

# Selvkørende biler

*P0-projekt*

B2-18

Mathias Jakobsen  
Jacob  
Søren  
Frederik  
Shano  
Mikkel

# Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Problemanalyse</b>	<b>3</b>
2.1	Begrebsforklaringer . . . . .	3
	Niveauer af automatisering af biler . . . . .	3
	Kunderne til de selvkørende biler . . . . .	4
	Producenterne af de selvkørende biler . . . . .	5
2.2	Teknologiske . . . . .	5
2.3	Bilernes interaktion med andre mennesker . . . . .	5
2.4	Sikkerhedskritisk software . . . . .	7
2.5	Kommunikation mellem selvkørende biler . . . . .	8
2.6	State of the Art . . . . .	9
2.7	Samfundsmæssige . . . . .	12
2.8	Robotetik . . . . .	12
2.9	Teknologiens effekt . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Problemafgrensning</b>	<b>14</b>
3.1	Valg af fokusområde . . . . .	14
3.2	Typer af machine learning . . . . .	15
	Support Vector Machines . . . . .	16
	Neurale netværk . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Problemformulering</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Bibliography</b>	<b>18</b>

## 1 Indledning

Selvkørende biler er meget oppe i medierne i disse dage, og man kan spørge sig selv hvorfor dette er tilfældet. Hvis man spørger producenterne af teknologien, får man svaret; at de selvkørende biler vil gøre trafikken mere sikker, samt vil udnytte vejene meget bedre [6]. I den forbindelse spurgte vi os selv: “Jamen hvis de har så mange tilsyneladende fordele, hvorfor er bilerne så ikke godkendt til at køre rundt på vejene?”.

Man kunne spørge sig selv, om der er et ønske fra befolkningen om at få de selvkørende biler, da de også er med til at drive forskningen frem ved at skabe efterspørgsel efter teknologien. Det vil presse politikere til at tage stilling til, om bilerne skal godkendes. Forskere fra Transportation Research Institute hos University of Michigan har undersøgt, hvor stor en del af befolkningen ønsker de selvkørende biler[19]. Svaret var at 60% ud af de 505 spurgte billister, har et ønske om enten delvist selvkørende biler eller helt selvkørende biler. De delvist selvkørende biler er typen som Google er ved at udvikle hvor føreren kan overtage kontrollen, hvorimod de fuldstændigt selvkørende biler ikke har brug for en fører.

Den store efterspørgsel efter de selvkørende biler, giver god grund til at undersøge dette initierende problem, og finde årsagerne til den manglende godkendelse af bilerne.

## 2 Problemanalyse

*I dette afsnit vil vi undersøge hvilke problemer der står i vejen for at biler bliver godkendt til at køre på vejene. Vi har inddelt vores problemanalyse i to hovedpunkter, de teknologiske- og de samfundsmæssige udfordringer. På denne måde vil vi forsøge at få et overblik over problemet, og lokalisere de steder, hvor man kunne forbedre systemet så bilerne kan blive godkendt.*

### 2.1 Begrebsforklaringer

#### Niveauer af automatisering af biler

SAE International, tidligere Society of Automotive Engineers, er en organisation som fastsætter nye standarder indenfor automobil-industrien. Ifølge deres standard J3016 udgivet januar 2014, kan biler inddeles i 6 niveauer af automatisering, fra niveau 0 hvor der ingen automatisering er, til niveau 5 hvor alle funktioner i bilen er automatiseret [10].

De fem niveauer kan beskrives som følger:

**Niveau 0** betyder ingen automatisering. Det vil sige at det er føreren af bilen der tager stilling til alle situationer, og selv har den fulde kontrol over bilen.

**Niveau 1** betyder at bilen har kontrol over enten styring eller acceleration/deacceleration, mens føreren styrer de andre opgaver. Det er stadig føreren, der skal være opmærksom og fortælle bilen hvad den skal gøre. Dette niveau kan f.eks. være en fartpilot, hvor føreren blot bestemmer en fart, og så accelererer bilen op til denne hastighed, og holder derefter farten.

**Niveau 2** betyder at bilen kan styre bilen uden føreren, dog kun i nogle meget begrænsede tilfælde. Det er stadig føreren af bilen der skal holde øje med omgivelserne. Det vil sige at niveau 2 er delvis automatisering, altså automatisering af nogle få og specifikke opgaver i kørslen.

**Niveau 3** er hvor man kan sige at en bil er selvkørende. Fra niveau 3 og fremefter, er det systemet der holder øje med omgivelserne, og analyserer forhindringer som bilen skal tage stilling til. På niveau 3 skal der dog være en fører af bilen der sidder klar til at overtage kontrollen af bilen, hvis bilen ikke kan genkende den situation den befinder sig i.

**Niveau 4** og fremefter, har selv en fallback løsning hvis bilen oplever en ukendt situation. Dog gælder det stadig for niveau 4 at bilen ikke kan køre i alle situationer, og at brugeren stadig skal overtage i nogle bestemte situationer. Altså er bilen kun selvkørende i nogle scenarier, men i disse scenarier har den ikke brug for brugerens input.

**Niveau 5** er fuld automatisering af bilen, og bilen har ikke længere brug for en fører af bilen. Den leverer selv fallback løsninger, og kan køre i alle kørselsscenarier. Dette er niveauet hvor man ikke har brug for et kørekort for at køre bilen, da den selv styrer alt, fra du sætter dig ind i bilen og til at du er fremme.

Den virksomhed som er længst med udviklingen af selvkørende biler, og får mest opmærksomhed i medierne er Google. Googles projekt for selvkørende biler, er lige nu en niveau 3 selvkørende bil, da der bag rattet skal sidde en billist med kørekort, klar til at overtage styringen hvis der går noget galt for programmet. Det vil sige at den AI som styrer bilen holder styr på omgivelserne og kører potentielt uden brug for billisten, men kan også advare billisten om at denne skal overtage styringen af bilen.

Googles selvkørende bil virker ved at den på taget af bilen har en laser som bruges til at scanne omgivelserne, og tegner et 3D kort over omgivelserne. Teknologien der bruges til dette hedder Lidar som er en sammentrækning af ordene "light" og "radar", virker ved at laseren peger på et objekt og analyserer det lys der kommer tilbage. Jo længere tid det tager for lyset at komme tilbage, jo længere er objektet fra laseren. Ved at gøre dette på omgivelserne omkring bilen, kan der tegnes et detaljeret 3D kort over bilens position. Desuden bruger bilen også radarer samt kameraer til at få et overblik over hvor den befinder sig. Alle oplysninger fra disse sensorer behandles af en computer som så ved hjælp af kunstig intelligens kan beslutte hvordan den skal reagere på dens situation. Den software som behandler dataet og træffer beslutninger hedder Google Chauffeur.

