



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Teknologisk Udsyn · 2025

Batterier i cirkulær økonomi

Teknologisk Institut er et uafhængigt og almennyttigt forsknings- og udviklingsinstitut, der er godkendt som GTS-institut af Uddannelses- og Forskningsministeren. Instituttet har siden 1906 arbejdet for at fremme udnyttelsen af teknologiske fremskridt til gavn for erhvervsliv og samfund gennem udvikling, rådgivning og formidling. Vi opfylder dette formål ved at udvikle ny viden gennem forsknings- og udviklingsaktiviteter, som omsættes til teknologiske serviceydelser og stilles til rådighed på markedsvilkår.

Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup

Teknologisk Udsyn · 2025
Batterier i cirkulær økonomi

Forfattere: Stig Yding Sørensen, Arne Hørlück Høeg,
Christina Løth Andersen, Teknologisk Institut

Til rapporten bidrog desuden forretningsleder
Anders Christian Solberg Jensen og faglig leder
Kristian Oluf Sylvester-Hvid, Teknologisk Institut

ISBN 978-87-91461-82-8

Indhold

Tre hovedpointer	5
Executive Summary	6
Indledning	13
Batterier, miljø og lovgivning	14
Internationalt udsyn for batteriteknologi	25
Science	26
Teknologi	32
Marked	37
Dansk batteriteknologi, værdikæde og udfordringer	46
Konklusioner og perspektiver	60
Bibliografi	62
Teknologisk Institut rådgiver om fremtidens batterier	66



” Se fremad, fremad! Aflur den kommende tid de veje, den vil bane for udviklingen, og stil jer så dér, hvor I aner, at Instituttets hjælp bliver fornøden. Vent ikke, at nyt land nås ad gamle, banede veje. Ad ukendte stier og snarveje vil vejen ofte gå.

*Gunnar Gregersen,
Grundlægger af Teknologisk Institut*

Tre hovedpointer

Danmark spiller ikke nogen hovedrolle i kampen om at udvikle fremtidens batteriteknologi. Selv EU skal løbe stærkt for at konkurrere på et felt, der er domineret af kinesiske interesser og amerikanske statstilskud. Én ting er sikker: Batterier spiller en nøglerolle i den grønne omstilling. Efterspørgslen ser ud til at stige i et omfang, så der er plads til at udnytte dansk forskning til nye nichevirksomheder.

Styrk innovation, genbrug og indsamling af batterier

Når det handler om genbrug af batterier og komponenter, er forskning og innovation afgørende. Vi skal designe til genanvendelse og udvikle ny teknologi, der forlænger batteriets levetid. Samtidig er der behov for teknologi, der gør det mere effektivt at indsamle og sortere ud-tjente batterier, så en større andel af råstofferne kan genindvindes.

Virksomheder skal rustes til nye krav

Med EU's nye batteriforordning følger også udvidet producentansvar. De nye regler om batteriskifte og genbrug stiller store krav til virksomhederne, som skal gentænke både deres produktion og forsyningskæde. Virksomhederne skal have adgang til rådgivning, data, standarder og værktøjer, som ruster dem til at imødekomme de nye krav.

Vigtigt med dansk viden om batterier

I Danmark har vi stærke kompetencer inden for batterier. For at forblive konkurrencedygtige er det vigtigt, at teknisk viden om batterier og energilagring fortsat er tilgængelig. Vi skal løbende udvikle os gennem forskning og uddannelse, så vi kan bringe vores viden i spil i det cirkulære kapløb.

Teknologisk Udsyn skaber klarhed i et komplekst landskab ud fra fakta om teknologi, marked, tendenser og kortlægning af aktører. Vi viser mulighederne for at styrke de danske virksomheders konkurrenceevne gennem innovation, samarbejde og investering i teknologi. Vi har som mål at vise vejen til en banebrydende, bæredygtig og økonomisk levedygtig fremtid.

Lad os bygge en bedre fremtid sammen!

*Juan Farré,
Adm. direktør, Teknologisk Institut*



Executive Summary

Batterier i cirkulær økonomi

I takt med den grønne omstilling og den omfattende elektrificering bliver genopladelige batterier en stadig mere afgørende teknologi. Det gælder både for batterier til forbrugerprodukter som smartphones, elektriske køretøjer og for batterier til større energisystemer, hvor energilagring er nødvendig for at stabilisere vedvarende energikilder. Teknologisk udvikling og europæisk konkurrenceevne inden for genopladelige batterier er blevet centrale fokusområder for både forskning og politik.

Historisk er tørbatteriet (ikke-genopladeligt) en dansk opfindelse fra 1887. Opfindelsen gav Danmark en international plads ift. knowhow, udvikling og produktion af batterier. Hellesens Enke & V. Ludvigsen A/S voksede til en koncern med mere end 2.000 ansatte og eksport til 60 lande. Det danske batterieventyr sluttede dog i Kina. I dag er det netop Kina, der er absolut dominerende i alle led af værdikæden for genopladelige batterier: Fra råvarer over batterier til produkter med batterier – herunder elbiler. Danmarks globale rolle er primært at importere, sælge samt at designe og producere produkter med batterier. Der er spirer til nye muligheder i Danmark med udgangspunkt i forskning – men det er muligheder, der kræver opmærksomhed for at lykkes. Danmark er ikke alene med den historie. I 1970'erne og 1980'erne var Vesten førende med batteriteknologi, men Kina har de seneste årtier taget førertrøjen med en ambitiøs politik og langsigtede investeringer.

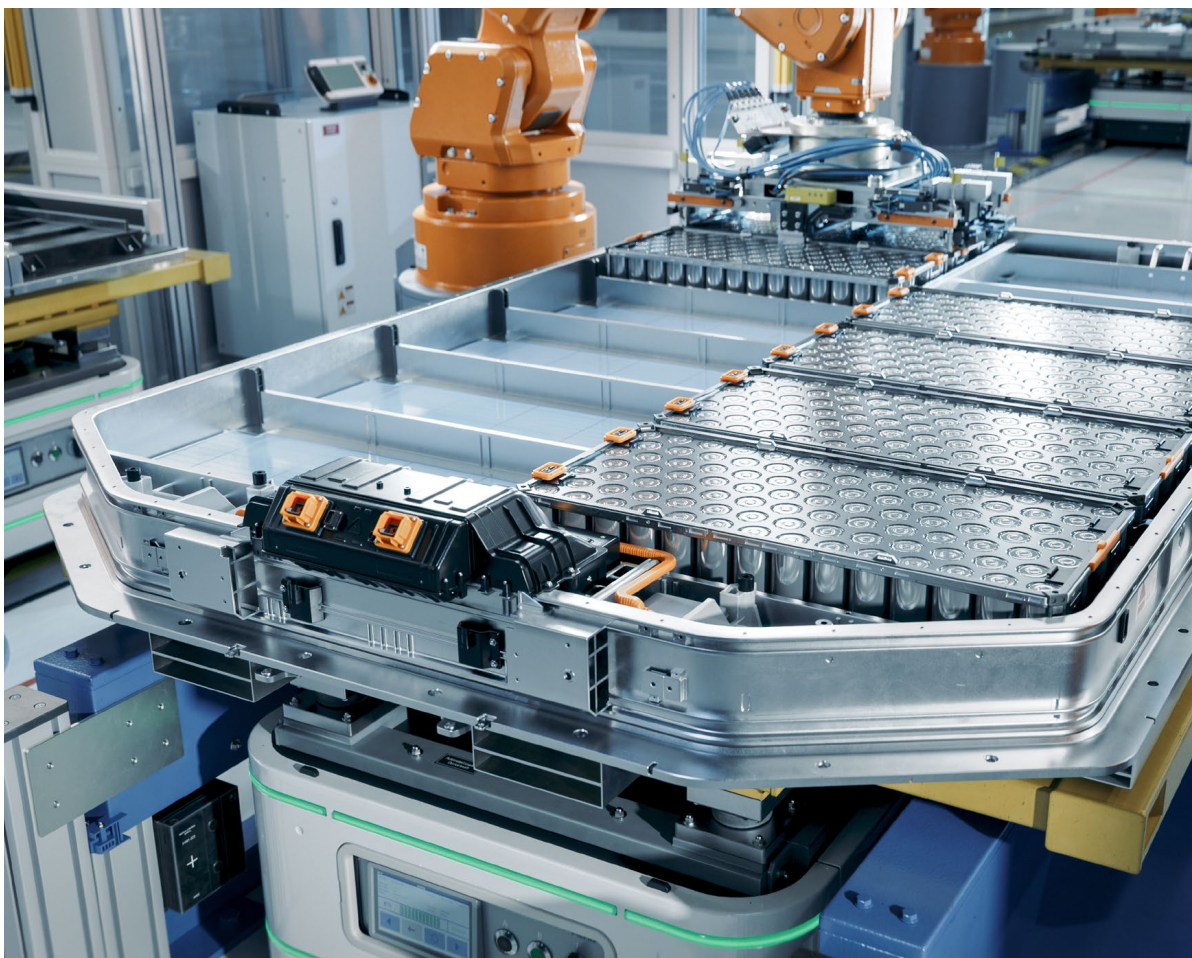
I Europa kan vi ikke selv producere battericeller i stor skala. Det blev forsøgt i Sverige, men batterifabrikken Northvolt er i store økonomiske vanskeligheder. Den grønne omstilling er når det gælder batterier i høj grad afhængig af kinesiske ressourcer og knowhow.

Økonomen Mario Draghis rapport (Draghi, 2024) til EU-Kommissionen om Europas fremtidige konkurrenceevne understreger vigtigheden af investeringer i forskning og udvikling af bæredygtige teknologier som batterier. Der er et stærkt fokus på cirkulær økonomi, herunder f.eks. at en større andel af de råstoffer, der anvendes til fremstilling af batterier, skal hentes fra udtjente batterier og i mindre grad fra miner i Kina, DR Congo eller Indonesien. Der er omfattende nye EU-krav på vej til producenter og importører af batterier, der skal styrke den cirkulære økonomi.

I dette teknologiske udsyn kortlægger Teknologisk Institut den cirkulære økonomis værdikæde, primært for genopladelige batterier: Hvem er aktørerne, hvad er udfordringerne – og ikke mindst hvilke udfordringer og muligheder er der for danske virksomheder? Hvor står Danmark, når det gælder forskning, teknologisk udvikling og markeder?

Batterier og grøn omstilling

Batterier er her forstået som et forseglet kemisk system til lagring af elektrisk energi, som



kan oplades/aflades talrige gange (genopladelige) med ringe energitab. Teknologisk Udsyn baserer sig på de gængse definitioner af bærbare batterier. Disse omfatter små batterier, der anvendes i radioer, smartphones og legetøj, samt startbatterier til biler og industribatterier til alle slags køretøjer som cykler og elbiler, samt store batterianlæg til backup.¹

Batterier er essentielle komponenter i bestræbelserne på at reducere CO₂-udledninger, ikke kun gennem energilagring og elektrificering af transportsektoren, men også ved at muliggøre en mere effektiv udnyttelse af vedvarende energi. Når overskudsenergi fra vind- og solkraft kan lagres og bruges på tidspunkter med lav produktion, mindskes behovet for at sup-

plere med fossile energikilder. Tankegangen om cirkulær økonomi er imidlertid væsentlig, når det gælder batterier, da produktionen medfører betydelige CO₂-udledninger, lokale miljøproblemer ved råstofudvinding samt geopolitiske konsekvenser.

Transportsektoren er en af de største bidragydere til CO₂-udledninger globalt, og overgangen til elektriske køretøjer (EV'er) er en af de mest direkte veje til at reducere disse udledninger. Batteridrevne køretøjer, som elbiler, elbusser og færger, er afgørende for denne omstilling. Med teknologiske fremskridt inden for batterikapacitet og opladningshastighed er det blevet muligt at anvende elektriske køretøjer til flere typer transport og på længere distancer.

¹ Andre metoder til energilagring som fx inddæmning af vand, varmelagring, eller P-t-X er ikke omfattet af dette Teknologiske Udsyn.

Nye regler fra EU skal styrke den cirkulære økonomi

Rammerne for danske batterivirksomheder sættes i høj grad i EU, som i de seneste år har vedtaget nye omfattende lovgivninger for batterier for at styrke den grønne omstilling og fremme en cirkulær batteriøkonomi samt europæisk materiale- og produktionsresiliens. Den nye batteriforordning, der blev vedtaget i 2023, sigter mod at sikre, at batterier designes, produceres og genanvendes på en måde, der både fremmer miljømæssig bæredygtighed og styrker europæisk forsyningssikkerhed. En af de vigtigste bestemmelser er udvidet producentansvar, som pålægger producenterne at tage ansvar for hele batteriets livscyklus – fra råstofindvinding til genanvendelse af udtjente batterier. Dette indebærer blandt andet, at batteriproducenter og -importører skal sikre en høj grad af indsamling og genanvendelse af materialer som litium, kobolt og nikkel, hvilket på sigt reducerer behovet for nye (primære) råvarer og mindsker europæisk afhængighed af tredjeparter, især Kina.

Kina dominerer, USA udfordrer, og EU's position svækkes

Batteriproduktion, især til elektriske køretøjer (EV'er) og energilagringssystemer, er stærkt afhængig af råmaterialer som litium, kobolt og nikkel. Disse materialer findes i begrænsede mængder, og adgangen til dem er koncentreret få steder i verden. For eksempel er 70 % af verdens koboltressourcer at finde i Den Demokratiske Republik Congo (DR Congo), hvor produktionen er forbundet med alvorlige sociale og miljømæssige problemer, herunder børnearbejde og politisk ustabilitet. Kinesiske virksomheder ejer eller dominerer koboltproduktionen fra DR Congo.

Den globale efterspørgsel efter litium, kobolt og nikkel forventes at stige drastisk frem mod

2050 som følge af øget produktion af elbiler og stigende behov for elektrisk energilagring. Nogle fremskrivninger fra det internationale energiagentur (IEA, 2022) viser, at efterspørgslen på litium kan stige op til 60 gange i forhold til nutidens niveau, mens koboltbehovet kan stige 15 gange.

Kinas styrke i batteriværdikæden skyldes dels, at de som de eneste i dag kan forarbejde råmaterialer til batterimaterialer af meget høj renhed på stor skala, men også at de gennem mere end 20 år har produceret battericellerne, som indgår i Li-ion-batterier. Kina har opbygget betydelig produktionserfaring og -kapacitet som resultat af en meget tidlig politisk dikteret strategi. Kina står således for tre fjerdedele af verdens produktion af Li-ion-batterier. Derudover har landet 70 % af den globale kapacitet til produktion af katodemateriale og 85 % af kapaciteten til at producere anodemateriale, som er essentielle komponenter i batterier. Kinas tidlige investeringer i batteriteknologi, statsstøtte til produktionen og kontrol over råstofforsyningen gør det svært for virksomheder i EU at konkurrere på lige fod.

Også USA udfordrer Europa med statsstøtte til grøn omstilling gennem "Inflation Reduction Act", attraktive markeder, stor talentmasse og gode erhvervsvilkår, og prioriteringen af amerikanske interesser vil formentlig fortsætte. For EU er risikoen, at f.eks. europæisk viden og forskning omsættes til profitable virksomheder i USA og arbejdspladser i Kina, mens erhvervslivet i EU sakker bagud. EU's udfordringer er også Danmarks udfordringer. Det ikke usædvanligt, at danske virksomheder med spirende teknologier efter opstart i Danmark finder det mere attraktivt at fortsætte deres videre udvikling i USA, eller at amerikanske virksomheder tager over.

EU har på sigt mulighed for at skaffe egne ressourcer gennem genanvendelse af udtjente batterier, hvilket dog ikke rækker ved nødvendigheden af at åbne nye miner, hvis EU skal

opnå større ressourceautonomi. I flere lande i EU findes der anlæg og knowhow til delvis genanvendelse af materialer fra batterier, men ikke i Danmark. De danske virksomheder har mulighed for at forbedre deres indsats ved at øge indsamlingen af batterier og designe produkter, der gør, at batterierne let kan udtages med henblik på genbrug og senere genanvendelse.

Ifølge data fra DPA indsamles 55 % af de markedsførte bærbare batterier og bilbatterier i Danmark (2023). Tallet for industribatterierne er 19 %, fordi et hastigt stigende antal elbilbatterier endnu ikke i store mængder indgår i det indsamlede affald på grund af længere levetid. Mængden af batterier på markedet, især når det gælder bærbare batterier, er sandsynligvis større end opgjort, fordi batterier også kan komme til landet ad omveje, f.eks. med rejsende eller gennem kinesiske online handelsplatforme. De virksomheder, der er registreret hos DPS, kommer til at betale for alle de indsamlede batterier uanset oprindelsen.

Science, teknologi og marked

Kina dominerer, når det gælder Li-ion-batterier og er førende inden for forskning, teknologisk udvikling, ejerskab af råstoffer og værdikæder. Desuden er Kina verdens største marked for elbiler. Sydkorea har betydelig produktionskapacitet, mens Japan følger efter. På trods af sin lille befolkning har Danmark relativt stærk forskning inden for Li-ion-batterier, men kun få beskæftigede i virksomheder, der arbejder med batteriteknologi.

Forskning

Den internationale forskningsaktivitet er opgjort ved optællinger af videnskabelige artikler verden over. Teknologisk Institut har fundet

184.180 videnskabelige publikationer om batterier siden 1. januar 2005, og aktiviteten er stærkt stigende, muligvis eksponentiel. Kina dominerer forskningen i batteriteknologi med en 60-dobling af aktiviteten siden 2005, og er nu det land i verden, som udgiver flest forskningsartikler. I 2022 var 47 % af alle artikler fra Kina; i 2022 alene var der 9.782 artikler. Nr. 2 på listen er Europa² med 3.426 artikler, efterfulgt af USA (2.320). Danmark havde i 2022 135 artikler. Dansk forskning målt i antal artikler indtager en 31. plads i verden og målt per capita en fjerdeplads.

Danmark er, uden at være dominerende, aktivt med inden for forskning i batteriteknologi, særligt med fokus på nye materialer og batterisystemer. Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og Aalborg Universitet er aktive, og der er f.eks. opmærksomhed omkring udviklingen af 'solid-state' batterier, der har potentiale til at øge sikkerheden og levetiden for batterier betydeligt. Danmark er også en del af flere internationale forskningssamarbejder, som f.eks. BIG-MAP-projektet, der er en del af det større europæiske BATTERY2030+ initiativ, og Teknologisk institut er med i flere fælleseuropæiske forskningskonsortier. Interessen for forskning i genanvendelse af batterier er 90-doblet siden 2005. Især i Kina har der været stor interesse, og i 2022 stod landet bag 48 % af forskningen i genanvendelsesteknologier. Forskning og uddannelse inden for batteriteknologi betyder, at Danmark og danske kompetencer kan bidrage til både udvikling af fremtidens batteriløsninger og til produkter med batterier.

Teknologi

Den teknologiske udvikling, målt som antal patenter, viser, at Kina er i front. I 2022 var hvert tredje patent i verden kinesisk,³ og Japan og Sydkorea stod tilsammen for yderligere 40 %.

² Europa samlet optalt som EU + UK, NO og CH.

