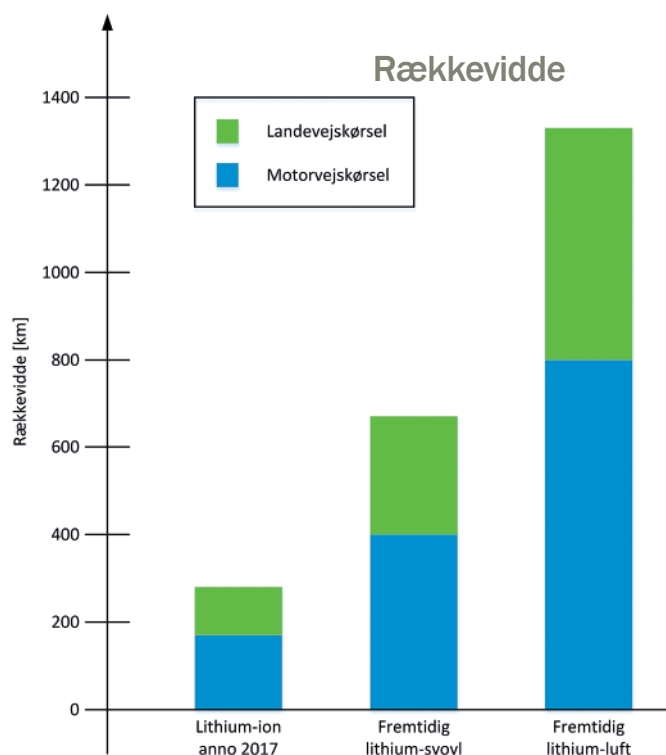


# BLIVER DIN NÆSTE BIL EN ELBIL?

Elbiler er en af de reneste transportformer, da de hverken udleder CO<sub>2</sub> eller andre skadelige elementer under kørslen. Elbiler har dog i en årrække været kendetegnet ved at have kort en rækkevidde og lang opladningstid. Men forbedret batteriteknologi og opladningsmuligheder gør elbilerne mere og mere anvendelige i hverdagen.

Der er mange fordele ved elbiler. Fra chaufførens synspunkt mærkes det i form af let og behagelig kørsel. Det er ikke nødvendigt at skifte gear, og elbiler er næsten lydløse, da en elmotor ikke i samme grad larmer ligesom en benzin- eller dieselmotor. Kun ved høje hastigheder høres vind- og dækstøj. De fleste er også overraskede over elbilers kvikke acceleration i trafikken. Dette skyldes igen elmotoren, som i modsætning til forbrændingsmotorer yder et stort moment ved selv lave omdrejninger.

Set fra et samfundsmæssigt perspektiv giver det også god mening med elbiler. De udleder ingen skadelige partikler under kørslen, hvorfor de ikke belaster nærmiljøet i samme grad som konventionelle biler. I Danmark kommer en stor del af elproduktionen fra vindmøller, så elbiler i Danmark vil i høj grad kunne køre på vedvarende energi. Produktionen varierer dog i bogstavelig forstand som vinden blæser, hvorfor der nogle gange er for meget strøm i nettet, og andre gange mangler strøm. Da biler jo holder stille det meste af tiden, vil



Rækkevidde ved forskellige batteriteknologier.

elbiler kunne fungere som en buffer for vindmøllerne, hvis de bliver opladt intelligent. Derved kan vi undgå at købe strøm dyrt fra nabolandene, når der er underskudsproduktion, og sælge det billigt til de samme lande, når der er overskudsproduktion.

## På vej mod 1300 km på en opladning

De fleste elbiler på markedet i dag har en forholdsvis kort rækkevidde. Officielt har bilerne en rækkevidde på ca. 200 km for de (små) billigste modeller og op til ca. 800 km for

### Forfatteren



Erik Schaltz er lektor og programleder i forskningsprogrammet E-Mobility and Industrial Drives ved Institut for Energiteknik, Aalborg Universitet. Han forsker i et bredt område indenfor elektro-mobilitet, herunder batterier, trådløs opladning, effektelektronik, m.m.  
E-mail: esc@et.aau.dk



Bil konverteret om til eldrift af Aalborg Universitet, Institut for Energiteknik i forskningsprojektet "Fremtidens højeffektive elbil integreret i elsystemet". I projektet blev der udviklet egne elmotorer, en 38 kWt-800 V batteripakke, samt den nødvendige effektelektronik og styring.

de (store) dyreste. I praksis ved motorvejshastighed, vil rækkevidden dog ligge omkring 100 km til 400 km afhængig af temperatur, vindforhold, kørestil osv. En rækkevidde på 100 km vil være for kort for de fleste, hvorimod en rækkevidde på 400 km vil dække langt de fleste menneskers behov. Elbiler med en lang rækkevidde er desuden forholdsvis store og tunge pga. batterierne.