### **Kunderne til de selvkørende biler**

Grunden til at det er relevant at kigge på disse selvkørende biler og deres udfordringer, er at der er mange potentielle kunder for denne teknologi. Når teknologien har mulighed for at blive udbredt mange steder, er det vigtigt at kende til de fordele og ulemper teknologien bringer, inden teknologien tages i brug.

Netop denne teknologi har potentiale til at blive udbredt på markedet, da en selvkørende bil eksempelvis vil være i stand til at spare mange mennesker tid hver morgen. Tiden i myldretrafikken ville da kunne benyttes på at arbejde, frem for at køre bil. Desuden lover producenterne af disse biler, også at disse biler vil øge trafiksikkerheden [6], hvilket ville være endnu et incitament for en privat kunde at købe en sådan bil.

Udover den åbenlyse kunde i form af private mennesker er der også virksomheder, som ville kunne tænkes at bruge denne teknologi i deres forretningsmodel. Dette kunne f.eks. være et taxi-selskab der nu ikke nødvendigvis har brug for chauffører, da en computer nu kan styre bilen i stedet. Busser kunne også være et område hvor man kunne benytte denne teknologi. Man kunne her igen spare lønnen til chaufføren, og virksomhederne ville kunne spare penge.

Som man kan se ud fra de ovennævnte punkter, er der mange muligheder for hvordan denne teknologi vil kunne blive brugt af både private mennesker og virksomheder. Når en teknologi bliver spredt i verden på denne måde, bliver vi nødt til at kigge nærmere på sikkerheden omkring den. Vi vil derfor i de følgende afsnit fokusere på om teknologien er klar til markedet endnu, samt kigge på om det er muligt at sikre sig at disse biler er sikret over for hackere, der ønsker at skaffe kontrol over din bil. Et andet punkt som vi vil undersøge, er om hvilke indflydelse det vil have overfor vores hverdag, hvis disse biler blev en realitet.

## **Producenterne af de selvkørende biler**

Udover kunderne, er der selvfølgelig også en anden gruppe mennesker der ønsker at få disse biler godkendt til vejene, nemlig producenterne af denne. Producenterne af bilerne bruger penge på lobbyister for at sikre sig at bilerne bliver godkendt til vejene[17]. Store bilfirmaer som Toyota, Mercedes og Audi har alle fremvist biler [2] som kan beskrives som selvkørende biler. Disse firmaer har alle udtalt at de vil have biler på vejene med denne teknologi før 2020, og der er dermed sat et kapløb igang om hvem der først får sine biler på markedet.

### **2.2 Teknologiske**

I dette delafsnit vil vi kigge nærmere på de teknologiske problemer der er ved at få en selvkørende bil godkendt. Derfor kigger vi både på hvordan bilerne virker, og hvilke svagheder dette har, samt kigger på, hvordan hackning kunne vise sig at være en stor problemstilling inden for de selvkørende biler.

### **2.3 Bilernes interaktion med andre mennesker**

I takt med at der kommer flere selvkørende biler på vejene, er der kommet mere lys på de problemer som disse biler har når de interaktioner med omgivelserne. En af de større udfordringer de har mødt, er selve trafikken og alt der hører med til denne. Bilens sensorer gør at den har en større årvågenhed end andre bilister, hvilket faktisk har vist sig at være et problem. Problemet er, at bilens opmærksomhed også sætter den i stor fare for at blive påkørt af en uopmærksom bilist som kommer kørende bagfra. Dette bekræfter Google selv i deres månedlige rapport fra august 2015[7]. Et eksempel på dette skete på en travl vej i Mountain View Californien, hvor fodgængere kan trykke på en knap, for at få et lys på vejen

til at skifte så de kan gå over. Her havde den selv kørende bil opdaget en person ude på dette fodgængerfelt, hvorefter testpersonen i bilen valgte manuelt at bremse, for at sikre at de ikke ville ramme personen. Dog var bilen bag den selv kørende bil ikke lige så vågen, så den endte med at køre op bag i den selv kørende bil. Det skal dog siges at trods den manuelle bremsning af testkøreren, så viste det sig senere at bilen selv ville være stoppet i tide. Dog ville den have kørt noget tættere på fodgængereren, hvilket kunne have virket skræmmende for fodgængereren[7].

En anden udfordring de selv kørende biler har, er at som de er nu, kører ekstremt sikkert. I dette tilfælde skal ordet sikkert ikke tages på en god måde. Den selv kørende bil kan virke som om den er lige lidt for langsom ude af lyskrydset, og som altid sikrer sig at den ikke overstiger fartgrænsen på nogen måde. Dette gør at den ellers travle trafik bliver sinket af de selv kørende biler som er på gaden. Denne form for kørsel ville i princippet ikke være et problem for bilen, men da der ikke er nogen mennesker der kører på helt samme måde, så skaber det som sagt nogle problemer. Et eksempel kunne være som vist på følgende figur.



**Figur 1:** Bilens scan, der viser hvad der er i nærheden. Altså dens syn

Figuren er taget af bilens syn på omverden under en situation der virker godt som et eksempel på dens kørsel. Her er de lyserøde kasser andre køretøjer, den grønne linje viser bilens planlagte rute, og midt i selve billedet er bilen selv. Men situationen her er, at bilen på den venstre side af den selv kørende bil svinger lidt bredt, da den har overset den selv kørende bil. Hvilket gør at den kommer ind i den selv kørende bils bane. Så i stedet for selv at tage et lidt bredere sving, så vælger den selv kørende bil at bremse ned. Dette tydeliggøres også på figuren, hvor der fremgår et rødt hegn foran bilen, hvilket betyder at bilen bremser[21]. En af de givne problemer mange byer er begyndt at møde, er at den store mængde mennesker der bor i disse byer, skal selvfølgelig have en form for transport. Dette er så biler, eller offentlig transport. Dette har gjort at selve byernes infrastruktur ikke har kunne følge med alle de mennesker der nu befinder sig på vejene, så den meget øgede trafik har gjort at kørsel i byerne er blevet meget aggressivt, for at komme hurtigere frem. Da tid brugt i trafikken kunne være brugt på en mere produktiv måde[8]. I sådanne et miljø ville den selv kørende bil både være en fordel og en ulempe. Det nemmeste ville selvfølgelig være hvis alle selv havde en selv kørende bil, da hele ruten ville kunne blive kalkuleret, så man ville kunne få en præcis tid for, hvor lang tid ruten ville tage, og man ville kunne lave noget andet

samtidigt med at man kørte. Den store ulempe bilen vil have, er at hvis man som den eneste kører rundt i en selvkørende bil i disse områder vil det forstyrre trafikken meget. Da de som nævnt tidligere kører meget sikkert, så gør den aggressive kørsel for de andre bilister, at den selvkørende bil vil kunne være en fare for sig selv. Her kunne et eksempel være, at den ikke ville skynde sig over for et gult lys, mens bilisten bag den tænkte at det var nået man godt kunne nå. Hvilket ville resultere i at den selvkørende bil ville blive påkørt bag fra.