³ Kun patenter ansøgt i mindst to lande er medtalt. Især i Kina ansøges mange patenter kun i Kina, blandt andet fordi patentaktivitet medfører skattefordele. Hvis alle kinesiske patenter blev talt med, så ville antallet af kinesiske patenter i analysen være 4-5 gange større i 2022.

USA og Europa præsterede samlet 23 %. I det billede fylder danske patenter kun 0,14 % af det samlede antal patenter. De danske patenter rækker til en 19. plads i verden, når resultatet opgøres per capita.

Få danske virksomheder arbejder på innovative løsninger inden for batteriteknologi. Haldor Topsøe er involveret i udviklingen af nye katodematerialer til Litium-ion (LNM0), som har potentiale til at revolutionere batterimarkedet med mere omkostningseffektive og holdbare løsninger. I den anden ende af skalaen er Danish Graphene, en dansk startup-virksomhed, som udvikler avancerede grafitmaterialer, der ville kunne bruges i næste generations anodematerialer.

Når det gælder teknologi med genanvendelse af Li-ion-batterier, er antallet af patenter steget fem gange siden 2005. Men væksten er ulige fordelt. Kina dominerer og har øget antallet af patenter 60 gange siden 2005, mens Europa blot har øget antallet af patenter tre gange. Når det gælder genanvendelse af metaller som litium, kobolt, nikkel og grafit fra udtjente batterier, foregår det i alle dele af verden, men også her er Kina i front på de fleste punkter.

Marked

Ideelt bevæger batterier sig i en cirkulær økonomi fra råvarer over brugsfase til udtjente batterier, hvorfra råmaterialerne i stigende grad kan genanvendes i takt med, at genanvendelsesteknologierne modnes. I mellemtiden kan batteriernes levetid og værdiskabelse udvides betydeligt ved at designe produkter, hvori batterierne indgår, på en måde, som muliggør reparation, opgradering og anvendelse af batterierne i et andet produkt (såkaldt 'second life'). En betydelig andel af produkter, som indeholder Li-ion-batterier, kasseres af andre grunde end et defekt batteri.

Danske udfordringer og muligheder

Danmark har ingen råvarer til batteriproduktion, knowhow eller faciliteter til oparbejdning af metaller. Et dansk bidrag kan være at vise vejen, når det handler om produktdesign, ved at designe "best in class" produkter med Li-ion-batterier, hvor batterierne kan repareres, udskiftes og anvendes igen i andre sammenhænge.

Samlet set beskæftiger omkring 20 danske virksomheder inden for udvikling af batteriteknologi og batterier ikke meget mere end en mellemstor virksomhed med 250 ansatte. Men da flere af dem udspringer af forskningsmiljøer, kan der være spirer til vækst, for de skaber innovation i et marked i vækst. Lovende, forskningsbase-rede batterivirksomheder er før forsvundet fra Danmark (Hellesens og Danionics). Det er ikke nogen enkel vækstrejse, for der skal mere til at skabe succeser end et højt teknologisk niveau. Men potentialet er der, og markedet er hurtigt voksende. Væsentligst er det, at forskningen følger med i udviklingen, og sikrer, at der i lyset af behovet for grøn omstilling, fortsat er stærke danske kompetencer til at beskæftige sig med batterier og energilagring.

Hovedparten af de 1.155 danske virksomheder med producentansvar for batterier er handelsvirksomheder, som sælger batterier eller produkter med batterier. Teknologisk Institut har interviewet virksomhederne, og her er der bekymringer om mangel på kompetencer og øgede administrative omkostninger. Hver anden virksomhed mangler viden, ressourcer og kompetencer. For de virksomheder, hvor batterier ikke fylder i forretningsmodellen, kan det være lettest at undgå at importere produkter med batterier. For andre er der ingen vej udenom.

Der er muligheder for genbrug af både komponenter og batterier, som kan få et 'second

life', men med hensyn til genanvendelse af materialer kræves knowhow- og procesanlæg, som ikke findes i Danmark. Danmarks bidrag til den cirkulære økonomi på affaldssiden ligger primært i en mere effektiv indsamling samt genbrug af komponenter og batterier. På produksiden handler det om at designe produkter, hvor batteriet let kan udskiftes og repareres.

De næste skridt

Mere innovation, mere genbrug, stærkere indsamling: Den cirkulære økonomi for batterier kan styrkes gennem forskning og innovation, især når det gælder genbrug af komponenter og batterier. Optimeret produktdesign bør sigte mod at indeholdte batterier anvendes så længe som muligt, inden batterierne, med mindst mulig omkostning, genanvendes i andre pro-

dukter eller kasseres med henblik på materialer- og genanvendelse. En mere effektiv indsamling af udtjente batterier er nødvendig, og især teknologisk udvikling til sortering af batterier og produkter med batterier, så en større andel af råstofferne kan genindvindes.

Rådgivning: Halvdelen af danske virksomheder med producentansvar udtrykker mangel på viden, kompetencer og ressourcer i lyset af nye EU-reguleringer. Der er brug for rådgivning, data, standarder og værktøjer.

Fastholde kompetencer: Analysen viser, at Danmark er med forskningsmæssigt, og i lyset af den grønne omstilling er det vigtigt at fastholde kompetencer og viden om batteriløsninger i forskning og uddannelser, så viden om batterier og energilagring fortsat er tilgængelig i Danmark.

Dansk status inden for batterier

31

Status

Science

Dansk forskning er nr. 31 målt efter antal forskningsartikler i en global sammenligning.

23

Teknologi

Dansk innovation er nr. 23 målt efter antal patenter i en global sammenligning, 34% af verdens patenter er fra Kina.

300

Marked

250-300 ansatte (ca.) fordelt i mindre danske virksomheder udvikler og sælger batteri-teknologi og -systemer. Kina dominerer alle dele af værdikæden.

Næste skridt

1.

Styrk cirkulær økonomi med produktinnovation, effektivt genbrug og behandling af indsamlede batterier.

2.

Hjælp og viden til danske virksomheder med producentansvar: rådgivning, data, standarder og værktøjer.

3.

Fasthold viden om batterier og energilagring i forskning og uddannelser, så viden er tilgængelig i Danmark.

” En væsentlig del af elektrificeringen er at kunne lagre energi, så den er tilgængelig hvor som helst og når som helst.



Indledning

Det danske samfund står over for en omfattende elektrificering som følge af den grønne omstilling. En væsentlig del af elektrificeringen er at kunne lagre energi, så den er tilgængelig hvor som helst og når som helst. Det betyder, at batterier står som et centralt redskab: Mere end halvdelen af de globale cleantech investeringer (herunder også sol, vind og brintteknologi) bliver investeret i batterier og batteriproduktion (Transport & Environment, 2024). Der anvendes små og store batterier til energilagring i en lang række forbrugerprodukter, herunder telefoner, gadgets, værktøj og køretøjer – og i større systemer i industrien eller i backup-systemer til elforsyningen mv. Mange danske virksomheder leverer produkter med batterier. Ny EU-lovgivning presser på for øget cirkularitet for batterier ud fra både et klima og sikkerhedsmæssigt perspektiv.

I Teknologisk Udsyn har Teknologisk Institut kortlagt den cirkulære økonomi for batterier og materialer til batterier globalt med fokus på Danmarks rolle og udfordringer i lyset af EU's nye batterilovgivning og producentansvar. Det er missionskritisk for danske virksomheder at vide, hvad der kræves af dem, og hvordan de lever op til lovgivningen i de kommende år.

Desuden påvirkes danske virksomheders muligheder af initiativer fra væsentlige aktører i USA og Kina.

Kortlægningen sigter mod at guide danske virksomheder, der leverer batteribaserede produkter eller udvikler og leverer batteriløsninger, og relaterede aktører i forhold til tilpasning til de nye regulativer, identifikation af nødvendige teknologiske udviklinger, og sikring af en både miljømæssig og økonomisk bæredygtig fremtid for virksomhederne.

Læsevejledning

Den første del af analysen beskriver batterier og de helt overordnede rammer og vilkår relateret til råvarer, produktion, forbrug og genbrug. Den anden del af analysen kortlægger Danmarks position i global kontekst inden for forskning, teknologiudvikling og markedet. Den tredje del kaster lys på de danske virksomheder ved at identificere, hvem de er, og hvilke udfordringer de står overfor. Den fjerde og sidste del diskuterer perspektiverne og udforsker, hvilke muligheder der findes for danske virksomheder. Metode og tilgang til kortlægningen forklares løbende i rapporten.

Batterier, miljø og lovgivning

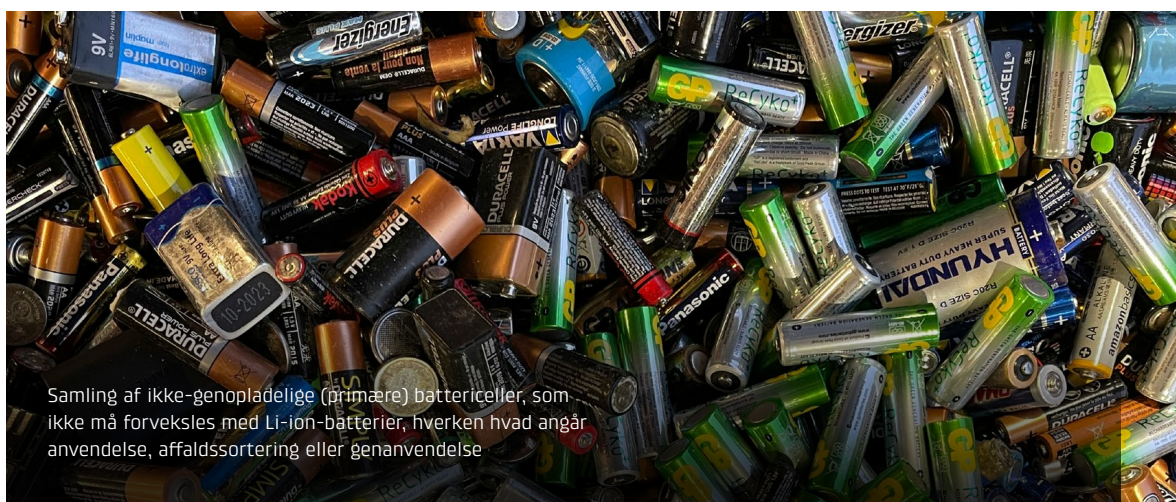
Batterier spiller en central rolle i den grønne omstilling, især når det gælder batterier til transport og stationære energilagre i elnettet. Dette medfører et stigende træk på forsyninger af råmaterialer og batteriteknologi, især fra Kina. Den europæiske økonom Mario Draghi har i september 2024 sat fokus på den øgede europæiske afhængighed af Kina, både når det gælder ressourcer og teknologi (Draghi, 2024). Større vægt på forskning, teknologisk udvikling og egne råstoffer inden for EU, f.eks. ved udvinding af nye råvarer fra udtjente produkter, får større betydning. Draghis rapport fremhæver økonomiske og teknologiske barrierer, når det gælder cirkulær økonomi. Konklusionerne i Draghis rapport ligger i forlængelse af de intentioner, EU-Kommissionen allerede har omsat i nye direktiver om f.eks. eco-design og det udvidede producentansvar. Intentionerne i en cirkulær økonomi er

brede end bæredygtigt forbrug af ressourcer; det er også et spørgsmål om europæisk konkurrencedygtighed, forsyningssikkerhed og i sidste ende vækst og velstand til EU's medlemslande.

Dette kapitel indeholder en kort introduktion til batterier før gennemgangen af den cirkulære økonomi for batterier, herunder de kommende EU-regler for cirkulær økonomi på batteriområdet, som er på vej til virksomheder med producentansvar.

Kort introduktion til batterier

Batterier er ofte ensbetydende med bærbar strøm, som anvendes af forbrugere, virksomheder og forskellige samfundssektorer. Forbrugerne benytter sig af batterier i en række



Samling af ikke-genopladelige (primære) battericeller, som ikke må forveksles med Li-ion-batterier, hverken hvad angår anvendelse, affaldssortering eller genanvendelse

enheder fra smartphones, højtalere, headsets og bærbare computere til legetøj og belysning, mens erhvervslivet er afhængigt af dem til drift af værktøjer, kommunikationsudstyr og sikkerhedssystemer eller i sundhedsløsninger som f.eks. høreapparater. Batterierne har også en fremtrædende rolle i større energilagringssystemer, der understøtter vedvarende energikilder, hvor de imidlertid er stationære. I transportsektoren har elbiler, elcykler og elektrisk offentlig transport transformeret, f.eks. færger, mod øget brug af batterier. Det understøtter overgangen til mere bæredygtige transportmetoder.

Et genopladeligt batteri omdanner kemisk energi til elektrisk energi ved afladning og omvendt ved opladning, i begge tilfælde med høj effektivitet. Et batteri består af flere battericeller, som hver især indeholder en katode (+) og anode (-) adskilt af separatorfolie. Battericellen indeholder elektrolytblanding (oftest flydende), som står for ladningstransport mellem anode og katode under af- og opladning. I tilfælde af Li-ion-batterier er det netop Li-ioner opløst i elektrolytten, der transporteres fra katode til anode opladning, og tilbage igen ved afladning. I begge tilfælde igennem separatoren.

Figur 1. Batterityper



Bærbare batterier: Henviser til ethvert batteri, der er forseglet, vejer mindre end 5 kg, ikke er specifikt designet til industriel brug, og ikke er et start-, lys-, tændingsbatteri (SLI) eller et batteri til lette transportmidler. Et bærbart batteri til almindelig brug er et primært eller sekundært bærbart batteri, der er specifikt designet til at være inter-operationelt og inden for almindelige formater: 3R12, knapcelle, D, C, AA, AAA, AAAA, A23 og PP3. Det er almindelige forbrugerbatterier, der anvendes i alt fra smartphones, højtalere, headsets, og bærbare computere til legetøj og belysning eller høreapparater.



SLI-batteri: Startbatterier er designet til at levere elektrisk strøm til start, belysning eller tænding af motorer (SLI: Start-, light og ignition).



LMT-batteri: Mindre batterier under 25 kg til f.eks. elcykler og andre lette transportmidler. (LM= Light means of transport).



EV-batteri: Batterier med en vægt på over 25 kg til hybrid- eller elektriske biler. (EV = Electrical Vehicle = elbil).



Industrielt batteri: Designet til industrielle formål eller ethvert andet batteri med en vægt på over 5 kg, der ikke er et SLI-, LMT- eller EV-batteri. EU-Kommissionen opdeler batterierne i to kategorier, alt efter om de er over eller under 2kWh. Industriebatterier leveres meget store, hvor f.eks. EWII har investeret i et batteri på Bornholm på 43 MWh, som alene kan levere strøm til Bornholm i op til en time (Energy-supply.dk, 2023).

Hos producentansvar.dk er batterierne i statistikker grupperet i tre kategorier: 1) bærbare batterier, 2) startbatterier og 3) industriebatterier (som så også omfatter elbatterier til f.eks. elcykler, elløbehjul og elbiler).

Der er talrige forskellige batterityper defineret ved deres katode- og anode-materialer, og disse materialer giver ikke alene anledning til deres kaldenavne, de er også afgørende for de elektriske egenskaber, anvendelsesområde, produktionsomkostning samt klima- og miljøaftryk. I forbindelse med den nærmest eksplosive vækst i anvendelsen af batterier er termer som katode- og, anode-materiale samt batterikemi blevet begreber, som også anvendes uden for batterilaboratorier.

Helt overordnet kan batterier typeinddeles efter, om de kan genoplades eller ej. Såkaldte primære batterier leveres (købes) med fulde energiindhold og må smides ud efter første afladning.

Sekundære batterier er genopladelige batterier, som, afhængigt af batterikemi og anvendelse, kan op- og aflades tusindvis af gange. Anvendelsen af primære batterier er vigende, da fordelene for forbrugerne ved anvendelse af genopladelige batterier er så oplagte. Dog finder primære batterier stadig anvendelse i nicheprodukter med meget lille energiforbrug over lang tid (røgdetektorer, svært tilgængelige sensorer, etc.), hvor deres pris/ydelsesforhold stadig er bedst.

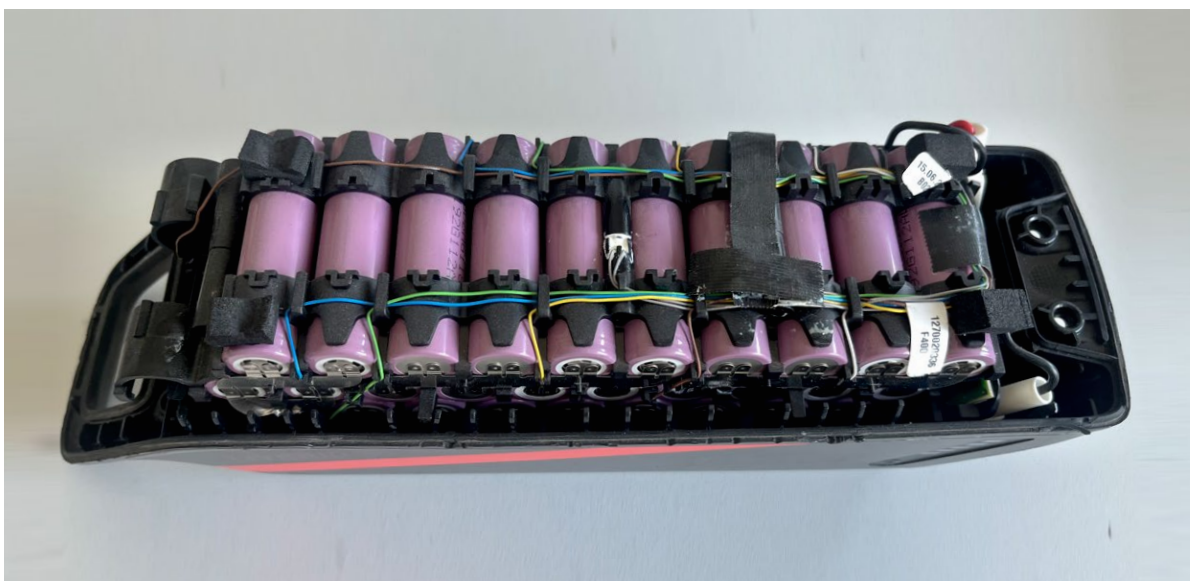
En sidste inddeling af batterier kommer fra det i EU nu vedtagne batteridirektiv, hvor klassificeringen af batterier har relevans for kravene til deres indsamling og genanvendelse. De forskellige kategorier er kort beskrevet i figur 1.

I resten af dette teknologiske udsyn antages det, at batterier refererer til genopladelige Li-ion-batterier, hvis ikke andet er nævnt.

Cirkulær økonomi for batterier

Batterier og materialer til batterier indgår i en højt specialiseret global værdikæde fra udvinning af primære råstoffer, over produktion og samling af batterier, til forbrug og affaldsbehandling, herunder indsamling og genanvendelse af materialer fra udtjente batterier. Mellem hvert led i værdikæden findes et marked, som er afhængig af både udbud og efterspørgsel, og ikke mindst regulatoriske praksis i forskellige lande/regioner.