Hvis mindre biler skal opnå en større rækkevidde, kræves der bedre batterier med en højere energidensitet. Udviklingen af lithium-ion-batterier til hovedsagelig mobiltelefoner, tablets og andre små bærbare elektroniske enheder har dog gjort, at batterierne er blevet så gode, at de også kan benyttes til transport, for eksempel i hybrid- eller elbiler. De lithium-ion-batterier, der sidder i moderne elbiler, har en specifik energidensitet på ca. 200 Watt-timer/kilogram (Wt/kg). Ude i horisonten lurer dog andre batterityper. For lithium-svovl-batterier forventes en praktisk mulig specifik energidensitet på

ca. 500 Wt/kg, og endnu længere ude i fremtiden vil det måske være muligt at nå op på 1000 Wt/kg for lithium-luft-batterier.

Elbiler bruger ca. 150 Wt/km ved landevejskørsel og ca. 250 Wt/km ved motorvejskørsel. Rækkevidden vil derfor være vidt forskellig alt afhængig af, hvilken type batterier din elbil vil have. Beregninger viser, at et fremtidigt lithium-luft-batteri på 200 kg vil kunne give en rækkevidde på ca. 1330 km ved landevejskørsel. Til sammenligning vil rækkevidden med et nutidigt lithium-ion-batteriteknologi af samme størrelse blot være ca. 270 km.

### Effektive elmotorer

Et andet væsentlig element til at opnå lang rækkevidde er at reducere energispildet fra bilens batteri til dets hjul. I dette led indgår elmotoren og transmissionen, der omformer elektrisk energi fra batteriet til mekanisk energi på hjulene. Ved Institut for Energiteknik, Aalborg Universitet har vi haft fokus på dette aspekt i forskningsprojektet "Fremtidens højeffektive

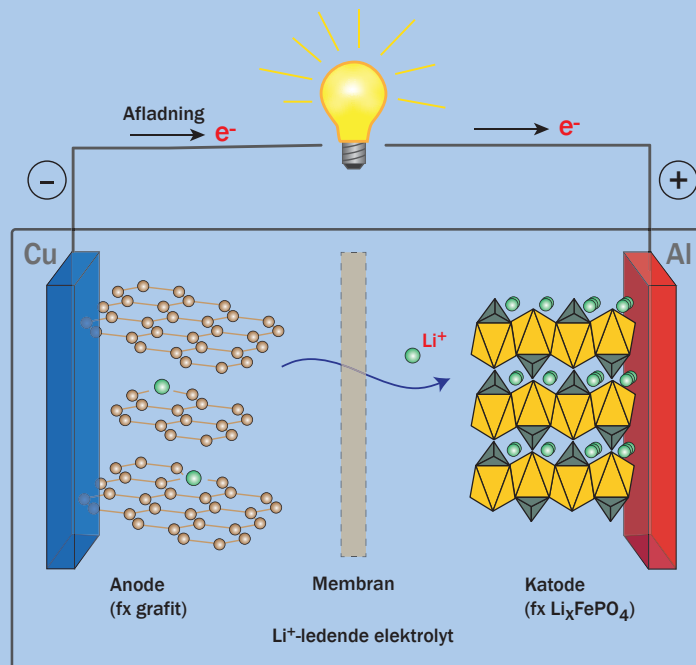
elbil integreret i elsystemet", hvor vi har udviklet egne elmotorer med integreret magnetgear. Kombinationen af en elmotor med et magnetgear gjorde, at den samlede løsning blev utrolig kompakt og særdeles effektiv. I samme projekt blev der desuden også udviklet en 38 kWt-800 V batteripakke samt den nødvendige effektelektronik og styring.

Brugen af magneter gør elmotorer højeffektive og kompakte, men desværre også dyre. For at reducere prisen forskes der derfor også i elmotorer, der ikke benytter magneter. Her er vi ved instituttet partner i et projekt Compact Intelligent Powerful Electric Drivetrain for EVs (CIPED), hvor én af opgaverne går ud på at udvikle en elmotor af typen Switched Reluctance Machine, der netop ikke benytter magneter. En anden opgave i projektet er at udvikle et aktivt dæmpningssystem, der kan opsamle bilens vibrationsenergi, der opstår, når bilen for eksempel kører på en ujævn vej, hvilket også vil øge rækkevidden.

## Lithium-batteriet

Selvom der findes mange forskellige typer lithium-batterier, der kemisk er sammensat på forskellige måder, er deres opbygning og overordnede principper dog de samme. Grundlæggende består batterierne af to elektroder (en positiv og en negativ), en elektrolyt og en separator. Under afladning vil lithium-ioner vandre fra den negative elektrode til den positive elektrode gennem elektrolytten. Inde i elektrolytten, mellem de to elektroder, forhindrer en separator dog elektroner i at passere. Elektronerne finder derfor vej fra den negative elektrode til den positive gennem et eksternt kredsløb, hvorved der dermed løber en strøm og afsættes energi. Under opladning løber ionerne og elektronerne blot den modsatte vej i forhold til under afladning.

