



Kortlægning af fremtidige kompetencebehov i relation til den grønne omstilling inden for personvognsmekanikeruddannelsen



Industriens
Uddannelser



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Kortlægning af fremtidige kompetencebehov i relation til den grønne omstilling inden for personvognsmekanikeruddannelsen

Udarbejdet for

Industriens Uddannelser
Vesterbrogade 6 D
1620 København V

Udarbejdet af

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Analyse og Erhvervsfremme

Januar 2023

Indhold

1.	Indledning	5
1.1.	Analysens datagrundlag	6
2.	Konklusioner	7
2.1.	Betydningen af de fire teknologiske trends for personvognsmekanikeren	7
2.2.	Hvordan er den danske uddannelse tilpasset udviklingen?	10
2.3.	Hvilke teknologiske udviklinger ser personvognsmekanikeren ind i?	11
3.	Kortlægning af teknologisk udvikling relateret til grøn omstilling	12
3.1.	Definition af grøn omstilling og relaterede teknologiområder	12
3.2.	Elektrificering	14
3.2.1.	Lavemissionskøretøjer med forbrændingsmotorer	15
3.2.2.	Elbiler	16
3.2.3.	Fremtiden for elbiler - hvilke faktorer er der for deres gennemslag?	17
3.2.4.	Nye materialer, der gør biler lettere	19
3.2.5.	Elektrificeringens kompetencebehov	20
3.3.	Automatisering	23
3.4.	Konnektivitet - forbundne køretøjer	25
3.4.1.	Fremtiden for konnektivitets-teknologier?	26
3.4.2.	Kompetencebehov forbundet med automatisering og konnektivitets-teknologier	27
3.5.	Deling af biler og cirkulær økonomi	31
3.5.1.	Den cirkulære økonomis kompetencebehov	33
4.	International analyse	35
4.1.	Analysens hovedresultater	35
4.2.	Norge	40
4.3.	Sverige	43
4.4.	Tyskland	46
4.5.	Østrig	50
4.6.	Schweiz	54
4.7.	Holland	57

4.8.	England	59
5.	Fagfaglig analyse	62
	Vurdering af faglige kompetencemål	62
5.1.1.	Fejlfinding og reparation af el- og hybridbil	63
5.1.2.	Fejlfinding og reparation på varme-, køle- og klimaanlæg	67
5.1.3.	Fejlfinding på elektriske systemer og sikkerhed på el/hybrid	68
5.1.4.	Assistentsystemer og sikkerhedssystemer	69
5.2.	Den danske personvognsmekanikeruddannelse sammenlignet med udlandet	71
5.2.1.	Arbejde med batterier og højvoltssystemer	72
5.2.2.	Digitalisering	74
5.2.3.	Tværfaglige temaer: Bæredygtighed og materialer	76
6.	Fremtidige teknologiers udvikling og kompetencebehov	77
6.1.	Batteriteknologi	77
6.2.	El-motorer, bremsesystemer og styresystemer	81
6.3.	Assistent- og sikkerhedssystemer	82
6.4.	Perspektivering: Teknologiernes betydning for personvognsmekanikeruddannelsens fremtidige tilpasning	84
	Bilag 1 - Patentanalyse	85

1. Indledning

Hermed præsenterer Teknologisk Institut slutrapporten for analysen "Kortlægning af fremtidige kompetencebehov i relation til den grønne omstilling inden for personvogsmekanikeruddannelsen", som er gennemført for Industriens Uddannelser i perioden april-december 2022. Analysens formål er at afdekke den teknologiske udvikling inden for personvognsområdet, herunder den forventede grønne omstilling af bilbranchen.

Rapporten omfatter følgende delanalyser:

Kortlægning af teknologisk udvikling relateret til grøn omstilling

Her belyses det, hvad der definerer den grønne omstilling, og hvilke teknologiske udviklingstendenser, der er relateret til den øgede fokus på bæredygtighed. I forlængelse heraf belyses det, hvilke fremtidige kompetencebehov de teknologiske udviklingstendenser medfører for personvogsmekanikere.

International analyse: Andre landes tilpasning af personvogsmekanikeruddannelsen

Her belyses det, hvorledes andre europæiske lande har reageret på den grønne omstilling og tilpasset deres personvogsmekanikeruddannelser til den teknologiske udvikling. Hvilke kompetencemål er der fastlagt for grønne kompetencer? Hvilke kompetencemål har de fastlagt for IT-kompetencer, digitalisering m.m. - og hvilke specialiseringer af uddannelsen har de evt. etableret i forhold til elbiler?

Fagfaglig analyse af indholdet i den reviderede personvogsmekanikeruddannelse (EUD) pr. 1. august 2022. Den danske personvogsmekanikeruddannelse er også blevet tilpasset og har etableret nye fag og kompetencemål i forhold til den grønne omstilling inden for el- og hybridbiler, batteriteknologi, assistentsystemer m.m. Den fagfaglige analyse vurderer det nuværende indhold i uddannelsen i forhold til de fremtidige kompetencebehov i relation til bæredygtighed og den grønne omstilling.

Fremtidsanalyse af den grønne omstilling og fremtidige tilpasning af uddannelsen

På grundlag af analyserne 1-3 præsenteres mulige fremtidsscenarier for den grønne omstilling - og forslag til den fremtidige tilpasning af personvogsmekanikeruddannelsen. Behovet for fremtidig tilpasning af uddannelsen beror bl.a. på, hvor hurtigt udbredelsen af elbiler sker, og hvilke teknologier der får gennemslag i forbindelse med den grønne omstilling.

1.1. Analysens datagrundlag

Analysen er baseret på en bred vifte af datakilder, der omfatter følgende:

Desk research

Teknologisk Institut har gennemført omfattende gennemgang af relevant national og international forskningslitteratur og udredninger på området samt policy papers m.m.

Kvalitative interview

Teknologisk Institut har gennemført i alt 60 kvalitative interviews med en lang række forskellige informanter:

- Ekspertter, forskere inden for forskellige teknologiområder.
- Repræsentanter fra bilbranchen.
- Institutioner, der udbyder personvogsmekanikeruddannelsen og udbydere af efteruddannelse.
- Bilværksteder.
- Repræsentanter fra andre landes uddannelsesinstitutioner.

Workshops

Der er blevet afholdt to workshops med en bred vifte af deltagere fra bilbranchen, uddannelsesinstitutioner og ekspertmiljøer.

Workshop 1: Scenarier af den teknologiske udvikling blev drøftet med teknologiske eksperter og repræsentanter fra bilbranchen.

Workshop 2: Resultaterne af den internationale analyse dannede inspiration og input til fagfaglig drøftelse af behovet for tilpasning af den danske personvogsmekanikeruddannelse. På workshoppen blev deltagerne præsenteret for kompetencemål i en række nye fag i uddannelsen og fik lejlighed til at vurdere, hvorvidt kompetencemålene er relevante og dækkende i forhold til den teknologiske udvikling og markedets behov.

Patentanalyse

Teknologisk Institut har gennemført en patentanalyse af den teknologiske udvikling inden for personbilsområdet. Patentanalysen er baseret på programmet PatSnap. Metoden bag er kort beskrevet i Bilag 1.

2. Konklusioner

Den grønne omstilling er en udviklingsproces, hvor vi bevæger os fra et samfund baseret på fossil energi (kul, gas og olie) til en "grøn" økonomi baseret på vedvarende energikilder som sol, vind og vand. På personvognsområdet betyder den grønne omstilling, at fremtidens vejtransport skal reducere udledningen af CO₂ mest muligt og være baseret på fossilfrie brændstoffer. I Danmark er målet, at vejtransport skal være fossilfri i 2050. EU-parlamentet har i juni 2022 vedtaget at forbyde salg af biler med traditionelle forbrændingsmotorer fra 2035, og at alle nye personbiler til den tid skal være nul-emissions biler.

Dette afsnit opsummerer hovedkonklusionerne fra kortlægningen af personvognsmekanikerens fremtidige kompetencebehov i relation til den grønne omstilling. Formålet med kortlægningen er at give svar på, hvilken betydning den grønne omstilling får for indretningen af personvognsmekanikeruddannelsen.

Den grønne omstilling af personvognsområdet omfatter fire teknologiske udviklingstrends:

- Elektrificering, hvor vejtransporten bliver baseret på fossilfrie, elektriske køretøjer. Vejen hen mod elektrificering omfatter "overgangsteknologier" med lav-emissionskøretøjer, der kombinerer traditionelle forbrændingsmotorer og el-motorer i såkaldte hybridbiler.
- Automatisering, hvor bilens funktioner er overtaget af avancerede assistentsystemer, der fx selv kan parkere bilen, bedømme sikkerhedsafstand til andre biler m.m. og ved fuld automatisering køre bilen, uden at chaufføren betjener styretøj og bremses. Automatiske køretøjer bidrager til den grønne omstilling i form af energi-optimeret kørsel og øget sikkerhed.
- Konnektivitet forstået som den trådløse kommunikation og deling af data mellem køretøjer med infrastruktur (fx trafiksignaler og elnettet) og producenten eller værkstedet. Konnektivitet bidrager til den grønne omstilling i form af optimeret kørsel/ruteplanlægning, forøget levetid gennem monitorering af bilens funktioner og bedre sikkerhed.
- Cirkulær økonomi, hvor bilister, i stedet for at eje et køretøj, låner, lejer eller deler, og hvor bilens materialer i højere grad genanvendes. Dette reducerer efterspørgslen efter nye biler og udvinding af nye ressourcer.

Følgende delafsnit opsummerer, hvad disse fire udviklingstrends betyder for personvognsmekanikerens kompetencebehov, hvordan udvalgte europæiske uddannelser – herunder den danske – har tilpasset sig, og endelig hvilken fremtidig teknologisk udvikling personvognsmekanikeren ser ind i.

2.1. Betydningen af de fire teknologiske trends for personvognsmekanikeren

Fremtidens bil er elektrisk, automatiseret, trådløst forbundet med omverdenen og lavet af materialer, der kan genbruges i den cirkulære økonomi. Allerede nu ruller der et stigende antal biler ind på

værkstederne med disse egenskaber, og det stiller nye krav til mekanikerens kompetencer. I det følgende listes centrale krav, som disse udviklinger allerede i dag stiller til personvognsmekanikeren, der skal arbejde med elbiler, assistent- og sikkerhedssystemer, konnektivitet og cirkulær økonomi.

Elektrificering

”Overgangsteknologier” kræver bred indsigt i brændstof-effektivitet. Lovgivningens stadigt skrappeere emissionskrav medvirker til at frembringe ”overgangsfænomenet” lav-emissionskøretøjer, som typisk er hybride køretøjer drevet af elektricitet (batteri eller plug-in) kombineret med traditionelle forbrændingsmotorer. Dette kræver, at mekanikeren har kompetencer i forhold til test af lav-emissionskøretøjers emissioner og viden om lovgivningens krav til grænseværdier for udledning og brændstof-effektivitet. Mekanikeren skal også besidde rådgivningskompetencer i forhold til tolkning og formidling af testresultater til kunder.

Forståelse for elektriske kredsløb og systemer. Mekanikeren vil i stigende grad skulle arbejde med fejlfinding og reparation på elektriske kredsløb og systemer, hvilket forudsætter forståelser for, hvordan de er indbyrdes forbundne og fungerer i bilen.

Indsigt i batteriteknologi og måling af batteriets tilstand. Den vigtigste, dyreste og tungeste komponent i et elektrisk køretøj er bilens batteri. For at kunne håndtere batterier skal mekanikeren besidde opdateret viden om batteriteknologi – herunder om forskellige batterityper og deres respektive egenskaber. Mekanikeren skal have indsigt i batteriers interne komponenter og styringssystem (Battery Management System). Mekanikeren skal kunne udføre test af batteriers ydeevne, kapacitet og grænseflader til opladning og kunne tolke samt visualisere målinger. Ligeledes skal mekanikeren have indsigt i batterikølesystem, opladningsteknologier og lade-infrastruktur.

Kunne arbejde sikkert med højspændings-komponenter. Elbilsbatteriet er et højspændingsbatteri. Der er spænding på hele det elektriske system, når batteriet ikke er frakoblet. Det er derfor vigtigt, at mekanikeren har forståelse for, hvordan bilen gøres spændingsløs og kan foretage en sikkerhedsvurdering, der identificerer mulige risici, samt hvilke foranstaltninger der skal træffes, før reparation kan ske.

Kunne fejlfinde og reparere klimaanlæg. Opvarmning af elbilen kan påvirke rækkevidden betydeligt. Det er derfor vigtig med indsigt i klimaanlæg såsom varmepumper.

Viden om nye, lettere materialer. I de kommende år skal mekanikeren og andre uddannelser inden for bilbranchen vænne sig til, at biler kan være lavet af plast eller andet kompositmateriale, der gør bilen lettere, så den bruger mindre energi. Dette er særligt relevant for elbiler, som er tunge i dag. Mekanikeren skal have viden om forskellige materialer, hvilken overfladebehandling disse kan tåle, og hvilke egenskaber materialerne har.

Automatisering

God systemforståelse. Allerede nu står mekanikere over for et stigende antal biler, der er forsynet med avancerede assistentsystemer og sensor- og kamerateknologi, der registrerer omgivelser og kørerens opmærksomhed. Mekanikeren skal forstå snitfladen og interaktionen mellem de mekaniske/elektriske systemer og assistent- og sikkerhedssystemerne, som reagerer på data fra bilens sensorer.

Monitorering, test og fejlfinding på assistentsystemer. De mange assistentsystemer kræver, at mekanikeren besidder kompetencer til monitorering, test og fejlfinding i de programmer og systemer, som indgår i automatiseringen. Mekanikeren skal have viden om de forskellige programmer og styresystemer, og hvordan de er integreret. Dette kræver også viden om IT-sikkerhed, og hvordan bilen sikres mod data-tab, hacking og uautoriseret adgang.

Forståelse for kunstig intelligens. Assistentsystemer analyserer sensor- og kameradata ved hjælp af maskinlæringsalgoritmer såsom neurale netværk. Mekanikeren skal også besidde forståelse for principperne bag, hvordan disse algoritmer bearbejder data.

Kalibrering af sensorer. Sensorer skal kalibreres således, at de sender valide måledata videre til assistent- og sikkerhedssystemer. Det er et sikkerhedsmæssigt problem, hvis systemerne modtager fejlbehæftede data og eksempelvis ikke overtager styring i situationer, hvor det ville afværge ulykker. Mekanikeren skal kunne teste, om sensorerne er korrekt kalibreret og udføre kalibrering hvis nødvendigt.

Konnektivitet

Konnektivitet omfatter, at biler forsynes med et stigende antal softwareprogrammer, der trådløst afgiver og modtager data. Denne udvikling kræver, at personvognsmekanikeren har *indsigt i trådløs kommunikation* fra køretøj til køretøj (V2V) og i de systemer og platforme, som anvendes til bilens udveksling af data med omgivelserne (V2X) samt forståelse for cloud teknologi og cloud computing. Udviklingen inden for konnektivitet indebærer nye forretningsmuligheder såsom automatisk softwareopdatering og "predictive maintenance", hvor data fra bilen analyseres i real-time med henblik på forebyggende vedligehold. Mekanikeren skal have *forståelse for telematics* og de muligheder, der er for analyse og anvendelse af bilens data til forebyggende vedligehold og flådestyring.

Cirkulær økonomi

Cirkulær økonomi og deling af biler bidrager til den grønne omstilling ved, at køretøjer anvendes mere intensivt, får forlænget deres levetid, og deres materiale genanvendes. Fremtidens mekaniker skal have viden om principperne for cirkulær økonomi på personvognsområdet, viden om sporbarhedsteknologier, som muliggør sortering og genanvendelse af bilens materialer, kunne rådgive kunder om

bortskaffelse og genanvendelse af biler samt have viden om, hvorvidt bilproducenterne effektivt implementerer cirkulære designprincipper i deres bilproduktion.

2.2. Hvordan er den danske uddannelse tilpasset udviklingen?

På grundlag af den internationale analyse samt den fagfaglige analyse, hvor eksperter og interessenter fra uddannelsesinstitutioner og værkstedsbranchen har vurderet kompetencemålene, vurderer Teknologisk Institut, at den danske personvogsmekanikeruddannelse er på højde med den teknologiske udvikling. Den fagfaglige analyse peger på, at der blot er behov for mindre præciseringer af en række af kompetencemålene (se kapitel 5).

Den internationale analyse viser, at alle de omfattede lande (Norge, Sverige, Schweiz, Tyskland, Østrig, England og Holland) inden for det seneste årti har tilpasset personvogsmekanikeruddannelsen for at imødekomme elektrificeringen og digitaliseringen af biler. Den danske uddannelse er med den seneste uddannelsesordning gældende fra den 1. august 2022 blevet revideret, og der er bl.a. implementeret yderligere undervisning i el/hybridteknologi.

De enkelte lande er dog gået forskelligt til værks. Nogle lande har indført specialiseringer, andre har fokuseret på obligatoriske mål på grund- og hoveduddannelsen, og andre lader det i høj grad være op til skolerne selv. I Norge har man f.eks. indført få, brede, obligatoriske kompetencemål omkring el- og hybridbiler og lader skolerne selv afgøre, hvor meget de skal vægte i undervisningen. Et andet eksempel er Østrig, hvor der ikke er indført kompetencemål om el- og hybridbiler på hoveduddannelsen, men kun som del af en ½-årig specialisering, der bygger videre på hoveduddannelsen. I Danmark er der ikke indført specialiseringer, men obligatoriske kompetencemål på grund- og hoveduddannelsen.

I udlandet er kompetencemålene rettet mod viden om og forståelse for bilens opbygning og sikkerhedsprocedurer, når der skal arbejdes på spændingsløse højvoltssystemer samt simpel fejlfinding og reparation på spændingsfri højvoltssystemer. I sammenligning er den danske uddannelse på højde med andre landes. Det er dog bemærkelsesværdigt, at kun Danmark har kompetencemål i forhold til varmepumper.

Det samme gør sig gældende for assistent- og sikkerhedssystemer. Dog er Sverige det eneste land, hvor uddannelsen har som mål, at de studerende skal lære om konnektivitet. Ligeledes fylder cirkulær økonomi lidt i uddannelserne.

2.3. Hvilke teknologiske udviklinger ser personvogsmekanikeren ind i?

De kommende års teknologiske udvikling vil betyde, at der til stadighed kommer nye former for opladningsteknologi, batteriteknologi, køleteknologi for batterier, nye assistentsystemer, nye softwaresystemer og nye typer sensorer m.v. Men teknologierne vil ikke kræve markant nye kompetencer. På tværs af de mange teknologiområder vil følgende faglige kompetencer være vigtige: kalibrering af sensorer, fejlfinding og systemforståelse samt test og diagnosticering af batterier.

Kalibrering af sensorer. Udviklingen af assistant- og sikkerhedssystemer fortsætter. Det betyder, at der i fremtiden vil være et meget stort antal forskellige typer af sensorer, software-systemer og elektriske kredsløb. I takt med, at assistant- og sikkerhedssystemer bliver mere avancerede og delvis gør autonom kørsel muligt, bliver kalibreringen af sensorer en helt central faglig opgave og kompetence, som en personvogsmekaniker skal kunne udføre. Et nyligt studie af Grosso et al. (2021), bekræfter, at kalibrering af sensorer i assistentsystemer bliver vigtigere end reparation af mekaniske dele.

Fejlfinding og systemforståelse. Fejlfinding, test og justering af assistentsystemer, sikkerhedssystemer og HMI (Human Machine Interface) kommer til at være en stor del af personvogsmekanikernes fremtidige arbejde. Disse systemer kommunikerer elektronisk med hinanden, og forståelse for kommunikationslinjerne, og hvordan systemerne aktiverer hinanden, er nødvendig viden, når man skal fejlfinde på de elektroniske systemer. Softwaren, indstilling af softwaren og softwareversionen kan alle have betydning for, hvordan systemerne kommunikerer, og hvordan de reagerer på de elektroniske signaler, de modtager.

Test og diagnosticering af batterier. Den væsentligste og dyreste komponent i en elbil er batteriet, og batteriets afkøling og tilstand har væsentlig betydning for elbilens energieffektivitet. Derfor vil batteriteknologi være et vigtigt, fremtidigt kompetenceområde. Måling og diagnosticering af batteriets tilstand og kvalitet samt dets opladningsevne vil være en vigtig kompetence for personvogsmekanikere. Batteriets styringssystem (Battery Management System) vil typisk give fejlmeldinger via køretøjets computer. Efter fejlfinding via BMS er det en opgave for de sagkyndige, som er i stand til at måle på batteriet med spænding på. Interviewede eksperter vurderer, at personvogsmekanikere i fremtiden skal være gode til at måle og diagnosticere batteriers tilstand og korrekt kunne tolke analyseresultater.

3. Kortlægning af teknologisk udvikling relateret til grøn omstilling

Dette afsnit kortlægger de teknologiske udviklingstendenser, som er relateret til grøn omstilling på personvognsområdet, og hvilke kompetencebehov de forventes at skabe for personvognsmekanikere.

Afsnit 3.1 formulerer en definition af den grønne omstilling og præsenterer en oversigt over teknologiske udviklingsområder. Afsnittet suppleres med resultater af en patentanalyse.

De efterfølgende afsnit 3.2-3.5 belyser udviklingstendenser på de respektive teknologiområder. I hvert afsnit analyseres følgende spørgsmål:

- Hvilke faktorer påvirker teknologiens udvikling - og hvilke usikkerheder er forbundet med dens fremtidige udvikling og udbredelse?
- Hvorledes bidrager teknologien til den grønne omstilling?
- Hvilken betydning har teknologien for personvognsmekanikere - og hvilke kompetencebehov medfører teknologien?

3.1. Definition af grøn omstilling og relaterede teknologiområder

Grøn omstilling kan defineres som overgangen fra et fossilt til et bæredygtigt samfund, som mest muligt begrænser brugen af fossile brændstoffer som olie, kul og gas, og afbrændingen af affald. Målet med den grønne omstilling er at begrænse udledningen af såkaldte "drivhusgasser", f.eks. CO₂, der får temperaturen på hele kloden til at stige.

Grundlæggende handler den grønne omstilling om overgangen fra den nuværende "sorte" økonomi, der er baseret på fossil energi (kul, gas og olie), til en "grøn" økonomi, der i højere grad baserer sig på vedvarende energikilder som sol, vind og vand. Grøn omstilling er dermed betegnelsen for alle de tiltag - fra såvel det offentlige, erhvervslivets og fra privat side - som har til formål at reducere emission af drivhusgasser og dermed at begrænse følgerne af den globale opvarmning.¹

På personvognsområdet er *den grønne omstilling relateret til den politiske målsætning om, at fremtidens vejtransport skal reducere emissionen CO₂ mest muligt og være baseret på fossilfri brændstoffer*. I Danmark er målet, at vejtransport skal være fossilfri i 2050.²

Den grønne omstilling henimod emissionsfri vejtransport omfatter følgende drivkræfter i teknologiudviklingen, som er vist i figuren nedenfor:

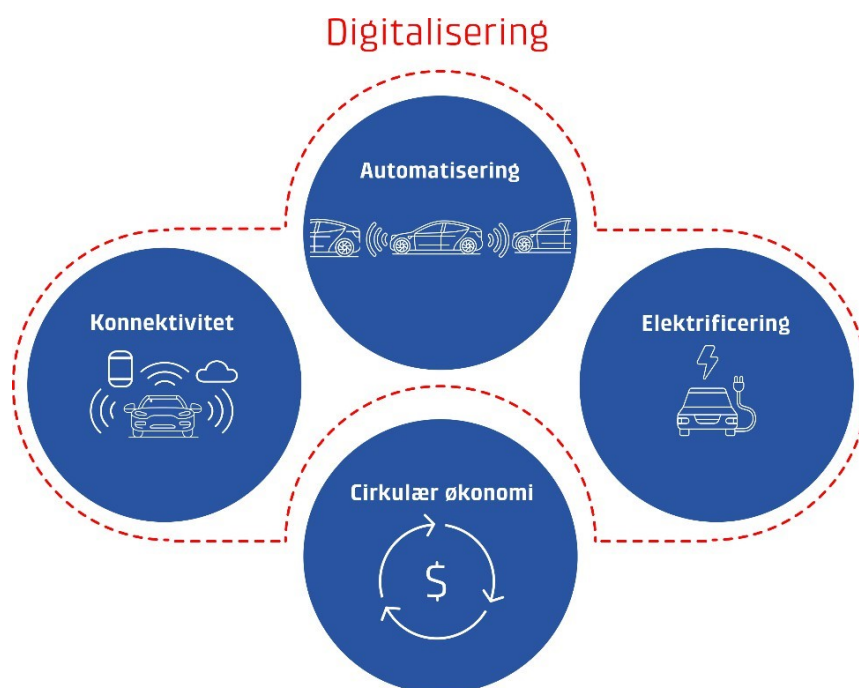
¹ [erhvervspanel_groen_omstilling_rapport_2012.pdf \(danva.dk\)](#)

² [Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 \(fm.dk\)](#)

- Elektrificering.
- Automatisering .
- Konnektivitet -forbundne køretøjer.
- Cirkulær økonomi og deling af mobilitet.

De tre udviklingsområder, automatisering, konnektivitet og elektrificering, er samlet i en stiplet cirkel for at markere, at digitaliseringen er del af alle tre områder. Automatiseringssystemer er baseret på digital software og konnektivitet er ligeledes baseret på trådløs digital kommunikation. Elektriske køretøjer og deres interne elektriske systemer er ligeledes i stigende grad forsynet med digital software, der kontrollerer og styrer elektronikken.

Figur 1. Drivkræfter i teknologiudviklingen



Elektrificering betegner udviklingen, hvor vejtransporten bliver baseret på elektriske køretøjer, som ikke er baseret på fossile brændstoffer. Vejen hen mod elektrificering omfatter en række "overgangsteknologier", såsom "lav-emissionskøretøjer", der har traditionelle forbrændingsmotorer,

men som har høj brændstoefficiens og udleder mindst mulig CO2 og andre skadelige luftarter. En anden form for overgangsteknologi er hybride elektriske køretøjer, der kombinerer el-motor med traditionel forbrændingsmotor. Udviklingen omfatter også materialeteknologier, som skal gøre biler lettere med henblik på at reducere deres brændstofforbrug og emissioner.³

Automatisering

Automatisering er teknologier, der helt eller delvist kan udføre funktioner, der kræves for at betjene et køretøj i vejtrafik. Der er forskellige niveauer af automatisering. Ved delvis automatisering er nogle af bilens funktioner overtaget af avancerede assistentsystemer, og ved fuld automatisering kører bilen, uden chaufføren betjener styretøj og bremsen.

Konnektivitet - forbundne køretøjer

"Konnektivitet" omfatter teknologier, der muliggør, at vejkøretøjer kan kommunikere med hinanden og med vejinfrastruktur (fx trafiksignaler). "Connectivity" og automatisering er komplementære teknologier, der over tid forventes at smelte sammen.

Cirkulær økonomi - deling af mobilitet

Cirkulær økonomi og deling af mobilitet omfatter teknologier, som har til formål at anvende køretøjer mere intensivt og forlænge deres levetid mest muligt. Dels ved, at brugerne i stedet for at eje et køretøj låner, lejer eller deler midlertidig adgang til transport, og dels ved at genanvende de materialer, biler er lavet af. Kort sagt; at få mere ud af de eksisterende ressourcer, så der kan produceres færre produkter og udledes mindre CO2 ved produktionen og anvendelsen. De fire drivkræfter har indbyrdes synergi med hinanden. F.eks. har deling af mobilitet nær sammenhæng med udviklingen i digitale teknologier, der muliggør nye applikationer og mobilitetstjenester. Ligeledes har udviklingen inden for konnektivitet nær sammenhæng med delvis eller hel automatisering af biler.