Hvert led i værdikæden har sine egne udfordringer, som kan handle om teknologi, marked, viden eller regulering – og udfordringerne er forskellige i hvert led afhængig af aktørerne, materialet og produkterne. I den ideelle forestil-



ling om cirkulær økonomi anvendes batterierne længe, kan repareres, opgraderes og indgå i nye sammenhænge, og de udtjente batterier oparbejdes så effektivt, at der ikke opstår affald, og behovet for jomfruelige ressourcer reduceres.

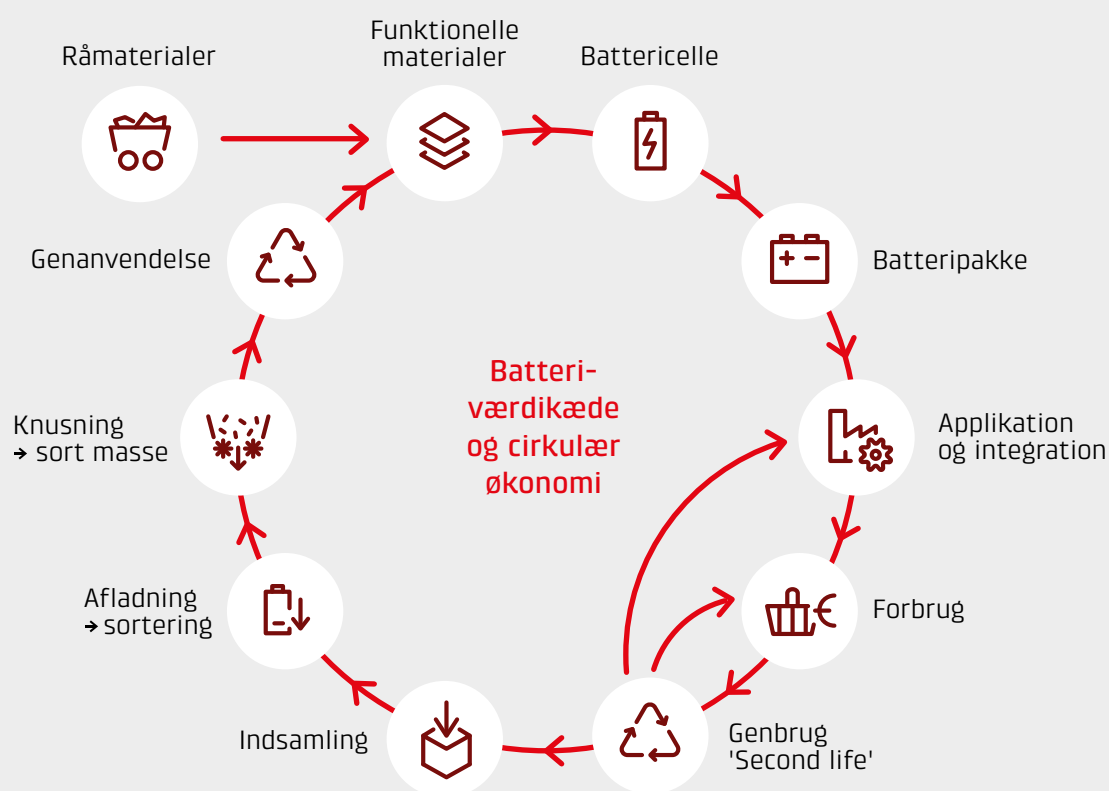
I det følgende gennemgås udfordringer og barrierer i alle led af den cirkulære økonomi for batterier, herunder EU's regulering af batterier og det udvidede producentansvar, som fra august 2025 har betydning for alle led af batteriernes livscyklus: råvarer, produktion, forbrug, genanvendelse/oparbejdning (EU Kommissionen, 12. July 2023).

Råvarer

Råvarerne til batterier er f.eks. litium, nikkel, kobolt, grafit og mangan. De findes kun i ringe omfang i Europa, og forsyningskæderne til batterier og batterimateriale er globale. Forsyningskæderne er i stigende grad under pres, og det er på få år blevet synligt: COVID-19, krigen i Ukraine, forstyrrelser af handelsveje i en højt specialiseret global handel og Kinas fremkomst som ny stormagt.

EU hviler på principper om fri handel og globale forbindelser som den selvfølgelig vej til fred

Figur 2. Batteriværdikæde og cirkulær økonomi



Kilde: Teknologisk Institut med inspiration fra DACES(2024). Idealillustration af værdikæden og den cirkulære økonomi for batterier. Cirklen begynder med udvinding af råmaterialer (nikkel, kobolt, litium, mangan, grafit) til produktion af batteriernes inderste komponenter, sammensætningen til batterier og battericeller. Dernæst produktion af løsninger med batterier (applikation og integration), forbrug i f.eks. lommelygter eller elbiler. Indsamling, evt. genbrug af batterierne. Til sidst oparbejdning af udtjente batterier og genanvendelse af råstoffer fra affaldet. Grafikken er generisk, og nogle processer er specifikke for Li-ion-batterier, f.eks. afladning af de udtjente batterier.

og velstand. Men USA og specielt Kina spiller efter andre regler, når det gælder statsstøtte og finansiering. Hensynet til "national sikkerhed" kan besværliggøre adgang til f.eks. kritiske teknologier eller råvarer. I EU er det i stigende grad opfattelsen, at Europa har været uovervejet ved at blive for afhængig af f.eks. russisk energi, taiwanske mikrochips og kinesisk forarbejdning af råstoffer. EU halter efter både Kina og USA, når det gælder udvikling af ny teknologi inden for produktion af batterier.

Et af flere svar fra EU på den kinesiske "monopolisering" er implementeringen af cirkulær økonomi for blandt andet batterier (Draghi, 2024). EU skal kunne stå på egne ben og være mere resilient (se f.eks. (Foss, 2023), (Draghi, 2024)), og EU har udpeget kritiske teknologier, som har betydning for den økonomiske udvikling i EU (EU Commission, 2023), herunder energiteknologi. Ændringer i EU-direktiver og prioriteringer påvirker også danske virksomheder.

Den globale efterspørgsel efter Li-ion-batterier stiger konstant på grund af elektrificeringen af transportinfrastruktur og stationær energilagring. Dette fører til globale flaskehalse i forsyningen og voldsomme prisfluktuationer på råmaterialer som litium, kobolt og grafit. Nogle forudsigelser for EU viser, at efterspørgslen frem mod 2030 vil stige 18 gange for litium og 5 gange for kobolt, og i 2050 vil efterspørgslen være 60 gange for litium og 15 gange for kobolt – sammenlignet med efterspørgslen i dag (Troskie, 2023). Udfordringen for batteriproduktionen i EU er, at Kina tidligt satsede på produktion af batterier til hjemmemarkedet og i praksis har produceret batterier i stadig større industriel skala gennem de sidste 20 år. Kina har derfor en dyb viden indenfor storskalaproduktion af batterier, maskinerne til batteriproduktion samt forarbejdningen af råmaterialer til de ultrarene batterimaterialer. Endelig har Kina siden 2020'erne bemægtiget sig selve pro-

duktionen af elbiler og stationære batterianlæg. (IEA, Global Supply Chains of EV Batteries, 2022). Et godt eksempel er kinesiske BYD, hvis elbiler forhandles i Danmark, som faktisk begyndte som, og stadig er, en batterifabrik, der har en stor del af værdikæden (såkaldt vertikal integration) inden for egne mure.

Produktion

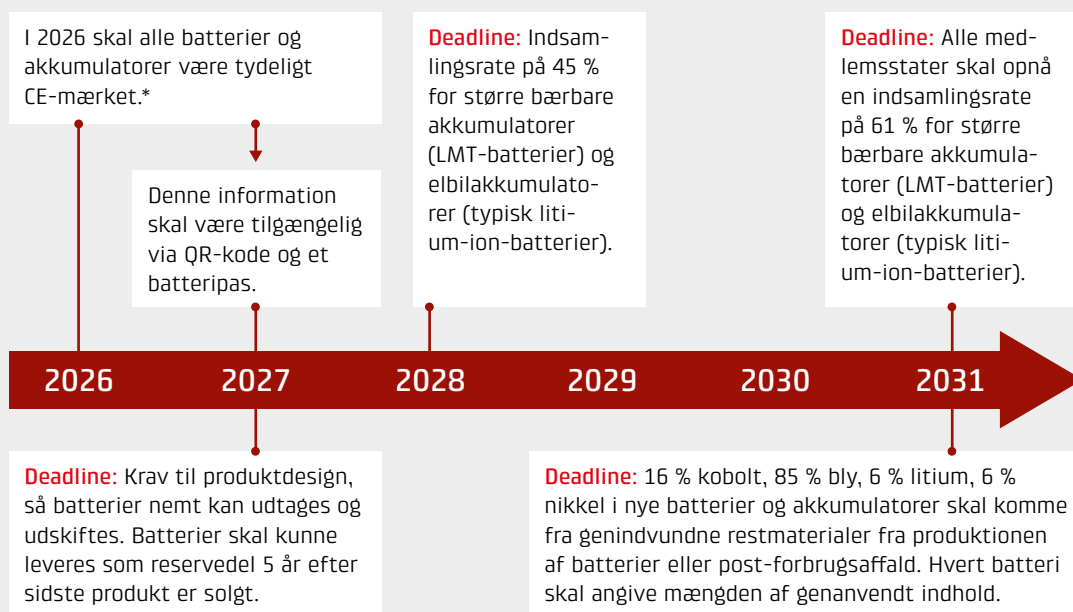
Produktion i værdikæden omfatter alt fra komponenter, battericeller, batteriløsninger til applikationer – altså produkter, der anvender batterier. Virksomheder, der udvikler og leverer batteriløsninger eller leverer batteribaserede produkter, mødes af stadig strengere krav til produktion og genanvendelse. Den nye EU-batteriforordning (2023) går videre end de tidligere regulativer ved at ansvarliggøre producenter for hele batteriets livscyklus, lige fra råstofindvinding og produktion til affaldsbehandlingen af batterier ved endt brug. Derudover er det alle former for batterier, der nu er omfattet, dvs. alt fra bærbare batterier, elcykelbatterier, startbatterier, elbilbatterier og til store specialfremstillede industribatterier, f.eks. til stationære energilagre.

Mange detaljer i forpligtelserne er ikke indeholdt i selve forordningen, men vil løbende blive specificeret af EU-Kommissionen ved hjælp af bekendtgørelser. Forordningen fastsætter frister for, hvornår Kommissionen skal have vedtaget bekendtgørelserne, og hvis processen forsinkes, træder forpligtelserne i kraft senere (Felicita Frick, 2023). Selvom ikke alt er fastlagt, bliver virksomheder i EU med producentansvar pålagt et udvidet producentansvar, nye produktkrav, due diligence i hele produktværdikæden samt at levere et batteripas.⁴

Selvom EU's batteriforordning trådte i kraft i 2023, vil nogle specifikke forpligtelser først

⁴ Batteripas for batterier med en kapacitet over 2KWh, uanset anvendelse.

Figur 3. Tidslinje for udvalgte krav på vej til virksomheder med producentansvar



* CE-mærket: Betyder at de overholder EU's sundheds-, sikkerheds- og miljømæssige standarder.

gælde i løbet af de næste par år med specifikke datoer for hver type batteri. Importører, distributører, autoriserede repræsentanter og genanvendelsesvirksomheder vil også stå over for nye forpligtelser under den nye forordning.

Cirkulære produktkrav: Batteriforordningen sætter øgede produktkrav og sigter i den forbindelse mod, at batterier fremadrettet bliver mere bæredygtige gennem hele deres livscyklus. Et af de væsentligste aspekter er kravet om holdbarhed, mulighed for reparation og ydeevne, som skal sikre, at batteriernes levetid forlænges, og at behovet for hyppig udskiftning mindskes. Herved anvendes de dyrebare batterimaterialer længst muligt.

Udskiftelige batterier: Fra 2027 er der krav om, at slutbrugere skal kunne fjerne og udskifte bærbare batterier, der er indbygget i apparater, så muligheden for reparation og genbrug øges. Producenter skal sikre, at udskiftningsbatterier

er tilgængelige i mindst 5 år efter, at produktet ikke længere produceres. Det kobler direkte til kravet om levetidsforlængelse af elektronik, hvor mange Li-ion-batterier i dag indgår, men ikke i praksis kan skiftes.

CO₂-aftryk: Fra 2025 skal industribatterier med en kapacitet over 2 kWh, elbilbatterier (EV-batterier) og LMT-batterier have en erklæring om deres CO₂-aftryk. Denne erklæring skal indeholde specifikke oplysninger, herunder batteriets CO₂-aftryk, målt i kg CO₂-ækvivalent pr. kWh af den samlede energi, batteriet forventes at levere gennem sin levetid. Erklæringen skal være synlig, letlæselig og permanent, så den ikke kan fjernes. Det deklarerede CO₂-aftryk skal desuden overholde en maksimal grænseværdi, som vil blive fastsat af Kommissionen (The Battery Pass Consortium, 2023). Beregningen skal omfatte batteriets CO₂-belastning i dets levetid fra råstoffer over produktion til genanvendelse.

Due diligence i værdikæden: For at sikre bæredygtighed og etisk ansvarlighed i batteri-produktionen, kræver forordningen, at virksomheder udfører due diligence i deres værdikæde. Dette indebærer, at virksomheder skal dokumentere, at udvinding af råstoffer sker på en bæredygtig måde, og at der er respekt for menneskerettighederne gennem hele produktionsprocessen.

Digitalt batteripas: Fra 2027 skal LMT-batterier, industribatterier med en kapacitet på mere end 2 kWh og EV-batterier, solgt i EU have et batteripas, som kan hentes via en QR-kode. Batteripasset skal informere om grundlæggende egenskaber for batteriet, inklusive type og model. Desuden nøgletal og data om batteriets ydeevne og holdbarhed over batteriets livscyklus samt identifikationsoplysninger, teknisk information, miljøinformation, social information, økonomisk information og livscyklusin-

formation. Formålet er at styrke sporbarheden af batterier og de materialer, de indeholder. Dataene skal gøre det lettere at genbruge og genanvende batterier ved at tilvejebringe en klar forståelse for deres sammensætning og tidligere anvendelse. Selvom der endnu ikke er meget viden om, hvordan det digitale batteripas vil fungere i praksis, er der på nuværende tidspunkt igangsat flere pilotprojekter for at udforske dets potentiale og hvordan det mere konkret skal udvikles, så det kan anvendes bredt i industrien.

Producentansvar: Producentansvaret påhviler alle virksomheder, der producerer eller importerer batterier for at sælge dem videre. Ansvaret håndteres i dag ved, at producenter og importører skal registrere sig hos både DPA for producentansvar og hos Erhvervsstyrelsen vedrørende indberetnings- og betalingspligt til Skattestyrelsen for markedsførte bærbare

Figur 4. Hvem har producentansvaret?



Producenter

Producenter der for første gang gør batterier tilgængelige på markedet. At sætte batterier på markedet for "første gang" sker f.eks. ved import, eller når en dansk virksomhed fremstiller og sælger nye batterier i Danmark.



Erhvervsdrivende

Erhvervsdrivende der for første gang gør batterier tilgængelige på markedet efter processer som genbrug, formålsændring eller genfremstilling. Det gælder f.eks. hvis en virksomhed opkøber brugte batterier, renoverer dem og sælger dem igen som genfremstillede batterier.



Bemyndiget repræsentant

Hvis batteriproducenten sælger batterier i andre medlemslande end sit eget, skal producenten udpege en bemyndiget repræsentant i de pågældende lande, og denne repræsentant skal håndtere det udvidede producentansvar på producentens vegne. Dvs. hvis f.eks. en dansk batteriproducent sælger batterier til Tyskland, Frankrig og Holland, skal den danske producent udpege en bemyndiget repræsentant i hhv. Tyskland, Frankrig og Holland, som skal sikre, at den danske producents forpligtelser overholdes i de respektive lande.

batterier – og efter kalenderåret indberetter mængden i kg, som er solgt i Danmark.⁵

Indsamling af batterier: De producentansvarlige betaler i dag for indsamlingen via SKAT, men ansvaret for indsamlingen og målopfyldelsen skifter med den nye forordning til de producentansvarlige (DanskIndustri, 2023) – se mere om indsamling i afsnittet om forbrugere.

Forbrug og indsamling

I 2015 var den globale efterspørgsel under 50 GWh, og den steg i 2021 til 340 GWh, hvoraf kinesisk efterspørgsel stod for halvdelen (IEA, Global Supply Chains of EV Batteries, 2022). Desuden efterspørger det globale marked batterier til energilagring i elnettet og til andre dele af transportsektoren, som elektrificerer alt fra cykler, busser, lastbiler, tog og mindre færges. Genbrug af delvist brugte batterier, f.eks. til backup eller vedvarende energilagring, kan forlænge batteriets levetid og reducere omkostninger og forurening.

Alle virksomheder med et producentansvar skal oplyse mængden af batterier, der er markedsført til DPA. Men DPA's opgørelse omfatter ikke de batterier, som private forbrugere enten importerer eller eksporterer, når de rejser over grænserne, eller som købes ind uden om alle grænser via online handel, især fra kinesiske platforme. Desuden kan der være virksomheder, som ikke har meldt sig hos DPA. Der er derfor et mørketal, som ikke kan medregnes i indsamlingsprocenterne, og virksomhederne med producentansvaret kommer til at betale

for oprydningen efter de producenter, der sender batterier på markedet uden om DPA.

En vigtig forudsætning for cirkulær økonomi er, at brugte batterier indsamles til genbrug eller genanvendelse. Det gør forbrugerne til en vigtig aktør i den cirkulære økonomi, selvom ansvaret ligger hos virksomheden med producentansvaret. Batterier i Danmark indsamles fra forbrugerne f.eks. i de røde kasser til farligt affald, i 'pose på låg-ordninger' eller på genbrugspladser. I hele EU⁶ blev der i 2012 indsamlet 37 % af de solgte mængder, hvilket steg til 45 % i 2021. I Danmark blev der i 2023 indsamlet 55 % af de solgte bærbare batterier, 55 % af startbatterierne og 13 % af industribatterierne inklusive batterier til elbiler. De batterier, der ikke indsamles, ender i andre affaldsfraktioner, f.eks. husholdningsaffald eller elektroniskrot, hvor de ikke udnyttes, eller eksporteres ud af landet i de produkter, hvori de sidder. Forbrugeradfærd og batteriernes veje er ikke fuldt kortlagt, og der kan desuden henligge betydelige mængder batterier hos forbrugerne i gamle mobiltelefoner, tablets, bærbare computere, håndværktøj, etc.