En anden situation hvor sådan en bil fejlede i at reagere blev beskrevet af en cyklist i Austin, Texas, hvor han nemlig mødte en sådanne selvkørende bil i et kryds, mens han var på cykel. Cyklisten lavede så det man kalder en track-stand, men han lagde sig ind bag bilen. En track-stand er en teknik man bruger til at holde sig på cyklen når man kører rigtigt langsomt, hvor man så også bevæger styret på cyklen frem og tilbage for at holde balancen. Den selvkørende bil misforstod så denne track-stand for en cyklist der kom kørende bag den og stoppede. Så da bilen kunne se at cyklisten holdt stille kørte den så igen, hvorefter den så stoppede igen fordi cyklisten bevægede styret fra den ene side til den anden. Dette gjorde at bilen stadig ikke var nået ud til midten af krydset efter hele 2 minutters kørsel[20]. Det lyder måske ikke af meget, men det er sådanne problemer man er nød til at sikre ikke sker efter bilen er udgivet til private personer, da begge hændelser ville kunne føre til større ulykker, yderligere forsinkelser af trafikken eller fører til personskader.

## 2.4 Sikkerhedskritisk software

Ved at køre i de elektroniske køretøjer er der mange sikkerhedsmæssige fordele, i det at mennesker laver fejl som koster mange menneskers liv. Ved at gøre forskellige funktioner elektroniske mindsker man menneskelige fejl. Dog er der visse usikkerheder ved at lægge sin lid til maskinen alene. Usikkerheden ligger blandt andet i, at man som i alle andre elektroniske systemer kan 'hacke' sig ind og ændre ved systemet. For eksempel er det muligt, med en relativ simpel teknik at kunne fjernstyre køretøjet. Det gør det muligt for 'hackeren', at forstyrre kørselen og gøre det direkte farligt at køre. Dette er heldigvis ikke et udbredt problem endnu.

Producenterne vil gerne skabe en illusion om sikkerhed, der angår de elektroniske og automatiske køretøjer. Derfor bliver der lagt rigtig meget tid af til forskning i ikke at gøre denne usikkerhed til en virkelighed. Forskningen bliver foretaget af forskellige sikkerhedsforskere, som forsøger at påvise så mange fejl og usikkerheder ved køretøjet som muligt. Dette foregår ved at de selv 'hacker' bilerne, og på den måde påviser under kontrollerede forhold, hvilke ricisier der er ved at automatisere flere af køretøjets funktioner.

Eksempel 1:

Et eksempel er sikkerhedsforskeren Charlie Miller og direktøren for IOactive Chris Valasek, som har brugt over et års forskning på at undersøge og påvise, hvordan man kan overtage kontrollen af en Jeep ved hjælp af en såkaldt zero-day exploit. Under forsøget opdagede de en fejl ved infotainment systemet, Harman uConnect, at internetforbindelsen igennem netværket Sprint, havde porten 6667 stående åben. Dette gav dem mulighed for at koble sig til bilen

via deres smartphone over det cellulære netværk. Charlie og Chris var via en femtocell i stand til at fjernstyre Jeepen helt op til 110km. væk. Under angrebet på Jeepen, var de i stand til blandt andet at styre rattet under bakkemanøvre, sætte bremserne ud af funktion og skifte gear. Herudover nogle mindre ting som at styre klimaanlægget, sædevarmen, radioen, vinduesviskerne og sprinklervæsken.

Chris og Charlie har efterfølgende indberettet fejlene, de fandt under forskningen til Chrysler og Sprint, som var hurtige til at få rettet fejlene og få lukket den åbne port. Herudover fik Chrysler kaldt de fejlproducerede biler tilbage og fik lavet en opdatering, som blev tilgængelig for ejerne af bilerne, hvor de selv kunne udføre opdateringen af bilen.

Eksempel 2:

Et andet eksempel er en nylig forskning der blev udført af Kevin Mahaffey, som er medstifter af mobilsikkerhedsfirmaet Lookout og Marc Rogers, som er sikkerhedsforsker for CloudFlare. De har over to år forsket i den elektroniske arkitektur i en Tesla model S. Her fandt de to sårbarheder i systemet, som begge krævede at man til at starte med havde fysisk adgang til køretøjet og adgang til køretøjets infotainment system, som er det der styrer at tænde og slukke for bilen. Udover det opdagede forskerne også, at infotainment systemet benyttede sig af en gammel browser opdatering, som havde en fire år gammel sårbarhed, dette gjorde det muligt for en potentiel hacker at udføre et angreb fuldstændigt uden fysisk adgang til bilen.

Teoretisk set kunne en hacker lave en ondsindet hjemmeside, som gav ham adgang til infotainment systemet hvis en ejer af en Tesla besøgte hjemmesiden fra sin bil.

Dog blev denne metode ikke testet af Kevin og Marc, men at finde sådan en sårbarhed i systemet er ikke utænkeligt, da Tesla for nyligt har udgivet en opdatering til deres Tesla model S, som netop skulle forhindre en lignende type usikkerhed. Formålet med den lange undersøgelse af Tesla's køretøj var at se hvilke fejl Tesla og derfor også andre bilproducenter måtte begå af sikkerheds fejl.

Eksempel 3:

Et tredje eksempel, handler om de selvkørende bilers lidar system og en nyligt sårbarhed opdaget af Jonathan Petit. Lidarsystemets funktion er at 'scanne' alt, hvad der er rundt om bilen. Det fungerer ved at der hele tiden, bliver sendt laserstråler ud og ud fra hvor hurtigt strålingen kommer tilbage, måler den afstanden til alt omkring bilen. Ved hjælp af en laserpointer og en raspberry pi er det muligt, at vildlede lidarsystemet til at opfange ikke eksisterende objekter. Denne 'hacking' af lidarsystemet kan udføres i op til 100 meter radius fra bilen. Dette betyder, at man kan snyde bilen til fuld stop eller få den til at foretage en undvigelsesmanøvre for fantomobjekter. Petit udtaler selv, at problemet ville kunne løses ved at have et system som, filtrerede alle umulige objekter fra vedhjælp af andre systemer såsom radar.