3.2. Elektrificering

Elektrificering betegner den udvikling, at vejtransport bliver elektrisk og helt fjerner drivhusgasemissioner ved, at elektriske biler kører på "grøn strøm" fra ikke-fossile energikilder såsom brint, sol, vind, vandkraft eller andre energikilder. Vejen hen mod elektrificering omfatter overgangsteknologier, der reducerer drivhusgasemissioner mest muligt såsom lav-emissions-køretøjer med traditionel forbrændingsmotor samt hybridbiler. Afsnittet om elektrificering belyser også materialeteknologier - dvs. nye, lette materialer som f.eks. plastic og andre kompositmaterialer, der har betydning i forhold til at reducere bilers ressourceforbrug og emissioner.⁴

³ [Shaping the future of mobility with transportation technology | Deloitte Insights](#)

⁴ [Shaping the future of mobility with transportation technology | Deloitte Insights](#)

3.2.1. Lavemissionskøretøjer med forbrændingsmotorer

Udviklingen i retning af elektrificering er drevet af lovgivningens stadigt skrappe emissionskrav til biler. Alle benzin- og dieslbiler i EU er typegodkendt efter en Euronorm fra 1-6, som fortæller noget om bilens miljøegenskaber⁵. Diesel- og benzinbiler har hver deres Euronorm, som løbende skærpes med nye krav til bilers udledning af skadelige stoffer. Euronormen angiver bilens miljøegenskaber, og hvor meget den må udlede af skadelige stoffer som partikler og NOx'er målt i gram pr. kilometer. NOx er betegnelsen for de såkaldte kvælstofilter, som er sundhedsskadelige for mennesker, og som dannes ved forbrænding i bilers motorer. Den første Euronorm - Euro 1 - blev indført i 1993, og siden er miljøkravene løbende blevet skærpet. Det har betydet, at forureningen fra skadelige stoffer er faldet i Europa, selvom trafikken er steget.

Lovgivningens stadigt skrappe emissionskrav har medvirket til at frembringe "overgangsfænomenet" lav-emissions køretøjer. Dette er typisk hybride køretøjer drevet af elektricitet (batteri eller plug-in) kombineret med traditionelle forbrændingsmotorer. I EU defineres zero- and low-emission vehicles (ZLEV) som køretøjer, der udleder mindre end 50 g CO₂/km (ved NEDC test). I EU gives der mulighed for at lempe en bilproducents specifikke emissionsmål, hvis dens andel af nye ZLEV'er (køretøjer med emissioner mellem 0 og 50 g CO₂/km registreret i et givet år) overstiger en række givne benchmarks i 2025.⁶ Zero Emissions Vehicle (ZEV) defineres som et køretøj, der ikke udleder nogen drivhusgas.

Fremtidige emissionskrav får bilproducenter med på elektrificeringen

De stadigt skrappeere emissionskrav for biler skubber på udviklingen hen mod elektrificering. Først prøvede EU at indgå frivillige aftaler med bilproducenterne om at reducere bilparkens fremtidige emission. Dette lykkedes ikke, og derfor vedtog EU's forordning i 2009 et krav om 130 g/km CO₂ for bilparkens gennemsnit (baseret på NEDC-laboratorietesten), som skulle nås inden 2015.⁷

Bilproducenterne nåede dette mål ved først og fremmest at reducere traditionelle forbrændingsmetoders udledning. Dette skete ved laborietest, som normalt viser lavere udledning end ude i den virkelige trafik. Den første forordning var således ikke nok til få bilproducenter til at satse fuldt på elbiler, som i stedet var et marginalt marked, de ikke havde kunnet tjene på. Men fra 2020 gælder nu endnu et skrapere krav på 95 g CO₂/km for bilparkens samlede udledning; et mål, som skal nås i 2025-2030.⁸

⁵ <https://mst.dk/luft-stoej/luft/saerligt-for-borgere-om-luftforurening/biler-busser-og-andre-koeretoer/euro-normer-for-bedre-miljoe/>

⁶ CO₂ emission performance standards for cars and vans (europa.eu)

⁷ (EC) 443/2009.

⁸ EUR-Lex - 32019R0631 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

Med EU's beslutning om at stoppe for salg af nye biler med forbrændingsmotor i 2035 er der sendt et afgørende signal til bilproducenterne: Alle producenter af biler til det europæiske marked vil nu kraftigt øge udbuddet af elbiler i de kommende år.

Fremtiden for den traditionelle forbrændingsmotor

Den politiske beslutning om kun at tillade biler med nul udledning af CO₂ i fremtiden (fra 2035) vil medføre, at biler med traditionelle forbrændingsmotorer vil forsvinde på sigt. I perioden indtil da vil der imidlertid også foregå en proces, hvor de nyproducerede forbrændingsmotorer vil være endnu mere brændstofeffektive samt udlede færre *miljøskadelige partikler* end tidligere. Traditionelle forbrændingsmotorer får bl.a. øget efficiens med ny ventilteknologi, der erstatter gammeldags hydraulisk betjente ventilkomponenter med elektromekaniske systemer. Der er også udviklet bedre vand- og oliepumper, der kun leverer den mængde vand og olie, der skal til for at køle og smøre motoren. Udviklingen tyder på, at den traditionelle forbrændingsmotor givetvis vil vedblive med at udvikle sig i retning af mere miljøvenlighed.⁹ Japanske motorudviklere arbejder også på at udvikle nye hybride el-biler, hvor bilens batteri genoplades af en fossilt drevet motor, der dermed sikrer, at bilen altid kan køre med optimal hastighed og brændstofefficiens.¹⁰

Desuden er der også den teknologiske mulighed, at biler med traditionelle forbrændingsmotorer kan blive "klimaneutrale" ved at køre på alternative drivmidler såsom brint, naturgas eller bio-baseret brændstof. F.eks. vurderes det, at brint, fremstillet ved elektrolyse af vand, vil kunne bruges som direkte drivmiddel i traditionelle forbrændingsmotorer eller i brændselscelle-køretøjer. Selvom det teknisk set er muligt at lade forbrændingsmotorer køre på klimaneutralt brændstof, er det dog usandsynligt, at dette vil ske i større omfang til personbiler, da der vil være enorm efterspørgsel på de grønne brændstoffer til den tunge transport, ikke mindst til fly- og skibsfart.¹¹ Samlet set peger dette på, at traditionelle brændstofmotorer til personbiler vil forsvinde med tiden, og at de i perioden indtil da vil blive videreudviklet til lav-emissionsmotorer.

3.2.2. Elbiler

En elbil defineres som et køretøj, der bruger elektricitet til fremdrift. Det kan drives af elektricitet fra en ekstern kilde, eller det kan drives autonomt af et batteri (der oplades af solpaneler eller ved at konvertere brændstof til elektricitet ved hjælp af brændselsceller eller en generator).

Der er 3 forskellige typer af elbiler:

- Battery Electric Vehicles (BEVs), som drives alene af energi lagret i et genopladeligt batteri.

⁹ [Internal combustion engine keeps improving as EV hype grows | Automotive News \(autonews.com\)](#)

¹⁰ [The internal combustion engine: A future of uncertainty? - F&L Asia \(fuelsandlubes.com\)](#)

¹¹ Rapport fra regeringens Klimapartnerskab Transport, 2020.

- Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) er et elektrisk køretøj, der bruger en brændselscelle til at drive sin indbyggede elektriske motor. Bilen tankes med brint, der i bilen blandes med luft i en brændselscelle, hvor blandingen udløser en kemisk reaktion, der danner vand og el. Strømmen ledes til en elmotor, der får bilen til at køre på samme måde som i en elbil.
- Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) er et køretøj med et batteri, som kan genoplades fra ekstern elektrisk kilde. Samtidig har køretøjet også en traditionel forbrændingsmotor. Overordnet set er de to første typer "rene" elbiler i den forstand, at de ikke udleder drivhusgasser, idet de kun er drevet af strøm fra en ikke-fossil kilde. Derimod har denne tredje type en traditionel forbrændingsmotor som supplement til sit batteri.

Plug-in elbiler (PHEV) har typisk et større batteri end regulære hybridbiler og har den fordel, at de kan køre længere på en elektrisk opladning. PHEV er ydermere relateret til teknologien vehicle-to-grid (V2G), som udgør et system, hvor plug-in-elbiler har en "to-vejs" udveksling af strøm med elnettet og afpasser deres strømforbrug alt efter elnettets belastning. Det kan ske ved, at bilen returnerer elektricitet eller sænker sin opladningshastighed. Dette bidrager til et mere fleksibelt og energiefficient el-net og strømforbrug. Et stigende antal bilmærker introducerer denne teknologi i deres nye biler.¹²

Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at vi i fremtiden vil opleve, at en bil ikke kun er et transportmiddel, men også en del af en husholdnings el-forsyning. At bilen på en måde kan blive en "powerbank" for en husholdning, så man ikke skal være bange for, at strømmen går i ens hjem.

I forhold til den grønne omstilling er PHEV en form for "overgangsteknologi", fordi den kun delvist reducerer emissionen af drivhusgasser og partikler, og når myndighedernes støtte til Zero and Low Emission Vehicles (ZLEV) træder i kraft i 2025 og 2030, vil PHEV blive mindre økonomisk favorabel til den tid. Men PHEV's udmiddelbare fordele for brugeren betyder, at teknologien markedsmæssigt vil være en konkurrent til "rene elbiler" i en del år - især i Europa.

3.2.3. Fremtiden for elbiler - hvilke faktorer er der for deres gennemslag?

Elbilen er politisk udset til at være den teknologiske vej og løsning, som skal føre til CO₂-fri vejtransport i fremtiden. Dog er vejen mod denne fremtid forbundet med en del usikkerheder. Hvorvidt vil forbrugere tage elbilen til sig, og hvor hurtigt vil det ske?

Følgende barrierer og faktorer er væsentlige, især i europæisk sammenhæng:

Infrastruktur (opladestander) til elbiler endnu ikke på plads.

Elbilers rækkevidde på en opladning er generelt lavere end traditionelle biler, og de skal derfor "tankes op" oftere. Det kræver god adgang til opladestationer for de bilister, der skal køre langt.¹³ Men der er

¹² [Vehicle to Grid \(V2G\) Technology - IEEE Innovation at Work](#)

¹³ [Infrastructure for charging electric cars is too sparse in the EU \(europa.eu\)](#)

stadig en uens og utilstrækkelig infrastruktur af opladestationer i de europæiske lande. Selvom der er udviklet en fælles EU-stikstandard for at forbedre adgangen til forskellige opladningsnetværk, er der stadig hindringer for at rejse på tværs af EU i elektriske køretøjer. Tilgængeligheden af opladestander varierer fra land til land, betalingssystemer er ikke harmoniseret med minimumskrav, og der er utilstrækkelig information til brugerne. I mangel af en omfattende analyse af infrastrukturgabet har Kommissionen ikke været i stand til at sikre, at EU-finansiering går derhen, hvor der er størst behov. EU er stadig langt væk fra sit Green Deal-mål om 1 million opladepunkter i 2025, og det mangler en overordnet strategisk køreplan for elektromobilitet.¹⁴ Utilstrækkelig opladekapacitet og PHEV-biler, som har større rækkevidde, vil kunne skabe en "negativ synergi", der yderligere forhaler "rene" elbilers gennemslag.

Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at en af de største "hæmmere" for elbilerne er "rækkeviddeangsten" og manglende ladestander – at der er en frustration omkring infrastrukturen. "Rækkeviddeangsten" er en fordom blandt forbrugerne om, at man ikke kan køre lige så langt med en elbil som med en traditionel bil, og dette kan medføre forbehold mod at skifte til elbil. En interviewet inden for efteruddannelsesområdet i Danmark oplever, at "teknologien er foran infrastrukturen".

Elbiler er dyre. På trods af subsidier er slutprisen for elbiler stadig væsentlig højere end biler med traditionelle motorer. De fleste prognoser peger dog på, at elbiler vil nå konkurrencedygtige priser, når teknologien er modnet og batteripriserne faldet omkring 2025.

De europæiske elbilproducenter er bagud inden for batteriteknologi

Europæiske bilproducenter er især bagud sammenlignet med Kina inden for udvikling af batteri-teknologi og er ikke tilstrækkeligt selvforsynende med råmaterialer til batteri-fremstilling for at kunne følge med den stigende efterspørgsel. Man er afhængig af udenlandske leverandører, som er problematiske ud fra både geopolitiske og arbejdsmiljømæssige perspektiver. Batteriet i en elbil er den dyreste komponent og udgør ca. 40procent af fremstillingsprisen. Der findes forskellige typer batterier (bly-syre, nickel-cadmium og lithium-ion), hvoraf lithium-ion er den mest udbredte. Batteri-produktion, innovation og design er derfor en afgørende faktor for elbilens fremtidige udvikling og udbredelse. At producere geografisk tæt på markedet er en vigtig konkurrenceparameter, da batterier er tunge og dyre at transportere. I disse år igangsættes derfor initiativer, der øger de europæiske bilproducenters egen produktion batterier.¹⁵ Selvom der er investeret i europæiske produktionsfaciliteter, så er de stadig afhængige af udenlandske råstoffer såsom litium og kobolt.¹⁶

I 2017 blev European Battery Alliance etableret; et projekt-fællesskab med over 750 industrielle aktører, som vil opbygge en konkurrencedygtig europæisk batteriindustri.¹⁷ Målet er også at erstatte lithium-ion

¹⁴ [Infrastructure for charging electric cars is too sparse in the EU \(europa.eu\)](https://europea.eu/en/about/eu-infrastructure-for-charging-electric-cars-is-too-sparse)

¹⁵ [Europe powers up electric car battery drive – EURACTIV.com](https://euraactiv.com/en/europe-powers-up-electric-car-battery-drive)

¹⁶ [Raw materials: the missing link in Europe's drive for batteries – EURACTIV.com](https://euraactiv.com/en/raw-materials-the-missing-link-in-europes-drive-for-batteries)

¹⁷ [Building a European battery industry - European Battery Alliance \(eba250.com\)](https://eba250.com/en/building-a-european-battery-industry)

batteriers nuværende dominans med andre alternativer. Ligeledes er det målet at udvikle recycling og genanvendelse af batterier, så der etableres en bæredygtig værdikæde.

Batterier versus brændselsceller - hvilken teknologi vinder miljømæssigt?

Både lithium-batterier og brændselsceller med brint er teknologier, der ikke udleder drivhusgasser under kørsel. Men begge teknologiers miljøvenlighed og klimaaftryk er afhængig af ressourcerne, de kræver at producere. Fremstillingen af *lithium-batterier* forbruger meget vand ved minedriften og strøm ved produktionen. Arbejdsmiljøforhold ved udvindelsen er ligeledes problematiske. Til forskel herfra kræver *brændselsceller med brint* kun vand og strøm som input, og de er meget lettere tilgængelige. Men hvis brint produceres af strøm baseret på fossile brændstoffer, så er den samlede cyklus lige så miljøbelastende som traditionelle biler, der kører på fossile brændstoffer. "Grøn brint" produceret med grøn strøm (sol, vind m.m.) ved elektrolyse er stadig den mest dyre brint at producere.¹⁸

Interviewede eksperter fra DTU vurderer, at brint-teknologien "taber" til batterierne, fordi den er for dyr og kompleks til at blive alment anvendt i personbiler. Brændselsceller er stadig relativt dyre. De vurderer, at batteri-teknologien konstant udvikler sig, og at batterier får stigende energitæthed og energieffektivitet.

En interviewet tysk forsker bekræfter, at brint-teknologien taber. Dels fordi brint kræver meget energi at producere, dels fordi der mangler infrastruktur til tankning. Det er pt. kun Toyota og Hyundai, der har tilbudt en enkel model hver til køb af private. Toyota har meddelt, at de i den kommende tid præsenterer 30 nye modeller af elbiler, mens de ikke har vist en eneste ny brintmodel.

3.2.4. Nye materialer, der gør biler lettere

Desto tungere en bil er, desto mere brændstof forbruger og udleder den. De lovmæssige krav om at reducere bilers udledning medfører derfor, at biler udvikler sig mod at blive lavet i lettere materialer, f.eks. plastik og polymerkompositter og kulfiberforstærket plast.¹⁹

Denne udvikling har allerede været i gang længe, og det vurderes, at ca. 1/3 af mange bilers dele er lavet af plastic, og at der er knap 40 forskellige typer plastic og polymerer i en bil. Markedet for plastic til elektriske biler er i stigning og forventes at stige endnu mere i de kommende år.²⁰ Flere bilproducenter, bl.a. Citroën, har allerede sendt mindre personbiler på markedet med karosseri og paneler lavet af plastic.²¹ At producere biler med plastic har følgende fordele:

¹⁸ [The Future of the EU automotive sector \(europa.eu\)](#). Side 39-40 viser fordele og ulemper ved hhv. brint-brændselsceller versus lithium-batterier.

¹⁹ [Our Future Vehicles Will Use Lighter, Advanced Materials | Plastics Make it Possible](#)

²⁰ [Electric Vehicle Plastic Market Share, Size and Forecast 2028 \(alliedmarketresearch.com\)](#)

²¹ [Plastic Cars Are The Future \(plasticexpert.co.uk\)](#)

Miljømæssig fordel: Plasticbiler er væsentligt lettere og har derfor højere brændstoefficiens og mindre udledning. Hvis biler kan laves i genanvendt og nedbrydelig plastic, så ser miljøregnskabet endnu grønnere ud.

Designmæssig flexibilitet: Plastic kan være lettere at forme end jern, og plastic muliggør, at komplicerede former og design kan laves langt nemmere og billigere.

Holdbarhed: Plastic rustet ikke og vil derfor have længere holdbarhed end jern. Plastic kan også være mere modstandsdygtigt over for ridser og buler. "Bilkegarde" vil dermed blive sjældnere i fremtiden.²²

3D-print af biler og reservedele

Biler og reservedele i plastic har oplagt synergi med teknologien 3D-print, som rummer store fordele i produktionsfasen og i reparation- og vedligeholdelsesfasen. I produktionsfasen er det nu muligt at formgive og fremstille prototyper langt hurtigere og billigere end ved traditionelle processer med støbeforme og værktøjsmagere. 3D-print kan bruges til fremstilling af både enkelte reservedele og større dele såsom karosseriet -og en hel skalamodel af bilen. 3D-print gør det således muligt at afprøve nye ideer og koncepter i produktionsfasen. 3D-print gør det ligeledes muligt at tilpasse bilen med unikt design efter den enkelte forbrugers ønsker, og det er muligt at give forbrugeren overblik over processen gennem visualisering. Twikits tilpasningssoftware har givet den britiske bilproducent MINI mulighed for at tilbyde købere fuld kontrol over designet. Kunder kan tilpasse indre eller ydre komponenter i deres køretøj med en række skrifttyper, mønstre og billeder og gennemgå deres design ved hjælp af 3D-visualiseringer.²³

I reparations- og vedligeholdelsesfasen har 3D-print den grundlæggende fordel, at det er muligt at producere reservedele, uden at det kræver særligt værktøj eller støbeforme. 3D-print gør det således muligt at genskabe "forældede" reservedele efter behov, uden at en virksomhed skal opretholde produktionsapparat eller lager af givne reservedele. 3D-print gør det dermed billigere at fremstille og tilvejebringe reservedele hurtigt og dermed reducere ventetiden for forbrugeren.

3.2.5. Elektrificeringens kompetencebehov

Elektrificeringen er et bredt fagligt område, der spænder over de teknologier, der har til formål at reducere bilers emissioner mest muligt. Det være sig lige fra "lav-emissions-køretøjer" med traditionelle forbrændingsmotorer og hybridbiler til fuldt fossilfrie, elektriske køretøjer. Området omfatter også materiale-teknologier, der skal reducere bilers vægt, ressourceforbrug og emissioner.

²² [Plastic Cars Are The Future \(plasticexpert.co.uk\)](http://plasticexpert.co.uk)

²³ [Road to the 3D Printed Car: 5 Ways 3D Printing is Changing the Automotive Industry \(formlabs.com\)](http://formlabs.com)

Kortlægningen af teknologierne peger på, at den traditionelle forbrændingsmotor undergår stadige forbedringer med hensyn til brændstofeffektivitet. I de kommende årtier vil både elbiler, hybridbiler og traditionelle biler køre rundt på vejene. Vi befinder os dermed i en overgangstid, hvor fremtidens mekaniker derfor skal have bred viden om både elbiler og traditionelle biler. Mekanikeren skal herunder have viden om forskellige brændstofteknologiers energieffektivitet og hvilke myndighedskrav, der stilles til deres udledning.

Tabel 1. Kompetencebehov ifm. elektrificering

	Elektrificering
Teknologier	Kompetencekrav
Lav-emissions-køretøjer med forbrændingsmotorer	• Viden om grænseværdier for lav-emissionskøretøjer. • Test af bilers udledning og brændstof-efficiens. • Tolkning og formidling af testresultater i rådgivning af kunder. • Datadrevet, forebyggende vedligehold baseret på data om bilens kørsel og tilstand.
Elbiler • Batteridrevne elbiler. • Brændselscelledrevne el-biler. • Hybrid-biler	• Batteriteknologi- opdateret viden om forskellige batterityper og deres egenskaber. • Indsigt i batteri-styresystemer (BMS Battery Management System). • Test/diagnosticering af batteriers tilstand og grænseflader til opladning. • HPPC-test af batteriers dynamiske ydeevne og kapacitet. • Brug af oscilloskop til at undersøge bilens elektriske kredsløb. • Visualisering af data for at analysere og forstå bilens tekniske problemer. • Vedligehold og optimering af bilens kølesystem. • Test af regenerative bremsesystemer. • Anvendelse af digitalt multimeter. • Indsigt i hybridbilers sammenbygning af forbrændingsmotor og el- motor ved hhv. parallel-hybrid og serie-hybrid. • Sikkerhedsprocedurer ved håndtering af højvoltsbatterier. • Risikovurdering ved karosseri-skade.
Nye materialer, der gør biler lettere.	• Materialekendskab-viden om karosserier og nye materials egenskaber. • Viden om lasersvejsning og plastsvejsning, samt hvilke reparationsprocesser og overfladebehandlinger, der kan anvendes.
3D-print	• Viden om anvendelse af 3D-print. • Samarbejde med leverandører af 3D-print.

Test og diagnosticering af elbiler

Mekanikere, som arbejder med vedligehold og reparation af elbiler arbejder meget med forskellige former for testere, der diagnosticerer bilens styresystemer og batteri. Interviewede i bilbranchen og uddannelsessektoren beskriver, at de enkelte bilmærker i stigende grad har deres egne testere, og at testere er mekanikerens primære værktøj. Det forklares, at en tester er en computer, der er koblet op til producenternes servere. Arbejdet med test og diagnosticering betyder, at personvognsmeknikeren i sit arbejde indgår i et stort IT-økosystem, hvor testeren tages i brug ved at mekanikeren først går ind via et OBD-stik i bilen, hvorefter der er en række verifikationsprocedurer, der skal gennemføres.

Sikkerhedsprocedurer ved håndtering af batterier

Sikkerhed ved håndtering af batterier og højspænding beskrives blandt de interviewede som helt centrale kompetencer. De interviewede eksperter fremhæver det især som vigtigt, at personvognsmeknikeren kan foretage en sikkerhedsvurdering, inden en given undersøgelse eller reparation af et batteri påbegyndes. En sikkerhedsvurdering betyder at kunne identificere givne risici ved en given operation og at kunne redegøre for, hvad der begrundet operationen.

Blandt de interviewede beskrives det, at elektriske motorer kræver langt mindre vedligeholdelse end forbrændingsmotorer, og elbiler har langt færre sliddele, der skal repareres eller udskiftes. Sliddele omfatter bl.a. vinduesviskere, tætningslister og bremses – og sidstnævnte holder givetvis længere, fordi biler med regenerativ bremsning ikke behøver at bruge bremserne så meget.

Indsigt i elmotorer og opladningsteknologier

Det beskrives som vigtigt, at mekanikere kender elmotorer og har en forståelse af, hvordan de skal håndtere batterier. Mekanikeren skal f.eks. kunne forklare kunden, hvorfor en oplader kun kan lade batteriet op til 80 procent, hvilket kræver faglig indsigt. En interviewperson fra efteruddannelsesområdet vurderer, at der er tendens til at bilproducenter angiver, at biler kan køre længere på en opladning, end de faktisk kan, og at der derfor bliver behov for mekanikerens vejledning.

De interviewede beskriver, at der er meget travlt på efteruddannelsen for el- og hybridteknologier, og at nogle af de vigtigste områder lige nu er: assistentsystemer, varmepumper og el-teknologi. En mekaniker skal hele tiden følge med i den seneste udvikling inden for batteriteknologi, hvor der kommer nye typer frem.

Indsigt i nye materialeteknologier

De nye materialer vil betyde, at mekanikere i fremtiden arbejder mere med plast. Dette vil kræve ny viden om overfladebehandling og materialernes egenskaber. Interviews blandt både forskere og i bilbranchen peger på, at dette skaber behov for viden om, hvilke svejseformer, der kan anvendes til givne materialer. F.eks. lasersvejsning af biler lavet af kompositmaterialer og plastsvejsning af biler lavet af

plastic. De interviewede vurderer også, at arbejdet med plast skaber ændrede arbejdsmiljøforhold og behov for bedre udsugning af luft fra værkstedet m.m.

3.3. Automatisering

Dette afsnit belyser teknologier, som er relateret til hel eller delvis automatisering af biler.

Et automatisk køretøj (AV - autonomous vehicle) er et køretøj, som med sensorteknologi er i stand til at registrere og operere i sine omgivelser uafhængigt af menneskelig involvering. Et automatisk køretøj er i princippet i stand til at køre på samme måde og udføre de samme operationer som en erfaren, menneskelig chauffør.

Biler kan være helt eller delvist automatiske. Der opereres med 5 niveauer af automation (0-4), hvor niveau 0 er ingen automation, niveau 1 assistance til kørsel, niveau 2 delvis køre-automation osv. - op til niveau 4 fuldautomatisk kørsel.

Hvilke fordele er der forbundet med at gøre køretøjer automatiske? Det korte svar er, at teknologier til automatisering opererer mere optimalt og fejlfrit end mennesket. Dette kan skabe følgende, væsentlige fordele:

- Reduktion af trafikulykker med ca. 90 procent.
- Reduktion af emission som følge af mere optimal kørsel.
- Reduktion af "stop-and-go" køkørsel.
- Forøgelse af vejtilgængelighed.
- Reduktion af rejsetid.
- Inklusion og tilgængelighed: der bliver øgede mulighed for at tilbyde personlig transport til personer uden kørekort og handicappede.

Der er således både gevinster i forhold til den grønne omstilling og velfærdsgevinster i form af reduktion af antallet af ulykker m.m. Dog er der også en række ulemper i form af følgende:

- Høje indledende investeringsomkostninger ved etableringen af teknologien.
- Behov for infrastruktur. Hvis der skal køre automatiske køretøjer på vejene, vil det medføre behov for mere infrastruktur til navigationsteknologien.
- Tab af arbejdspladser inden for chauffør-erhvervet og transportbranchen.
- Cyberkriminalitet-risiko. Ekspertter advarer om, at internetforbundne og automatiske køretøjer risikerer at blive hacket som enhver anden internet-applikation/service.

Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)

Assistentsystemer er elektroniske teknologier, som assisterer føreren ved at automatisere operationelle funktioner i bilen og dermed muliggøre forskellige niveauer af autonom kørsel. F.eks. kan ADAS hjælpe med at køre eller parkere. ADAS bruger automatiseret teknologi, såsom sensorer og kameraer, til at registrere nærliggende forhindringer eller førerfejl og reagere derefter. Adaptive funktioner kan automatisere belysning, tilpasse farten, hjælpe med at undgå kollisioner, inkorporere satellitnavigation og trafikadvarsler, advare chauffører om mulige forhindringer, hjælpe med vognbaneskift og vognbanecentrering, yde navigationsassistance gennem smartphones og levere andre funktioner. Det er dokumenteret, at ADAS reducerer antal trafikdræbte ved at minimere menneskelige fejl.²⁴ Markedet for ADAS-funktioner er i stigning og findes i 2021 allerede i ca. 30 procent af alle nye biler; et tal, som forventes at stige til 50 procent af alle biler på vejen i år 2030 med ADAS aktiveret.²⁵ Der er en disruption og markedsdynamik i gang, hvor Techfirmaer går ind på personvognsområdet og udfordrer de traditionelle producenter. Techfirmaer tager mange patenter inden for automatisering, kunstig intelligens, assistentsystemer m.m.²⁶

Et samfund med fuldt automatiske, selvkørende køretøjer ligger et stykke ud i fremtiden - og det er usikkert, om det overhovedet bliver virkelighed. Det vurderes, at automatiske køretøjer ikke vil have større udbredelse før 2035, og at der er en lang række lovgivningsmæssige, tekniske og sikkerhedsmæssige forhold, der skal afklares - og ikke mindst brugernes modtagelse af teknologien.