I det nye EU direktiv skærpes kravene til indsamling af batterier, der vejer mindre end 5 kg – og som hverken er industribatterier, startbatterier eller batterier til køretøjer (f.eks. lette batterier til eksempelvis elcykler) eller elbiler. Det bliver nu producenternes ansvar at organisere og betale for indsamlingen og affaldshåndteringen af batteriet, når det er udtjent. Kravet er en indsamlingsprocent på 63 % i 2027 og 73 % i 2030. Fremover er det producenter og importører selv, som har både det finansielle

⁵ I EU er der rejst tvivl om, hvordan store kinesiske online platforme som Temu, Shein og AliExpress overholder regler om produktsikkerhed, producentansvar mv. Pakker fra Kina til en værdi på under 150 euro bliver ikke toldkontrolleret, og Kina giver statstilskud til luftpost fra Kina. Ifølge EU-Kommissionen ankom der i 2023 2,3 milliarder pakker fra Kina. Hvis kinesiske batteriproducenter ad den vej ulovligt undviger producentansvaret, er der naturligvis tale om unfair konkurrence, fordi batterierne kan sælges billigere, og regningen for indsamling og behandling af batterierne overlades til de virksomheder, der følger reglerne. www.retaildetail.eu/news/general/how-europe-wants-to-stop-the-steep-rise-of-shein-temu-and-aliexpress. Om producentansvar se: www.producentansvar.dk/produkter-og-ansvar/batterier/baerbare-batterier

⁶ ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_waspb/default/table?lang=en

og det organisatoriske ansvar for indsamling og affaldshåndtering af batterierne. Virksomhederne skal ikke betale for indsamlingen over skatten, men skal:

- etablere og finansiere et indsamlingsnetværk, hvor brugte batterier kan afleveres.
- etablere indsamlingen i samarbejde med forskellige indsamlingssteder, f.eks. kommuner, supermarkeder m.fl.
- være ansvarlige for at nå indsamlingsmålene for bærbare batterier og LMT-batterier (Miljøministeriet, 2024).

Udgangspunktet bliver, at man som producent har det fulde ansvar for batteriindsamlingen og affaldshåndteringen. Ansvar for indsamling og affaldshåndtering kan overdrages til en kollektiv ordning, som enten kan være en privat virksomhed eller en forening mod betaling typisk via et medlemsbidrag – lidt på samme måde, som kommunerne gør det i dag. Men hvor kommunerne i dag automatisk har

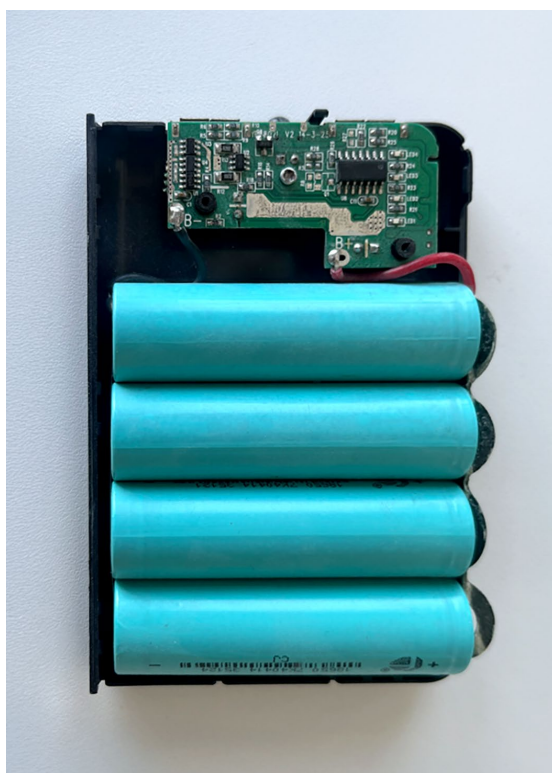
indsamlingsansvaret, bliver det med den nye forordning de producentansvarlige selv, der skal opsøge og indgå aftale med en kollektiv ordning mod betaling (Miljøministeriet, 2024). Staten skal godkende det aftalte system.

Genbrug, oparbejdning og genanvendelse

Bærbare batterier, f.eks. nikkel-cadmium eller knapcellebatterier, kan sendes til anlæg, hvor man kan genanvende de fleste af metallerne i batteriet. Andre batterier, f.eks. brunstensbatterier og alkaliske batterier, kan i øjeblikket ikke genanvendes. De sendes i stedet til deponering eller kan efter behandling f.eks. nyttiggøres som vejfyld⁷ (down cycling).

Li-ion-batterier til elbiler er ifølge DaCEs udtjente som elbilbatterier, når 70-80 % af kapaciteten er tilbage, fordi rækkevidden er reduceret, brandrisikoen er forøget og opladningstiden længere. Men der er muligheder for at forlænge batteriernes levetid ved at genanvende dem på andre måder end i elbiler, f.eks. i store energilagringsystemer. EU's nye krav om batteripas på batterier med informationer om batterierne og deres indhold kan forbedre mulighederne for at gøre dette. (DaCEs, 2024).

Større industribatterier og batterier til elkøretøjer kan principielt genbruges ved enten at renovere dem i deres eksisterende form eller ved at udtage moduler eller celler til sammenbygning i et såkaldt nyt 'second life'-batteri. Brugbarheden af 'second life'-batterier har været demonstreret i talrige sammenhænge, så forretningsbarriererne er ikke tekniske, men skyldes omkostningerne ved processen. Der er endnu få erfaringer med, hvor længe 'second life'-anvendelser egentlig giver mening, før batterierne endelig må tages ud til neddeling og materialegenanvendelse (et



⁷ Forbrugeroplysning fra Affaldplus: www.affaldplus.dk/batterier og Stena Recycling A/S

trade-off mellem værdiskabelse som batteri vs. materialeværdien realiseret ved genanvendelse). Men i sidste ende skal materialerne i de udtjente batterier genanvendes og bruges igen som råvarer. I udtjente batterier findes en del af de nødvendige råstoffer til nye batterier.⁸ Teknologierne og mulighederne for genanvendelse af materialer fra udtjente batterier afhænger meget af, hvilken batteritype der er tale om.

Processen mod genanvendelse efter indsamling af udtjente batterier indebærer først sortering efter type, fordi forskellige kemiske sammensætninger kræver forskellige metoder under videre behandling. Elektrisk afladning for industribatterier er nødvendig for at undgå risikoen for brand. Afladning og sortering kan ske på anlæg i Danmark afhængig af virksomheden, der håndterer processen.

Teknologi og anlæg til mekanisk adskillelse og udvinding af værdifulde materialer fra udtjente batterier findes ikke i Danmark. De sorterede batterier køres derfor til specialanlæg i udlandet, hvor de enten incinereres ved høj temperatur (pyrometalurgisk behandling) eller nedeles mekanisk til fraktioner bestående af plast, stål, aluminium og kobber, samt sort pulver kaldet "black mass". De strategisk interessante metaller for batterifremstilling (nikkel, kobolt, mangan og litium) kan derpå kemisk udvindes fra "black mass" via hydrometallurgiske processer. Fra den pyrometalurgiske proces kan nikkel, kobolt, jern, mangan og kobber udvindes via hydrometallurgi, mens aluminium og litium idag typisk går tabt.

Begge genanvendelsesprocesser er omkostningstunge men det kan betale sig, når priser

på kobolt, nikkel og kobber er høje. Begyndende i 2010'erne har kinesisk producerede Li-ion batterier uden nikkel og kobolt gradvist fundet anvendelse i USA og EU. Disse såkaldte LFP (Litium Jern fosfat) batterier er siden 2022-23 for alvor begyndt at tage store markedsandele i den vestlige verden som EV-, bus- og stationære Li-ion-batterier (EWIIs 43MWh grid-storage-batteri på Bornholm er produceret af CATL og er af typen LFP).

Med LFP-batteriernes fordele følger imidlertid et klassisk industriparadoks: Når færre værdifulde råvarer anvendes (kun litium har værdi i LFP) i produktionen, så er der mindre indskrevet materialeværdi i batterierne, når de ender som affald, og dermed ringere økonomisk incitament for genanvendelse. For LFP-batterier er der i dag således ikke udviklet industrielt rentable genanvendelsesprocesser, i modsætning til tilfældet for nikkel-kobolt-holdige batterier.

Et eksempel på en højoptimeret batterigenanvendelsesproces finder man for de klassiske blysyrebatterier (kaldet akkumulatorer), hvor genanvendelsesrater er op over 90 % i nogle dele af verden. Rent lavpraktisk skyldes det, at der for år tilbage er indført en pant på blybatterier, som afregnes efter vægt, og som kan indløses ved indlevering af batterierne til skrotpladser. Batterierne genanvendes, og materialerne indgår i nye startbatterier (ChargeFuture, 2019).

⁸ Genanvendelsen omtales også som urban minedrift (urban mining) til forskel fra traditionel minedrift, hvor råstofferne udvindes fra den malm, der hentes op fra miner.

⁹ Stena Recycling opfører anlæg rundt om i Europa, dog ikke i Danmark, som kan håndtere både bærbare batterier og industribatterier – inkl. batterier til køretøjer. Processen er i industriel skala til mekanisk adskillelse af batterier og producerer genanvendt plast og aluminium, men også en 'sort masse' af høj kvalitet, der indeholder de udvundne kritiske ressourcer inklusive litium, kobolt og nikkel. Stena skønner, at 95 % af materialerne kan genanvendes. www.stenarecycling.com/da/nyheder-indsigt/indsigt-inspiration/vejledningsartikler/vi-tror-pa-mulighederne-i-en-ny-fabrik-taet-pa-vores-kunder

A close-up photograph of an orange industrial robotic arm in a factory setting. The arm is positioned over a complex assembly of metal parts and wiring. The background shows other industrial equipment and a bright, modern factory environment.

” Danmark står relativt stærkt, når det gælder videnskabelige publikationer om batteriteknologi målt per capita.

Internationalt udsyn for batteriteknologi

Den grønne omstilling og den cirkulære økonomi kræver både forskning, innovation og aktive markeder. Teknologisk Institut har kortlagt både den videnskabelige udvikling, den teknologiske udvikling, hvor viden gennem innovation omsættes til konkrete løsninger, samt de aktører, der er på markedet.

I tabellen nedenfor sammenlignes forskning og teknologiudvikling i Europa (EU + UK, NO, CH) med USA og Kina. I 2005 var EU på forkant både på forskning og kommerciel udnyttelse (patentering), når det gjaldt batterier, mens

USA var lidt foran i forhold til forskning og patentering af teknologi til genanvendelse. I 2022 er interessen vokset kraftigt i Kina, som samlet er foran både Europa og USA.

Kortlægningen gennemgås i dette kapitel og dokumenterer, at Kina globalt er førende i hele værdikæden, når det gælder forskning, teknologi og marked. Analysen viser, at den videnskabelige interesse for cirkulær økonomi og den teknologiske udvikling til genanvendelse af materialer er stigende – både i Kina, USA og Europa.

Tabel 1. Samlet forsknings- og innovationsaktivitet i Europa, USA og Kina (2005 - 2022)

	2005			2022		
	Europa	USA	Kina	Europa	USA	Kina
Videnskabelige artikler						
Forskning i batteriteknologi ¹¹	243	196	157	4.034	2.320	9.782
- heraf forskning i genanvendelse	12	22	3	1.094	571	3.399
Patentansøgninger						
Teknologisk udvikling af batteriteknologi ¹²	733	640	266	2.859	2.956	8.779
- heraf udvikling af teknologi til genanvendelse	105	109	14	319	452	838

¹⁰ Forskningsomfanget er målt i antal videnskabelige artikler. Viser antallet af artikler udgivet i hhv. 2005 og 2022.

¹¹ Teknologisk udvikling er en optælling af antallet af relevante patenter. Patenter, som er ansøgt eller publiceret i 2005 og 2022 i mindst to lande.

Danmark står relativt stærkt, når det gælder videnskabelige publikationer om batteriteknologi målt per capita. Til gengæld står Danmark svagt i international sammenligning, når det gælder teknologisk udvikling. Kortlægningen af markedet viser desuden, at raffinering af

materialer til batterimaterialer og celleproduktion foregår i udlandet, især i Kina. Når det gælder genanvendelse af udtjente batterier, findes hverken teknologi, knowhow eller anlæg i Danmark.

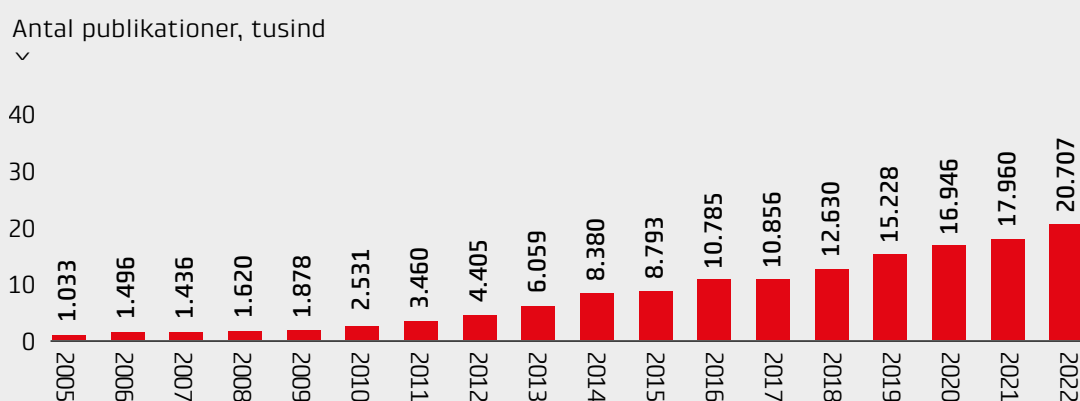
Science

Verden over er der en stærkt stigende forskningsmæssig interesse for batterier. Forskning i batteriteknologi er en væsentlig del af fødekæden af ny viden til innovation af nye produkter i virksomheder og levering af batteriløsninger, som opfylder markedets behov. Der er omfattende forskning i batteriteknologier og systemer globalt. Viden om, hvad der forskes i og omfanget af forskningen, gemmes i globale databaser over videnskabelige artikler. Herfra har vi hentet ny viden om, hvor meget der forskes, hvor forskningen foregår, og hvem der gennemfører den.

Forskning i batterier

Analysen af forskningen i batterier er gennemført som bibliometriske analyser af data fra openalex.org. Bibliometriske analyser er kvantitative undersøgelser af publikationer og publiceringsmønstre, og sitet openalex.org giver et overblik over verdens forskningsartikler og adgang til bibliografiske oplysninger på mere end 250 millioner artikler. Her har Teknologisk Institut fundet 184.180 videnskabelige publikationer om batterier siden 1. januar 2005.

Figur 5. Omfanget af den globale forskning i batteriteknologi (2005-2022)



Kilde: Teknologisk Institut. Egne beregninger efter søgning i OpenAlex. Baseret på 184.180 videnskabelige publikationer siden 1.1.2005. Antallet af publikationer er næsten 10-doblet fra 2016 til 2022. Typisk vil der være en forsinkelse i registreringer af publikationer for de seneste år. Antallet af ansøgninger kan være højere for de seneste år, da der kan gå et til to år, før ansøgningen er noteret i databaserne. Derfor er data for 2023-2024 ikke vist.

Omfanget af den videnskabelige forskning i batteriteknologi i perioden fra 2005 til 2023 er vist i Figur 5. Der er en stærkt stigende aktivitet målt i antal publikationer, hvor det årlige antal udgivelser fordobles i perioden fra 2016 til 2022.

Figur 6: viser at den forskningsmæssige indsats geografisk primært er lokaliseret til USA, EU og Østasien. Kortet er tegnet på baggrund af de 10.000 mest citerede artikler målt vha. nor-

maliseret citationsscore. I dette tilfælde måler den normaliserede citationsscore, hvor ofte en videnskabelig artikel er blevet citeret sammenlignet med andre artikler i samme forskningsfelt og udgivelsesår.¹²

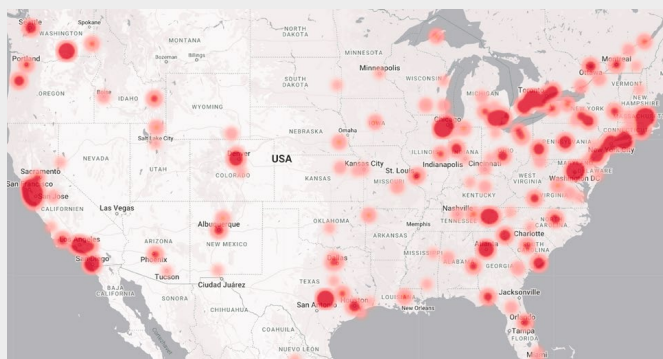
For at få et indtryk af forskningens omfang pr. land er de samme artikler optalt pr. land og sat i forhold til befolkningsstørrelse. Ud fra antallet af danskere er Danmark blandt "sværvægtterne" inden for forskningen i batteriteknologi

¹² For at sammenligne citationer på tværs af fagområder er sammenligningerne lavet med en normaliseret score.

Figur 6. Koncentrationer af forskning i batteriteknologi globalt

Kortet viser, hvilke forskningsinstitutioner de mest citerede videnskabelige publikationer om batterier stammer fra. Artiklerne er normaliseret på år og forskningsfelt. Uden for kortet står Indien og Singapore, der ligeledes har stor aktivitet.

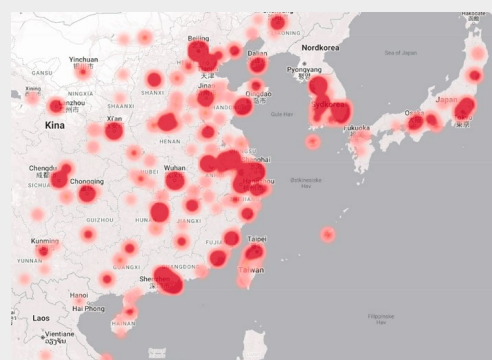
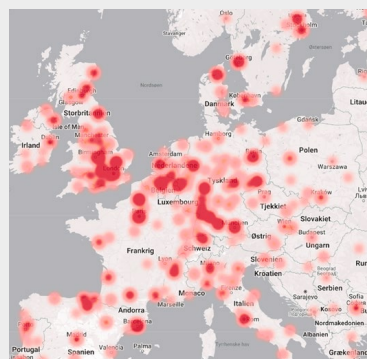
■ Stærk koncentration ■ Mindre stærk koncentration



USA: Amerikanske forskningsinstitutioner stod bag 12 % af forskningsartiklerne i 2022. Forskningen primært i BosWash-området, langs søerne samt i Californien.

Europa: Europæiske institutioner stod i 2022 bag 17 % af forskningsartiklerne. Danmark har blot udgivet 135 artikler, hvilket målt per capita alligevel giver Danmark en global 4. plads.

Østasien: Kina alene tegnede sig for 47 % af verdens forskningsartikler i 2022. Men også i Japan og Sydkorea er der betydelig aktivitet.



Kilde: Beregning foretaget af Teknologisk Institut med data fra PatSnap. Verdenskortet findes på: shorturl.at/uxTJq brug "teknologi" som password.

med 2,34 videnskabelige artikler pr. 100.000 indbyggere. I 2022 ligger Danmark som nummer 4, en position, som dansk forskning har haft siden 2018 – kun overgået af Singapore med 4,20 publikationer pr. 100.000 indbyggere samt Hong Kong og Sydkorea. Opgjort i antal artikler pr. land er dansk forskning i denne beregning på en 31. plads globalt i 2022 med 135 artikler – 40 gange så mange som i 2005.

