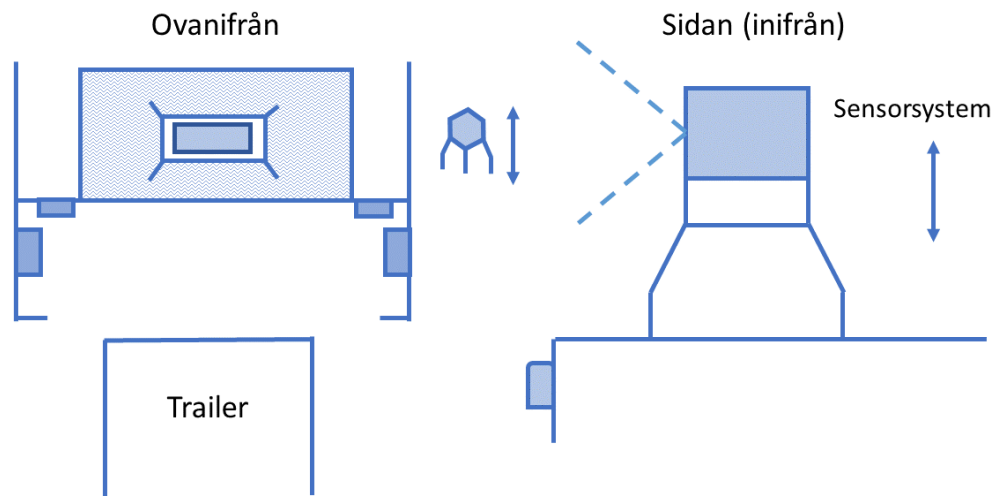
Givareförslag: Radar/mikrovåg, lasergivare, ultraljud

D.19 Mobil sensorsetup

Konceptkategorier: Lång distans, hög upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrering

Beskrivning:

Givaren är en del av en ställning som kan monteras på och av lastbryggans topplattan. Ställningen monteras innan backningen och förflyttas efter lastbilen har dockat vid lastkajen. En ställning kan användas utav flera dockningsstationer, se Figur 55.



Figur 55 Illustrering av delkoncept 19

Fördelar:

- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Fri syn mot horisonten.
- Kan bytas ut mot en annan ställning under reparation.
- Enda delkoncept som kan användas av flera dockningsstationer.

Nackdelar:

- Kräver personal för varje användning.
- Kräver omkalibrering oftare.
- Kräver nya rutiner för lagret.
- Risk för skada med den upprepade monteringen.
- Kräver öppen port för gropmonterade dockningsstationer.
- Risk att skadas av truckar.
- Ostabil monteringsyta

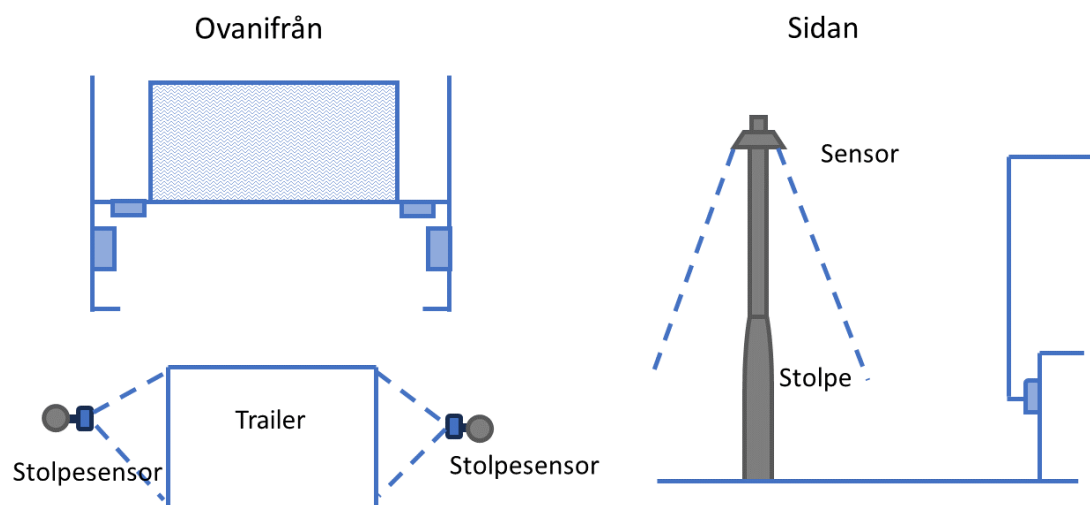
Givareförslag: Radar/mikrovåg, bildhantering, LiDAR, ultraljud