## **2.5 Kommunikation mellem selvkørende biler**

I trafikken lige nu har hver trafikant sin egen "kørestil" som bestemmer hvor hurtig man kører, sin placering på vejen, hvornår man holder tilbage for andre, orientering, osv. Så at lave et system der kan styre alle disse biler som én enhed,



vil gøre trafikken meget mere flydende og sikker. Hvis bilerne kunne kommunikere med hinanden, ville de kunne forudsige hvilke handlinger de andre biler tager. Derudover kan en forankørende bil sende informationer, om hvad der er forude til bilerne bagved. Informationen de giver hinanden vil være ting såsom, position, fart, hjulenes drejeposition, bremses og større billede af nærområdet. Disse ting hjælper den enkelte bil med at danne et billede af hvad der sker i forud i trafikken, som hjælper systemet i den enkelte bil til at køre mere effektivt i forhold til omgivelserne.

Nu hvor vi kigger på kommunikationen mellem bilerne, er det oplagt at fejlagtige informationer kan blive sendt til andre biler, hvilket vil kunne 'forvirre' softwaren i disse biler. Vi skal huske at softwaren kommer fra mennesker, og derfor kan der også opstå fejl i systemet. Alt elektronik kan slå fejl på et tidspunkt, så det vil ikke være en overraskelse, hvis der var en sjælden gang eller to, hvor bilen kører galt eller i hvert fald kommer ud for tekniske problemer der kan forårsage problemer. En anden ting som kunne være farlig er vejret, da det kan have en effekt på bilens sensorer. For at bilerne ikke bliver blændet af sådanne forhold, kunne det hjælpe at bilen havde mere kontakt med omverdenen. F.eks. hvis det regner og stormer en aften, så bliver bilens sensorer knap så gode til at se langt (ligesom mennesket). Her vil det være en fordel hvis den fik forskellige informationer om andre biler, hvilket vil hjælpe på sikkerheden. Men et problem der er værd at tænke på, er hvad hvis kommunikationen forsvinder? Altså den selvkørende bil skal først og fremmest selv kunne orientere sig i trafikken, så idet den mister sin kommunikationsevne skal den egentlig bare opføre sig normalt i trafikken. Den skal altså selv kunne orientere sig rundt i trafikken. Kommunikationsevne med andre biler er meget om at få information om blinde vinkler og uforudsete vejspærringer på en rute. Det med at kende til andre bilers position, fart osv. er en ekstra fordel for sikkerheden. En anden ting vi skal huske på er, at når man vælger at digitale systemer skal kunne kommunikere med hinanden, vil det altid være muligt at kunne hacke eller blande sig i informationen der bliver sendt mellem disse systemer. [11]

## **2.6 State of the Art**

I 2015 under Consumer Electronics Show (CES), viste tre firmaer hver en bil frem, som viser hvor langt de hver i ser er, i udviklingen af selv-kørende biler.[9]

### **2.6.0.1 Audi A7**

Audi viste deres A7 frem, hvilken af de tre ligner mest en almindelig personbil (se figur 2), men den kan selv køre over lange distancer. Hvis den dog opdager mange mennesker i et område, typisk hvis den kører imod en by, vil den bede personen bag rattet om at overtage styringen. Bilen havde inden konferencen kørt med nye trafikkanter og journalister fra Silicon Valley til Las Vegas, en distance på omkring 900km, næsten uden input fra føreren og dette selvom bilen kørte 110km/t. Bilen benytter sig af sensorer som allerede bliver fabrikeret, som også er i stand til præcist at se bilens omgivelser. Sensorene inkluderer adaptiv fartkontrol, overvågning over blinde vinkler, varsling hvis du er ved at køre af vejen og tre



**Figur 2:** Audi A7 på 2015 CES

**Kilde:** [https://a248.e.akamai.net/f/574/7105/8d/www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/01/150106\\_0345\\_ces.jpg](https://a248.e.akamai.net/f/574/7105/8d/www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/01/150106_0345_ces.jpg)

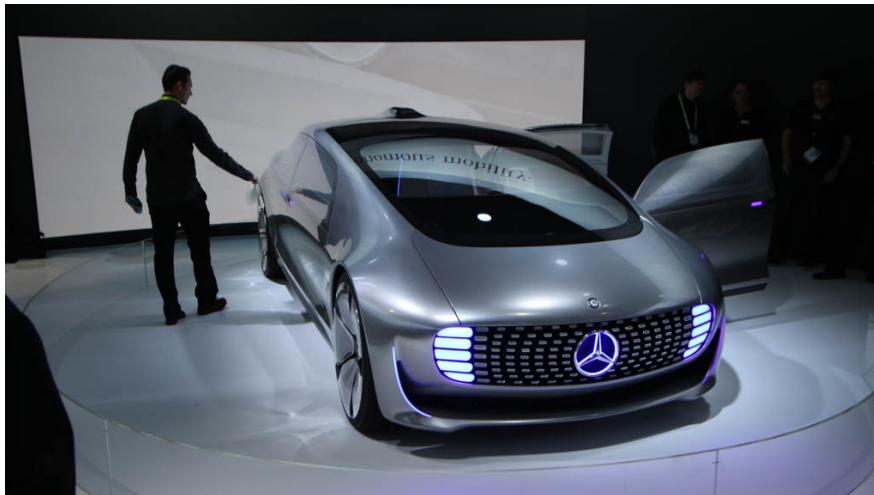
typer sensorer som allerede bliver brugt i diverse fartøjer i dag. Desuden kommer bilen også med andre sensorer så som laserscannere og kameraer, som gør bilen i stand til bedre at opdage objekter, både hvis objekterne er i bevægelse og hvis de er stillestående. Kameraerne, som optager i 3D, hjælper bilen med at holde styr på omkringværende trafik. Bilen er i stand til at køre på veje som ikke har høje bakker, hvor ingen biler pludseligt kører ind i din kørebane, eller en bil foran panikbremses.

#### 2.6.0.2 Mercedes-Benz F 015

Denne bil blev lavet som et proof-of-concept, og vil ikke blive sat i produktion da udsynet for passagerne er alt for småt, men den indeholder teknologi og idéer som ikke er set før. F 015 har LED på hver side af forenden, som hjælper fodgængere med at se om det er sikkert for dem at gå ud foran bilen — en slags alternativ til fodgængerfelter og trafiklys i dag. Disse LED'er følger fodgængerens mens han eller hun går forbi bilen, og viser dermed at bilen har øje med dem. Disse LED'er kan ses på bilen på figur 3. Fodgængere kan potentielt krydse vejen hvor de har lyst, hvis bilerne på vejen indikerer det er sikkert nok for dem. Forsæderne i bilen vender imod bagsæderne, hvilket gør alle folk i bilen, i stand til at holde øjekontakt under samtaler. Sæderne har også mulighed for at rotere horisontalt, så passagerne nemt kan stige ind og ud af bilen.