Indien¹³ og Kina har store befolkninger og ligger derfor lavt målt per capita, men Kina udgav alene i 2022 47 % af verdens forskningsartikler om batteriteknologi, i alt 9.782 – knap 60 gange så mange som i 2005. Europa er samlet set nummer 2 på ranglisten med 3.425 patenter. USA er nummer 3 i verden, og i 2022 blev der

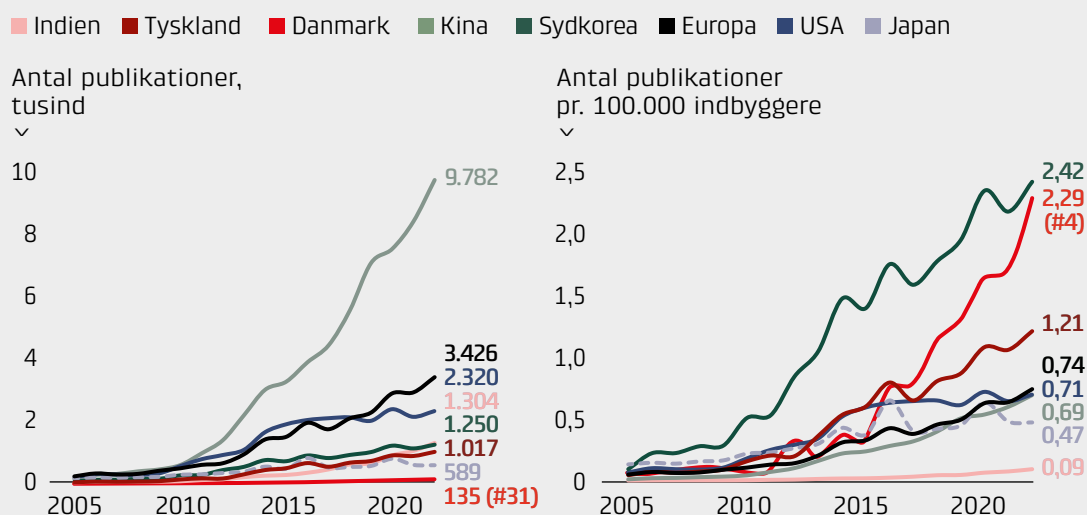
udgivet 2.320 amerikanske artikler om batteriteknologi – 35 gange så mange som i 2005. I 2005 var der 0,8 kinesiske artikler for hver amerikansk. I 2022 var der 4,2 kinesiske for hver amerikansk.

Den største forskningsaktivitet inden for batteriteknologi finder sted på Nanyang Technological University i Singapore, Karlsruhe Institute of Technology i Tyskland og Hanyang University i Sydkorea.

Batteriforskning i Danmark spænder bredt fra grundlæggende elektrokemisk forskning til anvendelsesfokuserede energistrategier skræddersyet til specifikke anlæg. Danske videninstitutioner spiller en aktiv rolle i en række

¹³ Værd at bemærke den fremtrædende position for forskning i Indien, som ikke fører til en tilsvarende position i patentanalysen. Ifølge WIPO udtager Indien mindre end 1 % af verdens patenter, og der er flere virksomheder, der årligt udtager flere patenter end Indien. Der er mange forklaringer, f.eks. at Indien kun bruger 0,7 % af BNP på FoU, mens USA bruger 2,8 % og Korea 4,2 %. Det hævdes også, at der mangler forståelse for IP-rettigheder i Indiens SMV-virksomheder. www.analyticsindiamag.com/ai-origins-evolution/the-real-reason-why-india-falls-behind-in-innovation

Figur 7. Forskningsaktivitet i antal artikler og antal artikler per capita i de mest publicerende lande 2005 – 2022

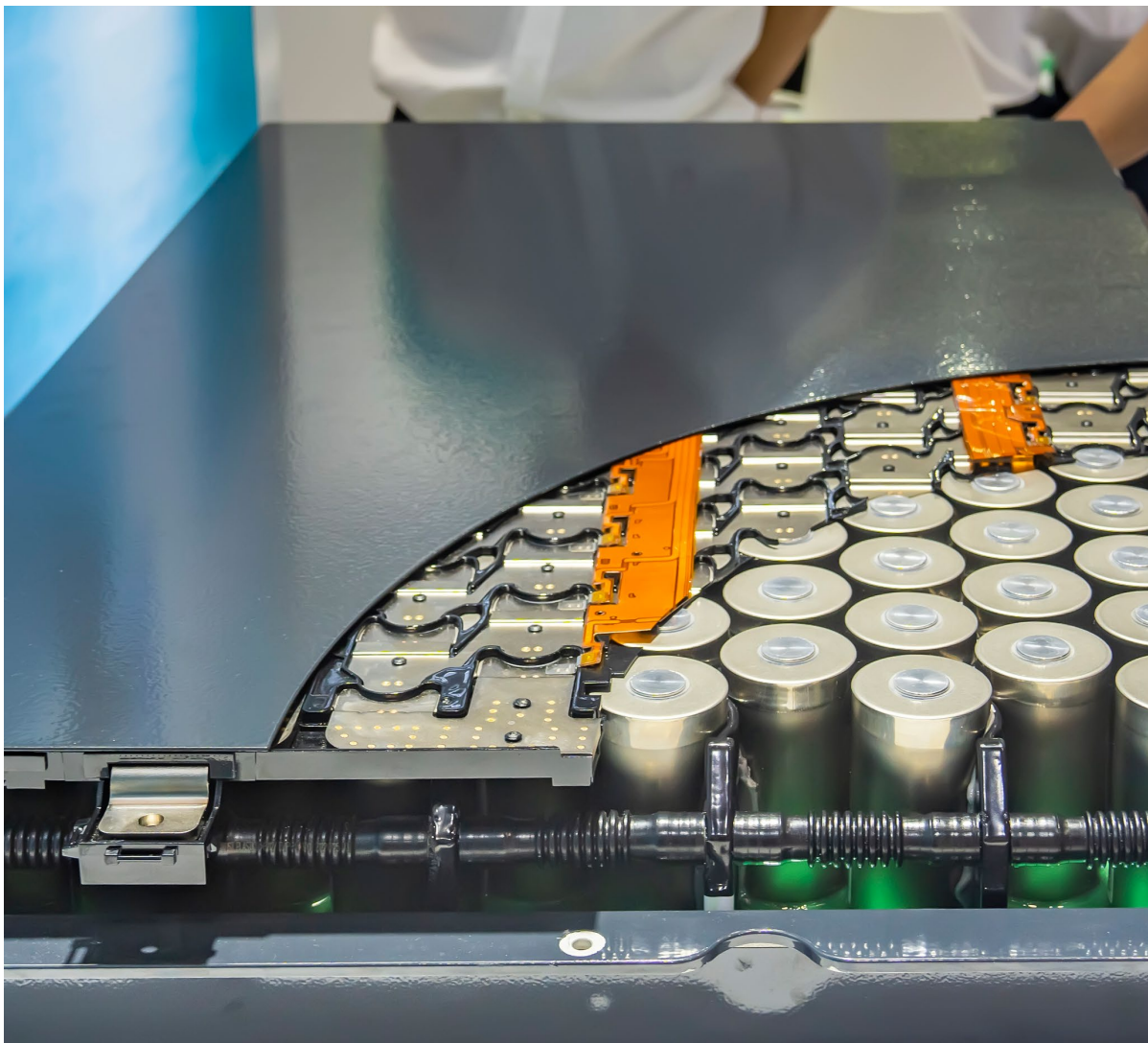


Kilde: Teknologisk Institut. Antal videnskabelige publikationer i absolutte tal (venstre) og pr. 100.000 indbyggere (højre) for de 6 mest publicerende geografier+Danmark. Danmark er nummer 4 opregnet pr. capita blandt de 30 mest publicerende lande. Alle publikationer inden for batteriteknologi siden 2005 er medtaget for de 6 mest publicerende lande + Europa og Danmark. Søgninger gennemført i OpenAlex. Publikationer kan tælle flere gange, hvis der fremgår forskere fra mere end ét land.

EU- og internationalt finansierede projekter, og de bidrager til udviklingen af fremtidens batteriteknologier. Forskningsarbejdet dækker flere centrale områder, herunder udviklingen af nye batterimaterialer baseret på ionledende elektrolytter som litium, natrium, zink, magnesium og aluminium. Disse elektrolytter kan være flydende, semifast stof eller fast stof. Derudover forskes der i flow-batterier med flydende elektrolytter, hvor organiske forbindelser som jern og vanadium ofte anvendes. Udviklingen af batterikomponenter som LMNO-katoder, kulstofanoder og avancerede coating-teknologier spiller også en stor rolle. Implementering og styring af batterier i forskellige energisystemer er et andet væsentligt fokusområde, ligesom

udviklingen af cirkulære batteriteknologier, hvor materialer og komponenter er rigeligt tilgængelige i Europa, er højt prioriteret.

Flere danske virksomheder samarbejder med universiteterne om at fremme disse teknologier. For eksempel arbejder Topsoe med produktion og forskning i LMNO-katodematerialer til Li-ion-batterier, mens Visblue fokuserer på nye elektrolytter baseret på vanadium til flow-batterier. Start-up-virksomheden Danish Graphene udvikler grafitprodukter, der potentielt kan anvendes som carbonbaseret anodemateriale med højt siliciumindhold. Nedenfor er eksempler på dansk deltagelse i forskning og innovation inden for batteriteknologi.



Forskning i genanvendelse af batterier

Analyse af forskningsaktiviteter inden for batteriteknologi, der fokuserer på udvikling af nye batterikemier samt genanvendelse af batterier, viser den globale forskningsaktivitet opdelt i tre regioner: USA, Kina og Europa (EU inklusiv Norge, Storbritannien og Schweiz) samt andre områder (Se Figur 8).

Data indikerer, at forskningen inden for genanvendelse af batteriers materialer har oplevet en markant vækst fra 2005 til 2022. Antallet af årlige publikationer steg fra 30 i 2005 til 1.437 i 2022, hvilket svarer til en 48-dobling. Desuden er antallet af publikationer mere end fordoblet fra 2019 til 2022. Ser man på fordelingen mellem regionerne, er det tydeligt, at USA og Europas bidrag udgør en stadig mindre andel af den samlede forskning i genanvendelse af batterier. Samlet udgjorde USA og Europas andel 28 % af den globale forskning i 2022, mens Kinas andel udgjorde 40 % af den globale forskning samme år.

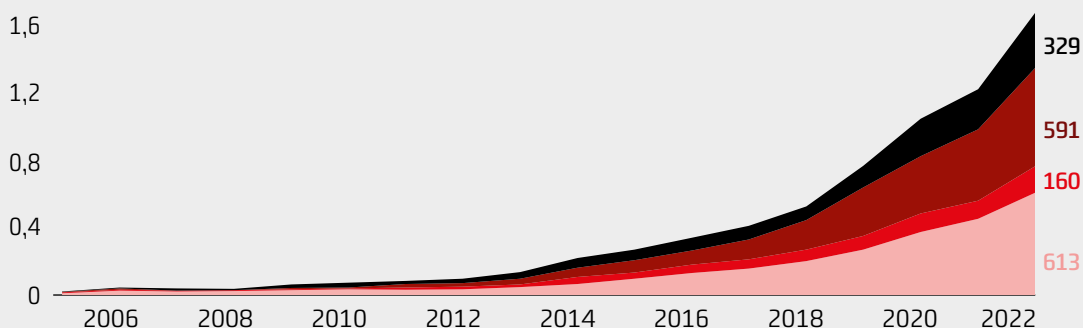
Inden for genanvendelsesteknologier er der særligt forskningsaktiviteter ved Aachen University i Tyskland, Nanyang Technological University i Singapore samt Technische Universität i Braunschweig. I Danmark er Aalborg Universitet og Danmarks Tekniske Universitet de primære institutioner, der forsker i genanvendelse af batterier, og der er i alt fundet 41 artikler fra Danmark. Også Aarhus Universitet har arbejdet med genanvendelse af batterier.



Figur 8. Global forskning i genanvendelse

■ Andre ■ USA ■ Kina ■ Europa

Antal publicerede artikler, tusind



Kilde: Teknologisk Institut. Egne beregninger efter søgninger i OpenAlex på genanvendelsesteknologi til batterier. I alt er 6.380 artikler publiceret i perioden 2005–2022, og antallet af årlige ansøgninger er fordoblet fra 2019 til 2022. Europa er EU inkl. NO, UK og CH. Danmark har i samme periode udgivet 41 artikler inden for genanvendelsesteknologier til batteri.

Eksempler på dansk forskningsaktivitet inden for batteriteknologi

BIG-MAP: Central del af det europæiske forskningsinitiativ BATTERY2030+

www.battery2030.eu/battery2030/projects/big-map

Battery 2030+ er et ambitiøst europæisk initiativ, der sigter mod at revolutionere batteriinnovation gennem avancerede forsknings- og udviklingsplatforme. Det bygger på Set Plan Action 7 – et europæisk initiativ, der skal gøre EU konkurrencedygtig i batterier og e-mobilitet (Battery 30+, 2022). Et centralt projekt under dette initiativ er BIG-MAP (Battery Interface Genome – Materials Acceleration Platform), som har til formål at fremskynde opdagelsen af nye batterimaterialer og teknologier ved at integrere kunstig intelligens, højt ydende computere og autonome synteseroboter. Danmarks Tekniske Universitet (DTU) koordinerer BIG-MAP og bidrager til udviklingen af videnskabelige og teknologiske byggesten, der er nødvendige for at accelerere batteriopdagelser.

Fremtidens superbatteri af stenbaserede silikater

www.dtu.dk/newsarchive/2024/06/fremtidens-batterier-til-elbiler-er-lavet-af-sten

Forskere ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har udviklet et nyt superionisk materiale baseret på kaliumsilikat, som kan revolutionere batteriteknologien ved at erstatte litium i elektriske køretøjer med 'solid-state' batterier. Kaliumsilikat er et miljøvenligt og billigt materiale udvundet fra almindelige sten. Det fungerer som 'solid-state' elektrolyt og kan formes til papiirtynde lag i batterier, hvilket øger sikkerheden og effektiviteten uden brug af dyre metaller som kobolt. Dette gennembrud kan muliggøre batterier, der giver elektriske køretøjer en rækkevidde på op til 1000 km med kun 10 minutters opladning og reduceret brandrisici. Teknologien er dog stadig i et tidligt udviklingsstadium, og kommerciel anvendelse forventes om

cirka 10 år. DTU's forskning markerer et vigtigt skridt mod bæredygtig energilagring og kan potentielt reducere transportsektorens CO₂-udledninger markant. En prototype af batteriet forventes klar inden for 1-2 år.

Nyt design af Li-ion-batterier forbedrer levetid og opladning

www.helios-h2020project.eu/partners

HELIOS er et EU-finansieret projekt, der udvikler miljøvenlige og modulære Li-ion-batteripakker til elektrisk mobilitet i byer, særligt til køretøjer som bybusser. Projektet fremmer den cirkulære økonomi ved at fokusere på genbrug og genanvendelse af batterier. Et konkret resultat er forbedret batteridesign, der forlænger levetiden og forbedrer opladningskapaciteten, hvilket mindsker behovet for nye råmaterialer og reducerer CO₂-aftrykket. Dette hjælper Europa med at skabe en mere bæredygtig og konkurrencedygtig transportsektor. Aarhus Universitet koordinerer det europæiske projekt.

Udvikling af direkte genanvendelsesprocesser for LFP-batterier

www.reuse-batteries.eu

ReUse er et fælles europæisk projekt, hvor Teknologisk Institut deltager sammen flere forsknings- og teknologiorganisationer (som f.eks. Fraunhofer (Tyskland), Vito (Belgien), Arkema (Frankrig) m.fl.) og virksomheder (se www.reuse-batteries.eu/about). Sigtet med projektet er at udvikle bæredygtige og økonomisk rentable genanvendelsesprocesser for de stadig stigende mængder af LFP-batteriaffald som Europa vil skulle håndtere fremover. Kardinalpunktet i projektet er ønsket om at kunne anvende LFP-katodematerialet i sin oprindelige form fremfor at nedbryde det kemisk i dets bestanddele, som andre metoder gør i dag. Herved spares energi, og en større del af materialets værdi som katodemateriale bevares.

Teknologi

Forskning i batteriteknologi kan omsættes til innovation, vækst og velstand – og for batterier handler det f.eks. om mængden af energi, der kan lagres, per vægt og per rumfang, til lavest mulig pris. Patenter og patentansøgninger er en stærk, global indikator for både innovation og kommercielle interesser. Hvor forskningen i grundlæggende teknologi sjældent fører til patenter, stiger interessen for at beskytte sine opdagelser og innovationer kommercielt, når teknologien kan få økonomisk betydning for udviklerne.

Innovation og teknologiudvikling for batterier

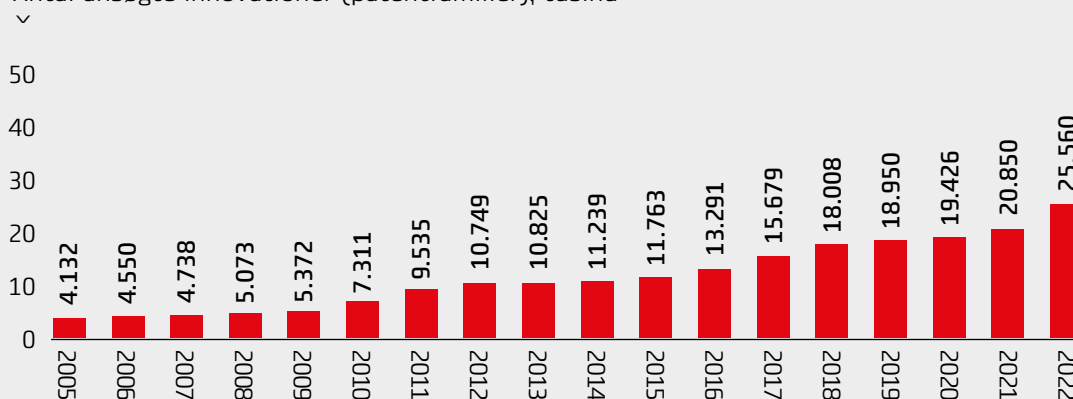
Siden år 2000 og frem til juli 2024 er der blevet ansøgt om 1,1 millioner patenter verden over. Innovationer, der patenteres i mere end et geografisk område samles i "familier", der dækker over samme innovation. Siden år 2000 omfatter patenterne 255.004 patentfamilier eller innovationer, som optalt af PatSnap.¹⁴

Figur 9 viser en forsøgelse af antallet af patentfamilier inden for batterier.

¹⁴ Teknologisk Institut anvender PatSnap til patentanalyser – også kaldet "tech-mining". PatSnaps databaser omfatter patentdata for mere end 170 lande i verden. Det er ikke muligt at indfange alle relevante patenter i en søgning uden at også få mange irrelevante patenter med. Derfor indsnævres søgningen til et punkt, hvor ikke alle relevante patenter er med, men hvor antallet af irrelevante patenter er deduceret mest muligt. En vis "tøj" fra irrelevante patenter kan dog ikke undgås. Hensigten med tech-mining er at finde tendenser og størrelsesordener, og ligesom survey-undersøgelser giver tech-mining passende, dækkende resultater med en mindre, indbygget usikkerhed. Tallene giver et globalt billede af den teknologiske udvikling, selvom ikke alle teknologier patenteres, f.eks. pga. pris, konkurrencehensyn eller administrativt bøv. l.