Ved Institut for Energiteknik, Aalborg Universitet har vi fokus på lithium-svovl-batterier, hvor disse batterier indgår som en del af et større forskningsprojekt ved navn ACEMU (Advanced Components for Electro



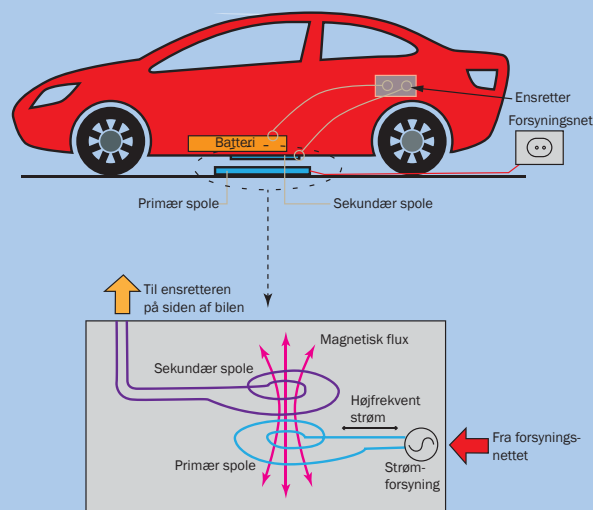
Mobility Usage). I ACEMU-projektet arbejder en ph.d.-studerende på bedre at kunne forstå denne nye type batteri. En af opgaverne i ph.d.-projektet er at danne en elektrisk model af battericellen. Sådan en model kan bruges til at vurdere egnetheden i forskellige applikationer, for eksempel i en elbil. For at kunne lave sådan en model, er der brug for at karakterisere og måle på

cellen under en række forskellige tilstande, for eksempel ved forskellige temperaturer, op- og afladestrømme og lade-niveauer. Battericellen vil have en vis selvafledning under disse forhold, som skal undersøges og inddrages i den samlede model. Levetiden af cellen vil desuden også blive påvirket af de nævnte tilstande, hvilket derfor også skal inddrages i modellen.

## Trådløs opladning

Princippet bag trådløs opladning kan forklares med Ampères og Faradays love. Hvis en strømforsyning, der omformer forsyningsnettets 50 Hz til en højfrekvent strøm, sender denne strøm gennem en primær-spole, vil der opstå en magnetisk flux. Hvis denne flux gennemløber en sekundær-spole, vil der blive induceret en spænding i sekundær-spolen. Altså ligesom i en transformer. Ved hjælp af effekt-elektronik ensrettes spændingen, så den passer til batteriets specifikationer. På denne måde kan batteriet oplades uden fysisk kontakt.

Ved Institut for Energiteknik forskes der også i trådløs opladning af elbiler, hvor vi blandt andet var med i forskningsprojektet Wireless Inductive Charging 2 Interoperation Testing (WIC2IT), hvor en ph.d.-studerende



arbejdede på at øge den overførte effekt uden at overskride de tilladte grænseværdier for det omgivne magnetiske felt. For at undgå, at magnetfeltet kommer i kontakt med for eksempel mennesker, dyr, metalgenstande, osv. er det nødvendigt at

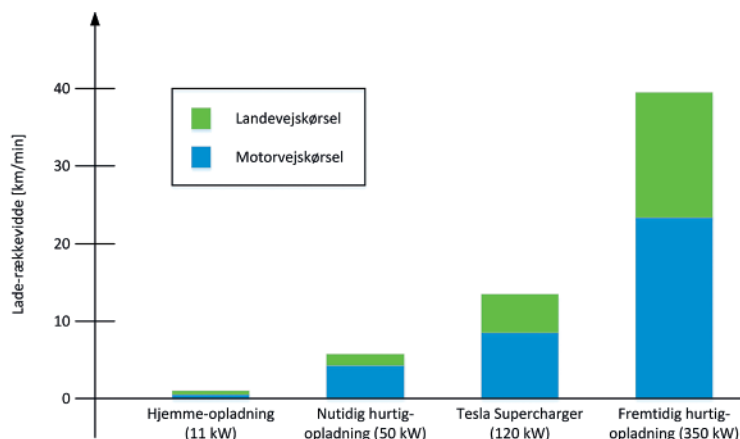
afskærme feltet. En af udfordringerne i ph.d. projektet var derfor, at lave et sådan et afskærmningssystem, så systemet er sikkert, uden at det bliver unødvendigt dyrt og tungt eller begrænser effektoverførelsen og derved opladningstiden.