#### 2.6.0.3 BMW i3

BMW tog en eksisterende bil og modificerede den indenfor et helt bestemt område; parkering. Bilen på figur 4 er i stand til at parkere sig selv, og ikke ligesom vi i



**Figur 3:** Mercedes-Benz konceptbilen F 015

**Kilde:** [https://a248.e.akamai.net/f/574/7105/8d/www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/01/150106\\_0422\\_ces.jpg](https://a248.e.akamai.net/f/574/7105/8d/www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/01/150106_0422_ces.jpg)



**Figur 4:** Den selv-parkerende BMW i3

**Kilde:** <https://bmwactu.files.wordpress.com/2015/09/bmw-i3-fluid-black-1.jpg>

dag kender det, hvor bilen parallelparkerer. Med BMW i3 kan man køre hen til indgangen til en parkeringsplads, gå ud af bilen, og BMW i3 vil selv køre rundt på parkeringspladsen indtil den finder en fri plads. Herefter parkerer den selv, låser og slukker. Når man har brug for bilen igen, kan man inde i BMWs smartphone app til bilen tilkalde den, og så bare vente ved indgangen til parkeringspladsen, hvor bilen selv vil køre hen og samle dig op. Ikke kun skal bilen være i stand til at navigere rundt, den skal også være i stand til at undgå andre bilister, parkerede biler og ikke parkere på parkeringspladser prioriteret til handicappede.

## 2.7 Samfundsmæssige

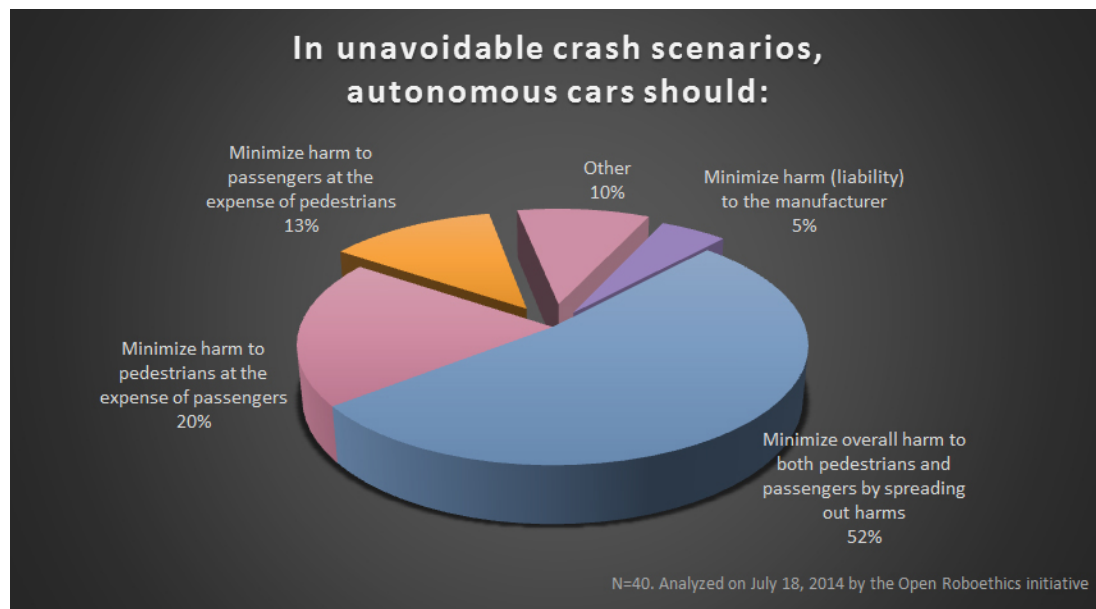
I dette delafsnit vil vi fokusere på de samfundsmæssige problemer i forhold til de selvkørende biler. Disse problemer er problemer som politikerne skal tage stilling til, samt problemer som kunne skræmme eventuelle købere væk.

## 2.8 Robotetik

Når der snakkes om selvkørende biler, bliver der ofte stillet etiske spørgsmål. Når man overfører kontrollen over bilen fra mennesket, og overgiver dette til bilen selv, overføres også et stort ansvar. I tilfælde af at bilen kommer ud for et uheld, hvad skal bilen så gøre? Der er mange muligheder, men de kan ligeledes alle have store konsekvenser. Hvis en person ender foran bilen, skal den kunne træffe en beslutning om at forsøge at undvige personen, og køre galt, eller om den blot skal forsøge at bremse. Hvis bilen bremser, er det ikke sikkert at bilen kan nå at bremse før personen, men hvis den forsøger at undvige er det muligt at den kører sammen med en modkørende bil.

Alt efter bilens programmering ville den kunne forsøge at minimere skader, ved at træffe det valg der vil forårsage færrest menneskeskader. Men dette kunne bringe uskyldige mennesker i fare, hvis bilen valgte at undvige en person ved at køre over i den anden side af vejen, hvor en modkørende bil kunne befinde sig.

Dette er spørgsmål som endnu ikke er besvaret fra de selvkørende biler, da dagens biler i en sådan situation vil overlade styringen til føreren. En undersøgelse (se figur 5) blev i 2014 foretaget af Open Roboethics Initiative, hvor mennesker blev adspurgt om hvordan de ønskede at bilen skulle opføre sig i en situation som nævnt ovenfor. 52% af de adspurgte mennesker ønsker at bilen skal forsøge at minimere skaderne ved at fordele disse mellem både passagerer og fodgængere.



**Figur 5:** Undersøgelse om hvad folk vil foretrække i en uundgåelig ulykke

**Kilde:** <http://www.openroboethics.org/results-random-chance-over-informed-decision/>

I et scenarium hvor et tog kommer kørende ned ad en bane imod tre mennesker spændt fast til togskinnerne, men inden toget støder mod disse tre personer, er der et baneskift. Hvis der på den anden række togskinner kun ligger én person, vil den logiske løsning være at skifte bane for toget, da der dermed reddes 2 menneskeliv. Men hvad hvis denne ene person er meget betydningsfuld for en, så som en mor, eller ens egen søn, ville samme person så træffe samme valg, og vælge at slå sit eget barn ihjel, frem for tre fremmede mennesker? En maskine vil stadig tænke logisk og træffe samme valg da færre liv går tabt, men ingen forældre vil have det komfortabelt med at benytte en bil, som kan træffe selv samme beslutning og slå deres eget barn ihjel som muligvis sidder på bagsædet, frem for at ramme nogle fremmede fodgængere.