Figur 9. Global innovation i batteriteknologi

Antal ansøgte innovationer (patentfamilier), tusind

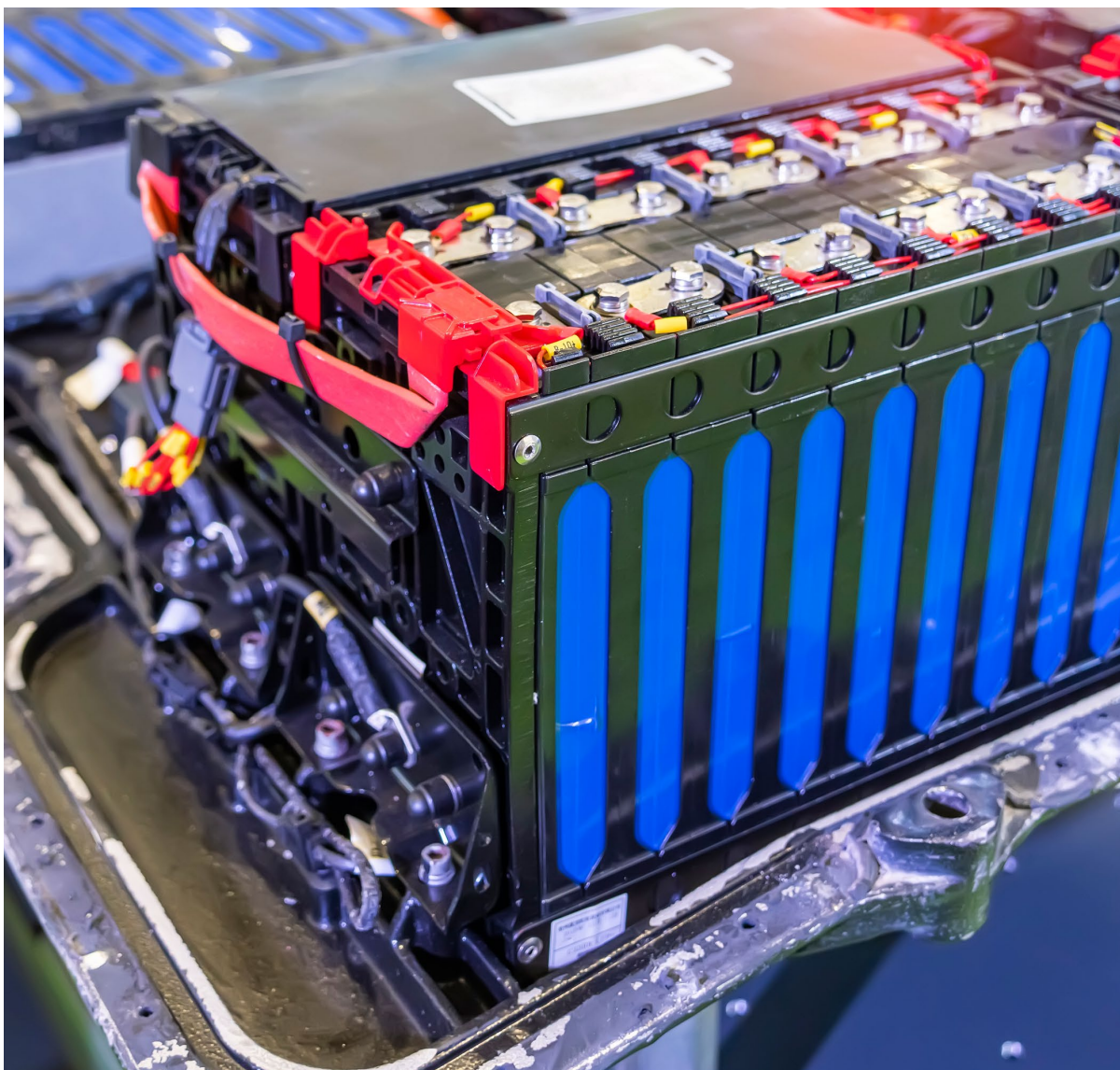


Kilde: Teknologisk Institut. Egne beregninger efter søgning i PatSnap. Baseret på 255.004 innovationer siden 1.1.2000 – opgjort som patentfamilier. Mål i ansøgninger er 1,1 million patenter ansøgte (og/eller godkendte). Patenter skal være udtaget i mindst to lande for at indgå i opgørelsen. Alle ansøgninger vedrørende batterier er medtaget. Antallet af ansøgninger er mere end fordoblet fra 2015 til 2022. Normalt vil der være omkring 70 % ansøgninger publiceret som patenter. Antallet af ansøgninger kan være højere for de seneste år, da der kan gå et til to år, før ansøgningen er noteret i databaserne. Derfor er data for 2023-2024 ikke vist. Status 29.9. 2024.

Kultur og politik for at udtage patenter varierer fra land til land, og det skal tages i betragtning, når patenter anvendes som indikatorer for innovation ved sammenligninger af lande. For eksempel bliver der udtaget mange kinesiske patenter, fordi kinesiske virksomheder med mange patenter får lokale tilskud og skatterabatter i det nationale 'high- and new-technology enterprise program'. I analyserne er patenter derfor kun medtalt, når patenterne også er ansøgt eller udtaget i mindst ét andet land. Mængden af kinesiske innovationer er dog

fortsat høj og stærkt stigende, hvilket reflekterer den kinesiske satsning på højteknologi.

Hvis patenterne opgøres efter oprindelsesland, er det lande som Kina, Japan og USA, som ligger i den absolutte top. Europæiske lande er også med, men samlet set har Europa (iberegnet Storbritannien, Norge og Schweiz) knap halvt så mange patenter som Kina. Oprindelseslandet er det land, hvor den tidligste ansøgning blev indgivet. Det giver et billede af et lands innovationskapacitet. Tallet kan



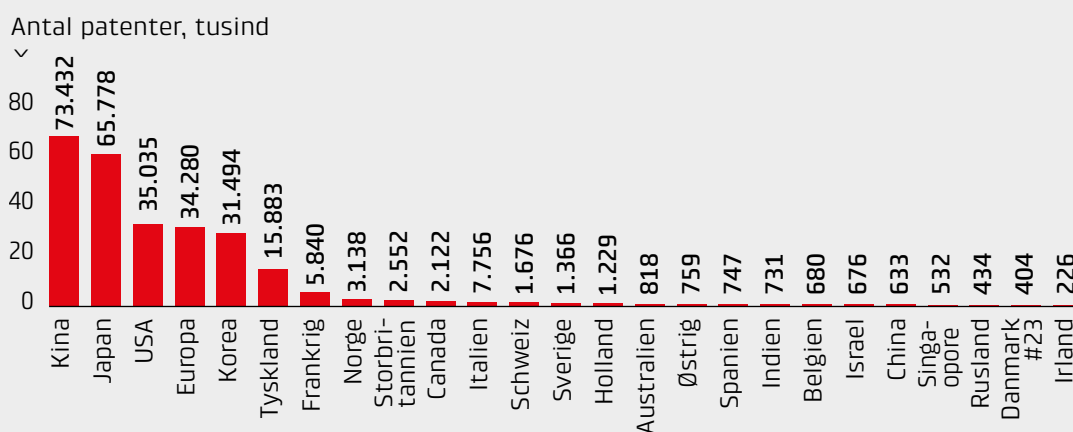
enten indikere, hvor størstedelen af organisationerne er baseret, eller hvilke lande virksomheder først ønsker at kapitalisere deres innovation i.

Figur 10 viser fordelingen efter lande. Danmark er med som land nr. 23 i rækken og som nr. 19, hvis antallet af patenter opgøres i forhold til antal indbyggere. I Figur 11 vises både patenteringen i absolutte tal og per capita. Langt de fleste af verdens patenter i 2022 blev udtaget i Kina (34 %), Japan (24 %), Sydkorea (15 %), USA (12 %) og Europa (11 %). Danske patenter repræsenterer blot 0,14 % af verdens patenter. Hvis innovationen sættes i forhold til antal indbyggere pr. land, ændrer billedet sig (se Figur 11), og patentsøgerne i Sydkorea og Japan træder frem som de mest patenterende. Danmark ligger som angivet nr. 19, når patenteringen udregnes per capita. Det svarer stort set til det europæiske niveau. Siden 2005 har USA og Europa 4-doblet aktiviteten i 2022, Sydkorea og Danmark

har næsten 6-doblet aktiviteten, og Kina har 26-doblet innovationsaktiviteten – også når der tages højde for befolkningsudviklingen.

Figur 12 viser den geografiske placering af de mest citerede patenter. I USA er de primært på øst- og vestkysten, i Europa langs den "blå banan" fra London og syd langs Rhinen til Milano. I Kina er de i de industrielle centre omkring Beijing, Shanghai og Shenzhen/Hongkong. Desuden på Taiwan, samt Sydkorea og i Japan omkring Tokyo og Osaka.

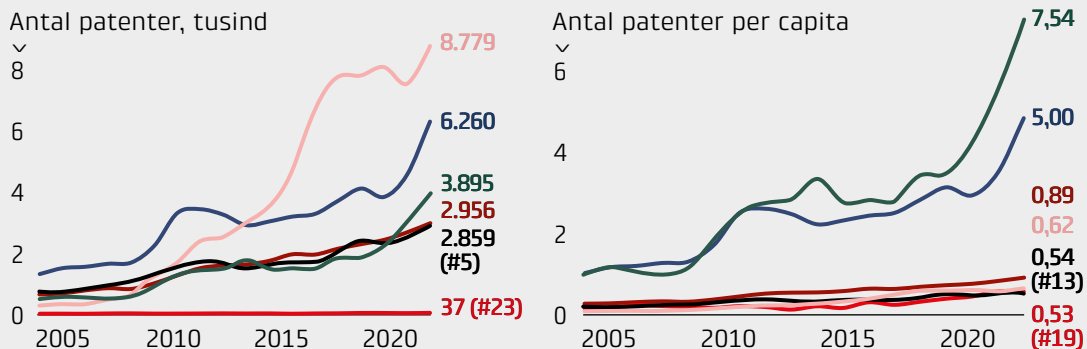
Figur 10. Patenter opgjort efter oprindelsesland (total siden år 2000)



Kilde: Teknologisk Institut. Egne beregninger efter søgning i PatSnap. Dette viser de lande, hvor den tidligste ansøgning blev indgivet for at vurdere et lands innovationskapacitet. Tallet kan enten indikere, hvor størstedelen af organisationerne er baseret, eller hvilke virksomheder fra andre lande der først ønsker at kapitalisere deres innovation i landet. Alle ansøgninger om patenter vedrørende batteriteknologi er medtaget for de 25 mest patenterende lande. Danmark er på plads nr. 23. Patenter er ansøgt siden år 2000 i mindst to lande - patentfamilier. Antallet af patenter fra Europa er beregnet med data fra EU, Storbritannien, Norge og Schweiz.

Figur 11. Batteriinnovation. Patenter (2005–2022)

Kina USA Europa Sydkorea Japan Danmark

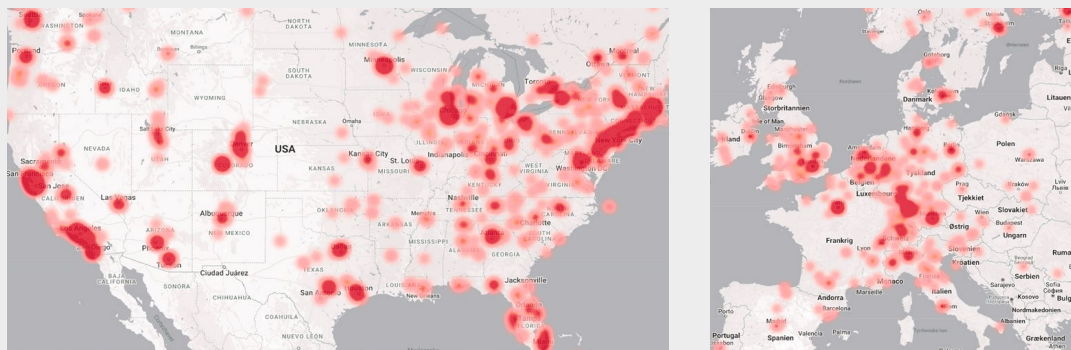


Kilde: Teknologisk Institut. Antal patenter i absolutte tal (venstre) og pr. 100.000 indbyggere (højre) for de fem mest patenterende geografier + Danmark. Danmark er nummer 19 opregnet per capita. Alle ansøgninger om batteriteknologi siden 2005 er medtaget for de fire mest patenterende lande + Europa og Danmark. Søgninger gennemført i PatSnap. Patenter citeret mindst to gange er medtalt.

Figur 12. Geografisk fordeling af de vigtigste patenter

Kortudsnittene viser, hvorfra de mest citerede patenter 2005–2022 stammer. Uden for kortudsnittene står også Singapore og Tel Aviv i Israel tydeligt.

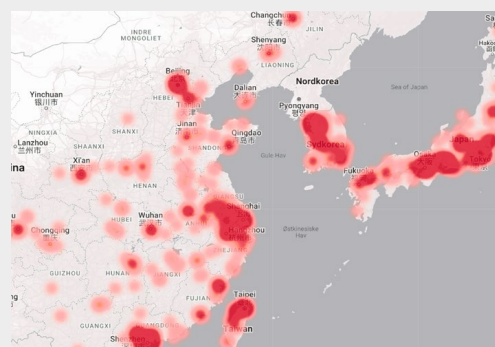
■ Stærk koncentration ■ Mindre stærk koncentration



USA: Batteriudviklingen i USA finder især sted langs den amerikanske østkyst mellem Boston og Washington – også kendt som BosWash-området, samt i Californien omkring San Francisco og Los Angeles.

Europa: Batteriudviklingen i Europa er koncentreret omkring "den blå banan" fra London over kanalen og ned langs Rhinen til Milano i syd. København fremstår som et mindre hotspot.

Østasien: I Østasien fremstår Sydkorea stærkt og i Japan Tokyo og Osaka. Der er mindre hotspots spredt i Kina, men især området mellem Shanghai og Hangzhou er intenst. Det samme gælder Shenzhen og Hongkong. Også Taiwan er et hotspot.

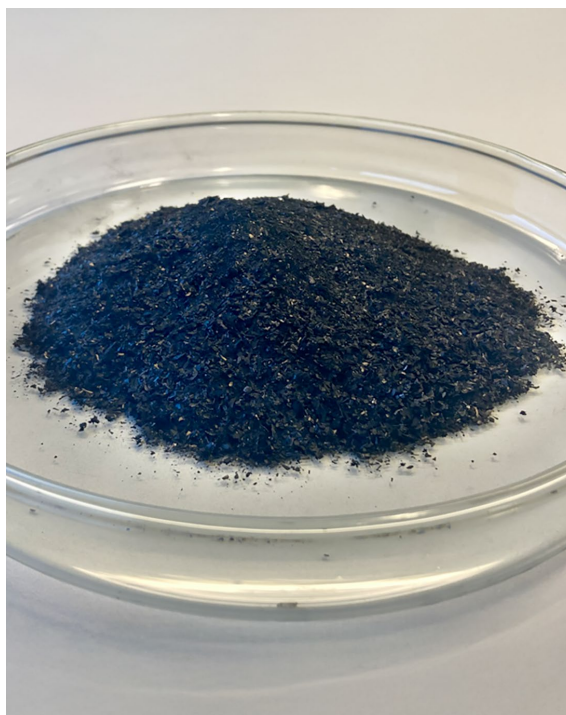


Kilde: Beregning foretaget af Teknologisk Institut med data fra PatSnap. Verdenskortet findes på: shorturl.at/uxTJq brug "teknologi" som password.

Teknologi til genanvendelse af batterier – Kina satser

Det er ikke kun i udvikling af ny batteriteknologi og batterisystemer, der udtages patenter. Der er også en del patenter, der har fokus på genanvendelse. Figur 13 viser stigende interesse for genbrugsteknologi i relation til batterier. I 2005 blev der udtaget 426 patenter, og interessen for at ansøge om teknologier til genanvendelse var 5-doblet i 2022. Interessen er især steget i Europa (EU inkl. No, UK og CH), hvor antallet af patentansøgninger fra 2005 til 2022 er 3-doblet. I Kina steg antallet af patenter imidlertid med en faktor 60.

Der er få danske patenter blandt patenterne. Et eksempel er Seaborg Aps, der i 2022 ansøgte om patent på en metode til effektiv genvinding af metaller fra affaldsmaterialer, f.eks. Litium-ion-batterier, ved at udnytte specifikke kemiske og elektrokemiske processer.



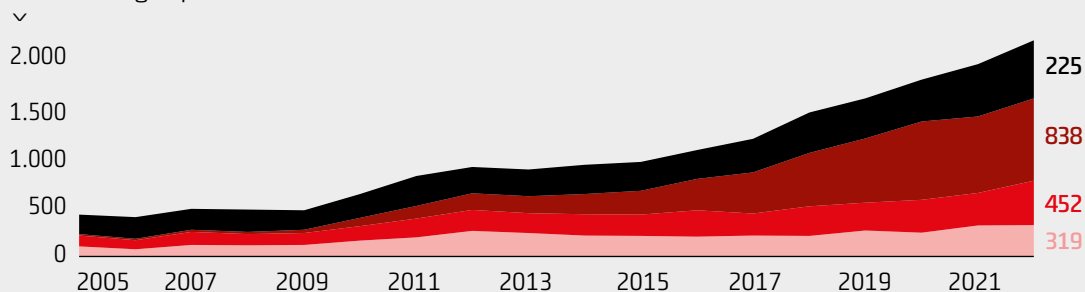
Patentet blev godkendt i maj 2024 hos WIPO (WO2024100269A1).¹⁵

¹⁵ Andre patenter, der kan reducere miljøbelastning – uden direkte at være genindvinding – er f.eks. Haldor Topsøe A/S med et patent, som bidrager til udviklingen af Na-ion-batterier. Ved at forbedre materialernes elektrokemiske stabilitet og ydeevne kan denne teknologi fremme mere effektive og holdbare batterier, hvilket er afgørende for storskala energilagring og mere indirekte til reduktion af miljøpåvirkningen fra batteriaffald. Endelig har AP Møller udtaget et patent på et system til at udskifte elektrolytter på skibe i 2021 (DK202100447).

Figur 13. Global innovation i genanvendelse af batterier (2005-2022)

■ Andre ■ USA ■ Kina ■ Europa

Antal ansøgte patenter



Kilde: Teknologisk Institut. Egne beregninger efter søgninger i PatSnap efter genanvendelsesteknologi til batterier. Søgningen viser de lande, hvor den tidligste ansøgning blev indgivet. Patenter skal være udtaget i mindst to lande for at indgå i opgørelsen. I alt er udtaget 22.699 patenter i perioden 2000–2022, og antallet af årlige ansøgninger er fordoblet fra 2017/18 til 2022. Antallet af ansøgninger kan være højere for de seneste år, da der kan gå et til to år, før ansøgningen er noteret i databaserne. September 2024. Europa omfatter EU samt Norge, Schweiz og Storbritannien.