## Fyld 40 km i "tanken" per minut

Forestil dig, at din familie vil til Norditalien på sommerferie. I kører afsted fra Aarhus tidligt om morgenen i jeres nye elbil. Ved den dansk-tyske grænse holder I en kort pause på 5 minutter. Selvom der er rigeligt "strøm" på bilen, vælger I at tilslutte en af de mange ladestander på parkeringspladsen. De 5 minutter giver trods alt ca. 120 km ekstra motorvejskørsel. Bilens display viser nu, at bilens batteri er 80 % opladt. I vil gerne nå frem inden midnat og beslutter derfor at køre direkte til Hannover i ét stræk.

Det tager ca. 3,5 timer, og bilens batteri er nu 40 % opladt, og I vælger derfor at oplade bilen. Da klokken er 11.30, spiser I frokost. Det tager en time at spise, og bilen er nu 100 % opladt. Det næste stræk til München på ca. 650 km klares uden opladning kun afbrudt af ganske korte pauser. Klokken er nu 18, og I spiser derfor aftensmad en times tid, mens bilen lader. Bilen er nu igen 100 % opladt, og I kører derfor de sidste 400 km til Gardasøen, hvor I skal holde jeres ferie.

Ovenstående er ganske vist et fiktivt eksempel, men om ikke så længe, vil det sandsynligvis være muligt at køre til Norditalien i en elbil på kun én dag. Hvis altså batterikapaciteten forøges som beskrevet ovenfor, og hvis ladekapaciteten fra ladestanderne ligeledes øges. De "hurtiglader", der er på markedet i dag, og som ses ved flere indkøbssteder, lader med op til 50 kW (i løbet af 2017 vil der dog blive opstillet 150 kW ladestander). Elbilproducenten Tesla har deres eget Supercharger-netværk, som kan lade med op til 120 kW. Til to af de førende lade-protokoller, CHAdeMO og Combined Charging System, arbejdes der dog på at udvikle ladestander, der kan lade med op til 350 kW, hvilket er væsentligt mere end de ca. 11 kW, man typisk vil lade med hjemme i sin egen garage. Omregnes de 350



Rækkevidde per minuts opladning ved forskellige lademuligheder.

kW til km-kørsel, svarer det til, at der "fyldes" ca. 40 km på "tanken" per minut. Ønsker man at køre en tur på 100 km, er det altså nok at lade med 350 kW i 2,5 minutter for at kunne gøre dette. Der skal derimod lades i næsten halvanden time for at kunne køre samme strækning, hvis man lader derhjemme ved 11 kW. Den langsomme hjemmeopladning er dog ofte ikke et problem, da man typisk vil lade om natten.

### Trådløs opladning

De fleste vil kun benytte hurtig-opladestationerne på langfart, og vil derfor til dagligt lade derhjemme om natten. Det sidste bevirker, at man derfor ofte får brug for at have ladekablet i hænderne to gange om dagen. Det vil for nogle mennesker være forbundet med en gene, da det jo tager lidt tid at tilslutte og udtage ladestikket. Derudover kan stikket og kablet være beskidt, og nogle vil også mene, at et ladekabel tilsluttet en bil, ikke er et pænt syn. En løsning kunne derfor være at oplade trådløst.

Et trådløst opladningssystem fungerer på den måde, at bilen holder over en primær-spole, der er nedgravet i garagen, eller hvor man nu holder bilen parkeret derhjemme. På bilens underside er der monteret en sekundær-spole, der modtager energien trådløst uden nogen fysisk kontakt mellem

primær- og sekundærspolerne. På den måde lettes brugen af elbilen, da man ikke skal huske på at oplade bilen. Bilen tager sig selv af opladningen, blot man parkerer over primær-spolen.

### Det stopper ikke med elbiler...

Som det er fremgået, synes en fremtid, hvor elbiler bliver det foretrukne transportmiddel, ikke fjern. Rækkevidden og "optankningstiden" nærmer sig det, vi kender fra almindelige benzin- og dieselmotorer. For at elbiler bliver mere udbredte, kræver det dog, at de prismæssigt ligger i samme leje som tilsvarende benzin- eller dieselmotorer. Efterhånden som der kommer flere modeller på markedet og produktionen øges, må det dog forventes, at priserne også vil falde. Det vil formodentlig derfor være prisen, der afgør, om din næste bil bliver en elbil – ikke teknologien.

Elektrificeringen af transportområdet stopper dog ikke ved biler. Der kører allerede batteridrevne busser rundt i flere byer, og efterhånden som teknologien forbedres og bliver billigere, vil den også blive overført til andre transportformer, for eksempel til lastbiler, færger eller endda fly. I starten vil det formodentlig blive som hybrid (forbrændingsmotor og batteri i samspil), ligesom det var tilfældet med biler, men på sigt vil der blive udviklet rene batteriløsninger. ■