Tilbage i 1942, præsenterede science fiction forfatteren Isaac Asimov, 3 gyldne love[1], som siden er blevet brugt utallige gange til at beskrive hvordan en robot hovedsageligt skal omgås mennesker.

1. En robot må ikke gøre et menneske fortræd, eller, ved ikke at gøre noget, lade et menneske komme til skade
2. En robot skal adlyde ordrer givet af mennesker, så længe disse ikke er i konflikt med første lov
3. En robot skal beskytte sin egen eksistens, så længe dette ikke er i konflikt med første eller anden lov

Disse tre love er i bund og grund også etiske, da de siger at robotten ikke må adlyde et menneskes ordre hvis dette forårsager skader på andre mennesker, men samtidig skal sørge for mennesker ikke kommer til skade. Hvis et deprimeret individ springer ud foran en selvkørende bil i et forsøg på at begå selvmord, må bilen ikke bare køre personen over, da dette er i strid mod første lov. Bilen bliver derfor nødt til at undvige, også selvom dette kan totalskade bilen, og brække et legeme eller to på passageren, da et brækket ben er langt bedre end et mistet liv, samtidig med at overholde Asimov's 3 love. Her bliver føreren af bilen dog "straffet" for at et andet menneske forsøger at tage sit eget liv. Skal bilen i dette tilfælde gøre det samme som føreren af en manuelt-kørende bil og køre ham ned da det er umuligt at undvige, selvom dette vil være i strid mod første lov?

Det kan være svært at svare på disse spørgsmål, og i sidste ende vil sådan nogle problemstillinger besvares ved at politikere fastsætte love der giver producenterne nogle klare linjer at programmere efter.

## **2.9 Teknologiens effekt**

Da de selvkørende biler som navnet antyder selv kører, bliver der i den forbindelse selvfølgelig skrevet en del kode til dem, for at sikre de kører ordentligt i trafikken. Dette betyder at bilen overholder de forskellige færdselslove, hvilket i sig selv er godt nok, men dette vil også have nogle seriøse økonomiske konsekvenser blandt andet for det offentlige, men også for de mange private virksomheder.

Mange af de problematikker de selvkørende biler kan skabe, kan findes i den offentlige sektor. Det er som udgangspunkt meget lige til at finde ud af hvordan

de vil påvirke politiet og den indkomst staten har derfra. Da den selvkørende bil er programmeret til at overholde trafiklovene, betyder dette at der vil blive uddelt færre bøder. Politiet vil derfor komme til at have en lavere indtjening, da en stor del af denne nemlig kommer fra uddeling af bøder[4]. Der vil heller ikke være brug for lige så mange betjente rundt omkring i landene, især ikke hvis alle biler bliver erstattet af selvkørende. Dette er fra statens side positivt, da det betyder at der er færre, som skal have løn, men det betyder derfor også at der kommer flere arbejdsløse hvilket er dårligt for økonomien.

Inden for det offentlige vil der selvfølgelig også være en mulighed for at skifte de offentlige transportmidler ud med selvkørende versioner. Dette vil på mange måder være en fordel for det offentlige, da det vil være billigere fordi der ikke er en fører der skal have løn. Det vil derudover også være muligt for den at arbejde sammen med de andre selvkørende køretøjer for eksempelvis at optimere den tid det vil tage at bruge offentligt transport. På den anden side vil der kunne opstå problemer, når computeren skal kende forskel på dem der skal med og dem der ikke skal. Dette kan tænkes som et problem der kan løses med et stykke kode, og er i høj grad noget der skal overvejes før dette kan blive en realitet[12].

Udover staten vil mange private virksomheder, som for eksempel taxier, lastbiler og mange andre former for transport, også kunne mærke denne ændring til selvkørende biler. Man er allerede i New York begyndt at eksperimentere med selvkørende taxier, hvilket for firmaerne både kan spare tid og penge. De regner eksempelvis med at indføre 5.000 selvkørende taxier i 2016, hvilket også vil betyde at man kan forvente 5.000 arbejdsløse mere på gaderne i New York[5]. Derudover er der selvfølgelig også lastbilerne som transporterer en masse forskellige varer rundt omkring over alt i verden. Dette kan nemlig også gøres ved hjælp af selvkørende biler, heraf lastbiler. Man bruger allerede selvkørende lastbiler, der hører inde i niveau 3 kategorien af SAE Internationals J3016 standard, hvilket gør det muligt at fjerne hænderne fra rattet på motorvejen, og det burde ikke vare længe før der slet ikke er brug for nogle bag rattet[15].

Et sidste område hvor ændringen til selvkørende biler vil skabe problemer er for de mange tankstationer og andre sælgere af de fossile brændsler. De selvkørende biler vil sandsynligvis være elektriske, da fokuset på miljøvenlig teknologi er høj. Dette vil have en stor effekt på markedet for fossile brændsler, men også skabe en del arbejdsløse i forbindelse med arbejderne på de forskellige boplatforme til de unge der står bag disken på den lokale tankstation[14].

### 3 Problemafgrænsning

*I dette afsnit vil vi indsnævre vores problemrum fra problemanalysen, og finde frem til fokusområdet for vores problemformulering, og for en eventuel løsning af et af problemerne vi har fundet i problemanalysen. Ud fra denne problemafgrænsning, vil vi så opstille en problemformulering..*

#### 3.1 Valg af fokusområde

I vores problemanalyse har vi kigget på de teknologiske og samfundsmæssige problemer omkring teknologien. Der har været problemer af begge typer, men de problemer som har vist sig i form af ulykker for bilen, har været fordi bilen

ikke har kørt som andre mennesker. Som nævnt i problemanalysen, kører den selvkørende bil ikke aggressivt nok, hvilket har forårsaget at biler er kørt op bag i den[20].

I dette afsnit vil vi kigge nærmere på den teknologi der vil kunne analysere menneskers kørsel, og lære af dette. Vi skal derfor undersøge og forstå feltet omkring computers indlæring — machine learning.

### 3.2 Typer af machine learning

Indenfor machine-learning findes forskellige metoder for at komme frem til data [16].