Men selvom fuldt automatiske køretøjer ikke slår igennem, så vil personvognsmekanikeren i stigende omfang skulle arbejde med diagnosticering og reparation af ADAS systemer, som der bliver flere og flere af i køretøjer. Mekanikerens arbejde med assistentsystemer kræver viden om forskellige typer af sensortechnologier og kompetencer i relation til test og kalibrering af sensorer m.m.

Samlet set er det således meget usikkert, hvorvidt automatiske, selvkørende biler vil slå igennem - og hvor hurtigt det vil ske. Under alle omstændigheder er der en disruption og markedsdynamik i gang, hvor techfirmaer går ind på personvognsområdet og udfordrer de traditionelle producenter. Techfirmaer tager mange patenter inden for automatisering, kunstig intelligens, assistentsystemer m.m.²⁷

²⁴ Abdul Hamid, Umar Zakir; Ahmad Zakuan, Fakhrul Razi; Zulkepli, Khairul; Azmi, Muhammad Zulfaqar; Zamzuri, Hairi; Abdul Rahman, Mohd Azizi; Zakaria, Muhammad (2017-12-01). "Autonomous emergency braking system with potential field risk assessment for frontal collision mitigation". 2017 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC). pp. 71-76.

²⁵ Nagpal, Raj Kumar; Cohen, Edo (2022-05-18). "[Automotive electronics revolution](#)".

²⁶ [The Future of the EU automotive sector \(europa.eu\)](#), side 50-51.

²⁷ [The Future of the EU automotive sector \(europa.eu\)](#), side 50-51.

3.4. Konnektivitet - forbundne køretøjer

Konnektivitet betegner teknologier, som sætter biler i stand til trådløst at kommunikere med andre køretøjer med infrastruktur, med køretøjsproducenten, med værkstedet eller andre servicevirksomheder.

V2V og V2X teknologier

Vehicle-to-Vehicle (V2V) er elektroniske teknologier, som sætter køretøjer i stand til at kommunikere trådløst med hinanden og dele data om deres køreadfærd via VANETs (Vehicular Ad hoc Networks).

Vehicle-to-Everything (V2X) er teknologier, der sætter bilen i stand til at kommunikere med trafiklys og andet udstyr langs vejen, andre køretøjer, hjemmet eller andre devices. V2X er baseret på den trådløse Wi-Fi-p-standard. Denne type Wi-Fi er specifikt skræddersyet til lokal kommunikation mellem køretøjer og bruger ikke mobiltelefonnetværket, hvilket betyder, at det giver dækning inden for systemets grænser. Inden for en radius på op til 800 meter udveksler Car2X-tilsluttede køretøjer data om position og andre informationer direkte med hinanden. Dette giver dem mulighed for på millisekunder at advare hinanden om eventuelle farer eller komme i kontakt med andre dele af den trafikale infrastruktur. Bilerne kommunikerer via DSRC (Dedicated Short Range Communication), som muliggør, at biler kan udveksle BSMs (Basic Safety Messages) med henblik på at undgå kollision.

In-vehicle infotainment Systems er systemer designet til at levere information og underholdning via touchscreen-displays, knappaneler og audio/video-grænseflader. De kan integreres med smartphone og give chauffører håndfri adgang til deres e-mails og tekstbeskeder og muligheden for at foretage håndfri opkald. Systemerne bliver stadigt mere avancerede og giver også mulighed for stemme-styring, såsom: "Hej Mercedes, gør mit sæde varmere!"²⁸

Telematics er elektroniske teknologier, der gør det muligt at monitorere bilens bevægelser (med GPS) og diagnosticere bilens funktioner og tilstand såsom brændstofforbrug, batteriets status og nedslidning. Data om bilens tilstand og funktioner kan blive sendt til værkstedet med henblik på forebyggende vedligehold. Det er muligt at foretage bookingen hos værkstedet automatisk ved integration med brugerens kalendersystem.

Bil-telematik og data fra kørsel kan både bruges til at monitorere bilens kørsel og tekniske funktioner samt mange andre formål. F.eks. kan de bruges af forsikringsfirmaer til vurdering af føreradfærd med henblik på fastsættelse af en mere nøjagtig forsikringspræmie og til at lære mere om, hvornår, hvor meget, og hvor den enkelte bilist kører. Forhandlere og værksteder kan bruge data om bilens dæktryk, kilometertal, olietryk og meget andet til forebyggende vedligehold.

²⁸ [What is a car infotainment system? | Cazoo](#)

V2X: Vehicle-to-Everything er kommunikationssystemer, som sætter biler i stand til at kommunikere med hinanden og med alt muligt andet, f.eks. trafiklys og anden infrastruktur.

Set i et fremtidsperspektiv vil V2X-teknologi kunne gøre følgende muligt:²⁹

"Platooning". Køretøjer kan inddeles i grupper, der kører tættere sammen, end det sikkert? kan opnås med menneskelige chauffører. Disse egenskaber gør det muligt for biler og lastbiler at accelerere og bremse samtidigt, hvilket øger vejenes kapacitet, fordi biler i grupper kræver mindre plads. C-V2X kan muliggøre kommunikation mellem køretøjer i gruppen og signalere tilstedeværelsen af gruppen til andre køretøjer og vejsideinfrastruktur. Med 5G-teknologi kan grupper omfatte mere end tre køretøjer.

"Kooperativ kørsel" såsom at minimere forstyrrelser forårsaget af vognbaneskit, pludselige opbremsninger eller andre uventede bevægelser. C-V2X-teknologien vil være medvirkende til at formidle hensigter til andre trafikanter.

Kø-advarsler advarer bilister, når der er kommende trafikpropper for at undgå pludselige opbremsninger. C-V2X kan også gøre det muligt for vejsidens infrastruktur at hjælpe køretøjer med at holde en konstant hastighed.

Kollisionsundgåelses-systemer forudser en kollision og aktiverer automatisk bremserne eller foretager korrigerende styrehandlinger. C-V2X-teknologier kan gøre kollisionsundgåelsessystemer endnu mere nøjagtige ved at modtage input fra nærliggende køretøjer i realtid for bedre at forudsige deres handlinger.

Fareadvarsler informerer chaufførerne om alt fra køretøjsulykker forude til skiftende vejforhold. Ved at inkorporere information andre køretøjer kan disse advarsler blive meget mere? lokaliserede og nøjagtige.

3.4.1. Fremtiden for konnektivitets-teknologier?

Konnektivitets-teknologierne rummer en lang række fordele og muligheder, som er beskrevet ovenfor, både for den enkelte bruger og for samfundet. Kort sagt: Trafikken bliver mere bæredygtig og sikker. Analyser peger på, at der var ca. 0,7 millioner biler på vejene udstyret med V2X-teknologier i slutningen af 2020, og at antallet forventes at vokse til ca. 35,1 mio. i 2025.³⁰

²⁹ [7 Examples of C-V2X Technology & Why They Matter \(appinfoinc.com\)](https://www.appinfoinc.com/7-examples-of-c-v2x-technology-why-they-matter)

³⁰ [Worldwide forecast for the number of vehicles equipped with V2X... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/351111111)

I forhold til den grønne omstilling gør teknologierne det muligt at optimere bilers kørselsruter og adfærd og dermed brændstofforbrug, således at udledningerne bliver mindre. Derudover kan teknologierne reducere antallet af ulykker og køkørsel - og dermed det velfærdstab, som er forbundet hermed.

Ulemperne ved teknologierne er, at de medfører risiko for, at køretøjerne udsættes for hacking, da de er forbundet til internettet. Ydermere er teknologierne også forbundet med udfordringer af brugernes privatliv, da deres biler afgiver data om deres personlige kørselsvaner og færden.

Teknologierne er allerede ved at slå igennem med stor hastighed og forventes at brede sig endnu mere i fremtiden, efterhånden som 5G-netværket muliggør endnu mere intens udveksling af data. Allerede nu kan teknologierne bistå med styring af parkering og pludselige opbremsninger, men med årene vil teknologierne kunne varetage stadigt mere avancerede aspekter af kørsel.³¹

Omkring 2029 vurderes det at være muligt for 5G-netværket at udveksle højpræcisions perceptionsdata og dermed muliggøre kooperativ trafikstrømsstyring på motorveje eller i vejkryds. Ligeledes vil teknologierne omkring 2029 kunne styre bilens adfærd i forhold til sårbare trafikanter (cyklister, fodgængere), så den holder sikker afstand til disse og sikrer dem passage.³²

3.4.2. Kompetencebehov forbundet med automatisering og konnektivitetsteknologier

De to teknologiområder, automatisering og konnektivitet, er begge stærkt præget af digitale teknologier, som kræver mange af de samme kompetencer mht. teknisk viden og faglige færdigheder. Derfor behandles de to områder sammen i tabeloversigten nedenfor:

³¹ Current and future developments to improve 5G-NewRadio performance in vehicle-to-everything communications' Shima A. Abdel Hakeem, Anar A. Hady & HyungWon Kim Telecommunication Systems volume 75 (2020), pages 331–353.

³² [V2X \(Vehicle to Everything\) and CVIS \(Cooperative Vehicle Infrastructure System\) Industry Report, 2021 - ResearchInChina](#)

Tabel 2. Kompetencebehov ifm. automatisering og konnektivitet

	Automatisering og konnektivitet
Teknologier	Kompetencekrav
Automatisering af biler Avancerede assistent- systemer (Advanced Driving Assistant Systems)	• Forståelse af de forskellige niveauer af automatisering. • Monitorering, test og fejlfinding i de programmer og systemer, som indgår i automatiseringen. • Viden om computer-programmer. Forståelse for de mange forskellige programmer og platforme, der bruges i en automatisk eller delvist automatisk bil. • Indsigt i bilens styresystemer, og hvordan de er integreret. • IT-sikkerhed. Viden om sikring af bilen mod data-tab, hacking og uautoriseret adgang. • Algoritmer. Viden om forskellige former for algoritmer, der bruges i selvkørende biler (Bayes lineære regression, neuralt netværk regression og beslutningstræ regression). • Visualisering af algoritmers funktion og performance. • Machine learning. Forståelse for principperne i machine learning, herunder klassificering af objekter, algoritmer, beslutningstræer m.m. • Viden om forskellige former og niveauer for kunstig intelligens (reaktiv, begrænset hukommelse, intelligent forståelse af andre aktører, selv-bevidsthed). • Vedligehold og kalibrering af bilens ADAS-systemer. • "Mekatroniks". Vedligehold af integrationen af mekaniske, elektriske systemer og computersystemer med sensorer og aktuatorer.
Konnektivitet Vehicle-to-Vehicle (V2V) Vehicle-to-Everything (V2X) Telematics	• "E-maintenance" - forebyggende vedligehold og opdatering af bilens systemer via internet. • Anvendelse "digital twin" til forebyggende vedligehold. • Forståelse for trådløs kommunikation i V2V og V2X og de systemer og platforme, som anvendes til bilens udveksling af data. • Forståelse af cloud teknologi og cloud computing. • Forståelse af telematics og de muligheder, der er for analyse og anvendelse af bilens data til forebyggende vedligehold og flådestyring.

Monitorering, test og fejlfinding i softwaresystemer

Udviklingen inden for automatisering og konnektivitet betyder, at personvogne i stigende grad fyldes med forskellige softwaresystemer, der er indbyrdes forbundne, og at stigende datamængder

transmitteres inde⁷ i bilen, og mellem bilen og omverdenen. Personvognsmekanikeren skal kunne monitorere og teste de mange systemer med henblik på analyse og fejlfinding.

Personvognsmekanikeren skal kunne analysere de sensordata, som bilens forskellige funktioner afgiver og vurdere, om de indikerer fejl og afvigelser fra givne standarder. Personvognsmekanikeren skal kunne analysere data for at kunne opdage fejl på et tidligt tidspunkt og herefter justere og optimere systemerne. Data om givne funktioner i bilen, fx hastighed, temperatur eller modstand, føres ind i IoT-systemer med henblik på prædiktiv vedligeholdelse.³³

Mekatroniske kompetencer

Kompetencerne inden for "mekatronics" repræsenterer integrationen af mekaniske, elektriske systemer og computersystemer med sensorer og aktuatorer.

Autonome køretøjer, ADAS og konnektivitet er multidisciplinære tekniske domæner, som omfatter både algoritmer, kunstig intelligens, "machine learning", robotteknologi – og mange andre begreber m.m. Teknologierne betyder, at fremtidens mekaniker skal have solide kompetencer inden for IT-systemer, programmering, algoritmer, kunstig intelligens m.m.

Interview blandt eksperter peger på, at mekanikeren skal have forståelse for alle de systemer, styrebokse og kredsløb, som elbilen består af. Reparation kræver genstart ligesom computer 'reboot', og at dataprogrammer køres. Den teknologiske udvikling betyder således, at personvognsmekanikeren i stigende grad udfører reparationer, der involverer mekaniske og elektroniske funktioner, som nu styres af digitale systemer. Personvognsmekanikeren skal forstå snitfladen og interaktionen mellem de mekaniske/elektriske systemer og de digitale systemer, som modtager data via forskellige former for sensortechnologier såsom radarer, kameraer, temperaturmålere, fugtighedsmålere, lufttryk m.m.

Viden om og kalibrering af sensorer

Personvognsmekanikeren skal have indsigt i sensortechnologier og de aktuatorer, der igangsætter bevægelse og funktioner. Ligeledes skal personvognsmekanikeren kunne kalibrere sensorer alt efter deres formål.

Sensorer skal kalibreres således, at de afgiver valide måledata. En kalibreringsproces afhænger af, hvad sensoren skal bruges til, og hvilke parametre der skal måles på: temperatur, luftfugtighed, forskellige koncentrationer, partikelstørrelser, forskellige gasser, respons på koncentrationsændring, variabilitet (variationen af sensorer af samme mærke) osv.

³³ "Zukünftige Kompetenz-profile für die Automobilwirtschaft" Simone Ehrenberg-Silies, Marc Bovenschulte, Kerstin Goluchowicz, Klaus Burmeister, 2021.

Den, der har adgang til bilens data, har adgang til kunden

De digitale teknologier og internettet muliggør, at biler trådløst kan udveksle data om deres indre tilstand og funktioner - og kan modtage opdatering og datadreven forebyggende vedligehold online.

Interviewede inden for uddannelsessektoren vurderer, at mekanikeren i fremtiden i højere grad skal være proaktiv og kunne se, hvornår der er problemer med bilen, før kunden kan det.

Interview med bilbranchen peger på, at adgang til bilernes data udgør et stadigt vigtigere marked efter selve salget af bilen. De interviewede vurderer, at bilproducenter i stigende grad er bevidste om, at de skal fastholde kontakten til kunderne af nye biler så længe som muligt efter salget. De vurderer derfor, at der i fremtiden vil være en udvikling, hvor bilproducenterne kommunikerer direkte med den enkelte kunde, hvilket forandrer relationen til forhandlerledet.

For fremtidens personvognsværksteder vil der i stigende grad være forretningsmuligheder forbundet med at kunne analysere bilers data om kørselsmønstre og bilens tilstand med henblik på salg af forbyggende vedligehold og andre services.

Opdateringen af mekanikeres kompetencer sker stadigt hyppigere

En interviewperson fra bilbranchen vurderer, at mekanikere stadigt hyppigere skal afsted på kurser og efteruddannelse for at kunne følge med i de nye styresystemer og teknologier, der kommer på markedet.

IT-kompetencer: Avanceret bruger af softwaresystemer

Med hensyn til programmering er der ikke behov for, at mekanikere kan programmere og skrive lange koder. De skal nærmere være avancerede brugere, som kan anvende de mange forskellige programmer og platforme.

En interviewperson fra bilbranchen vurderer, at der er et stort behov på eftermarkedet for efteruddannelse inden for konnektivitets-teknologier og de "digitale økosystemer", som de udgør. Det omfatter både hardware- og softwareudvikling i bilerne. Mekanikeren skal kunne forstå bilens systemer og teste dem.

En interviewet engelsk forsker vurderer, at udviklingen inden for elbiler og digitale systemer betyder, at biler i fremtiden tilbringer mindre og mindre tid på værksted. Derfor bliver mekanikere mere en diagnosticerende og problemløsende fagperson end en reparerende.

En anden interviewet ekspert fra Automotive Skills Alliance (ASA)³⁴ beskriver, at vedligehold af biler i fremtiden også vil handle om, at værkstedet skal have licenser til den rette software. En mekaniker skal

³⁴ ASA er en europæisk organisation inden for EU, som koordinerer og fremmer opkvalificering og uddannelse af arbejdstagere i EU's bilsektor: [AUTOMOTIVE SKILLS ALLIANCE \(automotive-skills-alliance.eu\)](https://automotive-skills-alliance.eu)

kunne diagnosticere og opdatere en bil online på distancen, og det vil være udfordrende for mange af nutidens mekanikere, som er vant til, at bilen fysisk reparerer på værkstedet.

Digitalisering og jura

Personvognsmekanikere skal også kende de juridiske rammer for digitaliseringen. En interviewperson fra en bilproducent beskriver, at mekanikeren skal kunne svare kunderne på "hvad bruger I mine data til?" Ligeledes skal mekanikeren have indsigt i IT-sikkerhed, og hvordan biler sikres mod hacking og virus.

3.5. Deling af biler og cirkulær økonomi

Cirkulær økonomi og deling af biler/mobilitet bidrager til den grønne omstilling ved, at køretøjer anvendes mere intensivt og får forlænget deres levetid mest muligt, samt at man genanvender de materialer, de er lavet af. Kort sagt, at få mere ud af de eksisterende ressourcer, så der kan produceres færre produkter og dermed udledes mindre CO₂ ved produktionen og anvendelsen.

Deleøkonomien i vækst i vores samfund, hvilket er motiveret af miljøbevidsthed og ønsket om mere bæredygtig brug af ressourcer. Deleøkonomi er en del af den cirkulære økonomi og fungerer på den måde, at brugerne vælger ikke at eje et produkt, men i stedet for dele det med andre f.eks. ved at låne det, leje det og "abonnere" på det - efter behov. I stedet for personligt at eje et køretøj bliver transport en service, som man kan leje eller dele med andre.

Deling af biler kan forbedre deres vedligehold og levetid

Personligt ejerskab betyder, at bilens vedligehold beror på den enkelte brugers viden og økonomi, som kan være begrænset. Biler, som deles eller lejes, udgør i stedet en "flåde" af køretøjer, som tilhører en virksomhed, som har interesse i at vedligeholde dem, så de fungerer længst muligt. Konnektivitets-teknologier gør det muligt for virksomheden løbende at overvåge bilernes dæktryk, brændstofforbrug, behov for olieskift og mange andre funktioner ved deres tilstand. Dette kan forretningsmæssigt være relevant for værkstedsbranchen, da det dermed er muligt at organisere forebyggende vedligehold på en mere konsistent måde, end når bilerne er ejet af enkeltpersoner.³⁵ Dette kan optimere bilernes anvendelse og forlænge levetid, hvilket dermed kan reducere ressourceforbrug og udledning.

Cirkulært design og genanvendelse

Cirkulær økonomi betyder, at biler produceres sådan, at de kan skilles ad og genanvendes igen i stedet for en lineær økonomi, hvor biler produceres af nye råstoffer og ubrugte materialer. Udviklingen er i gang, og EU-Kommissionen skubber på udviklingen med "end-of-life direktivet", som kræver, at 95 procent af materialet i personvogne skal være genanvendelige - afhængig af bilens vægt.³⁶

³⁵ [The Trouble With Car Sharing | HowStuffWorks](#)

³⁶ Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles
[EUR-Lex - 32000L0053 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

Bilproducenter arbejder på at forbedre deres cirkularitet, hvilket sker på mange måder i både design og produktion. F.eks. bruger Skoda sædebetræk lavet af genbrugte PET-flasker, der kombinerer uld med genanvendt polyester. Et andet eksempel er BMW, der har lavet et instrumentbræt, der er 3D-printet og produceret af genbrugsplast. Ligeledes er anvendt træpulver i 3D-print til at fremstille bilens rat.³⁷ I USA bruger Ford McDonald's kaffebønneaffald til at fremstille autodele i forstærket plast, og Caterpillar regenererer stempler og cylindre. I Storbritannien har Land Rover introduceret genbrug af aluminium. Mere end en tredjedel af Renaults nye køretøjer er lavet af genbrugsmaterialer, herunder kobber, stål, tekstiler og plast. Renault vurderer, at enhver genfremstillet del bruger 80 procent mindre energi, 92 procent mindre kemikalier og 88 procent mindre vand samt genererer 70 procent mindre affald i fremstillingsprocessen end en ny del. Hver del er også 30-50 procent billigere.³⁸

E-maintenance og forebyggende vedligehold. De digitale teknologier muliggør, at bilen sender data om dens funktioner og tilstanden for dens enkelte dele, f.eks. slid på dæk og bremses, behov for olieskift, skift af filtre m.m. Disse data opsamles i "skyen", hvorfra de kan analyseres og visualiseres af værkstedet.³⁹ Dette muliggør e-maintenance, dvs. fjerndiagnosticering via internettet, hvor bilens data analyseres af værkstedet med henblik på forebyggende vedligehold - og hvor værkstedet i god tid booker kunden til service.⁴⁰

Den stigende mængde digitale teknologier i biler betyder, at deres vedligehold og reparation ændrer sig væk fra "sammenbruds-vedligehold" til forebyggende vedligehold. Sammenbrudsvedligehold betyder, at bilen først repareres, når en del er brudt sammen eller gået i stykker. I kontrast hertil betyder forebyggende vedligehold, at det skal finde sted, inden bilens enkelte dele går i stykker og skal skiftes. De store komplekse mængder data, som er opsamlet i "skyen", kan analyseres af "ekspertsystemer", der assisterer mekanikeren. Et ekspertsystem kan defineres som et intelligent computerprogram, der bruger viden og inferensprocedurer til at tolke data og løse tekniske problemer, f.eks. at identificere årsag til fejl i bilen.⁴¹

Ved hjælp af RFID-teknologi kan bilens enkelte dele afgive data om dens oprindelse, tilstand, og hvilken type materiale den består af. Dermed er det muligt at analysere data fra biler, som gør det muligt at detektere forskellige typer af materialer, og hvilken form for bearbejdning og genanvendelse som de egner sig til. Det handler ikke om at minimere vedligeholdelsesomkostninger, men om at forlænge holdbarhed og levetid for bilen og dens dele. Dette kan i princippet give værksteder et større marked. Det

³⁷ [Circular economy and the automotive industry: the shift towards the zero-carbon car | Autovista24 \(autovistagroup.com\)](#)

³⁸ [What does it take to make a car truly circular? | Greenbiz](#)

³⁹ [Smart Vehicle Maintenance - The IEEE Maker Project](#)

⁴⁰ [sv-Incs \(diva-portal.org\)](#)

⁴¹ [Vehicles Emerging Technologies from Maintenance Perspective - ScienceDirect](#)

afgørende er at have adgang til bilers data og at kunne analysere dem, så der kan udvikles nye forretningsmuligheder og services.⁴²

Fremtiden for udviklingen i den cirkulære økonomi?

EU-kommissionens "end-of-life" direktiv har allerede haft væsentlig betydning for at motivere bilproducenter til at igangsætte den cirkulære økonomi i deres produktion. Forskere vurderer dog, at implementeringen af den cirkulære økonomi står over for barrierer såsom mangel på samarbejde og koordination mellem de industrielle aktører i værdikæden og mangel på know-how.⁴³ Forskere vurderer, at der især bør fokuseres på designfasen for køretøjer, så bilers design og konstruktion tilgodeser, at bilen senere lettere kan skilles ad med henblik på sortering og genanvendelse af materialer.⁴⁴ Problemet er, at selvom genanvendelsen af affald fra biler er nøje reguleret, så forsvinder en del af materialerne til nedgravning og illegal eksport, fordi genanvendelsen ikke er profitabel. Forskere vurderer, at delebilsordninger og forebyggende vedligehold er med til at fremme genanvendelsesraten for biler (RRR - Reuse, Recycling and Recovery rate), fordi der skabes en tidlig monitorering af bilers anvendelse og tilstand. Det modvirker, at mange materialer "forsvinder" i affaldsstatistikken.⁴⁵

3.5.1. Den cirkulære økonomis kompetencebehov

Deling af biler og mobilitet er egentlig ikke en teknologi, men en ny tilgang til ejerformer, som er drevet af den grønne omstilling, og som sker i synergi med digitaliseringen og automatiseringen.

Tabel 3. Kompetencebehov ifm. den cirkulære økonomi

	Deling af biler og cirkulær økonomi
Teknologier	Kompetencekrav
Deling af mobilitet	• Viden om nye alternative ejerformer, og hvilke fordele de kan rumme for brugeren og samfundet i relation til den grønne omstilling. • Forretningsforståelse af samspillet mellem mobilitetstjenester og applikationer på smartphones, som logistisk kan muliggøre kombination af automatiske køretøjer og offentlig transport - især i større byer. • Forståelse for nye forretningsmuligheder i "flådestyring" og datadreven, forebyggende vedligehold af større bilpark for udbydere af mobilitetstjenester.

⁴² [A Digital Maintenance Practice Framework for Circular Production of Automotive Parts - ScienceDirect](#)

⁴³ [1.1.10-66-Del Angel - Circular Economy EU Automotive.pdf \(un.org\)](#)

⁴⁴ [\(PDF\) Towards a Circular Economy for End-of-Life Vehicles: A Comparative Study UK – Japan | Procedia CIRP \(researchgate.net\)](#)

Cirkulær økonomi og genanvendelse Cirkulært design	• Forståelse af de miljømæssige og forretningsmæssige rationaler i cirkulær økonomi og genanvendelse. • Viden om de væsentlige myndighedskrav til genanvendelse på personvognsområdet, f.eks. EU's "end-of-life direktivet". • At kunne rådgive kunder om bortskaffelse og genanvendelse af biler. • Viden om bilproducenternes genanvendelse af materialer i bilerne, og hvorledes biler er designet sådan, at materialerne nemt kan skilles ad igen. • Smart, forebyggende vedligehold, der forlænger brugte bilers levetid. • Opdateret indsigt i principperne for cirkulært design på personvognsområdet. • Viden om sporbarhedsteknologier (fx RFID), som muliggør sortering og genanvendelse af bilens forskellige materialer. • E-maintenance. De digitale teknologier muliggør e-maintenance, dvs. fjerndiagnosticering via internettet, hvor bilens data analyseres af værkstedet med henblik på forebyggende vedligehold.
---	--

Det centrale rationale i deling af mobilitet og cirkulær genanvendelse af bilers materialer er at få mere ud af de eksisterende ressourcer i form af levetidsforlængelse og mere effektiv anvendelse, så vi kan klare os med færre biler på vejene og dermed bruge færre, nye råstoffer og udlede mindre forurening i produktion og anvendelse.

Reparations- og vedligeholdelseskompetencer med henblik på levetidsforlængelse og genbrug
Interviewede i uddannelsessektoren vurderer, at udviklingen betyder, at flere mekanikere i fremtiden vil arbejde med at reparere dele på bilen i stedet for at skifte dem ud bare ved mindre beskadigelser; at man på værkstederne vil bevæge sig mere væk fra "brug og smid-væk-kulturen". Det beskrives, at de er begyndt at flytte grænsen for, hvornår en bil eller en del af en bil er totalskadet og genbruger mere.

Indsigt i materialers sortering og genanvendelse

En interviewperson fra efteruddannelsesområdet vurderer, at der er stigende fokus på affaldssortering og genanvendelse og at dette fokus bliver styrket af FN's verdensmål om bæredygtighed og grøn omstilling. En interviewperson fra den norske bilbranche vurderer, at mekanikerfaget vil kunne blive mere grønt ved genbrug af reservedele og korrekt indsamling af affald, så langt hovedparten går til genanvendelse. Som oversigten viser, er kompetencekravene på disse områder i mindre grad præget af teknisk faglige færdigheder, men nærmere viden om og forståelse af miljømæssige og forretningsmæssige rationaler. En interviewperson i rådgivningsbranchen vurderer, at biler i fremtiden vil blive lavet i lettere materialer, blive simplere at lave og dermed billigere.