Marked

Internationale værdikæder og cirkulær økonomi

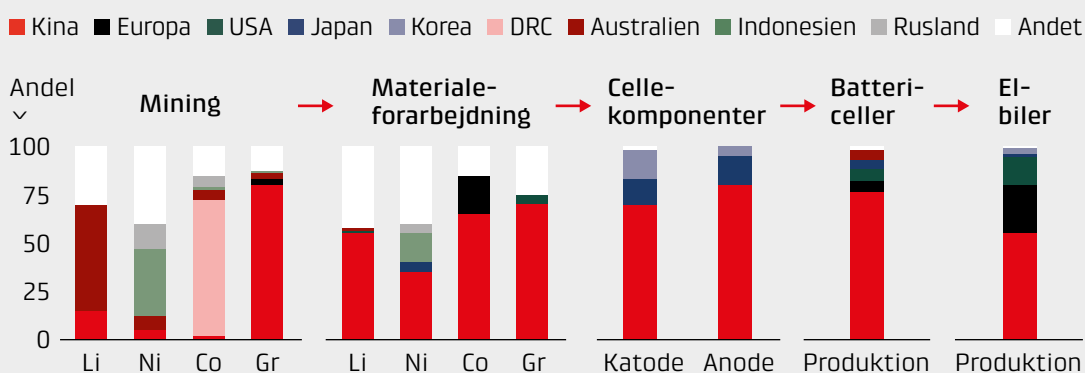
I det følgende kortlægges det internationale perspektiv af den cirkulære batteri-økonomi. World Economic Forum forventede i 2019, at op mod 10 millioner mennesker i 2030 vil være beskæftiget i batteriernes værdikæde inklusive produktion af elbiler (World Economic Forum, 2019), (EIT, 2021). På lang sigt (længere frem end 2030) kan der globalt set være 2–3 millioner job forbundet alene med batteriproduktion (materialer, celler til pakker). Omkring 2030 kan op til 1 million job globalt (f.eks. 3300 GWh x 300 job/GWh) opstå, og op til 300.000 job i Europa (f.eks. 1000 GWh x 300 job/GWh). I Danmark er omkring 250 personer fordelt på 17 virksomheder beskæftiget med batteriproduktion (materialer, celler til batteripakker).

Den globale værdikæde for produktionen af elbiler er i hele værdikæden, fra råvarer til batterier til biler, domineret af få og især kinesiske aktører.¹⁶ Figur 14 illustrerer Kinas dominans i værdikæden for el-biler fra produktion af råvarer, cellekomponenter, battericeller og elbiler. I Boks 2 er de største virksomheder opgjort, og her fremgår det tydeligt, at en betydelig andel udgøres af kinesiske virksomheder.

Det Internationale Energiagentur (IEA) vurderer, at selvom især råvarerne er domineret af kinesiske virksomheder, så er der muligheder på længere sigt for at åbne nye miner i EU og dermed reducere den kinesiske dominans.

¹⁶ Produktion af elbiler efter salg, batteriproduktion målt i MWh, katode og anode efter produktionskapacitet, minedrift efter produktionskapacitet.

Figur 14. Kina dominerer fra råvarer til elbiler



Li = litium; Ni = nikkel; Co = kobolt; Gr = grafit; DRC = Den Demokratiske Republik Congo. Geografisk deling refererer til det land, hvor produktionen finder sted. Mining er baseret på produktionsdata. Materialeforarbejdning er baseret på data om raffineringssproduktionskapacitet. Produktion af cellekomponenter er baseret på data om produktionskapacitet for katode- og anodematerialer. Produktion af battericeller er baseret på data om produktionskapacitet for battericeller. Produktion af elbiler er baseret på data om elbilproduktion. Selvom Indonesien producerer omkring 40 % af det samlede nikkel, anvendes kun lidt af dette i øjeblikket i forsyningskæden for elbilbatterier. De største producenter af klasse 1 nikkel af batterikvalitet er Rusland, Canada og Australien. Kilder: IEA-analyse baseret på: EV Volumes; US Geological Survey (2022); Benchmark Mineral Intelligence; Bloomberg NEF. Figuren er inspireret af: iea.blob.core.windows.net/assets/961cfc6c-6a8c-42bb-a3ef-57f3657b7aca/GlobalSupplyChainsOfEVbatteries.pdf

Kinesisk dominans i globale værdikæder

De dominerende virksomheder i værdikæden fra råvarer til batteri til elbiler er ifølge IEA (IEA, Global Supply Chains of EV Batteries, 2022):

Råvarer

Litium: De tre største virksomheder står for omkring en tredjedel af produktionen: Sociedad Química y Minera de Chile (Chile), Pilbara Minerals (Australien), Allkem (Australien). Desuden er Livent Corporation (USA) og Ganfeng Lithium Co. (Kina) betydelige spillere.

Nikkel: De tre største virksomheder står for mere end en fjerdedel af produktionen: Jinchuan Group (Kina), BHP Group (Australien), Vale SA (Brasilien). Desuden Tsingshan (Kina), Nickel Asia Corporation (Filippinerne) og Glencore (Schweiz). Rusland står også for en betydelig nikkelproduktion.

Kobolt: 70 % af al kobolt kommer fra DR Congo. Glencore (Schweiz) er verdens største producent, dernæst kommer Jinchuan Group (Kina), CN Molybdenum (China) og Chemaf (DRC).



10–20 % af produktionen i DR Congo består af små minevirksomheder.

Grafit: 80 % af de naturlige og anvendelige forekomster, der udnyttes, er kinesiske, men i Tanzania, Mozambique, Canada og Madagaskar åbnes der også miner. Tyrkiet og Brasilien har dog betydelige reserver. Syntetisk grafit kan imidlertid også anvendes i batteriproduktionen og kan fremstilles fra restprodukter fra olieindustrien. Norske Elkem og Franske Emerys er europæiske producenter.

Mangan: Findes over hele kloden, og der forventes ikke ressourcemangel, men 90 % af produktionen af mangansalte til batterifremstilling er kinesisk ejet.

Batterimaterialer

Katode: Sumitomo (Japan), Tianjin B&M Science and Technology (Kina), Shenzhen Dynanonic (Kina). Desuden Ningbo Shanshan (Kina).

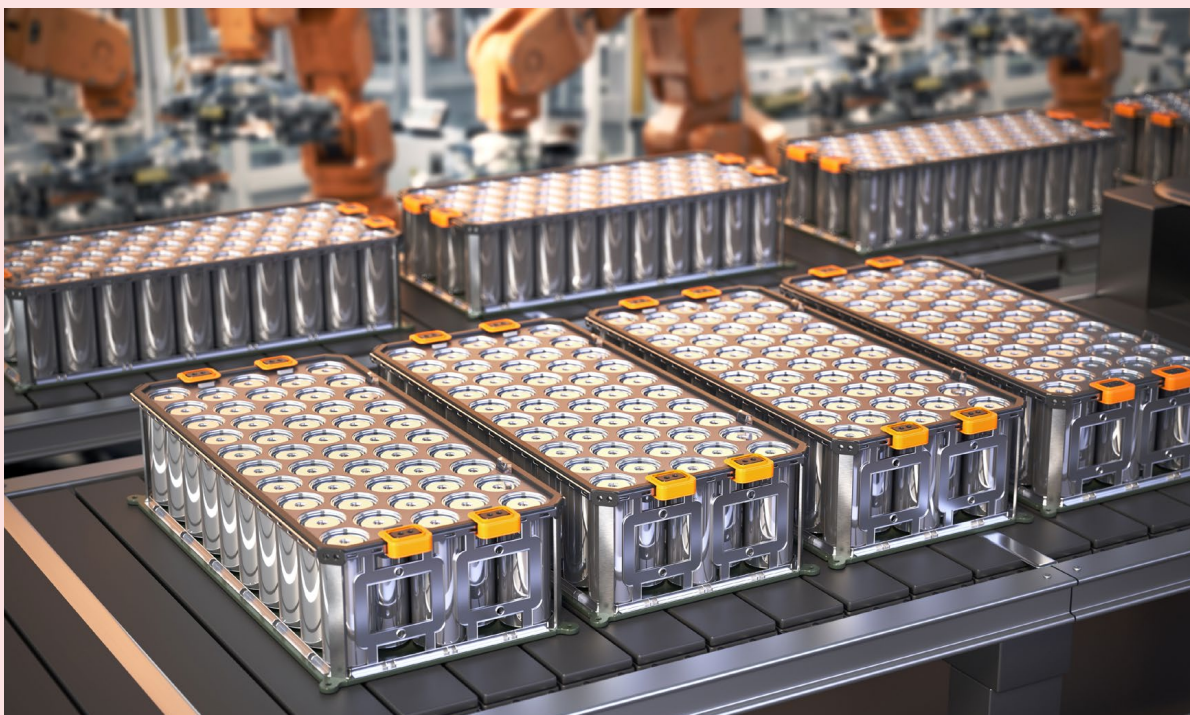
Anode: Ningbo Shanshan (Kina), BTR New Energy Materials (Kina), Shanghai Putailai New Energy Technology (Kina). De seks største er alle kinesiske firmaer, der står bag to tredjedele af verdens produktion.

Celleproduktion: CATL (Kina), BYD (Kina), LG Energy Solution (Korea) – som står bag to tredjedele af produktionen. Desuden Panasonic (Japan) og koreanske SK On og Samsung SDI. I Kina desuden CALB, Farasis Energy, Envision AESC og Sunwoda.¹⁷

Elbiler

Elbilproduktion: Tesla (USA), VW Group (Tyskland) og BYD (Kina) står tilsammen for en tredjedel af udbuddet af elbiler, hvor BYD og Tesla har førertrøjen.

¹⁷ Se også www.cleantechnica.com/2024/01/19/top-10-battery-producers-in-the-world-2023-provisional-data



Genanvendelse af batterier

Genanvendelse bliver i stigende grad organiseret gennem joint ventures mellem bilproducenter og genanvendere, fordi sikker forsyning af materialer er afgørende for bilproducenterne – og gerne genanvendte materialer (McKinsey, 2023). For eksempel:

- I 2020 indgik BMW, Umicore og Northvolt et joint venture¹⁸ om at udvikle en bæredygtig cirkeløkonomi for EV-batterier. Men Northvolt er aktuelt finansielt udfordret. Umicore har også samarbejder med PowerCo (VW's batterivirksomhed) om produktion af batterimaterialer.^{19, 20}
- I 2021 indgik Renault joint venture med Slovak og Veolia om et cirkulært genanvendelsessystem for EV-batterier.
- I august 2024 aftalte Renault samarbejder om recycling i et joint venture med Suez og Eramet.²¹
- I august 2024 har Mercedes åbnet en fuldt integreret mekanisk hydrometallurgisk procesanlæg i Baden-Württemberg, som dækker alle trin fra neddeling af batterimoduler til tørring og forarbejdning af aktive batterimaterialer.²² Anlægget kan årligt behandle batterier fra 7.000 elbiler. I Kina ejer CATL (verdens største EV-batteriproducent) deres egen recycling firma Brunp Recycling.
- Stellantis (f.eks. Peugeot, Fiat og Jeep) havde planlagt joint venture til recycling af batterier med Orano (Fransk Atomkraft), men det blev opgivet i september 2024.²³

¹⁸ www.manufacturingdigital.com/lean-manufacturing/northvolt-confirms-partnership-bmw-and-umicore

¹⁹ bm.umicore.com/en/newsroom/umicore-and-volkswagen-ag-to-create-european-ev-battery-materials-joint-venture

²⁰ www.umicore.com/en/newsroom/umicore-and-powerco-get-official-go-to-start-joint-venture-for-eu-battery-materials-production

²¹ www.euwid-recycling.com/news/business/renault-gets-eu-clearance-to-join-battery-recycling-jv-between-suez-and-eramet-120824

²² www.ing.dk/artikel/mercedes-aabner-ny-fabrik-skal-genbruge-96-procent-af-elbilbatterier

²³ www.autorecyclingworld.com/stellantis-and-orano-abandon-ev-battery-recycling-joint-venture

Råmaterialer

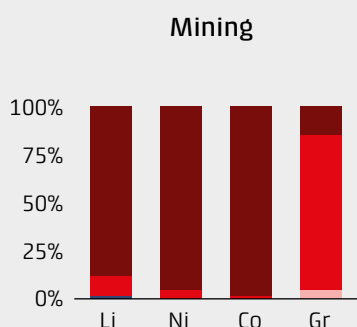
Den globale efterspørgsel efter råvarerne til batterier forventes at stige kraftigt i de kommende år (Draghi, 2024).

Figur 14 viser f.eks., at 70 % af verdens kobolt stammer fra DR Congo. Det er et område præget af politisk ustabilitet og sociale problemer, som børnearbejde, hvilket skaber usikkerhed omkring en stabil forsyning af kobolt. Litium findes især i Sydamerika og Australien, mens nikkel særligt findes i Indonesien og Filippinerne. Minedrift og forarbejdning af disse materialer har betydelige negative miljømæssige og komplekse socioøkonomiske konsekvenser.

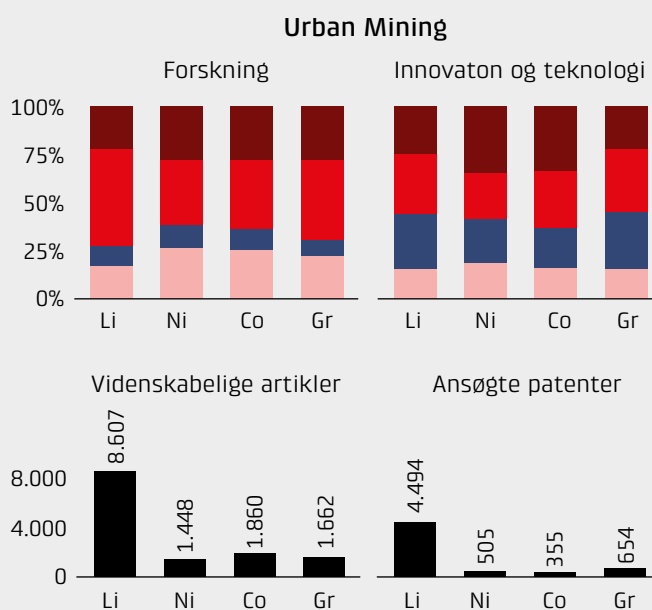
Produktionen af batterimaterialer bidrager væsentligt til de samlede CO₂-udledninger fra fremstillingen af elbiler, hvorfor elbiler som udgangspunkt har et højere CO₂-aftryk i produktionen end den tilsvarende konventionelle bil, som til gengæld indhentes ved en lavere udledning fra elbilen i brugsfasen. En rapport til EU-Parlamentet peger på, at der samlet set over produkternes levetid spares mere end 60 % i CO₂ for elbilen sammenlignet med tilsvarende benzindrevne biler i EU (Ricardo: Nikolas HILL, 2023). Li-ion-katoderne udgør en væsentlig andel af den samlede CO₂-udledning fra batterier til elbiler, da disse indeholder metallerne, Ni, Co, Mn, Cu og Li. Samme rapport rejser en bekymring om, at efterspørgslen efter materia-

Figur 15. Mining vs. urban mining i Europa, USA og Kina

■ Europa ■ USA ■ Kina ■ Andre



Mining: Data viser fordelingen af kilder til råstoffer hentet i miner. På nær grafit fra Kina er langt det meste fra miner i DR Congo, Australien, Indonesien – men i stort omfang kontrolleret af Kina. USA og Europa kun meget begrænset minedrift.



Urban mining er "minedrift" i batteriaffald, hvor oparbejdningsteknologi kan give råvarer. Forskningen finder sted i hele verden, men især i Kina. Og interessen er størst for litium.

Li = litium; Ni = nikkel; Co = kobolt; Gr = grafit; **Kilde:** Data for mining er aflæst fra analyse fra IEA, mens data vedrørende Urban Mining er hentet og beregnet af Teknologisk Institut fra henholdsvis OpenAlex (litteratur) og PatSnap (patenter). **Bemærk:** Europa omfatter EU samt Norge, Schweiz og Storbritannien 2005 – 2022.

lerne til Li-ion-batterierne delvist kan ophæve fordelene ved den reducerede efterspørgsel efter fossile brændstoffer under bilernes brug (Ricardo: Nikolas HILL, 2023, s. 34), hvis der ikke findes alternative kilder.

Minedriften foregår flere steder i verden, men Kina spiller en stor rolle i kulissen. Kinesiske firmaer har interesser i miner med litium, nikkel og kobolt flere steder i verden. F.eks. er 80 % af koboltminerne ejet af kinesiske firmaer (Congressional-executive Commission on China, 2023), og det samme gør sig gældende for store nikkelfraser i Indonesien (Mining Technology, 2024).²⁴ De ringe miljø- og sociale forhold omkring de kinesiske miner i Afrika er dokumenteret af blandt andet BBC (BBC Global China Unit, 2024).

Forsyningssikkerheden kan være truet af knaphed, flaskehalse, geopolitisk pres, kapacitet mv., og bekymringen gælder særligt litium, kobolt og nikkel. Det er muligt at finde litium-kilder andre steder, f.eks. geotermiske kilder i Storbritannien, men ingen har væsentligt potentiale som erstatning (Ricardo: Nikolas HILL, 2023). Ifølge IEA (IEA, 2021) kan de vigtigste alternative fremtidige kilder til vækst i forsyning resultere i øgede drivhusgasudledninger.

Når europæiske virksomheder ikke kan dominere udvindingen fra miner i samme grad som Kina, så er genanvendelse, hvor batterimaterialer udvindes fra indsamlede, udtjente batterier i stedet for malm, en mulighed. I Figur 15 vises dels, hvor i verden minedrift finder sted – og hvor i verden der forskes og udvikles i udvinding af nøglematerialerne litium, kobolt, nikkel og grafit fra udtjente batterier. Da

udtjente batterier findes alle steder i verden, har genanvendelse også interesse alle steder i verden – herunder også i Kina, som ellers sidder tungt på forarbejdningen af primære råmaterialer til batterier.

Produktion

Kina producerer tre fjerdedele af alle litium-ion-batterier og har 70 % af produktionskapaciteten for katode- og 85 % for anodematerialer. Over halvdelen af kapaciteten til forarbejdning og raffinering af litium, kobolt og grafit er placeret i Kina. Europa står for over en fjerdedel af den globale samling af elbiler, men har meget lidt af forsyningskæden bortset fra 20 % af koboltforarbejdningen. USA har en endnu mindre rolle i den globale forsyningskæde for elbilbatterier, med kun 10 % af elbilproduktionen og 7 % af batteriproduktionskapaciteten (IEA, Global Supply Chains of EV Batteries, 2022).