1. Supervised learning: Bliver ofte brugt til at foresige mulige begivenheder ved at bruge historisk data og kan derfor udregne hvornår folk muligvis vil bruge deres forsikring. Algoritmen får et set inputs og så sammenligner algoritmen dets egen output med det rigtige output for at finde fejl, og dermed forbedre sig selv.
2. unsupervised learning: I modsætning til supervised bruges dette ikke indenfor historisk data og bliver heller ikke fortalt af en supervisor, hvilket svar er rigtigt. I stedet regnes der på dataen for at finde en struktur. Det kan bruges til markedsføring ved at sammenligne en masse data og finde lighed mellem disse data og kan derved være med til at påpege reklamer til et bestemt segment.
3. semi-supervised learning: En blanding af de to tidligere. Algoritmen sammenligner godkendt og en helt del ikke-godkendt data, da det ikke-godkendte er billigere og nemmere at få adgang til. Bliver ofte brugt til at udpege den rigtige person, som blev fanget på et overvågningskamera, samt regression og forudsigelser.
4. reinforcement-learning: Svarer lidt bruteforcing. Bliver ofte brugt indenfor robotter, navigation og gaming, og algoritmen fungerer gennem "trial and error", og vælger derefter den vej som giver bedst resultat.

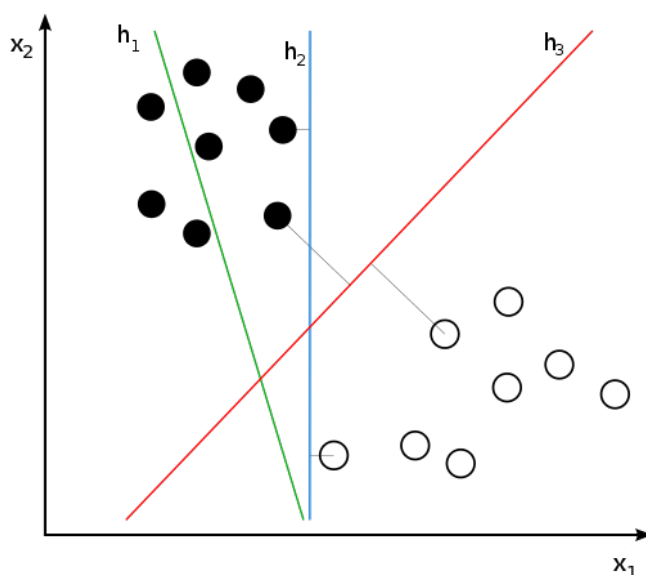
Godt 70 % af machine-learning foregår i dag gennem supervised learning og 20-30 % foregår gennem unsupervised. Indenfor machine-learning findes andre metoder, som Data-mining og Deep learning, som begge har noget med machine-learning at gøre. Dagens og fremtidens selvkørende biler, benytter sig både af deep-learning teknikken samt semi-supervised learning[22]. Både Tesla og Audi benytter sig allerede af Nvidia Drive PX, hvilket er et PCB, som tillader bilen det er installeret i, til at tilgå Nvidia's nye deep-learning platform kaldet DIGITS, hvilket alle enheder kan køre og tilgå, hvis de indeholder et Nvidia grafikkort. Dette gør det muligt for enheder, at lære deres omgivelser at kende, og er designet til at fungere ligesom et menneske. Ligesom mennesker lærer med tiden og af deres erfaringer, vil bilerne også lære af deres erfaringer, men da de alle er koblet til dette netværk, lærer alle bilerne, af alle bilers erfaringer[18]. Dette board uploader sine data til, og hvis der er noget indsamlet data den ikke er sikker på hvad den skal gøre med, vil dette data blive kigget og regnet på af hele netværket.



## Support Vector Machines

Support Vector Machine eller SVM er en gren inden for supervised machine learning[3], som går ud på at inddele datapunkter i forskellige klasser. I forbindelse med selvkørende biler, kunne SVM blive brugt til at separere billister fra cyklister, og igen fra fodgængere.

SVM virker ved at indsætte datapunkter i et koordinatsystem, og så finde et 'hyperplane' der kan skille de forskellige typer data fra hinanden. På figur 6 ses et koordinatsystem hvor der er indtegnet to forskellige typer data, som ønskes adskilt. For at adskille de to typer data på figur 6, kan der bruges en lineær funktion. Det kan ses på illustrationen, at linjen  $h_1$  ikke adskiller de to datasæt, og derfor ville dette hyperplane ikke virke.  $h_2$  adskiller de to datasæt, men med en meget lille margin. Til sidst har vi så  $h_3$  som adskiller de to datasæt med en stor margin, her vil der altså være størst sandsynlighed for at en computer kunne forudsige hvilken gruppe datapunktet hører til.



**Figur 6:** Illustration af SVM

**Kilde:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Support\\_vector\\_machine#/media/File:Kernel\\_Machine.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machine#/media/File:Kernel_Machine.png)

Kort sagt kan man altså sige at SVM går ud på at opstille et hyperplane med størst mulig afstand til de nærmeste datapunkter, da dette giver den største sandsynlighed for at computeren kan adskille dataet korrekt. Når funktionen for hyperplanet er opstillet, vil den til en given vektor (som er datapunktet) give  $h(\vec{x}) \geq 1$  hvis datapunktet ligger i den ene gruppe, hvorimod  $h(\vec{x}) \leq -1$  hvis datapunktet ligger i den anden gruppe.

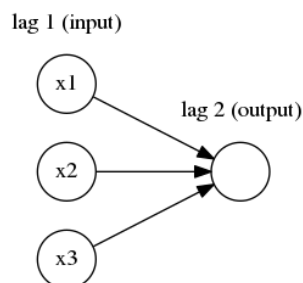
## Neurale netværk

Inden for machine learning findes et område kaldet deep learning. Deep learning går ud på at træne en algoritme til at træffe beslutninger, ud fra nogle såkaldte



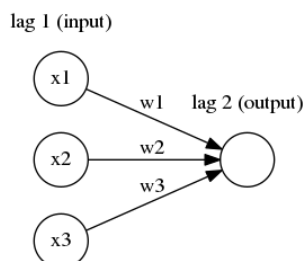
neurale netværk. Disse neurale netværk tager et eller flere inputs, og giver et output ud fra disse.

Først vil vi kigge på den simpleste form for neuron i et neuralt netværk — en perceptron[13].



**Figur 7:** Illustration af en perceptron

En perceptron har ét eller flere inputs, der alle kan være 0 eller 1. Vi tager udgangspunkt i figur 7, med 3 inputs. Alt efter de tre inputs til denne perceptron, vil outputtet enten være 0 eller 1. Vi indfører nu begrebet vægtning til netværket. Vægtningen består i at de forskellige inputs  $x$  vægtes med et reelt tal  $w$ , og dermed betyder mere eller mindre end de andre inputs. Outputtet af perceptronen vil være 1 hvis summen af alle vægte ganget med værdien af inputtet, er højere end en forudbestemt værdi.