4. International analyse

Hovedmålet med dette afsnit er at analysere, hvilke erfaringer der er gjort i andre lande (fortrinsvis EU) med omstillingen af landenes mekanikeruddannelser til elektrificeringen og digitaliseringen af personbiler. Den internationale analyse sætter fokus på følgende:

- Hvilke udviklingstendenser i den grønne omstilling har haft betydning?
- Hvilke tilpasninger af uddannelsen er der gennemført eller under overvejelse?
- Hvilke erfaringer er der evt. med særskilte uddannelser/moduler for elbiler?
- Hvilke kompetencemål er der formuleret på de nye teknologiske områder såsom elbiler, avancerede assistent- og sikkerhedssystemer, konnektivitet m.m.
- Er der etableret nye specialiseringer for personvognsmekanikere?

Analysen er baseret på desk research og interview med uddannelsesinstitutioner i udvalgte lande, som er relevante at sammenligne den danske mekanikeruddannelse med. Analysen omfatter følgende lande: Norge, Sverige, Tyskland, Østrig, Schweiz, England og Holland.

Afsnit 4.1 præsenterer den internationale analyses hovedresultater.

Afsnit 4.2 -4.8 præsenterer casestudier fra de 7 lande.

4.1. Analysens hovedresultater

Alle lande i analysen har ændret i læreplanen for personvognsmekanikeruddannelsen for at imødekomme udviklingen mod digitalisering og el- og hybridbiler. Nogle lande som Tyskland og Østrig ændrede sidst læreplanerne i 2013. Schweiz ændrede kompetencemålene i 2018, mens Norge og Sverige har gennemført ændringer inden for de seneste år. Holland har netop vedtaget en reform af uddannelsen, som dog ikke er trådt i kraft, og hvor offentlige dokumenter ikke foreligger. Den gamle læreplan nævner næsten ikke el- og hybridbiler og specificerer ikke, hvilken af bilens elektroniske systemer uddannelsen dækker. Holland fylder derfor kun lidt i analysens hovedresultater.

De mest markante ændringer i landene har handlet om indførslen af kompetencer i el- og hybridbiler. Der er bred anerkendelse af, at der er brug for personvognsmekanikere med gode digitale færdigheder, som kan fejlfinde på, vedligeholde, diagnosticere og reparere el- og hybridbiler.

De enkelte lande er dog gået forskelligt til værks. I forhold til el- og hybridbiler har Østrig og Tyskland indført mulighed for specialisering som del af personvognsmekanikeruddannelsen. Schweiz har en 2-årig overbygning, som har fokus på bilens elektroniske systemer samt el- og hybridbiler. I Norge, Tyskland og Schweiz er der (også) indført obligatoriske kompetencemål om el- og hybrid på hoveduddannelsen. I Sverige og England lader man det være op til skolerne selv, om de vil udbyde fag i el- og hybridbiler

(om end myndighederne i Sverige anbefaler, at et indledende fag udbydes). Østrig har ikke indført kompetencemål om el- og hybridbiler på hoveduddannelsen, men kun som del af en ½-årig specialisering, der bygger videre på hoveduddannelsen.

På tværs af landene handler kompetencemålene overordnet om viden om el- og hybridbilers opbygning, sikkerhedsprocedurer samt simpel fejlfinding og reparation på spændingsfri højvoltssystemer. Der er begrænset fokus på batteriets helbredstilstand og måling under spænding på højvoltssystemer, og ingen af de undersøgte uddannelser nævner varmepumper i deres kompetencemål.

I forhold til digitaliseringen af bilen indgår viden om og fejlfinding på assistent- og/eller sikkerhedssystemer direkte i de fleste af landenes kompetencemål. Det er dog kun i de svenske og tyske kompetencemål, at begge systembetegnelser – assistent og sikkerhed – nævnes eksplicit. I Schweiz nævnes begge implicit. Det er også kun i disse tre lande, at simple reparationer på assistent- og sikkerhedssystemer indgår. Viden om konnektivitet indgår kun i de svenske kompetencemål.

I Tyskland dækker specialiseringen 'System- und hochvoltechnik' både elektroniske systemer samt el- og hybridbiler. Det samme gør sig gældende for den schweiziske overbygning. Østrig er det eneste land, som har indført en særskilt mulighed for specialisering i systemelektronik. Det er derfor særligt bemærkelsesværdigt, at assistentsystemer ikke nævnes i kompetencemålene for den østrigske uddannelse.

I det følgende sammenfattes hovedresultaterne af på tværs af de syv lande.

Kompetencemål om el- og hybridbiler handler om viden om bilens opbygning, sikkerhedsprocedurer samt simpel fejlfinding og reparation på spændingsfri højvoltssystemer

På tværs af landene – undtagen England og Holland – ligner kompetencemålene angående el- og hybridbiler hinanden, men de er placeret forskelligt på uddannelserne. Kompetencemålene retter sig mod viden om og forståelse for bilens opbygning og sikkerhedsprocedurer, når der skal arbejdes på spændingsløse højvoltssystemer samt simpel fejlfinding og reparation på spændingsfri højvoltssystemer. I Sverige, Tyskland, Østrig og muligvis Norge (kompetencemålet er uklart) er det desuden en del af kompetencemålene at opnå kendskab til, hvordan man gør højvoltssystemer spændingsløse.

Det er kun i Norge, Tyskland og Schweiz, at alle studerende, som en obligatorisk del af hoveduddannelsen, modtager træning i sikkerhedsprocedurerne omkring arbejdet med højvoltssystemer. I Sverige er det en del af det indledende fag om el- og hybridbiler, som skolerne anbefales, men ikke påkræves at udbyde. Hvis skolen også udbyder det videregående fag om el- og hybridbiler, skal eleven også lære at genaktivere højvoltssystemer i henhold til producentens krav. I Østrig indgår kompetencemål omkring el- og hybridbiler kun i specialiseringen om højvoltsfremdrift, som er et ½-årigt tilvalg til hoveduddannelsen.

I Norge er det et kompetencemål for lærepladsen, at de studerende lærer at fejlfinde, diagnosticere og udføre reparation på køretøjer med forskellige fremdriftsteknologier (denne formulering sigter mod el- og hybridbiler). I Schweiz er det ligeledes op til lærepladsen at lære eleven reparation på el- og hybridbiler.

I Tyskland skal man vælge specialiseringen i 'System- und hochvoltstechnik', hvis man ønsker at lære om fejlfinding og reparation på el- og hybridbiler. I Østrig skal man vælge specialiseringen i højvoltsfremdrift for overhovedet at modtage undervisning, som er bundet af kompetencemål omkring el- og hybridbiler. I Sverige skal skolen udbyde et videregående fag i el- og hybridbiler (hvilket er valgfrit for skolen), hvis den studerende skal modtage undervisning i fejlfinding og reparation.

Begrænset fokus på batteriets helbredstilstand, måling under spænding samt varmepumper

De svenske kompetencemål skiller sig ud ved eksplicit at nævne, at eleverne skal lære metoder til måling af batterikapacitet i forskellige højvoltsbatterier. Dette nævnes ikke direkte i andre landes kompetencemål. Tyskland skiller sig ud ved at være det eneste af de undersøgte lande, hvor studerende, som vælger specialiseringen i 'System- und hochvoltstechnik', lærer at foretage målinger på højvoltssystemer under spænding. Endelig er det bemærkelsesværdigt, at kendskab til varmepumper, som i dag er en central teknologi til energieffektiv opvarmning af elbilen, ikke indgår i nogle af landenes kompetencemål.

Kun de norske og schweiziske læreplaner nævner bæredygtighed som et tværgående tema

Norge og Schweiz er de eneste af landene, hvor kompetencer i bæredygtighed fylder i læreplanen. Den norske læreplan fastlægger bæredygtig udvikling som et tværgående tema på både andet skoleår og de to år på lærepladsen. I beskrivelsen af temaet står blandt andet, at "det handler også om å ta etiske og miljøbevisste valg og å reflektere over at valgene har betydning for samfunnet rundt. Det handler videre om å reflektere over og erfare at reparasjon av kjøretøy og motor og valg av deler påvirker miljøet ... Videre handler det om å bruke byttekomponenter for å redusere mengden avfall og følge fabrikantenes anvisninger for retur av komponenter, væsker og gasser for gjenvinning eller destruksjon." I Schweiz defineres bæredygtighed ('ökologisches handeln') som et gennemgående tema i hele uddannelsen, der indebærer, at eleven opnår forståelse for begrænsningen i naturressourcer, at eleven lærer at bruge råvarer, energi og vand sparsomt samt anvende ressourcebesparende teknologier og arbejdsmetoder.

Viden om og fejlfinding på assistent- og/eller sikkerhedssystemer indgår i næsten alle uddannelser

I alle lande - undtagen England og Norge - nævnes det konkret, at de studerende skal opnå viden om og lære fejlfinding på assistent- eller sikkerhedssystemer. Det er dog kun i de svenske og tyske kompetencemål, at begge systembetegnelser - assistent og sikkerhed - nævnes eksplicit. I de schweiziske kompetencemål bliver sikkerhedssystemer som nødbremsesystemer dog nævnt som eksempel på et assistentsystem. Andre assistentsystemer, som nævnes i de schweiziske kompetencemål, er fartpilotsystem,

adaptiv fartpilot, parkeringshjælp, parkeringsassistent, vognbaneassistent og vognbaneskiftassistent. I de svenske og tyske kompetencemål nævnes ikke specifikke systemer.

I de østrigske kompetencemål nævnes assistentsystemer slet ikke. Elektroniske systemer anvendes som en bred samlebetegnelse, men kun sikkerhedssystem nævnes som eksempel på en type elektroniske system.

I England, hvor de obligatoriske kompetencemål omkring digitale færdigheder er formuleret i meget brede termer, indgår kompetencemål omkring assistentsystemer kun som et valgfrit element for skolerne. I Norge skal de studerende opnå viden om og lære fejlfinding på bilens elektroniske styringssystemer. Der nævnes ikke bestemte typer af elektroniske systemer, som uddannelsen skal fokusere på. Dog indgår systemforståelse som et såkaldt kerneelement i uddannelsen, og i definition af dette begreb nævnes, at det "videre handler ... om hvordan elektrifisering og overgang til nye framdriftsløsninger og systemer for overvågning og sjåførassistance endrer kjøretøyet..."

I Sverige, Schweiz og Tyskland skal de studerende lære reparation på assistent- og sikkerhedssystemer

Kun i Sverige, Schweiz og Tyskland indgår reparation på assistent- og sikkerhedssystemer i kompetencemålene. I Schweiz dækker kompetencemålet omkring reparation dog kun tiden på lærepladsen, hvorimod skolens undervisning hovedsageligt er teoretisk. I Sverige konkretiseres, at det kun gælder *simple* reparationer, hvilket - baseret på interviews - også må formodes at være kompetenceniveauet i Tyskland og Schweiz.

De tysktalende lande inkluderer kompetencemål om infotainment-systemer

Men uddannelserne i de tysktalende lande Østrig, Tyskland og Schweiz har alle kompetencemål, som relaterer sig til viden om og reparation af infotainment-systemer. I de østrigske mål beskrives det som viden om audiovisuel telekommunikation og forbrugerelektronik samt udførelse af test, udvidelse, montage, reparation, vedligehold og programmering. I Tyskland omhandler målene at kunne eftermontere infotainment-systemer og integrere dem i de elektriske og datateknologiske netværk. Her omhandler målene også at kunne tilpasse systemkomponenterne til de aktuelle forhold og udvide rækken af funktioner i henhold til kundens krav (softwareopdatering, moduludskiftning og -udvidelse, menujusteringer, hukommelsesudvidelse). I Schweiz er det en del af et bredt formuleret kompetencemål om at kunne kontrollere, diagnosticere og reparere køreassistance- og infotainmentsystemer.

Viden om konnektivitet? nævnes kun i den svenske uddannelse

Ingen uddannelser på nær den svenske stiller mål om, at de studerende skal lære om konnektivitet. I den svenske skal man som del af faget 'System- och diagnosteknik' lære om "olika system för telematik och mobilitet i fordon, deras funktioner och komponenter samt hur de samverkar med andra system i fordon." Telematik i biler handler blandt andet om udveksling af data med navigationssystemer samt indsamling og transmittering af data fra bilens systemer, typisk til en cloud server, som muliggør monitorering af bilens systemer.

Der er generelt ikke fokus på programmering og bredere digitale færdigheder i læreplanerne

Kompetencer i programmering indgår kun i den østrigske specialisering i systemelektronik, hvor det også forventes, at lærepladsen understøtter udviklingen af disse kompetencer. Her skal programmering forstås som indstilling af software og elektroniske systemer. Mere brede digitale færdigheder, herunder at opøve en stærk digital dømmekraft, indgår ikke i læreplanerne med undtagelse af Norge. I beskrivelsen af kerneelementet digitale færdigheder i den norske læreplan fremgår det, at "digitale færdigheder omfatter også evnen til at vise digital dømmekraft, være kildekritisk og reflektere over indhentet information."

Specialiseringerne er forholdsvis kortvarige

I Østrig og Tyskland har de studerende mulighed for at vælge specialisering. I Østrig kan de vælge mellem to specialiseringer i henholdsvis systemelektronik ('Systemelektronik') og højvoltsfremdrift ('Hochvolt-antriebe'). I Tyskland kan de vælge en specialisering i system- og højvoltsteknologi ('System- und Hochvoltstechnik'), som kombinerer øget fokus på både digitalisering og el- og hybridbiler.

Specialiseringerne er dog forholdsvis kortvarige. I Østrig og Tyskland dækker det 14-15 procent af den faglige undervisning. Til sammenligning vurderer vores interviewperson fra engelske Chichester College, hvor de har stor frihed til at tilrettelægge uddannelsen, at undervisningen i el- og hybridbiler fylder ca. 20 procent af den faglige undervisning.

I Østrig er specialiseringen en overbygning på et halvt år til hoveduddannelsen, som dækker 180 undervisningstimer. De studerende kan således vælge at stoppe efter hoveduddannelsen, som varer 3½ år og tage arbejde som personvognsmekaniker eller at specialisere sig med et halvt års yderligere træning. I Tyskland skal de studerende vælge efter 2½ års fælles forløb, om deres sidste år på uddannelsen skal være i den klassiske mekaniker-retning ('Personkraftwagentechnik') eller en specialisering i system- og højvoltsteknologi ('System- und Hochvoltstechnik'). Dog overlapper en del af undervisningen på de to retninger, så der faktisk kun er 120 undervisningstimer på specialiseringen i system- og

højvoltageknologi, som er særlig for retningen. Det er undervisning om el- og hybridbiler samt ombygning og eftermontering af elektroniske systemer. Førstnævnte fylder 80 undervisningstimer.

Skolernes autonomi mht. tilrettelægning af uddannelsen varierer meget mellem landene

I lande som Tyskland og Østrig, hvor nationale myndigheder centralt bestemmer, hvilke specialiseringer som skal udbydes, og hvor meget undervisningstid de må optage, er der mindre rum til, at de enkelte skoler kan indrette uddannelsen forskelligt. Modsætningen hertil er Norge, hvor der ikke er nogen specialiseringer, og man fra centralt hold kun definerer to obligatoriske fag – værkstedsarbejde samt dokumentation og kvalitet – med mange undervisningstimer og forholdsvis vagt formulerede kompetencemål.

Norge, Hollands og Englands modeller tillader de enkelte skoler stor frihed til at vægte og tolke kompetencemålene forskelligt og dermed vælge at rette skoleundervisningen mere mod digitalisering og el- og hybridbiler alt efter de lokale arbejdsmarkedsbehov, lærernes kompetencer og skolens ressourcer. Vores norske interviewpersoner fortæller således også, at der er stor variation i forhold til, hvor meget el- og hybridbiler fylder på de norske erhvervsskoler. Ulempen ved denne model, hvor skolerne kan specialisere sig, er, at mange skoler kan vælge at nedprioritere disse elementer i uddannelsen, fordi det kræver betydelige investeringer i personale og udstyr. Fordelen er, at det frigør opfindsomme og ambitiøse undervisere til at skabe bedre undervisning. Erhvervsskolen Stovner Vgs er et godt eksempel på det sidste. Her gik lærergruppen sammen allerede i 2014 og købte en totalskadet elbil til 500 euro. De satte selv bilen i stand, hvorigennem de selv fik træning i fejlfinding, diagnosticering og reparation af elbilens komponenter, så de sidenhen kunne implementere det i undervisningen.

Sverige falder imellem disse to tilgange. Her er ingen specialiseringer, og der er forholdsvis tæt styring med fagene som udbydes, men man har givet erhvervsskolerne mulighed for at indføre to fag i el- og hybridbiler, som bygger ovenpå hinanden. Skolerne er ikke forpligtet, men de svenske myndigheder anbefaler, at det første fag indføres.

4.2. Norge

I Norge er uddannelsen til personvogsmekaniker en 4-årig erhvervsfaglig uddannelse, hvor man de sidste to år står i lære. Studerende begynder på teknologi- og industrifagsprogrammet, hvor de efter det første år kan vælge køretøj som studieretning. På det andet år følger man, udover nogle alment dannende fag, to fag i henholdsvis værkstedsarbejde (337 timer) samt dokumentation og kvalitet (140 timer). Herudover er der 257 timer til erhvervsfaglig fordybelse. Det tredje studieår vælger man læreplads efter ens ønske om specialisering, og her er én mulighed lette køretøjer, hvor man efter opnået svendebrev får titel af bilmekaniker.⁴⁶

⁴⁶ <https://utdanning.no/utdanning/vgs/tpbmk3---->

Uddannelsens indhold

I 2017 blev lære om elbiler skrevet ind i læreplanen for Vg3 (uddannelsens lærlingeperiode). I 2022 blev den nye læreplan for Vg2 indført med nye kompetencemål om elbiler. Den forrige læreplan blev vedtaget i 2006 og blev længe kritiseret for ikke at være tidssvarende. Casper Hille - en tidligere underviser, som nu har virksomheden Autotec, der udvikler undervisningsmateriale om elbiler - mener stadig, at den nye læreplan er for forsigtig og ukonkret, når det gælder elbiler.⁴⁷ Bilimportørernes Landsforening, som bidrog til de nye læreplaner, mener dog, at det er begrænset, hvad skolen kan nå at lære de studerende. Lærlingepladsen må også tage et ansvar.⁴⁸

I formålsbeskrivelsen for Vg2 er det blevet indført, at programfagene "skal bidrage til at udvikle elevenes kompetanse i arbejde på mekaniske, elektriske, elektroniske, pneumatiske og hydrauliske komponenter og systemer på køretøjet. Det omfatter også at medvirke til at køretøjet, motorer komponenter og deler beholder sin kvalitet over tid for at ivareta samfundets begrensede ressourcer".⁴⁹ Den etiske bevidsthed er også blevet indført i formålsbeskrivelsen for Vg3, hvor det også knyttes til en stærk fagidentitet og arbejdsglæde. Vores interviewpersoner giver dog udtryk for, at det er svært at engagere de studerende i undervisning om etisk refleksion. Herudover er 'bærekraftig udvikling' indført som et tværgående tema på hele uddannelsen.

I den nye læreplan for Vg3 er der desuden indført systemforståelse som et nye kerneelement, hvor der også lægges vægt på overgangen til elbiler og automatisering: "Kjerneelementet systemforståelse handler om mekaniske, hydrauliske, elektriske og elektroniske systemer med tilhørende komponenter. Systemforståelse handler også om hvordan systemene er bygget op og fungerer, og hvordan de kommuniserer og samarbejder internt i et køretøj. Videre handler det om hvordan elektrifisering og overgang til nye fremdriftsløsninger og systemer for overvågning og sjåførassistanse endrer køretøjet og spillet mellem ulike systemer."

I beskrivelserne af grundfærdighederne i Vg2 og Vg3 er beskrivelsen af de digitale færdigheder blevet opdateret. Her lægges der nu særlig vægt på, at de studerende lærer digital dømmekraft og kildekritik med henblik på at kunne reflektere over indhentet information, herunder brug af digitalt udstyr til diagnosticering.

I Vg2 er der defineret kompetencemål inden for to områder: værkstedsarbejde samt dokumentation og kvalitet. Det er kun i forhold til kompetencemålene for værkstedsarbejde, at der er lavet betydelige ændringer i kompetencemålene. I forhold til tidligere skal studerende nu opøve viden om sikkerhed i

⁴⁷ <https://www.nrk.no/mr/elbil-har-kome-inn-i-laereplanen-til-yrkesfag-fra-2022-1.15827914>

⁴⁸ <https://www.abcnyheter.no/motor/bil/2019/09/01/195605374/store-forandringer-i-bilindustrien-fordel-for-kundene>

⁴⁹ Gældende læreplan: <https://www.udir.no/lk20/kjt02-03/om-faget/fagets-relevans-og-verdier>

arbeidet med høivoltskomponenter i elbiler, viden om feilsøgning og reparation af elektroniske styresystemer, samt hvordan arbeidet tilrettelægges, så der tages hensyn til miljøet.

I kompetencemålene for Vg3 er det indført, at de studerende skal kunne gøre rede for sikkerhedsprocedurer i arbeidet på biler med høivoltсанlæg samt gas- og brintmotorer. De skal desuden lære at funktionskontrollere, diagnosticere og reparere på biler med forskellige fremdriftsteknologier, hvilket de fleste nok vil tolke som el- og hybridbiler foruden konventionelle benzin- og dieslbiler.

Udvalgte kompetencemål

El- og hybridbiler

Det tværfaglig tema 'bærekraftig udvikling'

- I vg2 kjøretøy handler det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling om kompetanse i håndtering av kjemikalier, oljer og væsker og gjenbruk av komponenter og deler. Det handler også om å ta etiske og miljøbevisste valg og å reflektere over at valgene har betydning for samfunnet rundt. Det handler videre om å reflektere over og erfare at reparasjon av kjøretøy og motor og valg av deler påvirker miljøet.

Faget 'verkstedarbeid' på Vg2:

- Forklare fare- og sikkerhetsmomenter på høyspenningsanlegg i elektrisk drevne kjøretøy og gjøre rede for rutiner for å gjøre kjøretøy klare til vedlikehold på en sikker måte.
- Vurdere og velge verktøy og utstyr, komponenter og arbeidsmetoder ut fra arbeidsoppgave og med hensyn til miljø.

Vg3 (lærlingeperiode):

- Gjøre rede for sikkerhetstiltak ved arbeid på kjøretøy med høye spenninger, gass- og hydrogendrift.
- Funksjonskontrollere drivlinjer på kjøretøy med ulike framdriftsteknologier, feilsøke, stille diagnose og utføre reparasjon eller komponentskifte med kalibrering i ulike drivlinjer.

Kilde: www.udir.no

Digitalisering

Digitale færdigheter (et punkt under grundlæggende færdigheder)

- Digitale ferdigheter i vg2 kjøretøy innebærer å kunne bruke digitale ressurser til å søke etter og innhente informasjon og å kommunisere, dokumentere og presentere eget arbeid. Det innebærer også å bruke måleverktøy og diagnoseutstyr. Digitale ferdigheter omfatter også evnen til å vise digital dømmekraft, være kildekritisk og reflektere over innhentet informasjon.

Kjerneelementet 'Systemforståelse'

- Kjerneelementet systemforståelse handler om mekaniske, hydrauliske, elektriske og elektroniske systemer med tilhørende komponenter. Systemforståelse handler også om hvordan

systemene er bygd opp og fungerer, og hvordan de kommuniserer og samarbeider internt i et kjøretøy. Videre handler det om hvordan elektrifisering og overgang til nye framdriftsløsninger og systemer for overvåking og sjåførassistanse endrer kjøretøyet og samspillet mellom ulike systemer.

Faget 'verkstedarbeid' på Vg2:

- Utføre mekanisk og digital feilsøking på kjøretøy og tolke resultater.
- Gjøre rede for grunnleggende oppbygning og gjennomføre enkel feilsøking og reparasjoner på elektroniske styringssystemer i kjøretøy.

Vg3 (lærlingeperiode):

- Gjøre rede for grunnprinsippene ved og utføre vedlikehold på komfortsystemer, klimaanlegg og tilleggsvarmesystemer, og feilsøke, stille diagnose og utføre reparasjon eller komponentskifte med kalibrering på de ulike systemene.

Kilde: www.udir.no

4.3. Sverige

I Sverige er uddannelsen til personvogsmekaniker en 3-årig gymnasial uddannelse, hvoraf minimum 15 uger foregår som lærling på en arbejdsplads. De enkelte skoler kan vælge, at lærlingeperioden skal være længere. Studerende begynder på køretøjs- og transportprogrammet, og efter det første år vælger de én af fire retninger, hvoraf én er personvogsmekaniker.

Den statslige myndighed *Skolverket*⁵⁰, som sætter rammerne for de gymnasiale uddannelser, gennemførte i 2020, som del af en større reform, en række ændringer i køretøjs- og transportprogrammet. Herunder ændringer på uddannelsen til personvogsmekaniker, som særligt skulle imødekomme den teknologiske udvikling mod el- og hybridbiler.⁵¹

Den mest markante ændring i den seneste reform er foretaget blandt fordybningsfagene. *Skolverket* har beskrevet 10 forskellige fordybningsfag, som skolerne kan vælge imellem, når de skal sammensætte deres fagpakke. Der er tilføjet to fordybningsfag om el- og hybridbiler på hver 100 point med titlerne 'El- och hybridfordon I' og 'El- och hybridfordon II'.⁵² Det første af fagene er tilføjet den pakke af fordybningsfag, som *Skolverket* anbefaler skolerne at udbyde og opfattes ifølge vores interviewpersoner af mange som obligatorisk.

⁵⁰ <https://www.skolverket.se/om-oss/var-verksamhet/det-har-gor-skolverket>

⁵¹ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/aktuella-forandringar-pa-gymnasial-niva/forandringar-pa-gymnasial-niva/forandringar-av-fordons--och-transportprogrammet>

⁵² https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogram-men/amne?url=996270488%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DEL%26courseCode%3DELCELO01%26date%3D2022-09-21%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa92a3#anchor_ELCELO01

Uddannelsens indhold

De to fag i el- og hybridbiler deler kompetencemål i kursusbeskrivelsen, men har forskelligt indhold. Målene handler blandt andet om kundskaber inden for el-arbejde og -sikkerhed, viden om forskellige el- og hybridsystemer samt evnerne til at gennemføre service, vedligeholdelse, fejlsøgning og simple reparationer på el- og hybridsystemer. Arbejdsgiver- og brancheorganisationen *Transportföretagen* vurderer i en rapport fra 2021⁵³, at det særligt er kompetencer inden for el-lære og højvoltssystemer i elbiler, både i forhold til funktion og sikkerhed, som efterspørges i branchen. I rapporten foreslås det, at de to fordybningsfag om el- og hybridbiler gøres til en obligatorisk del af uddannelsen.

I forhold til bredere IT-kompetencer fastlægges det i de overordnede kompetencemål for køretøjs- og transportprogrammet, at de studerende skal opnå "Kunskaper om olika datasystem behövs inom alla de yrken utbildningen leder till. Utbildningen ska därför utveckla elevernas förmåga att använda datorer och datasystem på det sätt yrket kräver." Denne formulering har ikke ændret sig i forhold til læreplanen fra 2011.⁵⁴

Det er særligt på de to fordybningsfag i system- og diagnoseteknik, at de studerende skal udvikle deres digitale færdigheder i forbindelse med fejlsøgning og reparationer på bilens forskellige elektroniske systemer og komponenter. I fagbeskrivelsen fremhæves det, at man skal kunne fejlsøge og diagnosticere bredt på elektroniske systemer og deres komponenter og kunne udføre simple reparationer på køreassistance- og sikkerhedssystemer samt komfortelektronik (fx regnsensorer, spejljustering og sædeindstilling). Dette er ikke væsentligt forskelligt fra forrige læreplan. Ifølge vores interviewpersoner har deres undervisning ikke forandret sig betydeligt i forhold til anvendelsen af computere og dataanalyse.