D.20 Sensor-stolpe

Konceptkategorier: Lång distans, låg upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrerings

Beskrivning:

Givaren är monterad på toppen av en stolpe riktat mot parkeringsområdet. Stolparna är placerade mellan parkeringsområden för dockningsstationerna, se Figur 56.



Figur 56 Illustrering av delkoncept 20

Fördelar:

- Möjlighet att integrera med belysning för parkeringsområdet.
- Uppsyn av hela parkeringsområdet.
- Kan se personal ankommande mot parkeringsområdet.
- Möjlighet att mäta avstånd via horisontell förflyttning.
- Möjlighet att montera två givare per stolpe för varsin sida av stolpen.

Nackdelar:

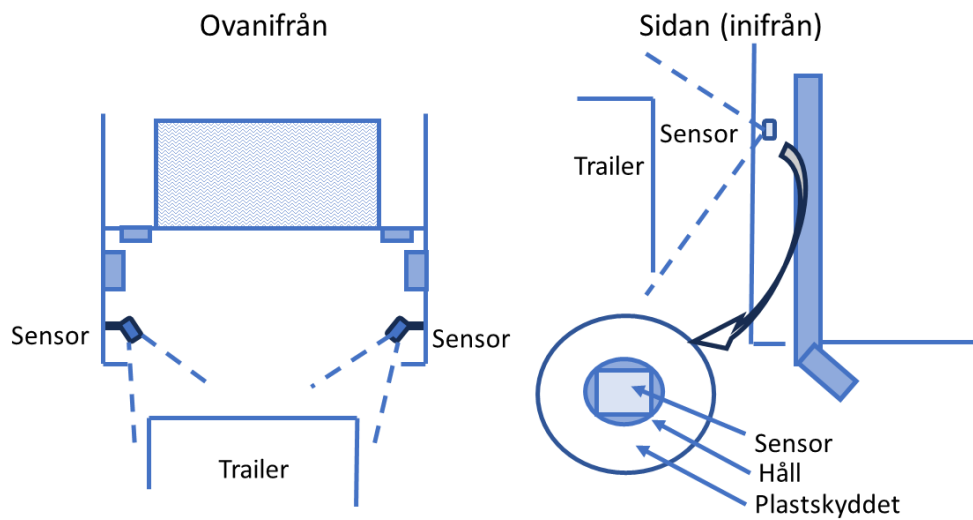
- Lastbilen blockerar vyn av stopplinjen några meter från lastkajens kant.
- Kräver utrymme för stolpar att monteras.
- Risk för felkalibrering på grund av kollision med lastbil.
- Lastbil blockerar vyn av andra sidan av parkeringsområdet med endast en stolpe.

Givareförslag: Bildhantering, LiDAR, radar/mikrovåg

D.21 Plastskyddad distans-sensor

Konceptkategorier: Lång distans, medium upplösning, avståndsmätning, vinkel, centrerung

Givarna är monterade mot ytan mellan den uppblåsbara vädertätningen och plastskyddet. Del av plastskyddet skärs ut för att rikta givarna mot parkeringsområdet, se Figur 57.



Figur 57 Illustrering av delkoncept 21

Fördelar:

- Fri syn mot horisonten
- Kan se personal ankommande mot parkeringsområdet.
- Kompatibel med alla dockningsstationsvariationer.
- Möjlighet att använda parallax för centrering och vinkel.

Nackdelar:

- Endast kompatibel med uppblåsbar vädertätning.
- Dålig uppsyn på stopplinjen.
- Modifiering av plasticskyddet kan påverka skyddet av vädertätningen
- Kan påverka vädertätningens funktioner

Givareförslag: Bildhantering, radar/mikrovåg, ultraljud, laser