**Figur 8:** Illustration af en perceptron med vægtning

Perceptroner giver enten outputtet 1 eller 0. Dette betyder at nogle små ændringer i inputtet eller vægtningen, kan betyde at outputtet går fra 0 til 1. For at undgå dette, bruger man en anden neuron, kaldet en sigmoid neuron. På samme måde som perceptronen, giver sigmoid også et output på baggrund af inputtet, men inputtet kan være et tal mellem 0 og 1, og outputtet vil også være et tal mellem 0 og 1. Outputtet af sigmoid neuronerne er givet ved sigmoid funktionen[13].

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (1)$$

hvor  $z = \vec{x} \cdot \vec{v} + b$ , og  $b$  er den negative værdi af den øvre grænse hvor en perceptron ville skifte mellem 0 og 1.

For at løse en given opgave ved hjælp af disse neuroner opstilles et ‘net’ af neuroner, som består af inputs i første lag, outputtet i sidste lag og en række skjulte lag imellem. Når nettet er opstillet, kan det dog stadig være svært at vide hvilken vægt de forskellige inputs skal have, samt hvilke øvre grænser ( $-b$ ) der skal bruges i funktionen ovenfor. Netværket er nemlig ikke trænet. Måden netværket trænes på er ved at opstille en *cost-function*, som er en funktion som beskriver hvor godt outputtet passer overens med det faktiske resultat (supervised learning). Hvis cost-funktionen giver en højt resultat, ligger outputtet langt fra det rigtige svar, mens hvis resultatet er 0, har netværket ramt det rigtige svar. Ved at lave små justeringer på de forskellige vægte og øvre grænser, bliver netværket bedre og bedre til at få et lavet resultat fra cost-funktionen. Når netværket til sidst er trænet og kan svare rigtigt på alt træningsdata, kan det bruges til data uden for træningssættet, og stadig finde det rigtige resultat.

## 4 Problemformulering

## 5 Bibliography

- [1] <http://www.auburn.edu/~vestmon/robotics.html>. Tilgået: 11-09-2015.
- [2] Michael Austin. <http://www.popularmechanics.com/cars/a9588/toyotas-semi-autonomous-cars-hit-the-real-road-16024804/>. Tilgået: 13-09-2015.
- [3] Mariette Awad and Rahul Khanna. *Efficient Learning Machines: Theories, Concepts, and Applications for Engineers and System Designers*. Apress, April 2015.
- [4] Lasse Byrdal. Staten scorer kassen på fartbøder. <http://www.b.dk/nationalt/staten-scorer-kassen-paa-fartboeder>. Tilgået: 09-09-2015.
- [5] Elliot Chang. Google signs agreement with nyc mayor to replace nyc taxis with driverless google cabs. <http://inhabitat.com/nyc/google-signs-agreement-with-nyc-mayor-to-replace-nyc-taxis-with-driverless-google-cabs/>. Tilgået: 11-09-2015.
- [6] Google. Google self-driving car project. <http://www.google.com/selfdrivingcar/>. Tilgået: 09-09-2015.
- [7] Google. Google self-driving car project - monthly report. <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/en/selfdrivingcar/files/reports/report-0815.pdf>. Tilgået: 09-09-2015.
- [8] Jennifer Guinot. Mobility and society : The challenges. <https://community.michelinchallengebibendum.com/docs/DOC-2307>. Dato 22-04-2014 — Tilgået: 11-09-2015.

- [9] Bill Howard. It's 2015, self-driving cars are more than a promise. <http://www.extremetech.com/extreme/197262-its-2015-self-driving-cars-are-more-than-a-promise>. Dato: 12-01-2015 — Tilgået: 11-09-2015.
- [10] SAE International. Automated driving. *J3016*, 2014.
- [11] Will Knight. Car-to-car communication. <http://www.technologyreview.com/featuredstory/534981/car-to-car-communication/>. Tilgået: 11-09-2015.
- [12] Christopher MacKechie. How will self-driving cars affect public transit and public transportation? [http://publictransport.about.com/od/Transit\\_Technology/a/How-Will-Self-Driving-Cars-Affect-Public-Transit-And-Public-Transportation.htm](http://publictransport.about.com/od/Transit_Technology/a/How-Will-Self-Driving-Cars-Affect-Public-Transit-And-Public-Transportation.htm). Tilgået: 11-09-2015.
- [13] Michael A. Nielsen. *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press, 2015.
- [14] Jakob Sand. Google car og dens ligesindede vil smadre supermarkeder, benzinstationer og færdselsbetjente. <http://sand.blogs.business.dk/2015/08/18/google-car-og-dens-likesindede-vil-smadre-supermarkeder-benzinstationer-og-faerdselsbetjente/>. Tilgået: 11-09-2015.
- [15] Scott Santens. Self-driving trucks are going to hit us like a human-driven truck. <https://medium.com/basic-income/self-driving-trucks-are-going-to-hit-us-like-a-human-driven-truck-b8507d9c5961>. Tilgået: 11-09-2015.
- [16] SAS. Machine learning. [http://www.sas.com/en\\_us/insights/analytics/machine-learning.html](http://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html). Tilgået: 14-09-2015.
- [17] The United States Senate. <http://soprweb.senate.gov/index.cfm?event=getFilingDetails&filingID=33d2a369-a146-41b4-bfe9-36b60c0f6512&filingTypeID=78>. Tilgået: 13-09-2015.
- [18] Danny Shapiro. How nvidia drive px will help automakers slim down self-driving cars. <http://blogs.nvidia.com/blog/2015/03/17/nvidia-drive-px>. Dato: 17-03-2015 — Tilgået: 14-09-2015.
- [19] Brandon Schoettle & Michael Sivak. Robot, you can drive my car: Majority prefer driverless technology. <http://www.umtri.umich.edu/what-were-doing/news/robot-you-can-drive-my-car-majority-prefer-driverless-technology>. 22-07-2015.
- [20] Joseph Stromberg. Why google's self-driving cars will be great for cyclists and pedestrians. <http://www.vox.com/2015/8/31/9222959/google-car-self-driving>. Tilgået: 09-09-2015.

- [21] Chris Urmson. The view from the front seat of the google self-driving car. <https://medium.com/backchannel/the-view-from-the-front-seat-of-the-google-self-driving-car-46fc9f3e6088>. Tilgået: 11-09-2015.
- [22] Chris Williams. My self-driving cars may lead to human driver ban, says tesla's musk. [http://www.theregister.co.uk/2015/03/18/musk\\_self\\_driving\\_cars](http://www.theregister.co.uk/2015/03/18/musk_self_driving_cars). Dato: 18-03-2015 — Tilgået: 14-09-2015.