Det er bemærkelsesværdigt, at de svenske kompetencemål, som de eneste i denne undersøgelse indebærer viden om konnektivitets-systemer - eller telematik, som er det begreb, læreplanen anvender. Kompetencemålet lyder, at de skal opnå viden om forskellige telematik-systemer, deres funktioner og komponenter, samt hvordan de samvirker med systemer i bilen.

Førnævnte rapport fra *Transportföretagen* argumenterer desuden for, at det er vigtigt med generelle (kritiske) kompetencer inden for IT og fejlsøgning, så man kan identificere, når fejlsøgnings-software giver fejlagtig information. Den ene af vores interviewpersoner hæfter sig meget ved, at deres studerende mangler evne til selvstændigt at opsøge information og kritisk vurdere dets kvalitet og relevans.

⁵³ <https://www.transportforetagen.se/contentassets/0464a2e8a81545f4993c4d01fd276cf0/rapport-utbildning-for-en-motor-bransch-i-forandring.pdf>

⁵⁴ <https://www.skolverket.se/download/18.6bfaca41169863e6a659807/1553964056811/pdf2705.pdf>

Udvalgte kompetencemål

El- og hybridbiler

Centralt indhold på 'El- og hybridfordon I':

- Rutiner for elarbejde, elsikkerhed og risici samt branchestandard i forbindelse med service, vedligeholdelse og reparationer i el- og hybridfordons højvoltage-system.
- Olika højvoltagebatterier, deres anvendelse og grundkonstruktion samt foranstaltning ved brand.
- Metoder for at gøre højvoltage-system spændingsløst samt rutiner for at sikre sikkerhedsstille at systemet er spændingsløst.
- Olika el- og hybridfordons konstruktion af fremdrivningssystemet samt deres grundlæggende funktion og olika komponenter.
- Olika system for intern og extern batteriladning i el- og hybridfordon samt deres funktion og olika komponenter.
- Olika typer af elmotorer, blandt andet synkron og asynkron vekselstrømsmotorer samt likstrømsmotorer.
- Digitale informationssystem, måleudrustning og specialværktøj.
- ...

Centralt indhold på 'El- og hybridfordon II':

- Metoder for at gøre højvoltage-system spændingsløst samt genaktivere ifølge fordonstillverkarens krav.
- Metoder for måling af batterikapacitet i olika højvoltagebatterier.
- Elskema og symboler samt mærkning af kabler og komponenter.
- Metoder for og gennemførelse af service og vedligeholdelse af el- og hybridfordon samt deres elektriske fremdrivningssystem og olika komponenter.
- Metoder for og gennemførelse af fejlsøgning, diagnose og reparationer af enklare fejl i olika el- og hybridfordonssystem samt deres komponenter.
- Metoder for og gennemførelse af demontering, montering og justering af komponenter i forbindelse med reparationer.
- ...

Kilde: www.skolverket.se

Digitalisering

Centralt indhold på 'System- og diagnostik I':

- Personbiler og lette transportfordons olika elektroniske netværkssystem samt deres opbygning, funktion og komponenter.
- Kommunikationsteknik, blandt andet CAN bus, LIN og MOST.
- Elektroniske komponenter og deres funktioner, blandt andet ledere, halvledere og isolatorer.

- Olika förarassistans- och säkerhetssystem, deras konstruktion, funktioner och komponenter, bland annat system för start- och stoppautomatik, system för adaptiva funktioner samt system för däcktrycksövervakning och parkeringsassistans.
- Olika system för telematik och mobilitet i fordon, deras funktioner och komponenter samt hur de samverkar med andra system i fordon.
- Metoder för och genomförande av funktionskontroll, felsökning och diagnos av el- och elektroniska system och deras komponenter.
- Metoder för och genomförande av funktionskontroller, felsökning och diagnos på motorstyrssystem med diagnosinstrument.
- Digitala informationssystem och mätutrustningar samt tolkning och utvärdering av utläst mätdata i samband med felsökning och diagnos.

...

Centralt indhold på 'System- och diagnosteknik II':

- Elektroniskt styrede vækellåder og elektrohydrauliske stilledon samt deres oppbyggnad og funktion.
- Metoder for og gennemførende af felsökning og reparationer af enklare fel i olika förarassistans- och säkerhetssystem samt deras olika komponenter.
- Metoder for og gennemførende af felsökning og reparationer af enklare fel i fordons komfortelektronik, till exempel regnsensor, spegeljustering och sätesminne.

...

Kilde: www.skolverket.se

4.4. Tyskland

Uddannelsen til Kfz-mechatroniker er en 3½ årig erhvervsuddannelse, hvor undervisning på skolen foregår parallelt med lærlingeforløbet. Den består af et fælles forløb på 2½ år, hvorefter de studerende kan vælge mellem fem specialiseringer, som hver især tager et år. Specialiseringen inden for 'Personenkraftwagenteknik' er den klassiske personvognsmekaniker-retning. Siden 2013 har det også været muligt at tage en specialisering i 'System- und hochvoltstechnik', som er rettet mod fejlfinding og reparation på elektroniske systemer samt el- og hybridbiler.⁵⁵

Den seneste rammelærerplan blev vedtaget i 2013, hvor specialiseringen i 'System- und hochvoltstechnik' blev indført. Rammelærerplanen fastlægger minimumskrav til uddannelsen ved at definere kompetenceområder ('lernfelde'), og hvor mange undervisningstimer de studerende skal modtage inden for hvert område alt efter specialisering.

⁵⁵ De tre andre specialiseringer er 'Nutzfahrzeugtechnik', 'Motorradtechnik' og 'Karosserietechnik'.

Uddannelsens indhold

Rammelærerplanen specificerer at lære i højvoltageknologi, og elektriske køretøjer skal være en del af alle specialiseringer, men at det i særlig grad dækkes af specialiseringen i 'System- und hochvoltageknik'. Rammelærerplanen nævner intet om mere brede grønne kompetencer i forhold til ressourceforbrug og cirkulær økonomi.

Før valg af specialisering skal de studerende blandt andet lære at kontrollere elektroniske systemer, afbryde og frakoble højspændingskomponenter samt forstå, hvordan man arbejder sikkert med højspændingsanlæg. Herudover skal de lære at analysere funktionerne og de funktionelle sammenhænge mellem individuelle subsystemer for både drejningsmomentstyrede motorer, elektriske motorer og hybrider. De studerende skal kunne vælge passende testmetoder, både analoge og digitale.

Således er der elementer af lære om højvoltageknologi og digitale færdigheder på det fælles grundforløb, men det er særligt på de specialiserede forløb, at disse kompetencer skal opøves. Forskellen på specialiseringerne i henholdsvis 'Personenkraftwagenteknik' og 'System- und hochvoltageknik' er dog mindre, end man kunne tro, da de overlapper på to af fire specialiserede kompetenceområder. På begge retninger skal man modtage 80 timers undervisning i at diagnosticere og reparere køre-, komfort- og assistance- og sikkerhedssystemer.⁵⁶ Herunder skal man lære at forstå og analysere datakommunikation imellem systemerne, anvende ekspertsystemer til fejlfinding, opdatere bilens software, forbinde komponenter til eksisterende elektroniske netværk (fx multimediesystemer og trådløs kommunikation), og lave fejlfinding og reparation på bilens datakommunikationslinjer.

Specialiseringen i 'System- und hochvoltageknik' adskiller sig fra 'Personenkraftwagenteknik' på to særlige kompetenceområder, som tilsammen dækker 140 undervisningstimer svarende til ca. 14 procent af al skoleundervisning på uddannelsen. Det første kompetenceområde er fejlfinding og reparation af komponenter på el- og hybridbiler⁵⁷ og dækker 80 undervisningstimer. Blandt andet forventes de studerende efter endt undervisning selvstændigt at kunne diagnosticere og reparere højvoltageknissystemer og relaterede komponenter samtidig med, at de foretager alle de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger. De skal kunne foretage målinger af batteriet, kontrollere funktioner (herunder signaler fra motoren under kørsel), kunne fortolke værdier og signaler og danne testrapporter. Herudover skal de kunne forbinde højvoltagekniskomponenter og udføre funktionelle tests af hele systemet.

⁵⁶ ,Lernfeld 11P: Vernetzte Antriebs-, Komfort- und Sicherheitssysteme diagnostizieren und instand setzen'.

⁵⁷ ,Lernfeld 13S: Komponenten an Hybrid- und Elektrofahrzeugen prüfen und instand setzen'.

Det andet kompetenceområde har titlen opgradering og eftermontering af systemer og komponenter. Det dækker 60 undervisningstimer. Her forventes de studerende at lære at kunne tilpasse og opgradere systemkomponenter (fx software updates, moduludskiftninger såsom multimediasystemer, menuindstillinger og hukommelsesudvidelse) efter de givne forhold og kundens ønsker, og så de integreres med bilens øvrige elektroniske komponenter og datasystemer. Det kræver, at de blandt andet forstår, hvordan systemerne interagerer.

Udvalgte kompetencemål

Læringsfelterne ('Lernfeld') 1-10 gælder fællesforløbet inden valg af specialisering. Læringsfelter 11-14 gælder specialiseringerne. P = 'Personkraftwagenteknik'. S = 'System- und Hochvoltstechnik'.

El- og hybridbiler

Læringsfelt 3: Identificer og fjern funktionsfejl

- De kontrollerer elektriske og elektroniske anlæg på baggrund af arbejdsordrer og fejlbeskrivelser og slukker for højspændingskomponenter (slukker, sikrer mod genindkobling, sikrer, at der ikke er spænding).
- De anvender de elektrotekniske regler for sikkert arbejde på højspændingsanlæg. Til dette formål udvikler de kriterier for brugen af testudstyr (sikkerhedsudstyr, højspændingstestere, kontinuitetstestere, isolationstestere) og anerkender farerne fra elektriske lagerenheder (kondensatorer, højspændingsbatterier).

Læringsfelt 13S: Kontrol og reparation af komponenter på hybrid- og elbiler

- De studerende har kompetencen til at kontrollere og reparere hybrid- og højspændingsanlæg, deres komponenter og systemudvidelser.
- Ved hjælp af køretøjsdata identificerer eleverne fejl i drivsystemet. De indsnævrer årsagen til fejlen på baggrund af fejlbeskrivelser og fejlindtastninger. De skaber årsag-virkning-forhold og tildeler dem til et undersystem (højspændingssystem, rækkeviddeforlænger, termisk styring) og dets komponenter (højspændingsbatteri, inverter, konverter, elektrisk motor). For at gøre dette opretter de funktions- og systemoversigter (blokdigram).
- De planlægger selvstændigt diagnosticering og reparation af højspændingsanlægget og dets komponenter og overholder alle nødvendige beskyttelses- og sikkerhedsforanstaltninger. Du laver situationsrelaterede arbejdsplaner for ukendte fejl og udarbejder arbejdsinstruktioner.
- De vurderer farerne ved strømførende målinger (beskyttelse mod kontakt og lysbue). Derved tager de højde for strukturen, funktionen og driftsmåden af højspændingssystemet, der skal diagnosticeres, og overholder producentens specifikationer. De udleder beskyttelsesforanstaltninger og kontrollerer effektiviteten af højspændingssystemets elektrotekniske beskyttelsesforanstaltninger.
- Med diagnose- og måleapparater (højspændingsmåleapparater) udfører de målinger under spænding (isolering, potentialudligning, spændingsfaldsmåling, battericellespændinger, temperaturbestemmelse). De kontrollerer funktionerne (elektromotorens styresignaler under

kørsel) på højspændingssystemer, vurderer plausibiliteten af de målte værdier og signaler og opretter testrapporter.

- De kan reparere højspændingskomponenter i henhold til producentens specifikationer, udskifte komponenter, ændre moduler til komponenter og producere højspændingskabler under hensyntagen til elektromagnetisk kompatibilitet med forskellige tilslutningsteknologier (tilpasning af højspændingskabler). For at gøre dette indhenter og strukturerer de information selvstændigt og evaluerer den også til undervisningen i teamet.
- De forbinder højspændingskomponenter under hensyntagen til ledningsmarkeringer, elektrisk styrke og producentspecifikke specifikationer for ledningsgennemføringer og udfører en funktionstest af hele systemet.
- Du reflekterer over diagnose- og reparationsprocessen, de anvendte procedurer, overholdelse af ulykkesforebyggende regler og elektrotekniske regler for sikkert arbejde på højspændingsanlæg og videreudvikler deres arbejdsrutiner.

Kilde: Bundesinstitut für Berufsbildung (www.bibb.de)

Digitalisering

Læringsfelt 8: Diagnosticering af drive management mekatroniske systemer

- De analyserer funktioner og funktionelle sammenhænge af individuelle undersystemer af drevet (drejningsmomentstyrede motorstyringssystemer for benzin- og dieselmotorer, hybridsystemer, elektriske drivenheder, transmissioner, koblinger) og bestemmer de informationer og signalkurver, der er relevante for den korrekte interaktion mellem delsystemerne. De vælger passende måle- og testmetoder (analoge, digitale og computerintegrerede sensorer og aktuatorer).

Læringsfelt 11S/11P: Diagnosticering og reparation af netværksdrev, komfort- og sikkerhedssystemer

- Eleverne har kompetencer til at udføre tværgående, komplekse diagnoser på forbundne driv-, komfort- og assistent- og sikkerhedssystemer, analysere datakommunikation mellem styreenheder og anvende ekspertsystemer til fejlfinding.
- De tjekker softwareversionerne af styreenheder og tilpasser dem. De parametrerer styreenheder og kontrollerer funktionerne ved hjælp af målinger. De integrerer komponenterne i eksisterende netværk (BUS-systemer, multimediesystemer, trådløse transmissionssystemer) og parametrerer dem. De kontrollerer datakommunikationslinjer (elektriske, optiske) i overensstemmelse med lovmæssige og producentrelaterede forskrifter og reparerer dem.
- De kontrollerer sensorer og aktuatorer i netværket. De vurderer og dokumenterer de målte værdier og signaler samt styreenhedens karakteristika og dokumentere fejl. De kontrollerer datakommunikationslinjer (elektriske, optisk) i overensstemmelse med juridiske og producentrelaterede retningslinjer og reparerer dem.

Læringsfelt 14S: Udstyr, ombygning og eftermontering af systemer og komponenter

- Eleverne installerer ekstra enheder og ekstra systemer (trailerkrog, trådløse signaltransmissionssystemer, antennesystemer) og sætter dem i drift. De tilpasser systemkomponenterne til de aktuelle forhold og udvider rækken af funktioner i henhold til kundens krav (softwareopdatering, moduludskiftning og -udvidelse, menujusteringer, hukommelsesudvidelse).
- De bestemmer netværks- og hardwaretopografien og bestemmer passende ændringstiltag. De anvender producentspecifikke forskrifter for tilpasning af de ekstra systemer til køretøjet. De tager højde for mulige interaktioner med andre køretøjssystemer (elektromagnetisk kompatibilitet, BUS-vågning) og de lovmæssige krav.
- De eftermonterer systemerne og integrerer dem i de elektriske og datateknologiske netværk (BUS-systemer, multimediesystemer, trådløse transmissionssystemer). De forbinder datakommunikationslinjer (elektriske, optiske) og antennesystemer i overensstemmelse med lovmæssige og producentrelaterede regler. De udveksler og tilpasser moduler i multimediesystemer.

Kilde: Bundesinstitut für Berufsbildung (www.bibb.de)

4.5. Østrig

I Østrig vælger man uddannelsen til Kfz-techniker (køretøjstekniker), hvis man ønsker at blive personvognsmekaniker. Uddannelsen består af et 2-årigt grundmodul, hvorefter man vælger et 1½-årigt hovedmodul. Den ene af disse hovedmoduler er i personvognsteknik ('Personkraftwagenteknik').

Østrig er kendt for, at deres erhvervsuddannelser er bygget op omkring et velfungerende vekselssystem ('Duale Ausbildung').⁵⁸ De studerende er i lære parallelt med, at de følger undervisning på erhvervsskolen. Skolen står for at indføre de studerende i fagteoretisk grundviden og almen dannelse, mens lærepladsen hjælper med tilegnelsen af praktisk viden og færdigheder. Læretiden fylder 80 procent af uddannelsen, mens skoleundervisning fylder 20 procent.

Man kan vælge at afslutte uddannelsen efter 3½ år eller tilføje et halvt år, hvor man følger et andet hovedmodul eller et af to specialmoduler i henholdsvis systemelektronik ('Systemelektronik') og højtvoltsfremdrift ('Hochvolts-antriebe'). Specialmodulet i systemelektronik blev indført i 2008, og specialmodulet i højtvoltsfremdrift blev indført i 2013.

Specialmodulet i højtvoltsfremdrift er dog mindre populært. Ved udgangen af december 2021 var der 3471 i lære, som fulgte hovedmodulet i personvognsteknik. 2259 i lære, som byggede ovenpå med specialmodulet i systemelektronik, og kun 356 i lære som byggede ovenpå med specialmodulet i højtvoltsfremdrift.⁵⁹

⁵⁸ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2009).

⁵⁹ https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXVII/III/III_00684/imfname_1456461.pdf

Uddannelsens indhold

Den valgte model tillader dog, at man kan afslutte uddannelsen uden at have opnået kendskab til højvoltage-teknologi, som ikke fylder noget i kompetencemålene for grundmodulet eller hovedmodulet i personvognsteknik. Hverken rammelærplan eller uddannelsesreglementet foreskriver, at de studerende skal lære om bæredygtighed på værkstedet eller på samfundsniveau (fx cirkulær økonomi og ressourceforbrug).

På grund- og hovedmodulet arbejder de studerende dog med bilens elektriske dele, og særligt lærepladserne pålægges at oplære de studerende i lære om el, diagnosticering, udskiftning og reparation af elektriske komponenter (herunder batteriet i en forbrændingsbil). Studerende skal dog vælge specialiseringen i højvoltagefremdrift, hvis de ønsker specifikke kompetencer inden for el- og hybridbiler.

På specialmodulet i højvoltage-teknologi skal de studerende opøve godt kendskab til de el- og hybridmotorens delkomponenter og deres samvirkning. De skal kunne digitalt diagnosticere og reparere motorfejl og fejl på højvoltagekomponenter, og der lægges vægt på, at de studerende forstår og kan implementere sikkerhedsprocedurer omkring håndteringen af højvoltagekomponenter. Lærepladserne skal træne de studerende i det samme sæt af kompetencer, som skolen giver dem undervisning i.⁶⁰

Digitale kompetencer er blevet implementeret som kompetencemål i både grund- og hovedmodulet foruden at stå helt centralt i specialmodulet om systemelektronik. På grundmodulet skal de studerende kunne deltage i at fejldiagnosticere med computere, og de skal have et grundlæggende kendskab til branchespecifikke IT-løsninger. På hovedmodulet skal de studerende have forståelse og kunne gennemføre simple tests, vedligeholde, afmontering og reparation af personbilens sikkerheds-, komfort- og kommunikationselektronik. Herudover skal de mere selvstændigt lære at fejldiagnosticere med computere.

Det er bemærkelsesværdigt, at lærepladsen pålægges at træne den studerende i mere dybdegående digitale kompetencer. Således skal de på lærerpladsen i deres tredje og fjerde år opnå en grundlæggende forståelse for datakommunikationslinjer mellem bilens elektroniske komponenter, herunder den funktionelle sammenhæng mellem elektroniske komponenter, og de skal lære grundlæggende programmering i forbindelse med installering af sensorer og aktuatorer.

Studerende, som følger specialmodulet om systemelektronik, specialiserer sig i vedligeholde, fejlfinding, diagnosticering og reparation af bilens elektroniske dele. Kompetencemålene har særligt fokus på komfortelektronik (fx klimasystemer, sædevarme, centrallås, navigationssystemer og justering af vinduer), systemer til tyverisikring (fx startspærre, alarmsystem og overvågning) samt multimediesystemer. Inden for hver type skal de lære at gennemføre tests, montage, vedligeholde, reparation og programmering.

⁶⁰ <https://ibw.at/resource/download/1906/ausbildungsdokumentation-kfz.pdf>

Det er bemærkelsesværdigt, at assistentsystemer ikke nævnes på noget tidspunkt i de østrigske kompetencemål.

Udvalgte kompetencemål

El- og hybridbiler

Specialmodul Højvoltsfremdrift („Hochvolt-antriebe“)

- Kendskab til måle-, styrings- og reguleringsteknologi.
- Kendskab til opbygningen (komponenterne) og funktionen af motorkøretøjer med alternative drev.
- Kendskab til opbygningen og funktionen af alternative drev såsom elmotorer, hybridmotorer, brændselscelle drev mv. samt de enheder, der kræves hertil samt struktur og funktion af de enkelte enheder.
- Viden om de tekniske sammenhænge, processer, driftsformer og mulige anvendelser af energilagingsmuligheder for alternative drev.
- Diagnosticering af fejl i alternative drivsystemer såsom elektriske motorer, hybridmotorer, brændselscelledrev osv. såvel som i de aggregater og individuelle samlinger, der er nødvendige for dem ved hjælp af computerstøttede diagnosemetoder.
- Deltagelse i test-, udvidelses-, montage-, reparations- og vedligeholdelsesarbejde på alternative drivsystemer såsom elmotorer, hybridmotorer, brændselscelledrev mv. samt på de aggregater og individuelle enheder, der kræves hertil.
- Kendskab til sikkerhedskoncepterne for højspændings-, egensikre køretøjer såsom adskillelse af spændingsnettene, farvekodning af højspændingskablerne, mærkning af højspændingskomponenter og -dele samt højspændingsbatteriet og servicestik (Service Disconnect).
- Viden om, hvordan man håndterer højspændingskomponenter på motorkøretøjer efter SoP (Start of Production) såsom at afbryde motorkøretøjet fra strømforsyningen og fastslå, at der ikke er spænding, sikring mod modstand.
- Diagnosticering af fejl i højspændingskomponenter ved hjælp af computerstøttede diagnosemetoder.
- Deltagelse i test, fjernelse, montage, reparation og vedligeholdelse af højspændingskomponenter ved brug af sikkerhedskoncepterne.

Kilde: Bundesinstitut für Berufsbildung (www.bibb.de)

Digitalisering

Grundmodul

- Grundlæggende viden om opbygningen og funktionen af et motorkøretøjs elektriske og elektroniske system (fx spændingsgenerator, forbrugere, belysning, komfort- og sikkerhedselektronik) samt strukturen og funktionen af de enkelte enheder såsom startbatterier, generatorer, tændingssystemer, lamper, tyverisikringssystemer.
- Deltagelse i test-, afmonterings-, monterings-, reparations- og vedligeholdelsesarbejde på et motorkøretøjs elektriske og elektroniske system (fx spændingsgenerator, forbruger, belysning) samt på individuelle enheder såsom startbatterier, generatorer, tændingssystemer, lamper, tyverisikringssystemer.
- Deltagelse i fejl diagnose vha. diagnosticeringscomputer.

Hovedmodul

- Udførelse af test-, afmonterings-, monterings-, reparations- og vedligeholdelsesarbejde på det elektriske og elektroniske system i en personbil (fx spændingsgenerator, forbrugere, belysning, sikkerhedselektronik) samt på enkelte enheder som startbatterier, generatorer, tændingssystemer, lamper.
- Grundlæggende viden om opbygning og funktion af sikkerheds-, komfort- og kommunikationselektronikken samt opbygning og funktion af de enkelte enheder i en personbil.
- Udførelse af simpelt test-, afmonterings-, monterings-, reparations- og vedligeholdelsesarbejde på sikkerhed, komfort og kommunikationselektronik i en personbil.
- Diagnosticering af fejl ved hjælp af computerstøttede diagnostiske metoder.

Specialmodulet Systemelektronik („Systemelektronik“)

- Kendskab til måle-, styrings- og reguleringsteknologi.
- Kendskab til den elektroniske komfortelektronik såsom klima- og varmesystemer, centrallås, vinduesregulatorer, sædevarme, navigationssystemer.
- Udførelse af test, afmontering, montering, reparation, vedligeholdelse og programmering af komfortelektronikken såsom klima- og varme anlæg, centrallås, vinduesblink, tyverialarm, sædevarme, navigationssystemer.
- Kendskab til elektroniske tyverisikringssystemer som startspærre, alarmsystem, indvendig overvågning.
- Udførelse af test, afmontering, montering, reparation, vedligeholdelse og programmering af de elektroniske tyverisikringssystemer som fx startspærre, alarmsystem, indvendig overvågning.
- Viden om audiovisuel telekommunikation og forbrugerelektronik.
- Udførelse af test, udvidelse, montage, reparation, vedligeholdelse og programmering af audiovisuel telekommunikation og underholdningselektronik.
- Kendskab til elektronisk on board-, motorstyring- og BUS-systemer.
- Evaluerings og vurdering af displays af de elektroniske on board- og motorstyringssystemer og udførelse af de deraf følgende reparationer.

- Rådgivning af kunder om betjening, indstilling og programmering af tyverisikringssystemer og komfort- og kommunikationselektronik.

Kilde: Bundesinstitut für Berufsbildung (www.bibb.de)

4.6. Schweiz

Den schweiziske uddannelse til personvognsmekaniker ('Automobil-mechatroniker/-in') varer fire år, hvis man ønsker den fulde uddannelse. Man kan vælge at stoppe uddannelsen efter to år med titel af 'Automobil-assistent/-in' eller efter tre år med titel af 'Automobil-Fachmann/-frau'. Analysen her fokuserer på indholdet af den fulde 4-årige uddannelse.

Efter uddannelsen til personvognsmekaniker kan man videreuddanne sig over to år til personvognsdiagnostiker ('Automobil-diagnostiker'). Personvognsdiagnostikeren specialiserer sig i fejlfinding, diagnosticering og reparation af bilens elektroniske systemer og alternative fremdriftssystemer (med særligt fokus på el- og hybridbiler).

Ligesom i Østrig er den schweiziske uddannelse bygget op omkring et vekselssystem, hvor de studerende er i lære parallelt med, at de følger undervisning på skolen. En til halvanden dag om ugen modtager de studerende undervisning på erhvervsskolen, og resten af tiden er de på lærepladsen. Læretiden fylder 75-80 procent af uddannelsen, mens skoleundervisning fylder 20-25 procent.

Undervisning på skolerne og læretiden suppleres af mere praktisk orienterede kurser, som styres og delvist finansieres i fællesskab af de værksteder og virksomheder, som opretter lærepladser. De benævnes ÜK-kurser ('überbetrieblichen Kurse'). Over de fire år, uddannelsen varer, er der 60 obligatoriske kursusdage.

Uddannelsens indhold

I 2018 blev den schweiziske uddannelsesordning for personvognsmekanikeruddannelsen reformeret. I den forbindelse blev der indført kompetencemål omkring el- og hybridbiler. Der defineres i alt fire kompetencemål omhandlende el- og hybridbiler, hvoraf skolen og lærepladsen har ansvar for to hver. Kompetencemålene er formuleret i meget brede termer.

I forhold til kompetenceområdet 'Kontrol og reparation af systemer' skal skolen opfylde kompetencemålet, at eleven kan beskrive opbygningen og egenskaberne ved elektriske, hybride og alternative drivsystemer, som er på forståelsesniveau (K2). I uddannelsesprogrammet listes en række stikord til inspiration for, hvad undervisningen på skolen skal dække: start-stop-systemer, lade-infrastruktur, måling af isolationsmodstand, spændingsisolering og elektriske kredsløbsdiagrammer.

Lærepladsen skal lære eleven at kontrollere og reparere elektriske, hybride og alternative drivsystemer på anvendelsesniveau (K3). I den korte beskrivelse af handlingskompetencen, som disse to kompetencemål hører under, fremhæves det, at eleven skal forstå og lære at anvende de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger i arbejdet med højspændingssystemer. Alligevel må det konstateres, at kompetencemålet er så bredt formuleret, at det i høj grad er op til lærepladsens tolkning, hvor omfangsrigt oplæringen i kontrol og reparation af el- og hybridbiler skal være.

Under kompetenceområdet 'Diagnosticering af mekatroniske systemer' er der en lignende opdeling af ansvar. Skolen skal opfylde ét kompetencemål i relation til el- og hybridbiler, som igen er på forståelsesniveau (K2). Eleven skal kunne forklare grundprincipperne for elektriske og hybride drivsystemer og gennemføre et teoretisk 1-dagskursus i sikker håndtering af højspændingssystemer inden for køretøj. Lærepladsen skal oplære eleven i at diagnosticere el- og hybridbiler i henhold til testinstruktioner. Eleven skal ligeledes modtage undervisning i dette på ÜK-kurser. I den korte beskrivelse af handlingskompetencen, som disse kompetencemål hører under, fremhæves igen vigtigheden af at kunne anvende sikkerhedsforanstaltninger i arbejdet med højspændingssystemer. Herudover beskrives, at eleven ud fra producentens testanvisninger og værkstedets måleapparater kan vælge passende diagnostiske procedurer, pålideligt foretage målinger, fortolke data og drage konklusioner.

Køreassistance- og infotainmentsystemer har ligeledes fået fire kompetencemål, hvoraf skolen og lærepladsen har ansvar for to hver. Det er igen holdt i brede formuleringer. Eleverne skal i sidste ende kunne beskrive, redegøre for, kontrollere, reparere og diagnosticere køreassistance- og infotainmentsystemer. I uddannelsesprogrammet specificeres det, at indholdet skal dække: Opdater og udskift af fartpilotsystem, adaptiv fartpilot, parkeringshjælp, parkeringsassistent, vognbaneassistent og vognbaneskiftassistent, nødbremseassistent, navigationssystemer og multimediesystemer.

I de korte beskrivelser af handlingskompetencerne angående reparation og diagnosticering af køreassistance- og infotainmentsystemer nævnes det, at kontrol og reparation af disse systemer samt data- og kontrolenheder er krævende og komplekst samtidig med, at systemerne løbende videreudvikles, og nye kommer til. I samme korte beskrivelse fremhæves det også, at eleven kan vælge passende diagnostiske procedurer, pålideligt foretage målinger, fortolke data og drage konklusioner.

Brede formuleringer – meget begrænset specificering af indhold – går dog igen i en række kompetencemål. Det afspejler således en bestemt tilgang. Blandt de udvalgte kompetencemål herunder fremgår også målene for komfort- og sikkerhedssystemer. Om end der er flere kompetencemål tilknyttet disse systemer, hvilket givetvis betyder, at de tillægges større vægt i uddannelsen, så er de stadig holdt i de samme brede formuleringer og med begrænset konkretisering i uddannelsesprogrammet.

Udvalgte kompetencemål

El- og hybridbiler

Handlingskompetence 4.8: Reparation af el- og hybridbiler samt alternative fremdriftskoncepter

- Kontrollere og reparere el- og hybridbiler samt alternative fremdriftskoncepter (K3; lærepladsen og ÜK).
- Beskrive el- og hybridbilers samt alternative fremdriftskoncepters opbygning og funktion (K2; skolen).

Handlingskompetence 5.9: Diagnosticering af hybridsystemer og elektriske drivsystemer

- Diagnosticere fejl i henhold til testinstruktioner på el- og hybridbiler (K6; lærepladsen og ÜK).
- Redegøre for grundprincipper for elektriske og hybride drev og færdiggøre grundmodulet til sikker håndtering af højspændingssystemer i køretøjer (K2; skolen).

Kilde: AGVS / UPSA

Digitalisering

Handlingskompetence 5.7: Diagnosticering af komfort- og sikkerhedssystemer

- Redegøre for opbygning og funktion af samt grundprincipper for BUS-systemer (K2; skolen).
- Diagnosticere fejl i køretøjets BUS-system (K6; lærepladsen og ÜK).

Handlingskompetence 4.8: Reparation af køreassistance- og infotainmentsystemer

- Kontrollere og reparere køreassistance- og infotainmentsystemer (K3; lærepladsen og ÜK).
- Beskrive køreassistance- og infotainmentsystemers opbygning og funktion (K2; skolen).

Handlingskompetence 5.8: Diagnosticering af køreassistance- og infotainmentsystemer

- Diagnosticere fejl i henhold til testinstruktioner på køreassistance- og infotainmentsystemer (K6; lærepladsen og ÜK).
- Redegøre for grundprincipperne for forskellige køreassistance- og infotainmentsystemer (K2; skolen).

Kilde: AGVS / UPSA

4.7. Holland

Den hollandske uddannelse til personvognsmekaniker er bygget op af to dele. En grunduddannelse '*Eerste Autotechnicus*', der tager to eller tre år samt en hoveduddannelse '*Technisch Specialist Personenauto's*', der tager to eller fire år. Analysen her fokuserer på indholdet af den fulde uddannelse.

Grunden til, at uddannelsen kan have så varierende længde, skyldes, at den har to spor. Det første spor hedder BOL ('*Beroeps Opleidende Leerweg*'). Dette spor er bygget op om undervisning på en teknisk-skole samt praktikforløb. Det andet spor hedder BBL ('*Beroeps Begeleidende Leerweg*'). Dette spor er mere praktisk orienteret, hvor undervisningen er spredt udover en længere periode, da den studerende er ansat ved et værksted sideløbende med uddannelsen. På BBL-sporet, som er det mere praktiske spor, befinder den studerende sig på skolebænken cirka en dag i ugen, dvs. cirka 20 procent af tiden. Omvendt, hvis den studerende har valgt BOL-sporet, så arbejder den studerende typisk to gange i ugen for det værksted, hvor den studerende er i praktik, dvs. cirka 40 procent af tiden.

Som uddannet personvognsmekaniker ('*Technisch Specialist Personenauto's*') er det muligt at blive optaget på en såkaldt HBO ('*hoger beroepsonderwijs*'). Begrebet HBO dækker over professionsbacheloruddannelser, der er udbudt på erhvervsakademier. F.eks. er det muligt efter uddannelsen til personvognsmekaniker at blive optaget på bil-ingeniøruddannelsen '*HBO-Opleiding Automotive*' for yderligere specialisering på området.

Den hollandske uddannelse har netop været igennem en reform. Den er dog så ny, at offentlige dokumenter ikke foreligger endnu. Nedenstående gennemgang af kompetencemål tager således udgangspunkt i uddannelsen, som den så ud indtil for nylig.

Uddannelsens indhold

På grunduddannelsen nævnes hverken el- eller hybridbiler, alternative fremdriftskoncepter, bæredygtighed, assistentsystemer eller sikkerhedssystemer. Her er uddannelsen stadig rettet mod forbrændingsmotoren. Det tætteste er, at den studerende skal opnå viden om, hvordan man reducerer brændstofforbrug og skadelige emissioner fra personbiler. Herudover skal den studerende opnå viden om bilens elektroniske komponenter, og hvordan man foretager målinger på disse komponenter med det rette udstyr. Her er formuleringerne holdt i så brede vendinger, at det ikke er muligt at gennemskue, hvilke elektroniske systemer der skal prioriteres (hvis nogen).

Samme gør sig gældende for kompetencemålene på hoveduddannelsen. El- og hybridbiler nævnes kun en enkelt gang. Under kompetenceområdet 'diagnosticering af personvogne' skal de studerende opnå bred og specialviden om alternative fremdrifts- og brændstofkoncepter. Det er slående, så lidt el- og hybridbiler fylder i de hollandske kompetencemål. Uddannelsen har som sagt netop været igennem en

reform, og det må formodes, at el- og hybridbiler - foruden større bevidsthed om bæredygtighed - kommer til at fylde betydeligt mere i uddannelsen fremadrettet.

I forhold til digitalisering og bilens elektroniske systemer bliver assistent- og sikkerhedssystemer heller ikke specifikt nævnt i hoveduddannelsens kompetencemål. Igen går meget brede formuleringer igen. Den studerende skal opnå bred og specialviden om bilens elektroniske komponenter, og i den bredere beskrivelse af kompetenceområdet diagnosticering af personbiler nævnes det, at den studerende skal opnå forståelse for, at fejl ofte er forårsaget af den komplekse integration af elektroniske systemer, hvilket gør det nødvendigt at tænke kreativt, når fejlen skal findes.

Disse meget brede formuleringer giver skolerne stor handlefrihed i forhold til indretningen af uddannelsen lokalt. Manglen på specifikke elektroniske systemer i kompetencemålene er således ikke det samme som, at skolerne ikke underviser i f.eks. assistent- og sikkerhedssystemer. Dog er manglen på kompetencemål, som overhovedet nævner el- og hybridbiler, en indikation på, at dette fylder meget lidt på de fleste hollandske skoler.

Udvalgte kompetencemål

El- og hybridbiler

Kompetenceområde: Diagnosticering af personbiler (hoveduddannelse)

- Har bred og specialviden om alternative fremdrifts- og brændstofkoncepter til personbiler.

Kilde: Sectorkamer mobiliteit, transport, logistiek en maritiem

Digitalisering

Kompetenceområde: Diagnosticering af personbiler (grunduddannelse)

- Har viden om personbilens elektroniske komponenter.
- Har viden om, hvordan man foretager målinger på bilens elektroniske komponenter og systemer med det rette udstyr.

Kompetenceområde: Diagnosticering af personbiler (hoveduddannelse)

- Kan diagnosticere, selv når fejlene er komplekse, og standardprocedurer ikke giver det ønskede resultat. Ofte er dette forårsaget af den komplekse integration af alle elektroniske systemer i køretøjet. Så der er brug for kreativ tænkning.
- Har bred og specialviden om personbilens elektroniske komponenter.

Kilde: Sectorkamer mobiliteit, transport, logistiek en maritiem

4.8. England

Uddannelsen til personvognsmekaniker i England er ikke på samme måde reguleret, som vi ser det i andre lande, hvor læringsmål og grundlæggende opbygning af uddannelsen er nationalt bestemt. I England har private, non-profit akkrediteringsinstitutter ('Awarding organisations') i samarbejde med arbejdsmarkedet stor indflydelse på uddannelserne.⁶¹ De definerer læringsmål, og de godkender, at uddannelsesinstitutioner kan undervise i læringsmålene samt udstede certifikater og diplomer.

Uddannelsesinstitutionerne skal opfylde en række kriterier for at kunne godkendes til at undervise i givne læringsmål. Inden for de rammer, som læringsmålene for personvognsmekaniker sætter, har erhvervsskolerne mulighed for at forme og tilrettelægge uddannelsen.

Nedenfor følger en beskrivelse af læringsmål fra én af de store akkrediteringsinstitutter *City and Guilds*. Desuden beskrives uddannelser fra en udvalgt erhvervsskole, som har særligt fokus på ny teknologi samt el- og hybridbiler.

Uddannelsens indhold

Generelt er den obligatoriske undervisning i el- og hybridbiler samt i ny teknologi begrænset, og det er i mange tilfælde valgfrit, om erhvervsskolerne vil undervise i det. Det skaber stor variation mellem skolerne. Der er dog nogle elementer, som skolerne skal udbyde for at blive akkrediteret. Desuden er der en lov fra 1989⁶², der tilsiger, at det er arbejdsgivers ansvar, at det er sikkert for medarbejdere at arbejde med el, herunder el- og hybridbiler. I forbindelse med det politiske mål om, at der ikke skal købes nye diesel- og benzinbiler fra 2030, er der rettet fokus på manglende kompetencer og finansiel støtte til opkvalificering.⁶³ En undersøgelse fra brancheorganisationen *Institute of the Motor Industry* (IMI) peger på, at det blot er 11 procent, der har de nødvendige kvalifikationer til at arbejde sikkert med elbiler.

Vi analyserer kompetencemål udviklet af *City and Guilds*, som er det største akkrediteringsinstitut i Storbritannien. Uddannelsen gennemføres dels i værkstedet og med skoleforløb undervejs. Skoleforløbet skal udgøre minimum 20 procent af uddannelsen. Som del af skoleforløbet opnår eleven først et diplom på niveau 2 i vedligehold og reparation af lette køretøjer ('Diploma in Light Vehicle Maintenance and Repair Competence'). Herefter kan man ansættes som 'Light Vehicle/Motorcycle Service Technician', eller man har mulighed for at videreuddanne sig til niveau 3. Efter niveau 3 får man endnu et certifikat, og man kan ansættes som 'Light Vehicle/Motorcycle Service Diagnostic Technician'.

⁶¹ [Vocational education and training in Europe | United Kingdom | CEDEFOP \(europa.eu\); the_uk_technical_and_vocational_education_and_training_systems.pdf \(britishcouncil.org\)](#)

⁶² "The Electricity at Work Regulation 1989: <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsr25.htm>.

⁶³ <https://tide.theimi.org.uk/industry-latest/news/automotive-industry-ramps-ev-qualified-technicians>

På begge niveauer er der læringsmål, som er obligatoriske for skolerne at undervise i. Desuden er der en række elementer, som skolerne kan vælge imellem. Endeligt er der en række læringsmål, som det er valgfrit at undervise i. Undervisning i el- og hybridbiler samt avancerede digitale systemer foregår hovedsageligt på niveau 3, og det er i de fleste tilfælde valgfrie elementer for skolerne. Digitale færdigheder er ligeledes ikke en eksplicit del af de obligatoriske kompetencemål. Man skal dog være opmærksom på, at kompetencemålene ofte er så bredt formuleret, at den enkelte skole kan tolke dem i retning af træning i digitale kompetencer (eksempelvis: "Knowledge of Diagnosis and Rectification of Vehicle Auxiliary Electrical Faults").

Ingen læringsmål vedrører mere generelle grønne kompetencer om cirkulær økonomi og ressourceforbrug. De obligatoriske og valgfrie læringsmål, der vedrører el- og hybridbiler samt avancerede systemer, er beskrevet i det efterfølgende afsnit.

Som konsekvens af, at undervisning i el- og hybridbiler er valgfrie elementer, er der stor forskel mellem, hvor meget uddannelsesinstitutionerne underviser i det. Chichester College Group er et eksempel på en uddannelsesinstitution, som har valgt at prioritere undervisning i el- og hybridbiler. Til formålet har de i 2022 investeret ca. 1,3 mio. kr. i nyt udstyr.⁶⁴ En ansat på Chichester College Group, som er med til at udvikle kurser, og som vi har talt med, estimerer, at ca. 20procent af de studerendes undervisning på grunduddannelsen har fokus på el- og hybridbiler. Det vurderer interviewpersonen på nuværende tidspunkt er en passende andel.

Interviewpersonen beskriver, at de klæder de studerende på til, hvordan markedet ser ud, når de er færdiguddannede. Her skal man både være påpasselig med at vægte fokus på el- og hybridbiler for lavt, da det er en stor del af markedet nu - og forventeligt endnu større om et par år. Man skal heller ikke vægte undervisning i el- og hybridbiler for højt, da benzin- og dieselbiler fortsat fylder en betydelig del af markedet. Desuden er det usikkert, hvordan teknologien inden for el- og hybridbiler udvikler sig, og hvornår nuværende teknologi er forældet. På Chichester College Group udbyder de desuden et aftenkursus i den nyeste og mere avancerede teknologi inden for diagnostik.⁶⁵ Det er et kursus på 35 uger, der er på et højere niveau end grunduddannelsen, og som er målrettet færdiguddannede, erfarne mekanikere/teknikere. Kurset er akkrediteret af IMI og er beskrevet nedenfor. Desuden udbyder Chichester College Group enkelttagskurser med fokus på el- og hybridbiler.⁶⁶

Udvalgte kompetencemål

Obligatoriske og valgfrie kompetencemål omkring digitalisering, elbilsteknologi og grøn omstilling udviklet af *City and Guilds* for uddannelsen til personvognsmekaniker.

⁶⁴ <https://www.sussexlive.co.uk/special-features/how-you-can-train-technician-7259414>

⁶⁵ <https://chichester.ac.uk/study-courses/course-list/ctra012e-imi-l4-automotive-studies>

⁶⁶ <https://chichester.ac.uk/study-courses/course-list/ctra014d-imi-l1-awd-in-electric-hybrid-vehicle-awareness>; <https://chichester.ac.uk/study-courses/course-list/ctra015d-imi-l3-awd-in-electric-hybrid-vehicle-system-repair-replacement>

El- og hybridbiler

Valgfrie elementer

- Knowledge of Isolating and Re-energizing High Voltage Systems in an Electric Vehicle.
- Knowledge of Removing and Replacing Components in an Electric Vehicle High Voltage Powertrain and Ancillary Systems.
- Skills in Isolating and Re-energizing High Voltage Systems in an Electric Vehicle.
- Skills in Removing and Replacing Components in an Electric Vehicle High Voltage Powertrain and Ancillary Systems.
- Competency in Diagnosing and Rectifying Light Vehicle Transmission and Driveline Faults (inc. hybrid and alternative fuel cars).

Kilde: www.cityandguilds.com

Digitalisering

Obligatorisk:

- Knowledge of Diagnosis and Rectification of Vehicle Auxiliary Electrical Faults.

Valgfrie elementer:

- Knowledge of Diagnosing, Removing, Replacing and Recalibrating Motor Vehicle Advanced Driver Assistance System Components.
- Skills in Diagnosing, Removing, Replacing and Recalibrating Motor Vehicle Advanced Driver Assistance System Components.

Kilde: www.cityandguilds.com

5. Fagfaglig analyse

Som svar på den hastige teknologiske udvikling inden for personvognsområdet har også den danske personvognsmekanikeruddannelse gennemgået forandringer gennem de senere år. Aktuelt er uddannelsen blevet ændret og fornyet med nye fag og kompetencemål i seneste uddannelsesordning, der trådte i kraft den 1. august 2022.

På denne baggrund har Teknologisk Institut gennemført en fagfaglige analyse med henblik på at vurdere det nuværende indhold i uddannelsen i forhold til de fremtidige kompetencebehov i relation til bæredygtighed og den grønne omstilling.

En fagfaglige analyse behandler tre hovedspørgsmål:

Er de nye kompetencemål dækkende i forhold til den teknologiske udvikling i forbindelse med den grønne omstilling - eller er der noget, der mangler eller er problematisk?

Dette spørgsmål behandles i afsnit 5.1 baseret på udsagn fra interviewpersoner og workshopdeltagere, der har vurderet de nye faglige kompetencemål.

Inspiration fra den internationale analyse – er der faglige områder, hvor den danske uddannelse mangler noget, som er indført i de andre landes uddannelser?

Teknologisk Institut har sammenlignet den danske personvognsmekaniker-uddannelse med resultaterne af den internationale analyse. På denne baggrund identificerer afsnit 5.2 faglige felter, som mangler i den danske uddannelse.

Er der behov for en specialisering af personvognsmekanikeruddannelsen?

Afsnit 5.3 behandler spørgsmålet om specialisering, herunder hvilke fordele og ulemper, der kan være forbundet med en specialisering.

Vurdering af faglige kompetencemål

Som følge af den teknologiske udvikling inden for personvognsområdet, herunder især den stigende udbredelse af el- og hybridbiler med nye varme, -og kølesystemer, automatik- og assistentsystemer, konnektivitet m.m. er uddannelsen blevet fornyet med nye fag og kompetencemål. De nye fag er indført i forbindelse med ny uddannelsesordning pr. 1. august 2022.

Den gennemgående vurdering på workshoppen var, at kompetencemålene for el- og hybridbiler er vidtgående i forhold til, hvilke opgaver lærlinge generelt må udføre under uddannelsen.

Det karakteriseres som en udfordring, at fabrikkerne ikke vil lade eleverne arbejde med højvoltskomponenter samtidig med, at lærepladsen forventes at oplære dem i det. Mange fabrikker har deres egne kurser, som en mekaniker skal gennemføre, før denne må arbejde med højvoltskomponenterne i deres biler. Skolerne genkender denne problematik, fordi de er afhængige af værkstederne for at kunne give eleverne erfaring med elbiler.

I det følgende vurderes de nye fags kompetencemål.

5.1.1. Fejlfinding og reparation af el- og hybridbil

Den gennemgående vurdering er, at fagets kompetencemål i det store og hele er dækkende i forhold til de fremtidige faglige kompetencebehov for personvognsmekanikere i forbindelse med den grønne omstilling. El- og hybridbiler er en central del af den grønne omstilling til fossilfri transport, og faglige kompetencer på dette område er derfor "indirekte" grønne kompetencer.

I det følgende sammenfattes kommentarer til kompetencemålene i hovedtemaer.

Sikkerhedsmæssig korrekt udførelse af opgaver i spændingsførende elektriske systemer

Den gennemgående vurdering er, at kompetencemål 1 er ambitiøst, da det ifølge eksperter typisk kun er særligt sagkyndige, der er tilstrækkeligt kompetente til at vurdere risici og selvstændigt at arbejde med spændingsførende systemer.

Kompetencemål 1: Lærlingen kan sikkerhedsmæssig korrekt indrette arbejdspladsen () og udføre arbejdsopgaver på eller i nærheden af spændingsløse og spændingsførende elektriske systemer på eldrevne/hybride køretøjer.*

Det vurderes, at kompetencemålet bør nævne, at lærlingen bør kunne udføre en risikovurdering sammen med en sagkyndig før påbegyndelse af arbejdsopgaver på spændingsførende elektriske systemer. Hvorfor skal arbejdet udføres under spænding? Hvad kan begrunde det? Det bør også være nævnt i kompetencemålet. (*) En ekspert anbefaler, at der før ordet udføre, også bør stå "planlægge".

Ydermere bør lærlingen kunne redegøre for sikkerhedsorganisationen på den givne arbejdsplads og hvilke regler, der er, hvem der har ansvaret på værkstedet for udførelse af opgaver, der vedrører højspænding, og hvornår man som lærling kan sige fra.

Måling af spænding på eldrevne/hybride køretøjer

Det vurderes som et fuldt dækkende og relevant kompetencemål, at lærlingen kan anvende, kontrollere og vedligeholde sikkerhedsværktøjer, måleudstyr samt personlige værnemidler korrekt (under gældende standarder EN60900) ved arbejde på eldrevne/hybride køretøjer.

Dette vurderes også som relevant, at lærlingen kan måle spændingen (AC/DC) på eldrevne/hybride køretøjer, herunder batteripakke, elmotor og inverter. Også her vurderes det, at der her er tale om en risikofyldt måling på højvoltssystemet, der bør begrunde en forudgående sikkerhedsvurdering af 1) Hvad begrunder behovet for måling -er den nødvendig? 2) Hvad skal måles, hvordan -og hvorfor? Hvilke sikkerhedsforanstaltninger bør laves ved målingen? Kompetencemålet bør således også uddybe, hvad der kan være formålet med at måle spændingen, og hvilke evt. forhold/symptomer der kan begrunde en måling.

Diagnosticering af batterier og udskiftning af deres interne komponenter

Det vurderes som et fagligt udfordrende kompetencemål, "at lærlingen kan kontrollere og vurdere højvoltsbatteriets interne komponenter, samt fejlsøge med relevant måleudstyr og udskifte udvalgte komponenter i højvoltsbatteripakken i henhold til fabrikantens forskrifter". Ekspertter vurderer, at udfordringen er, at der er tale om opgaver, som typisk overlades til særligt sagkyndige. Ekspertterne tilføjer, at et batteri normalt betragtes som én samlet komponent, der sjældent skilles ad.

Kompetencemålet vurderes at mangle at nævne, at der først skal gennemføres en sikkerhedsvurdering, før et højvoltbatteri kan åbnes. Sikkerhedsvurderingen skal afklare, hvilke risici der er forbundet med at åbne batteriet, og hvordan disse kontrolleres. Det bør også afklares, hvorfor og med hvilket formål batteriet åbnes. Hvilke symptomer og forudgående målinger kan begrunde en åbning? Lægger kompetencemålet op til udskiftning af battericeller? Hvis dette er tilfældet, så bør det angives, hvilke operationer der skal kunne udføres i forbindelse hermed.

Blandt interviewede eksperter vurderes det, at faget "Fejlfinding og reparation af el- og hybridbil" samlet set mangler et kompetencemål om, at lærlingen har viden om og kan redegøre for et batteris generelle opbygning, interne komponenter og deres funktioner. Fx at batteriet består af en række battericeller i serier, parallelkoblinger, afbryder og sikringer, samt at der er en overvågningsfunktion (battery management unit), som holder øje med temperatur, spændingsniveau (minimum og maksimum) og batteriets kobling til og styring af varme-, køle-, og klimaanlægget.

Opladningsteknologi for elbiler

Det vurderes som et relevant kompetencemål, at lærlingen kan forklare kommunikationen imellem bil og ladestander og udmåle kommunikationslinjen i ladekablet. Men det vurderes, at kompetencemålet gerne må kvalificere nærmere, hvilken slags spænding der er tale om. Det efterspørges, at der sondres mellem AC (alternating current) og DC (direct current), da sidstnævnte er langt mere komplekst end

førstnævnte. Denne kompleksitet gør det nødvendigt med mere præcis angivelse af, hvad der skal udmåles.

DC-kommunikationen er et pulsbreddemoduleret elektrisk signal, der kun kan måles på, når det er tilsluttet elnettet – og det gør det til en risikabel måling. Det vurderes som relevant, at lærlingen kan forklare kommunikationen, men måling kræver sikkerhedsvurdering.

Der efterspørges også nærmere indikation af, hvad der menes med udmåling. Hvad er det, der skal måles, og hvordan skal det ske? DC-ladekablets kommunikation udveksler en lang række forskellige informationer inddelt i flere lag. Bl.a. BUS-signal med digital information i pakker, der afhænger af, hvilken fase ladningen er i. Kompetencemålet bør også tydeliggøre, hvad der forstås med udmålingen.

Det vurderes også som relevant, at lærlingen kan forklare den nuværende og fremtidige infrastruktur af ladestationer nationalt og internationalt. Eksperter vurderer, at formålet må være, at lærlingen har forståelse på system- og samfundsniveau af lade-infrastrukturen og kan forklare brugerne af systemet, hvilke forhold ved systemet der påvirker ladningen af den enkelte bil. Eksperter vurderer, at dette er vigtigt, da ladestationerne i fremtiden får forskellige funktioner, og at der vil komme "vehicle to grid", som kan påvirke, at ladningen af det enkelte køretøj påvirkes.

Fejlfinding på elbiler og hybridbiler

Det vurderes som et relevant kompetencemål, at lærlingen kan udvælge og anvende diagnoseværktøj i forhold til udlæsning af parametre, fejlfinding og reparation på eldrevne/hybride køretøjer. Dog vurderes det, at kompetencemålet bør specificere, at der undervises i kontrol og isolation: Dvs., at lærlingen skal kunne foretage manuelle målinger ifm. isolationstester og være i stand til at bruge multimeter til at måle, hvor god forbindelsen er mellem kabel og komponent.

Det vurderes som relevant, at lærlingen kan redegøre for den generelle opbygning af el/hybride køretøjer, herunder batteripakken, højvoltskomponenter, elmotorer, sammenkobling af hybridenheder og elmotor-styringssystemer og inverter/converter systemer samt start og ladesystemer på hybridbiler. Eksperter vurderer, at denne oplysning bør tilføje køleanlæg og termisk styring af både batteri og drivlinje.

Grønne kompetencer - miljømæssige aspekter af elektrificeringen

Det vurderes som relevant, at personvognsmekanikeren under uddannelsen opnår forståelse for de miljømæssige aspekter af elbiler og forskellige brændstofteknologier. Det vurderes som relevant, at lærlingen kan gengive begrebet energibærer/drivmidler og de stoffer, der anvendes inden for autosektoren og kan vurdere fordele/ulempes ved deres anvendelse.

Ligeledes er det relevant, at lærlingen kan gengive teknologien i en brændselscelle og fordele og ulemper ved brugen af dem. Det vurderes, at kompetencemålet vedrører brintbiler og brintmotorer, hvilket dog vil komme til at afhænge af, hvad fabrikanterne sender på markedet i fremtiden. Ekspertter vurderer derfor, at kompetencemålet også bør medtage andre range-extender teknologier, som kan udvide elbilers rækkevidde, fx en generator.

Det vurderes også som miljømæssigt vigtigt, at lærlingen kan forklare de materialer, der anvendes ved forskellige tekniske energi løsninger til fremdrift af biler, og hvorledes restaffaldet håndteres. Kompetencemålet vurderes at være særdeles relevant i forhold til de grønne kompetencer. Det vurderes dog som temmelig bredt formuleret og nærmere bør specificere, hvilke materialer og hvilke former for restaffald der menes. De fleste fabrikanter vil have deres egne beskrivelser af, hvad der skal ske med deres komponenter, når de er kasseret. De fleste batterier sendes tilbage til fabrikanten.

Forslag til ekstra kompetencemål

Det foreslås blandt workshop-deltagere, at der bør indføjes følgende ekstra kompetencemål:

Reparation efter fabrikantens forskrifter. Lærlingen skal vide og kunne klarlægge, hvad der kræves fra fabrikanten, hvis der skal foretages en reparation. Lærlingen skal også vide, hvordan der søges efter reparationsvejledninger og selvstændigt kunne tolke disse korrekt.

Dokumentation af diagnose og udført arbejde. Lærlingen skal vide, hvordan udført arbejde dokumenteres således, at det fx kan danne grundlag for en garanti-reparation. Dokumentation er et tema, som fylder en del i den norske personvognsmekanikeruddannelse. På hovedforløbet har de et længere fag, som kun omhandler dokumentation og kvalitet. Her lyder et af kompetencemålene: "Eleven skal kunne kvalitetssikre arbeidet ved hjelp av aktuelle prosedyrer og rutiner og gi fullstendig dokumentasjon på utført arbeid". Det fylder også i de tyske kompetencemål for arbejdet med højvoltskomponenter. F.eks. i relation til diagnosticering og reparation af højvoltskomponenter: " Du laver situationsrelaterede arbejdsplaner for ukendte fejl og udarbejder arbejdsinstruktioner."

Garanti-reparationer. Lærlingen skal kunne redegøre for, hvilke forhold der skal være opfyldt for, at en garanti-reparation kan udføres, og hvorledes dette dokumenteres. Ligeledes vurderes det som relevant, at lærlingen har kendskab til købeloven og garantiordninger. Det blev anført blandt workshop-deltagere, at en stor del af mekanikers arbejde består af garanti-sager.

Tydeliggørelse af grønne kompetencemål og viden. Blandt interviewede blev det vurderet, at kompetencemålene mangler formuleringer omkring kendskab til det miljømæssige aftryk i branchen, og om hvordan biler kan vedligeholdes og repareres samt værkstedet indrettes, så dette aftryk reduceres mest

muligt. Sådanne kompetencemål er formuleret i den norske læreplan, hvor det er angivet som et gennemgående tema i uddannelsens fag.

5.1.2. Fejlfinding og reparation på varme-, køle- og klimaanlæg

Et klima-anlæg, der ikke kører optimalt, kan bruge 60 procent mere strøm end normalt og kan dermed have væsentlig indflydelse på en elbils rækkevidde. Dette illustrerer, ifølge interviewede eksperter, vigtigheden af optimering af elbilers klima-anlæg og deres forbindelse til batteriet.

Det vurderes derfor som relevant, at lærlingen kan tilrettelægge og gennemføre et fejlfindingsforløb på airconditionanlæg og/eller elektronisk styrede klimaanlæg, herunder foretage udskiftning af komponenter på airconditionanlæg og klimaanlæg. Det foreslås dog, at der ved * tilføjes* "kan sikkerhedsmæssigt og miljømæssigt korrekt" tilrettelægges... Ydermere foreslås det, at kompetencemålet tydeliggør, hvilke forskellige funktioner i bilen de forskellige klimaanlæg forgrener sig til. Der er således forskellige klimaanlæg typisk opdelt på hhv. komfort-systemet til passager og fører - et til drivlinjen og et til batteriet - som skal køles, når det er varmt samt varmes, når det er koldt. En bil har således forskellige klimazoner, og det bør tydeliggøres.

Fagets kompetencemål vurderes som relevante og dækkende. Herunder:

- at lærlingen har viden om elektronisk styrede klimaanlæg og kan udføre enkle service- og reparationsopgaver.
- kan foretage udmåling af blæser- og kompressorstyring.
- kan servicere og reparere varmepumpeanlæg på el- og hybridbiler og forklare deres funktion og virkemåde.
- kan redegøre for højtvoltskompressorens opbygning og virkemåde, herunder korrekt valg af olietype til højtvoltskompressoren samt de sikkerhedsmæssige aspekter ved arbejde på højspændingskomponenter.

Også her vurderes det som relevant, at lærlingen kender de organisatoriske, sikkerhedsmæssige betingelser for arbejdets igangsættelse. Dvs., at arbejdsgiveren skal have udpeget den ansvarlige sagkyndige, der må udføre arbejde med højspænding. Ethvert værksted bør have en sikkerhedsstruktur, som lærlingen kender. Sikkerhedsaspektet bør integreres i de enkelte kompetencemål.

Grønne kompetencer i forhold til varme-, køle- og klimaanlæg

Personvognsmekanikeren bør også have grønne kompetencer i relation til varme-, køle- og klimaanlæg. Det vurderes som relevant, at lærlingen kan foretage korrekt bortskaffelse af miljøbelastende affald i forbindelse med arbejdsopgaver på aircondition- og klimaanlæg.

Dette punkt vurderes som meget relevant i forhold til den grønne omstilling, og blandt de interviewede foreslås det, at der gerne må nævnes eksempler på, hvad miljøbelastende affald er. Udover at

miljøbelastende affald skal bortskaffes korrekt, kan det også være relevant at nævne, at visse sjældne metaller såsom guld, kobolt og lithium egentlig ikke skal bortskaffes, men i stedet indsamles med henblik på genanvendelse. Disse sjældne metaller indgår typisk i elektroniske enheder og batterier i biler. Europas behov for import af metaller er stort, hvilket kan blive kritisk for EU.

5.1.3. Fejlfinding på elektriske systemer og sikkerhed på el/hybrid

Behov for fælles undervisningsmaterialer

Blandt de interviewede og workshop-deltagere blev det vurderet, at fejlfinding på elektriske systemer er et væsentligt fag- og kompetenceområde. Det vurderes dog samtidig at være et område, der udfordres af den manglende tilgængelighed af mærkevarefabrikanternes system-information, som forretningsmæssigt fortrolig og kræver certificeret adgang. Blandt workshopdeltagerne vurderes det, at der mangler et fælles undervisningsmateriale, og at det kan være vigtigt for at sikre en ensartet udmøntning af kompetencemålene på tværs af uddannelsesinstitutionerne.

Det foreslås blandt deltagerne, at der tilføjes kompetencemål om anvendelse af datakilder samt dokumentation af udført arbejde. Ligeledes foreslås det, at der ved fejlfinding sondres mellem vurdering af data fra OBD (On-Board Diagnostics) og målte værdier (i scope) - og sammenholdelsen af disse.

Der foreslås også tilføjet kompetencemål om, at lærlingen skal kunne orientere sig i guidede diagnoser samt tekniske bulletiner. Dem bør de have kendskab til, og de skal lære, hvordan man finder frem til dem, og hvordan man konkret anvender dem. Disse diagnoser og bulletiner er afgørende, da tilbagevendende fejl og løsninger ved biler noteres heri. Det er vigtigt for at spare tid: Slår man det ikke op, skal man "opfinde den dybe tallerken på ny hver gang."

Målinger af elektriske kredsløb

Det vurderes som relevant, at lærlingen kan - ved anvendelse af måle- og diagnoseudstyr - udmåle bilens elektriske systemer ud fra sin viden om og forståelse af begreber som spænding, strøm, modstand, effekt samt serie- og parallelforbindelser. Kompetencemålet vedrører helt basale målinger af et elektrisk kredsløb, hvor der måles, om der er forbindelse, men ikke hvilken kvalitet forbindelsen har. En stor del af den elektriske styring i en moderne bil består af kommunikations-busser (CAN-busser, Controller-Area-Network), som kører rundt til bilens del-systemer og meddeler dem, hvad de skal gøre. CAN-busser betyder, at der kræves særligt udstyr til diagnosticering af CAN-bus systemet, herunder læsning af CAN-high og CAN-low. Det vurderes også som relevant, at lærlingen kan redegøre for både AC og DC og kan udføre enkle målinger på signaler med et oscilloskop, da dette vedrører måling af kvaliteten af strømforbindelsen. Dog bør der tilføjes sikkerhedsvurdering, hvis der er tale om højvoltage-systemer.

I forhold til kompetencemål 9 "Lærlingen kan udvælge og anvende det bedst mulige værktøj til opgaver i forbindelse med en elbils komponenter." vurderes vendingen "det bedst mulige værktøj" som

misvisende. For når man reparerer elbiler eller arbejder under spænding, så må man kun benytte godkendte og relevante værktøjer til givne opgaver. Et værktøj skal være godkendt til højspænding, dvs. godkendt af Sikkerhedstilsynet.

Snitfladen mellem mekaniske og elektriske systemer

Personvognsmekanikeren skal i stigende grad besidde forståelse for snitfladen mellem bilens mekaniske dele og dens elektriske styresystemer, herunder hvordan sensorer og aktuatorer har forbindelse med elektriske systemer. Derfor er det relevant, at lærlingen kan redegøre for sensorer og aktuatorer i forbindelse med elektriske systemer i personbiler. Dog foreslås det, at kompetencemålet tydeligere bør angive de mange forskellige typer af sensorer (kameraer, radar, afstandsfølere, fugt-sensorer, lys-sensorer m.m.), der indgår i assistentsystemer. Det er ligeledes relevant og vigtigt, at lærlingen kan redegøre for el-diagrammer og anden dokumentation i forbindelse med enkle fejlfindingsopgaver på elektriske systemer på personvogne. Det vurderes, at kompetencemål 7 "Lærlingen kan redegøre for den grundlæggende opbygning af eldrevne/ hybride køretøjer" burde stå nævnt som det første. Eksperter tilføjer, at lignende "grundlæggende-viden" mål også burde være formuleret for andre forhold såsom sikkerhed og batterier m.m.

Grønne kompetencer

Det vurderes som miljømæssigt relevant, at lærlingen har viden om bortskaffelse af miljøbelastende affald i forbindelse med arbejde med elektriske systemer. Også for dette kompetencemål vurderes det som relevant at tilføje vigtigheden af indsamling og genbrug af sjældne metaller fra elektroniske enheder og batterier i biler.

5.1.4. Assistentsystemer og sikkerhedssystemer

Opdateret kendskab til de mange assistentsystemer og deres formål

Biler forsynes med flere og flere assistentsystemer, som helt eller delvist overtager styringen af alle mulige funktioner i bilen med henblik på øget komfort og sikkerhed. Lige fra opvarmning af ruder til styring af parkering m.m. Ligeledes kommer der flere og flere forskellige sensorteknologier. Det vurderes derfor blandt interviewede og workshops-deltagere, at fagets kompetencemål eksplicit bør nævne mange flere forskellige typer funktioner i bilen, der kan varetages af assistent-systemer og herunder trådløse systemer, fx infotainmentsystemer.

Det vil således vedrøre kompetencemål 3 "Lærlingen har viden om forskellige assistentsystemer fx parkeringsassistent, adaptiv fartpilot, fjernlysassistent, LED matrix lys mm.", hvor det kunne tilføjes, at lærlingen har "opdateret" viden om (.....).

Det vurderes, at kompetencemålet også bør angive, hvilket kendskab eleven skal have til de forskellige typer sensorer, der bruges i assistentsystemer. Det bør herunder angives, hvordan der gennemføres måling og fejlsøgning, samt hvilke symptomer der kan indikere fejl på de forskellige typer af sensorer,

f.eks. radarer, termisk teknik, bevægelsessensorer, tryksensorer, gassensorer, kamera- og lyssensorer, afstandssensorer, temperatursensorer og fugtsensorer m.m.

Mere fokus på "infotainment-systemer"

De danske kompetencemål har begrænset fokus på infotainment/multimediesystemer, som sandsynligvis bliver en større del af bilerne og branchen i fremtiden. I den østrigske specialisering i 'Systemelektronik' skal de studerende f.eks. lære "Udførelse af test, udvidelse, montage, reparation, vedligeholdelse og programmering af audiovisuel telekommunikation og underholdningselektronik".

Blandt de interviewede foreslås det, at trådløse systemer (OTA-Over The Air) gives mere plads i kompetencemålene. F.eks. trådløse systemer, der bruges til ruteplanlægning og angivelse af ladepunkter samt tidsstyring af klimaanlæg, adaptiv fartpilot, som kan kommunikere med andre biler m.m.

Det foreslås også, at lærlinge skal have forståelse for trådløs opdatering af assistentsystemer med henblik på at kunne rådgive kunderne.

At kunne gennemføre rationelt fejlfindingsforløb

Det vurderes også, at kompetencemål 1 "Lærlingen kan tilrettelægge og gennemføre et rationelt fejlfindingsforløb på et automatisk nødbremsesystem samt Lane guard system." bør nævne flere af de mange andre automatiske systemer, der begynder at være udbredte i moderne biler, f.eks. system til automatisk parallelparkering. Der bør formuleres kompetencemål for, hvordan det undersøges, hvorvidt fejl skyldes fejl i assistentsystemet eller andre forhold - og hvorledes garantiordninger typisk fungerer ved fejl på assistentsystemer.

Ved diagnosticering og fejlfinding på automatiske systemer vil det i realiteten være mærke-fabrikantens fejlsøgningssystemer og anvisninger, der skal følges. Kompetencemålet angiver ikke, hvad der forstås ved et "rationelt" fejlfindingsforløb. Rationalitet defineres normalt som at benytte rette midler til rette formål. Hvad der er et "rationelt" fejlfindingsforløb afhænger af hvilke typer fejl, der skal findes, og hvilke metoder der er de rette hertil.

Kalibrering af systemer

Det foreslås, at kompetencemålet tilføjes "kodning/kalibrering", da det også vil være relevant, at lærlingen kan forstå systemers opbygning og udføre en justering/programmering. Der er behov for en forståelse for dynamisk og statisk kalibrering, og man skal som minimum kunne udføre statisk kalibrering.

Det vurderes, at kompetencemål 2 "Lærlingen kan gennemføre kontrol og reparation af tegngivningssystemer ud fra sin viden om lovens krav til tegngivningssystemer samt viden om tegngivningssystemets opbygning og funktion" bør angive, hvilket kendskab eleven skal have til lovgivningens krav til bilens tegngivningssystemer. Blandt workshop-deltagere vurderes det, at der kan tilføjes kompetencemål om kalibrering af lys- og assistentsystemer, samt at lærlingen har kendskab til digitale kalibreringsværktøjer.

5.2. Den danske personvogsmekanikeruddannelse sammenlignet med udlandet

I det følgende sammenlignes udviklingen og de nye fagområder i den danske personvogsmekanikeruddannelse med de udenlandske uddannelser. Er der områder, hvor den danske uddannelse adskiller sig fra udlandets uddannelser? Er der områder, hvor den danske uddannelse mangler noget, som de har i udlandet?

Elektrificering: Den danske uddannelse i elbiler er mere omfattende end udlandets

Alle landes uddannelser har fokus på el-lære, sikkerhed og viden om el- og hybridbilers teknologi, systemer og opbygning. I sammenligning med de lande, som den internationale analyse dækker, er den danske personvogsmekanikeruddannelse godt tilpasset udviklingen mod el- og hybridbiler, og fagområdet er givet god plads tidligt i uddannelsen.

På den danske uddannelse lærer de studerende allerede på trin 1 om sikkerhed i el- og hybridbiler som del af faget 'Fejlfinding på elektroniske systemer og sikkerhed på el/hybrid'. Her skal eleven opnå viden om arbejdet med bilens elektriske systemer og viden om de grundlæggende sikkerhedsmæssige aspekter i arbejdet højvoltskomponenter i el- og hybridbiler.

Sammenlignet med Norge og Sverige er undervisning relateret til el- og hybridbiler mere omfattende i den danske uddannelse. De fleste svenske erhvervsskoler har et enkelt fag om el- og hybridbiler, men har lokalt mulighed for at prioritere ét mere. På de skoler, som prioriterer et ekstra fag, er kompetencemålene på enkelte punkter mere avancerede end de danske. Et eksempel er måling af batterikapacitet i forskellige højvoltsbatterier. De norske erhvervsskoler er ikke påkrævet at udbyde et særskilt fag om el- og hybridbiler, men skal lære eleverne om sikkerhed i forhold til at gøre el- og hybridbiler klar til service og reparation. På den danske uddannelse finder undervisning om el- og hybridbiler allerede sted tidligt i uddannelsen – på trin 1 – hvorimod det er placeret senere i forløbet i Norge og Sverige.

Lande som Tyskland og Østrig, hvor man udbyder en specialisering med særligt fokus på el- og hybridbiler, er kompetencemålene skærpet i sammenligning med Danmark. Men her skal det holdes for øje, at det kun gælder for de elever, som vælger specialiseringen. De, som vælger den gængse personvogsmekanikerlinje i Tyskland, har ikke et særskilt fag om el- og hybridbiler, men lærer i forbindelse med andre fag om sikkert arbejde på højspændingskomponenter og de funktionelle sammenhænge mellem subsystemerne på el- og hybridbiler. I Østrig er der ingen kompetencemål om el- og hybridbiler for dem, som ikke vælger specialiseringen.

I den danske uddannelse lærer alle om elbiler, mens nogle lande har afgrænsede "ekspert" specialiseringer

Lande som Tyskland og Østrig, hvor man udbyder en specialisering med særligt fokus på el- og hybridbiler, er kompetencemålene skærpet i sammenligning med Danmark. Men her skal det holdes for øje, at det kun gælder for de elever, som vælger specialiseringen. De, som vælger den gængse

personvognsmekaniker-linje i Tyskland, har ikke et særskilt fag om el- og hybridbiler, men lærer i forbindelse med andre fag om sikkert arbejde på højspændingskomponenter og de funktionelle sammenhænge mellem subsystemerne på el- og hybridbiler. I Østrig er der ingen kompetencemål om el- og hybridbiler for dem, som ikke vælger specialiseringen.

Den danske uddannelse har fokus på elektrificeringens sikkerhed og tilhørende teknologier. Sammenlignet med udlandets uddannelser, lægger den danske uddannelse både vægt på sikkerhedsmæssige aspekter og vægt på relaterede teknologier inden for varme-, køle- og klimaanlæg.

På trin 2 i den danske uddannelse er specialefaget 'Fejlfinding og reparation af el-og hybridbil' obligatorisk. Faget handler blandt andet om at arbejde sikkerhedsmæssigt korrekt på eller i nærheden af spændingsløse elektriske systemer på el- og hybridbiler, fejlsøgning på og udskiftning af udvalgte komponenter i højvoltsbatteripakken, anvendelse af diagnoseværktøj til fejlfinding og reparation og generel forståelse for opbygning af el-og hybridbiler, batteri og opladningsteknologi. Herudover er der på trin 2, som del af faget 'Fejlfinding og reparation på varme-, køle- og klimaanlæg' indført, at lærlingen skal lære at "servicere og reparere varmepumpeanlæg på el- og hybridbiler og kunne forklare deres funktion og virkemåde."

Den danske uddannelse foran med varmepumper

Det er bemærkelsesværdigt, at ingen af de undersøgte lande har kompetencemål i forhold til varmepumper i elbiler, som det er tilfældet for den danske uddannelse. Her er Danmark tydeligt på forkant med udviklingen. På andre områder går kompetencemålene i andre lande et skridt videre end de danske. Det gør sig dog generelt kun gældende i forhold til specialiseringerne i Østrig og Tyskland, eller hvis de svenske skoler prioriterer et ekstra fag i el- og hybridbiler. Det er således i situationer, hvor træningen i el- og hybridbiler gives mere plads i uddannelsen, hvilket nødvendigvis er på bekostning af andet.

Herunder gennemgås de områder, hvor der er interessante forskelle mellem de danske kompetencemål, og hvad vi finder i udlandet.

5.2.1. Arbejde med batterier og højvoltssystemer

Det, at undersøge batterier og højvoltssystemer på en sikkerhedsmæssig, forsvarlig måde, er et centralt element i personvognsmekanikers arbejde med elbiler. Dette afsnit sammenligner derfor detaljeret den danske uddannelse med de udenlandske på dette område. Sammenligningen viser, at den danske uddannelse i elbiler på en række specifikke områder mangler kompetencemål, især med hensyn til hvordan højvoltssystemer gøres spændingsløse, og hvordan batteriets tilstand konkret måles og diagnosticeres. Ligeledes mangler der kompetencemål om selvstændig planlægning af arbejdet.

At gøre højvoltssystemer spændingsløse - her mangler Danmark kompetencemål

I Sverige, Tyskland og Østrig er det et element i kompetencemålene at kunne gøre højvoltssystemer spændingsløse. Sammenlignet hermed dækker de danske kompetencemål ikke metoder til at gøre højvoltssystemer spændingsløse. De danske kompetencemål retter sig mod måling og fejlfinding på spændingsløse systemer, men ikke hvordan bilens højvoltssystemer gøres spændingsløse, og heller ikke hvordan det kontrolleres/sikres, at systemet er spændingsløst.

De danske kompetencemål lyder blandt andet, at eleven "kan måle spændingen (AC/DC) på eldrevne/hybride køretøjer", har "viden om de grundlæggende sikkerhedsmæssige aspekter..." og "kan sikkerhedsmæssigt korrekt indrette arbejdspladsen og udføre arbejdsopgaver på eller i nærheden af spændingsløse og spændingsførende elektriske systemer på eldrevne/hybride køretøjer."

I Sverige er det en del af faget om el- og hybridbiler, som de fleste skoler udbyder, at eleven skal have viden om metoder til at gøre et højvoltssystem spændingsløst samt rutiner til at sikre, at højvoltssystemet er spændingsløst. Hvis skolen også udbyder det videregående fag om el- og hybridbiler, skal eleven også lære at genaktivere højvoltssystemer i henhold til producentens krav.

I Tyskland skal alle elever, uafhængig af specialisering, lære at slukke for højspændingskomponenter (slukke, sikre mod genindkobling og sikre, at der ikke er spænding). I den Østrigske uddannelse er det et kompetencemål på specialiseringen i højvoltsfremdrift, at eleverne får viden om, hvordan man håndterer højspændingskomponenter såsom at afkoble køretøjet fra strømforsyningen og fastslår, at der ikke er spænding og sikrer mod modstand.

Måling af batteriets 'State of Health' - her er Sverige foran

De svenske kompetencemål skiller sig ud ved eksplicit at nævne, at eleverne skal lære metoder til måling af batterikapacitet i forskellige højvoltsbatterier. Dette nævnes ikke direkte i andre landes kompetencemål. Det handler om at måle batteriets helbredstilstand (State of Health) for at give en indikation af, hvor meget brugbar kapacitet der resterer i forhold til, da det var nyt. Interviewpersoner har givet udtryk for, at det er svært at vurdere helbredstilstanden på et batteri, fordi der ikke eksisterer fælles standarder for, hvornår et batteri kan siges at være sundt.

Måling på batteriet under spænding

Spændingen på højvoltsbatteriet i elbiler er så højt, at det udgør en væsentlig risiko for meget farlige elektriske stød. Nogle arbejdsopgaver, som f.eks. fejlfinding på det elektriske system, kan kun udføres med spænding på elbilen. Tyskland skiller sig ud ved at være det eneste af de undersøgte lande, hvor studerende, som vælger specialiseringen i 'System- und hochvoltstechnik', lærer at foretage målinger under spænding. Konkret skal de lære at udføre målinger under spænding (isolering, potentialudligning, spændingsfaldsmåling, battericellespændinger, temperaturbestemmelse) med diagnose- og måleapparater. I Danmark skal de studerende, som del af faget 'Avanceret fejlfinding på elektroniske systemer', opnå "viden om de risici, der er forbundet med at måle på store strømme og høje DC-

spændinger i fx elbiler”, men der er ikke kompetencemål, som omhandler selve det at måle på batterier under spænding.

Selvstændig planlægning af arbejdet - her har kun Tyskland formuleret kompetencemål

Den tyske uddannelse lægger vægt på, at de studerende trænes i selvstændighed. Her skiller Tyskland sig også ud fra resten af de undersøgte lande. De tyske studerende skal lære selvstændigt at planlægge diagnosticering og reparation af højspændingsanlægget og dets komponenter på en måde, så de overholder alle nødvendige beskyttelses- og sikkerhedsforanstaltninger. De skal kunne lave situationsrelaterede arbejdsplaner for ukendte fejl og udarbejde arbejdsinstruktioner. Generelt sigter uddannelsen mod et højere kompetenceniveau, da de studerende forventes at blive i stand til selvstændigt at evaluere plausibiliteten af målinger og signaler fra elektromotoren. I forlængelse heraf skal de også kunne reflektere over diagnose- og reparationsprocessen, de anvendte procedurer, overholdelse af ulykkesforebyggende regler og elektrotekniske regler for sikkert arbejde på højspændingsanlæg og videreudvikle deres arbejdsrutiner.

5.2.2. Digitalisering

Dette afsnit sammenligner den danske uddannelse med udlandenes uddannelser inden for digitalisering, hvilket dermed omfatter teknologier, der er relateret til automatisering og konnektivitet.

Fejlfinding på elektroniske systemer - her har danske uddannelse vidtgående kompetencemål

Den danske personvognsmekanikeruddannelse har, sammenlignet med udlandet, vidtgående kompetencemål, som lægger vægt på selvstændigt at kunne gennemføre fejlfindingsforløb på elektroniske systemer såsom assistentsystemer og sikkerhedssystemer. De skal lære at gennemføre selvtilrettelagte fejlfindingsforløb på nogle systemer, herunder 'lane guard systems' samt have fokus på at opnå viden om andre assistentsystemer såsom parkeringsassistent og adaptiv fartpilot. Tilegnelsen af disse kompetencer sker i et samspil mellem skoleundervisningen, hvor lærlingene tilegner sig teoretisk viden og praktikken, hvor de træner reparation på personvognes elektroniske systemer.

Det er på lærepladsen, at de danske studerende forventes at opøve kompetencer i reparation på personvognes elektroniske systemer ud fra den brede viden, som de blandt andet har tilegnet sig i skoleundervisningen. Denne opdeling mellem skole og læreplads, hvor førstnævnte i højere grad er fokuseret på teori, går igen i flere af de undersøgte lande. Både i Norge, Østrig, Schweiz og Tyskland er det i høj grad lærepladsen, som skal træne de studerende i reparation på elektroniske systemer. I Schweiz er det dog en smule mere konkret, da kompetencemålene specifikt nævner, at de skal lære at reparere på køreassistent- og infotainmentsystemer og ikke blot nævner elektroniske systemer som en bred samlebetegnelse. Den østrigske specialisering i systemelektronik har ikke kompetencemål, som nævner assistentsystemer, men i stedet for fokuserer på komfortelektronik, tyverisikringssystemer, telekommunikation og forbrugerelektronik. Dette er i realiteten det samme som assistentsystemer.

Sverige adskiller sig fra de andre lande i undersøgelsen på dette punkt, idet studerende som en del af faget 'System- og diagnosteknik' blot skal lære at fejlsøge og reparere på simple fejl i køreassistent- og sikkerhedssystemer. Dette kan dog ses som udtryk for, at tiden på lærepladsen er mindre i den svenske uddannelse.

Systemforståelse fremhæves som vigtig kompetence

Flere interviewpersoner fremhæver betydningen af en god systemforståelse. For at kunne fejlfinde og diagnosticere er det vigtigt, at man forstår kommunikationen mellem bilens elektroniske subsystemer. De danske kompetencemål beskriver, at den studerende skal opnå en bred viden om bilens elektroniske systemer herunder CANbus, kommunikationsprotokoller og trådløs teknologi. På dette punkt går de danske kompetencemål et skridt længere end de fleste andre undersøgte lande, som formulerer deres kompetencemål om systemforståelse i meget brede termer.

Den tyske uddannelse har dog et stort fokus på selve systemforståelsen i specialiseringen i 'System- und hochvoltechnik'. Her går kompetencemålene direkte på interaktionen mellem bilens elektroniske subsystemer, og her beskriver målene, at eleverne skal opnå kompetencer til at udføre tværgående, komplekse diagnoser på forbundne driv-, komfort- og førerassistentsystemer, analysere datakommunikation mellem styreenheder og anvende ekspertsystemer til fejlfinding. Desuden skal de i forbindelse med ombygning og eftermontering af elektroniske systemer lære at tage højde for mulige interaktioner med andre køretøjssystemer.

Kontrol og opdatering af software

Af de undersøgte lande, inklusiv Danmark, er det kun den tyske uddannelse, hvor kontrol og opdatering af software indgår som et kompetencemål. I takt med, at bilen digitaliseres, bliver dette i stigende grad noget, som personvognsmekanikeren skal have forståelse for. Software til nogle systemer kan givetvis opdateres automatisk, men det gælder ikke nødvendigvis alle. I Tyskland skal studerende, som vælger specialiseringen i 'System- und hochvoltechnik', lære at kontrollere softwareversioner for bilens forskellige systemer og enten opdatere eller tilpasse dem, hvis det er nødvendigt for bilens funktion.

Infotainment: Et område, som mangler i mange landes uddannelser - også Danmarks

Den danske uddannelse nævner ikke infotainment-systemer i kompetencemål. Det gør den norske, svenske, engelske og hollandske heller ikke.

Til forskel herfra har uddannelserne i de tysktalende lande - Østrig, Tyskland og Schweiz - alle kompetencemål, som relaterer sig til viden om og reparation af infotainment-systemer. I de østrigske mål beskrives det som viden om audiovisuel telekommunikation og forbrugerelektronik samt udførelse af test, udvidelse, montage, reparation, vedligehold og programmering. I Tyskland omhandler målene at kunne eftermontere infotainment-systemer og integrere dem i de elektriske og datateknologiske netværk. Her omhandler målene også at kunne tilpasse systemkomponenterne til de aktuelle forhold og udvide rækken af funktioner i henhold til kundens krav (softwareopdatering, moduludskiftning og -udvidelse, menu-

justeringer, hukommelsesudvidelse). I Schweiz er det en del af et bredt formuleret kompetencemål om at kunne kontrollere, diagnosticere og reparere køreassistance- og infotainmentsystemer.

5.2.3. Tværfaglige temaer: Bæredygtighed og materialer

Norge og Schweiz opererer med tværfaglige temaer. Det vil sige temaer, som går på tværs af uddannelsens undervisning. Begge lande har bevidsthed om bæredygtighed i valg af materialer og arbejdsrutiner som et tværgående tema. Eleverne skal opnå forståelse for begrænsningen i naturressourcer, lære at bruge råvarer, energi og vand sparsomt samt anvende ressourcebesparende teknologier og arbejdsmetoder. I Norge er digitale færdigheder også et tværgående tema. Det er det ikke i andre lande. Digitale færdigheder beskrives som evnen til at kunne bruge digitale ressourcer til at søge efter og indhente information og kommunikere, dokumentere og præsentere det udførte arbejde. Det indebærer også brug af måle- og diagnoseudstyr og omfatter også evnen til at vise digital dømmekraft og være kildekritisk.

6. Fremtidige teknologiers udvikling og kompetencebehov

Dette afsnit afdækker hvor den teknologiske udvikling bevæger sig hen i den nære fremtid. Hvilke teknologier nærmer sig modenhed og mainstream kommercialisering, og hvad kan de få af betydning for de fremtidige kompetencebehov for personvognsmekanikere? Analysen er fortrinsvis baseret på desk research samt interview af eksperter.

Udviklingen går stærkt inden for elbiler og relaterede teknologier såsom klimaanlæg, batteri- og opladeteknologi, bremse- og styresystemer, assistentsystemer m.m. På nogle områder indebærer udviklingen behov for nye kompetencer, hvorimod noget teknologi bliver så komplekst, at det sandsynligvis bliver specialister, som reparerer på det.

Meget handler om udviklingen inden for batteriteknologi. Det bliver i stigende grad vigtigt, at personvognsmekanikere forstår at aflæse og tolke batteriets helbredstilstand, nye teknologier til batteriafkøling vil stille krav til viden om deres funktion og væsker, mens V2G og bidirektionel opladning introducerer ny hardware i bilen, som har betydning for korrekt afladning og opladning. Til gengæld er der ikke andre kompetencer forbundet med nye batterityper, og mere komplekse operationer på batteriet vil sandsynligvis blive overladt til specialister.

Bilernes assistent- og sikkerhedssystemer bliver tiltagende mere intelligente, bilerne vil indeholde flere og mere avancerede sensorer, og samspillet med bilens mekaniske systemer og fører bliver mere kompleks. Dette stiller endnu større krav til systemforståelse og kalibrering af sensorer.

I det følgende gennemgås de enkelte områder, hvor bil-teknologien i særlig grad forventes at udvikle sig den nære fremtid. Det handler om batteriteknologi, motor-, bremse- og styresystemer samt assistent- og sikkerhedssystemer.

6.1. Batteriteknologi

Den væsentligste og dyreste komponent i en elbil er batteriet, og batteriets afkøling og helbredstilstand har stor betydning for bilens energieffektivitet og værdi. Bedre afkølingsteknologi og Battery Management Systemer (BMS) til kontrol og måling af batteriets tilstand udvikles disse år. Herudover arbejdes der på nye batterityper og bidirektionelle opladningsteknologier. Det er en udvikling, som vil påvirke personvognsmekanikerens arbejde. Herunder diskuteres det enkeltvis for områderne.

Mere enkle batterier med højere spænding.

Interviewede eksperter vurderer, at udviklingen går i retning af større, modulære pakkedesign, som reducerer antallet af forbindelser, samleskinner og kabler mellem celler og moduler. Det vil gøre batterierne billigere at producere. Men samtidig ses også en tendens til, at der stadig er højere spænding i

batterierne, så man kan reducere arealet af elektriske ledninger og dermed reducere vægten. Det gør det kun endnu vigtigere, at personvogsmekanikeren kan arbejde sikkerhedsmæssigt forsvarligt med batterier. Mekanikeren skal kunne vurdere, hvor man kan blive eksponeret for den farlige strøm, hvilken konsekvens den kan have og i den sammenhæng kunne lave en risikovurdering og planlægning af det arbejde, der skal gennemføres, så det kan gennemføres sikkert.

Nye afkølingsteknologier

Overophedede batterier ældes hurtigt, hvilket mindsker deres rækkevidde, kraft og overordnede effektivitet. Derudover kan varme beskadige nogle elektriske motorkomponenter. Teknologisk set er elbiler stadig i en udviklingsfase med hensyn til at optimere afkølingen af batterier. Samlet set vurderer de interviewede eksperter, at elbilers kølesystem vil udvikle sig og få en mere kompleks struktur. Dog vurderes det, at kølesystemet muligvis med tiden vil blive bygget ind i batteristrukturen, så det bliver mere modulbaseret. Det kan betyde, at batteriet og dets tilhørende kølesystem bliver et samlet modul, der skal udskiftes, frem for at komponenter skal skilles ad og repareres. Det er sandsynligt, at det vil blive specialister, der udskifter moduler i batterier.

Nedsænkningsskøling: En ny teknologi er nedsænkningsskøling (immersion cooling), som normalt kendes fra IT-området, hvor det bruges til at køle computerhardware. Ved nedsænkningsskøling er batteriet omgivet af en væske, som er varmførende, men ikke strømførende. En mulig ulempe ved nedsænkningsskøling er dog, at det vejer meget. Blandt eksperter vurderes det derfor, at batteri-afkøling kombineres med aluminiumsplader. Det vurderes, at kølingsteknologien vil kræve, at mekanikeren bl.a. skal vide, hvornår væsken skal udskiftes, hvornår der skal fyldes væske på, eller om det er vedligeholdelsesfrit. Væsken vil formentlig skulle godkendes af producenten, og de vil formentlig levere en bestemt type væske.

Køling med elektroder: Porsche har udviklet et kølesystem, der tillader, at elbilen kan accelerere gang på gang uden overophedning, fordi batteriet er kølet via elektroder, som bruges til at trække varme ud eller varme op. For at arbejde med dette skal man kunne arbejde under spænding, hvor der er lysbuefare, og fare for højspænding. Eksperten vurderer, at det givetvis er et arbejdsområde, som ligger uden for personvogsmekanikerens felt. Mekanikeren skal derimod vide, hvornår der er behov for at sende opgaven videre til en "sagkyndig".

Køling med PCM-materialer: En anden køleteknologi, der nævnes blandt interviewede eksperter, er PCM-materialer (Phase-change material)⁶⁷. Det er en teknologi, hvor man udnytter, at et materiale frigiver/absorberer meget energi ved faseovergangen (fast til flydende eller omvendt), så materialet kan anvendes til at opvarme eller nedkøle. Her skal personvogsmekanikeren have kendskab til materialet, herunder hvordan man skal udskifte det, og hvilke kvaliteter/egenskaber en erstatning skal leve op til. Diagnostisering og test af batteriers helbred

⁶⁷ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427122000869>

Batteriets styringssystem (Battery Management System) vil typisk give fejlmeldinger via køretøjets computer. Disse systemer vil i fremtiden kunne give bedre og flere målinger fra batteriet, fordi kommunikation vil komme til at foregå trådløst via radiosignaler i stedet gennem ledninger, som i dag. Det indebærer at man kan måle på dele af batteriet, hvor det i dag er svært at føre ledninger til.

Det er centralt, at mekanikeren kan diagnosticere batteriets tilstand, herunder batteriets "state-of-health", hvilket er batteriets kapacitet og interne modstand; dvs., hvor godt batteriet er til at aflevere og modtage energi. BMS'en måler på disse parametre hele tiden, og man skal kunne forstå de data, man kan trække ud herfra. Det kræver, at man har generelt kendskab til elektronik (volt, spænding, ampere-timer), batteriers komponenter (kapacitet, indre modstand, spændingsgrænser, "safe-operating-area", SOA), og at man kan aflæse data.

Efter fejlfinding via BMS er det en opgave for de sagkyndige, som er i stand til at måle på batteriet med spænding på. På fremtidens værksted vil der altså komme flere opgaver for dem, der kan arbejde under spænding.

Batteriets tilstand kan også monitoreres via IoT-sensorer i batteriets BMS-system, som forbinder sig til et cloud computing system, der analyserer data fra batteriet og afrapporterer dets helbredstilstand. På denne måde kan producenten få hurtig og direkte indsigt i, om batteriet kræver service eller reparation, og producenten vil givetvis derfor også overtage kontakten med kunden om disse ydelser.

Nye batterityper

Batteriteknologien udvikler sig fortsat, og der kommer til stadighed nye batterityper frem. Blandt eksperterne vurderes det gennemgående, at brint ikke vil blive alment udbredt som drivmiddel for personvogne. Batteriteknologien er stadig i udvikling, og i forhold hertil er brintteknologien ikke konkurrencedygtig.

Udviklingen inden for batteriteknologi er drevet af flere faktorer. Man søger efter batterier med større energitæthed (så kan batterierne blive mindre), men omvendt søger man også efter batterier med mere miljøvenlige materialer. Uanset hvilken type batterier der vil vinde frem, så vil dette ikke i sig selv få væsentlig betydning for, hvilke kompetencer personvogsmekanikeren skal besidde for at arbejde med dem. Personvogsmekanikeren skal besidde de samme grundlæggende kompetencer i at kunne måle og diagnosticere batteriers tilstand med det måleudstyr, som fabrikanten foreskriver, samt at kunne tolke disse data.

Lithium-ion batteriet vurderes som uholdbart på længere sigt, fordi der blandt andet er stor mangel på lithium og kobolt og har en begrænset energi-densitet til en videreudvikling af elbilen.⁶⁸ Derfor er der

⁶⁸ ACS Energy Lett. 2020, 5, 10, 3221–3223 Publication Date: October 9, 2020. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.0c01977>

mere lovende perspektiver i såkaldte *solid-state batterier*, der bruger keramisk materiale i stedet for elektrolytter til at fremføre elektrisk strøm, hvilket kan gøre batterier lettere, hurtigere at oplade og billigere.

Solid-state batterier har større energilagringstæthed, øget pålidelighed og slidstyrke, hurtigere opladning og bedre driftssikkerhed. De har også termisk stabilitet, hvilket begrænser risikoen for brand eller eksplosion. Set i fremtidsperspektiv vil "solid-state"-batterier kunne erstatte lithium-ion-batterier i elektriske køretøjer. BMW, Ford, Toyota og Volkswagen har allerede har investeret i denne teknologi. Men der er endnu ikke udviklet masseproduktion af solid-state-batterier, som derfor stadig er dyre og endnu kun fremstilles i laboratorier.⁶⁹ Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at solid-state batteriet har lange udsigter. Det er en teknologi, man har snakket om i mange år, fordi Toyota hurtigt kastede sig over den. VW har også investeret i udviklingen, men det har ikke manifesteret sig i noget, som kan komme på markedet inden for en overskuelig fremtid.

Nye opladningsteknologier

Sideløbende med den stigende udbredelse af elbiler vokser opladningsteknologier også som marked, og også energiselskaber fra olieindustrien såsom Shell og BP er gået ind i den elektriske branche.⁷⁰ Der kommer til stadighed nye opladningsteknologier frem, som dels er drevet af hensynet til at optimere energinettets effektivitet og dels af at gøre opladningen nemt for slutbrugeren.

Personvognsmekanikeren bør i fremtiden have indsigt i og forståelse for opladningsteknologier og forstå deres rationale i forhold til den grønne omstilling. Men der er på den anden side ikke noget ved selve opladningsteknologierne, som de skal kunne reparere.

Vehicle-to-Grid (V2G): Vehicle-to-Grid (V2G) beskriver et system, hvor plug-in-elbiler (EV'er), såsom elbiler og hybridbiler, kommunikerer med elnettet ved enten at returnere elektricitet til nettet eller ved at sænke deres opladningshastighed. Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at V2G er en del af fremtiden, hvor forbrugeren via sin wall-boks kan trække strøm ud af bilbatteriet og anvende det i husholdningen eller sende det videre i elnettet. Men at kunne trække strøm fra bilbatteriet kræver, at bilproducenterne tillader og gør det muligt at trække strøm fra batteriet. Det gør de ikke i dag. En af de interviewede eksperter fortæller, at det i dag kun er Nissan, som tillader det med deres elbiler. Men når det en gang bliver muligt, er det ekspertens vurdering, at mange af de fejlsøgninger, som mekanikere kommer til at skulle foretage, vil handle om kommunikationen mellem bilbatteriet og wall-boks. Det handler blandt andet om den software, som skal styre strømføringen og skal indsamle data fra elnettet og husholdningen for at kunne effektivt lede strømmen.

⁶⁹ [The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles \(azocleantech.com\)](https://www.azocleantech.com)

⁷⁰ <https://www.virta.global/hubfs/Downloadables/15%20EV%20charging%20industry%20trends%20Virta%20Elias%20Po%CC%88yry.pdf>

Det vurderes blandt eksperterne, at der kommer til at være biler med både off-board og on-board bidirektionelle opladere. Er opladeren off-board, vil det for mekanikeren primært handle om kommunikationen mellem bilen, data fra elnettet, og den eksterne oplader. Er kommunikationen fejlbehæftet, vil bilen muligvis ikke oplade og aflade hensigtsmæssigt. Det vil typisk være et software-relateret problem. Eksterne bidirektionelle opladere er dog meget dyre i dag (mellem 4.000-5.000 euro). On-board opladere tilføjer en ny komponent til bilen med hardware, som kan gå i stykker. Det er et gængs problem i dag, at on-board opladere ofte fejler.

Induktiv, trådløs opladning: Teknikken bag induktiv opladning fungerer ligesom ved smartphones: Bilen placeres på en ladestation, og litium-ion-batteriet oplades trådløst ved, at strømmen flyder via spoler i begge dele. Når disse spoler ligger direkte over hinanden og er compatible, starter opladningen via induktion. Den praktiske fordel er, at man som bruger ikke behøver særlige stik til opladning af bilen ved ladestanderne.⁷¹ Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at trådløs opladning fungerer nemt for slutbrugeren, men at det på den anden side er en kompliceret teknologi, som ikke er noget, personvogsmekanikeren kommer til at beskæftige sig med. Hvis et trådløst opladningssystem ikke fungerer, så er det meget vanskeligt at gennemskue, hvad der er galt, da der er flere lag af kommunikation.

6.2. El-motorer, bremsesystemer og styresystemer

Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at selvom de nuværende elmotorer ligner hinanden, så er der ingen standarder for, hvordan de er bygget op. Det gør ikke umiddelbart en forskel for personvogsmekanikerens kompetencer, hvis der kommer nye elmotorer. De skal være uddannet som generalister inden for motorteknologi og have kendskab til, hvad der findes af forskellige motorløsninger. Almindelige AC-inverter drift med og uden permanent magneter osv. Eksperterne vurderer ikke, at det på uddannelsen vil kunne betale sig at give lærlingene specifik viden, da der løbende vil fremkomme nye motor-systemer.

Nye bremsesystemer

Fremtidens bremsere på elektriske biler skal kunne mere end "blot" at bremse køretøjet sikkert. De skal også yde et væsentligt bidrag til effektiviteten og opfylde nye krav til automatiseret kørsel.

En udvikling på dette område er det elektrohydrauliske bremsesystem. I et sådant system er bremsepedalen afkoblet fra den faktiske trykgenerering; altså, når pedalpositionen er registreret elektronisk, så genererer en højt-ydende motor det forstærkede bremsetryk og er i stand til at bremse køretøjet på

⁷¹ https://www.volkswagen.dk/da/elektriske-biler/Opladning/opladning_i_fremtiden.html

brøkdelen af et sekund. Det elektrohydrauliske bremsesystem kan skabe op til omkring 30 procent højere effektivitet.

Blandt de interviewede eksperter vurderes det, at det elektrohydrauliske bremsesystem ikke er væsentlig mere komplekst, end det vi har i dag. Personvognmekanikeren skal have indsigt i denne slags bremsesystemer på samme måde som de andre elektriske styresystemer i elbilen.

Steer-by-wire teknologi

På samme måde vurderes det, at steer-by-wire teknologi bliver en del af fremtidens bil. I modsætning til konventionelle styresystemer er der ingen mekaniske forbindelser mellem bilens hjul og styreenheden. I stedet sker kommunikationen via elektroniske signaler. Teknologien gør det nemmere for assistentsystemer at tage styring over bilen.

6.3. Assistent- og sikkerhedssystemer

Udviklingen af assistent- og sikkerhedssystemer fortsætter og betyder, at der i fremtiden vil være et stort antal forskellige typer af sensorer, software-systemer og elektriske kredsløb. Fremkomsten af nye assistentsystemer vil ikke afgørende medføre nye kompetencebehov, men skabe mere komplekse sammen spil mellem mekaniske og elektroniske systemer. Det vil gøre kalibrering af sensor og systemforståelse til to helt centrale kompetencer.

Kalibrering af sensorer

De interviewede eksperter beskriver, at assistent- og sikkerhedssystemer bygger på et netværk af sensorer, som kan være af forskellige typer. Disse sensorer skal være kalibreret korrekt for, at de afgiver retvisende data, og deres interne kommunikation ikke bliver fejlbehæftet.

I takt med, at assistent- og sikkerhedssystemer bliver mere avancerede og delvis gør autonom kørsel muligt, bliver kalibreringen af sensorer en helt central faglig opgave, som en personvognsmekaniker skal kunne udføre. Det bliver et grundlæggende sikkerhedsspørgsmål. Sensorerne kan ryge ud af indstilling ved uheld, mindre påkørsler, udskiftning af ruder eller andre komponenter, og selv pludselige temperaturskift kan være problematisk. En af de interviewede eksperter vurderer, at det er et muligt fremtids-scenarie, at bilejere årligt får kalibreret sensorerne på bilen. Et nyligt studie af Grosso et al. (2021) bekræfter, at kalibrering af sensorer i assistentsystemer bliver vigtigere end reparation af mekaniske dele.

Ekspertene vurderer samtidig, at der med de LiDAR-teknologier, som kommer til at erstatte den nuværende mekaniske LiDAR-teknologi, vil komme færre bevægelige dele. Dermed vil fremtidens sensorer måske blive mere stabile og robuste, så de bliver bedre til at håndtere interferens i signalet - og endda også billigere. Mekaniske LiDAR kræver forholdsvis meget vedligehold og går let i stykker. MEMS LiDAR er næste generation, og det vil være et vigtigt skridt mod at automatisere bilens kørsel på en prisbillig

måde, så det bliver tilgængeligt i billigere biler. MEMS er dog stadig mekanisk og har behov for re-kalibrering. OPA (optical phased array) vil sandsynligvis være teknologien, som erstatter MEMS. Her har sensorerne ingen bevægelige dele, hvilket gør dem endnu mere robuste og stabile.

Systemforståelse

Fejlfinding, test og justering af assistentsystemer, sikkerhedssystemer og HMI (Human Machine Interface) kommer til at være en stor del af personvognsmekanikernes fremtidige arbejde. Disse systemer kommunikerer elektronisk med hinanden. Forståelse for kommunikationslinjerne, og hvordan systemerne aktiverer hinanden, er nødvendig viden, når man skal fejlfinde på de elektroniske systemer. Fejlmelding på ét system kan afspejle fejlkommunikation fra et helt andet system i anden, tredje eller fjerde led. En del af at have en god systemforståelse er at forstå betydningen af software for, hvordan systemerne opfører sig.

Softwaren, indstilling af softwaren og softwareversionen kan alle have betydning for, hvordan systemerne kommunikerer, og hvordan de reagerer på de elektroniske signaler, de modtager. Den fremtidige personvognsmekaniker skal kunne forstå, hvornår det er softwaren, som skaber problemer med måden systemerne sender og tolker elektroniske signaler.

Assistentsystemer, der overtager styringen af bilen

Over de seneste år er der forsket intensivt i at finde de optimale måder, hvorpå assistentsystemer på en sikker og komfortabel måde kan overtage styringen af bilen og aflevere den igen. Et vigtigt element er monitorering af føreren i forhold til, hvornår bilen skal overtage styringen. Der findes allerede udviklet kamerateknologi og algoritmer til at monitorere førerens følelser, træthed, opmærksomhed og intentioner. De bliver en del af fremtidens bil. Monitorering af føreren bliver afgørende for, om assistentsystemerne overtager styringen. Det bliver vigtigt, at personvognsmekanikeren har forståelse for og kan forklare, hvornår og hvorfor assistentsystemer overtager på baggrund af elektroniske signaler fra HMS-systemer. Det er centralt for at kunne fejlfinde på sådanne systemer.

Blandt de interviewede eksperter vurderes det samtidig, at fremtidens nye assistent- og sikkerhedssystemer bliver så avancerede, at man som personvognsmekaniker er helt afhængig af producentens manualer og testværktøjer for at kunne diagnosticere og justere dem.

Dokumentation

En vigtig kompetence for både nutidens og fremtidens personvognsmekaniker er at kunne kvalitetssikre og dokumentere sit eget udførte arbejde. Både softwaresystemer, data og strøm er usynlige fænomener, som ikke giver sig udslag i synlige reparationer for kunden. Derfor er det vigtigt, at personvognsmekanikeren kan redegøre for processen og de operationer, der er gennemført, i overensstemmelse med producentens anvisninger.

6.4. Perspektivering: Teknologiernes betydning for personvognsmekanikeruddannelsens fremtidige tilpasning

Nærværende analyse har afdækket den teknologiske udvikling på en række områder, som alle har betydning for den grønne omstilling til et samfund med fossilfri og klimavenlig vejtransport. Kort sagt så er fremtidens bil elektrisk, digital, automatiseret, trådløst forbundet med omverdenen og lavet af materialer, der kan genbruges i den cirkulære økonomi.

Nye teknologier kræver nye kompetencer af personvognsmekanikeren

Innovationshastigheden inden for personbiler er markant stigende. Patentanalysen i den tekniske analyse viste, at der for 20 år siden årligt blev søgt ca. 5000 patenter årligt, et tal som nu er steget til ca. 30.000 årligt. Patentudviklingen sker især indenfor elektriske og digitale styringssystemer.

Antallet af elektriske kredsløb og softwaresystemer er stigende og personvognsmekanikeren skal besidde stadig bredere teknisk viden for at kunne overskue alle bilens systemer, der samtidig er indbyrdes relaterede. Teknologiernes udvikling medfører nye kompetencekrav til personvognsmekanikeren, der i stigende grad arbejder med diagnosticering, test og justering af batterier, digitalt styrede elektriske systemer og kredsløb samt avancerede assistentsystemer og sensorteknologier. Reparationer af elektriske og digitale systemer er usynlige, og kræver, at personvognsmekanikeren arbejder struktureret, følger sikkerhedsprocedurer og kan teste/dokumentere kvaliteten af det udførte arbejde.

Den teknologiske udvikling kræver hyppigere efteruddannelse i fremtiden

Rapportens fagfaglige analyse viser, at den danske personvognsmekanikeruddannelse med den seneste uddannelsesordning gældende fra den 1. august 2022, har formået at tilpasse sig den teknologiske udvikling ved at indføre nye fag og kompetencemål inden for el- og hybridbiler, batteriteknologi, assistentsystemer m.m. Kortlægningen af den fremtidige teknologiske udvikling i afsnit 6 viser, at der sker en stadig hurtigere fornyelse af teknologierne således, at der løbende fremkommer nye batteriteknologier, nye opladeteknologier, nye sensorteknologier, assistentsystemer, køle -og varmeteknologier -og mange andre løbende fornyelser. Analysen viser, at de mange teknologifornyelser, som sker stadig hyppigere, overvejende er *inkrementelle innovationer*, som forbedrer eksisterende teknologier, men ikke radikale innovationer, der kræver helt nye faglige kompetencer. De nye typer batteriteknologier og køleteknologier kræver at personvognsmekanikeren besidder specifik, systemfaglig indsigt, som typisk vil kunne tilægnes ved efteruddannelse. Interview blandt både eksperter og bilbranchen peger på, at personvognsmekanikere i fremtiden må forvente at skulle på efteruddannelse langt hyppigere for at blive opdateret i nye teknologier. Ydermere må det forventes, at revision og fornyelse af personvognsmekanikeruddannelsen vil skulle ske med kortere intervaller i de kommende år, end hidtil.

Endelig vil det være vigtigt, at personvognsmekanikere er indstillet på løbende at skulle udvikle sine kompetencer og besidder læringskompetencer, i forhold til selvstændigt at skaffe information og sætte sig ind i nye teknologier.

Bilag 1 - Patentanalyse

I forbindelse med kortlægningen er der gennemført en patentanalyse ved hjælp af programmet PatSnap. Der er anvendt følgende søgestreng:

GBC:(C36) AND TACD:("car" OR "automobile" OR "vehicle") NOT GBC:(C365) AND APD:[2012 TO 20220801] AND SIMPLE_LEGAL_STATUS:(1 OR 2) AND PATENT_TYPE:(A OR B) NOT (ANC_COUNTRY:(CN) AND FAM_COUNT:[1 TO 1])

Søgestrengen har følgende komponenter:

Patenter SKAL indeholde GBC-patentklassificeringen C36 i GBC-systemet. Denne kode dækker "Automotive Manufacturing"

I patentets titel, abstract, krav og/eller beskrivelse skal mindst et af følgende ord indgå: "car", "automobile" eller "vehicle"

Patentet må ikke indeholde patentklassificeringen C365, en underkategori under C36 der dækker "Tram manufacturing"

Patentet skal være ansøgt i perioden 1. januar 2012 til 1. august 2022 for at få de nyeste udviklinger
Det skal have en simpel juridisk status som enten "aktiv" eller "afventer"

Det skal enten være et "patent" eller en "applikation"

Såfremt patentet er eget af en virksomhed med en kinesisk adresse, skal patentet være udtaget i mere end et enkelt land. Dette filtrerer patenter fra, der kun har relevans for det kinesiske marked.

Antallet af patenter:

D. 1. august 2022 har denne søgning identificeret 204.399 patentfamilier med i alt 438.383 patenter. En patentfamilie udgøres af alle patenter omhandlende samme idé. Hvis en enkelt opfindelse patenteres i fem forskellige lande, vil der altså være tale om en enkelt patentfamilie men fem patenter. I det følgende anvendes patentfamilier som analyseenhed, da det bedst afspejler antallet af innovationer.