De fleste producenter af bærbare batterier til f.eks. forbrugerelektronik er globale som Samsung (S.Korea), Panasonic (Japan), LG Energy (S.Korea), Energizer (US) og Duracell (USA). For startbatterier er det primært amerikanske virksomheder (Exide, Clarios og East Penn) samt japanske GS Yuasa. Den store vækst i batteriproduktion ligger i batterierne til elbiler. Her domineres markedet for elbiler af CATL (Kina), LG Energy (Sydkorea), Panasonic (Japan), BYD (Kina), SK Innovation (Sydkorea) og Samsung (Sydkorea). Den asiatiske dominans er stærk: De globale markedsandele for batterier til elbiler var i januar 2023 ifølge SNE Research CATL 36,9 %, BYD 15,8 %, LG 13,8 %, Panasonic, 6,8 %, SK 5,1 %, CALB 4,7 %.²⁵

²⁴ De tre af fem af de største nikkelfraser i Indonesien er kinesisk ejet af Tsingshan Holding Group, Ningbo Lygend Mining og Huayou Cobalt. Omkring 84 % af den producerede nikkel fra Indonesien er fra kinesisk ejede miner, og andelen forventes at falde til 54 % i 2033 (Benchmark Minerals, 2024). Når det gælder kobolt fra DRC, er otte af de 14 største koboltminer i DRC nu kinesisk ejede, og de står for næsten halvdelen af landets koboltproduktion. Selvom mange af minerne er joint ventures med Gécamines, bliver de som regel styret af de kinesiske virksomheder. DR Congos potentielle kontrol over det globale koboltmarked er blevet overtaget af kineserne, som også ejer de fleste af landets 'rå' raffinaderier. Som resultat heraf kontrollerer Kina omkring 85 % af den globale koboltforsyning og kan påvirke fremtidige udviklinger i DR Congos koboltproduktion og priser. (World Bank, 2021).

²⁵ www.reuters.com/sustainability/struggling-northvolt-stokes-fear-europes-battery-future-2024-09-13

I Europa var planen, at Northvolt skal etableres med batterifabrikker i flere EU-medlemslande.²⁶ Northvolt AB er Europas første store fabrik, der har et mål om at producere Li-ion-batterier til en million elbiler pr. år inkl. katodematerialer og celler i 2026. Virksomheden er ejet af blandt andet VW og danske ATP. Som nabo til Northvolt AB i Skellefteå²⁷ i Sverige ligger Northvolts egen genanvendelsesvirksomhed, Revolt,²⁸ som er Europas største anlæg til genanvendelse af Li-ion-batterier. Teknologierne er nye, men Northvolt/Revolt har dokumenteret, at de kan producere katodemateriale fra 100 % indvundet nikkel, mangan og kobolt. Northvolt har aktuelt problemer med at få produktionsvolumen på batteriproduktionen. Der er store forsinkelser, det koster kontrakter, og det sætter spørgsmålstejn ved Europas evne til selv at producere batterier til elbiler, og illustrerer Europas afhængighed af Asien i elektrificeringen.²⁹ Problemerne hos Northvolt rejser tvivl om planlagte batterifabrikker i Heide, Tyskland, Göteborg, Sverige og Quebec, Canada og andre batteriprojekter i Europa. Der er andre initiativer i Europa, f.eks. Morrow Batteries, som bygger en ny batterifabrik i Norge,³⁰ samt Freyer og Automotive Cells Company (ACC), men Northvolt ses stadig som det førende initiativ i Europa.

Italienske FIAMM Energy Technology og tyske Hoppelcke laver batterisystemer til industrien og startbatterier til biler. Saft, en underafdeling af TotalEnergie, leverer hightech-batterier, VARTA AG (Tyskland) leverer alle typer af batterier. Også Continental AG arbejder med bilbatterier i Europa.

Transport & Environment, 2024 har kortlagt 50 planlagte batterifabrikker i EU. Vurderingen er, at 68 % af den planlagte battericelle produktionskapacitet i EU er i risiko for forsinkelser, nedskalering eller helt at blive opgivet (Transport & Environment, 2024). Kinesiske firmaer står bag 23 % af de planlagte, europæiske projekter. Hvis alle realiseres, kunne EU være selvforsynende med battericeller i 2030.

Forbrug

Kina er i øjeblikket verdens største marked for batterier og står for mere end halvdelen af det globale batteriforbrug i energisektoren. Herefter følger EU, USA samt mindre markeder som Storbritannien, Sydkorea og Japan. Efterspørgslen stiger også i udviklingsøkonomier, særligt i Afrika, hvor batteridrevne decentraliserede energiløsninger som solcellehjemmesystemer og mininetværk bidrager til at give millioner af mennesker adgang til elektricitet. COP28-målene kræver, at batteriudrulningen skal syvdobles inden 2030 for at muliggøre en effektiv overgang til grøn energi (IEA, Batteries and Secure Energy Transitions, 2024).

En stor del af markedet for batterier trækkes af salget af elbiler. I 2023 blev der solgt 8,1 millioner elbiler i Kina (38 % af solgte biler), 3,3 millioner i Europa (21 % af solgte biler) og 1,5 millioner i USA (9,5 % af solgte biler).³¹

I 2023 blev der tilføjet 42 GW batterilagringskapacitet globalt, med betydelig vækst i store batteriprojekter, decentraliserede løsninger som solcellehjemmesystemer og BESS-systemer.

²⁶ Northvolt er en fælles europæisk satsning for at øge batteriproduktionen i EU, men en krise har ramt Northvolt, hvis nedtur tilskrives produktionsudstyr fra et statsejet kinesisk selskab (Berlingske, 24. 9. 2024), inkompetente medarbejdere og produktionsfejl. En del af løsningen på Northvolts problemer har været at importere battericeller fra Asien. www.norran.se/english/skelleftea/artikel/northvolt-production-hiccups-flag-reliance-on-chinese-supplies/17ypn2x/

²⁷ www.northvolt.com/career/locations/skelleftea

²⁸ www.northvolt.com/articles/revolt

²⁹ www.reuters.com/sustainability/struggling-northvolt-stokes-fear-europes-battery-future-2024-09-13

³⁰ Virksomhedsnavnene er eksempler på de producenter af batterier, der typisk dukker op i opgørelser over ledende aktører, der kan variere fra analyse til analyse.

³¹ www.fool.com/research/largest-ev-companies

mer. Energirelaterede formål udgør nu over 90 % af den årlige efterspørgsel efter lithium-ion-batterier, sammenlignet med blot 50 % i 2016, hvor markedet var ti gange mindre (IEA, Batteries and Secure Energy Transitions, 2024).

Li-ion-batterier dominerer både for energilagring og for transport på grund af massive prisfald på omkring 90 % siden 2010, forbedret energitæthed og længere levetid. Priserne på batterier er faldet fra USD 1.400 pr. kilowatt-time i 2010 til under USD 140 pr. kilowatt-time i 2023, hvilket gør batterier til en afgørende teknologi for den globale grønne omstilling (IEA, Batteries and Secure Energy Transitions, 2024).³²

Genanvendelse

IEA (IEA, Global Supply Chains of EV Batteries, 2022) vurderer, at der genanvendes omkring 200.000 tons materialer årligt på globalt plan, og Kina står for mindst halvdelen. Dette skal sættes i relation til de 3.000.000 tons, der forventes at være behov for i 2030, hvis ambitionerne om grøn indstilling skal nås for elbiler (ibid.). Materialerne til batterier er også i konkurrence med andre formål i den grønne

omstilling, såsom udvidelse af elnetværket, vind og solenergi. Genanvendelse er en klimamæssig fordel. CO₂-belastningen af genanvendte batterimaterialer er ca. 28 % mindre pr kWh end fra jomfruelige materialer, hvis materialerne er mekanisk behandlet og hydro-metallurgiske processer er anvendt (McKinsey, 2023). Prisen for de genanvendte materialer følger de almindelige metalpriser. McKinsey har beregnet, at omkostningen er 4.000 dollars pr. ton genudvundet batterimateriale, og da det kan sælges for 4.600 dollars pr. ton, er der en profitmargin på 600 dollars. Det er en modelberegning, og både logistik, teknologi, faciliteter og finansiering er variable i beregningen. Hvis materialepriserne stiger, stiger også profitabiliteten (McKinsey, 2023). McKinsey forudser, at fremtidige forretningsmodeller bliver mere lukkede, hvor batterifabrikanten eller bilfabrikanten ejer materialerne og får dem genanvendt mod et gebyr hos genanvenderen - også kaldet vertikal integration af værdikæden. Nye rapporter anslår, at EU kan hente mellem 8 % og 27 % af batterimaterialerne i 2030, men også at de planlagte anlæg er afhængige af både markedsudvikling og politisk opbakning (Transport & Environment, 2024).

³² Li-ion batterier er et volatilt teknologiområde, hvor meldinger fra batteriproducenter også ændrer priser. Priserne her er derfor et øjebliksbillede, der hurtigt kan ændre sig igen.



Genanvendelsesteknologier er vejen til mere bæredygtigt og effektivt ressourceforbrug og en genvej til en mere sikker forsyning og en mindre afhængighed af kinesiske råvarer. Teknologi, knowhow og faciliteter findes i et par håndfulde virksomheder i Europa, som kan

oparbejde råmaterialer fra batteriaffald ('black mass'). Det begrænsede antal antyder dels et begrænset marked og dels høje krav til teknologi, knowhow og investeringer i faciliteter, og ikke mindst regulatoriske barrierer for etablering af genanvendelsesvirksomheder i Europa.

Tabel 2. Førende virksomheder i EU der genanvender materiale fra udtjente batterier

Virksomhed	Land	Beskrivelse	Webadresse
ACCUREC	Tyskland	Pioner inden for genanvendelse af batterier i Europa. ACCUREC er specialiseret i genvinding af både nikkel-cadmium og litium-ion-batterier og har avanceret teknologi til metaludvinding.	www.accurec.de
ERAMET	Frankrig	En international mine- og metalproducent, der også arbejder med genvinding af metaller fra batterier, især nikkel og kobolt. De har investeringer i batteri-genanvendelsesteknologi.	www.eramet.com
Revolt AB	Sverige	Northvolt genanvender batterier for at skabe en cirkulær økonomi for litium-ion-batterier. Revolt er ejet af North-volt.	www.northvolt.com
Recupyl SAS	Frankrig	En pioner inden for hydrometallurgisk genvinding af batterier. De udvinder materialer som litium, kobolt og nikkel ved hjælp af miljøvenlige processer.	www.recupyl.com
Recylex SA	Frankrig	Specialiseret i blygenvinding og håndtering af industrielle farlige affaldsstrømme, herunder oparbejdning af materialer fra blybatterier.	www.recylex.eu
Saft	Frankrig	En del af TotalEnergies. Saft fremstiller batterier og har ekspertise i både produktion og genanvendelse af industri- og bilbatterier.	www.saft.fr
SNAM	Frankrig	Specialiseret i genvinding af batterier fra både køretøjer og elektronik. SNAM har en stor ekspertise i at udvinde metaller som nikkel og kobolt fra batterier.	www.snam.com
Stena Recycling	Sverige	Tilbyder omfattende genbrugsservices, herunder genvinding af metaller fra batterier og 'black mass'. Stena fokuserer på bæredygtige løsninger inden for ressourcehåndtering. Stena eksporterer 'black mass' til andre anlæg i Europa – og til BASF nye anlæg i Schwarzeide, Schweiz.	www.stena-recycling.com
Fortum Waste systems	Finland	Fortum Battery Recycling har kommerciel drift på sit hydrometallurgiske genanvendelsesanlæg for batterimaterialer i Harjavalta, Finland.	www.fortum.com/services/battery-recycling
HydroVolt	Norge	Producerer 'black mass' af batterier i Fredriksstad i Norge, hvorefter materialet transporteres til Fortum i Harjavalta i Finland.	www.hydrovolt.com
Umicore	Belgien	En global leder inden for materialeteknologi og genanvendelse. Umicore har specialiseret sig i at oparbejde litium-ion-batterier, især kobolt og nikkel via pyrometallurgiske processer.	www.umicore.com



” Danske producenter af batterier fylder ikke meget på det globale landkort.

Dansk batteri- teknologi, værdikæde og udfordringer

Danske producenter af batterier fylder ikke meget på det globale landkort, men der er flere eksempler på, at danske virksomheder tidligere har stået med et stærkt teknologisk udgangspunkt, men i sidste ende er overgået til kinesiske eller amerikanske hænder: Danske batterier stod f.eks. centralt i udviklingen af batterier, da smørgrosserer Wilhelm Helleisen grundlagde sin batterifabrik i Danmark og fik eksportsucces i 1890'erne med et industrieventyr, der udspillede sig over knap 100 år før teknologi og knowhow endte i Kina. I 1980'erne satsede danske Innocell på litiumbatterier, men allerede efter få år var teknologien opkøbt og endt i USA (se følgende side).

Dette kapitel fokuserer på batterier i Danmark, virksomhederne og de udfordringer, de står overfor med de nye regler om udvidet producentansvar. Der er stadig batteriproducenter i Danmark, som udvikler og producerer batterier med udenlandske battericeller, men Danmark kan ikke siges at have hverken teknologiske

eller markeds-mæssigt dominerende positioner på det globale marked.

Teknologisk Institut har identificeret 1.073 virksomheder med producentansvar for batterier.³³ 22 % har ansvar for bilbatterier, 64 % for bærbare batterier og 25 % for industribatterier.³⁴ Knap hver femte har producentansvar for mere end én batteritype. Batterivirksomhed i Danmark består primært af import og handel med batterier og produkter med batterier.

Råvarer og funktionelle materialer

En enkelt virksomhed, Topsoe Materials,³⁵ udvikler materialer til genopladelige batterier og er således et led eller mellemlid i råvarer-forsyningen til batterier. Andre virksomheder med råvarer, der har rod i Danmark, inkluderer RadiSurf i Aarhus med 17 ansatte, Danish Grap-hene med afsæt fra Aarhus Universitet m.fl.,

³³ Virksomhederne på producentansvar.dk er opført efter den eksisterende batteribekendtgørelse. Det er næsten alle virksomheder, der er opført med producentansvar (i alt 1.155 virksomheder pr. august 2024), og derudover er der formentlig et mørketal af virksomheder, der ikke er registreret med producentansvar, f.eks. kinesiske producenter, der sælger via online platforme. I forbindelse med survey blev vi kontaktet af virksomheder, der havde modtaget spørgeskemaet, men som ikke mente, de havde et producentansvar. Der kan være virksomheder, især handelsvirksomheder og detailhandelsvirksomheder, som i deres sortiment har enkelte varer med batterier, uden at de ved, at de har et producentansvar.

³⁴ Kategoriseringen er fra producentansvar.dk, og her kan industribatterier være både batterier til erhvervsformål og til fremdrift af elektriske køretøjer (altså elbiler, elcykler mv.). Bilbatterier er tændingsbatterierne til bilen, og bærbare batterier er batterier under 3 kg – dvs. såkaldte forbrugerbatterier (AA og AAA-batterier, knapceller og batterier i mobiltelefoner og de fleste andre forbrugerprodukter). Med det udvidede producentansvar bliver vægtgrænsen hævet til 5 kg.

³⁵ www.topsoe.com/processes/battery-materials

samt de grønlandske mineselskaber Green Roc og Blue Jay Mining (DaCEs, 2024).

Batteriproduktion

I 2024 er der kun få danske producenter af batterier, og ingen har produktion af battericeller i Danmark. I CVR-registeret har mindst 20 virksomheder³⁶ registreret sig under branchekoden "272000: fremstilling af batterier og akkumulatorer". Der er dog store variationer i deres fokus. Nogle har mere fokus på styresystemer til batterier end på selve batterierne, mens andre designer batterierne og får dem produceret i f.eks. Kina. Blandt de 20 virksomheder er der kun to (ifølge hjemmesiderne), der også tilbyder renovering af batteripakker og dermed levetidsforlængelse af batterierne.



Tabel 3. Udvalg af danske batterivirksomheder

Virksomhed

AC-TEC A/S i Randers SV (1980) producerer batterier, og ved større leveringer har AC-Tec samarbejdet med Panasonic i Wuxi i Kina (29 ansatte), en.actec.dk

B. P. Electronic ApS i Aalborg leverer batterier til cykler, og batterierne importeres fra Fjernøsten. b.p.electronics bygger desuden komplette litium-batterier i deres batterilab (ukendt antal ansatte), www.bpelectronic.dk

Batteri Energi ApS i Risskov (2020) renoverer batteripakker til elcykler, skruemaskiner, både mv., samt skræddersyede batteripakker (2 ansatte), www.batteri-energi.dk

Batteriservice i Køge (2015) renoverer, reparerer og producerer batterier/batteripakker til blandt andet elcykler, scootere og golfvogne både til private og til erhverv (ukendt antal ansatte).

CB Batteri Teknik ApS i Maribo (2002) er en del af svenske GPBM Nordic AB og leverer specialfremstillede batteripakker (3 ansatte), www.cbbt.dk

Celltech A/S i Værløse (1989) – ejet af svenske Addtech Nordic AB – udvikler, producerer og sælger batterisystemer i samarbejde med partnere. Celltech arbejder med en livcyklusmodel, hvor de gennem producentansvaret sikrer genanvendelse (5 ansatte), www.celltech.dk

Clayton Power A/S i Odense C (2000) laver løsninger med specialfremstillede litiumbatterier (58 ansatte), www.claytonpower.com/dk

GPBM Nordic ApS i Odense C (1997), ejet af svenske GPBM Nordic AB *, leverer både industribatterier og konsumentbatterier. GPBM Nordic er en del af Cebon group og leverer blandt andet svanemærkede batterier, der er lettere at genanvende materialer fra (3 ansatte), www.gpbmnordic.dk

Fortsættes på næste side >

³⁶ Listen over virksomheder med batteriproduktion og batteristyringssystemer er fundet på baggrund af branchekoder i CVR-registeret samt søgninger i internationale databaser som Patsnap Discovery samt Google. Listen er formentlig ikke komplet. Også tyske virksomheder som BMZ Germany (etableret 2024, 1 ansat. BMZ Germany leverer litium-ion-batterier) er oprettet med dansk CVR, HyBess Energy A/S (etableret 2024), Litium-Pro, Topsoe Battery Materials, Sun To Cable ApS (også kaldet Batteri-X ApS med 1 ansat) er ligeledes fundet i branchen "272000 fremstilling af batterier og akkumulatorer".

Tabel 3 (fortsat). Udvalg af danske batterivirksomheder

Virksomhed

Jysk Batteri Service ApS i Kongerslev (2023) leverer renovering af batteripakker (3 ansatte), www.jyskbatteriservice.dk

Litium Balance A/S (2006) laver styresystemer til batterier, der optimerer deres performance mm. En del af Sensata Technologies Denmark A/S (41 ansatte).

Litium-Pro ApS nær Holbæk (2024) tilbyder skræddersyede, specialfremstillede litumbatterier til nicheapplikationer (ukendt antal ansatte).

MILA Nordic ApS i Værløse (2023) vil producere højkvalitets-industriebatteripakker af litium-ion og natrium-ion i fabrik ved Roskilde (under opstart), www.milanordic.dk

NC Nielsen (1972), NCN Energy Solutions, i Balling designer, konstruerer og producerer Li-ion-batterier i eget regi. (1 ansat designer kasser til Li-ion-batterier og 5-6 ansatte samler batterierne). Primært engros- og handelsvirksomhed.

Nerve Smart Systems A/S i Roskilde (2016) leverer kontrol og styringssystemer til større batterisystemer (13-16 ansatte), www.nervesmartsystems.com

Promovec i Aarhus (2023), udvikler og producerer med udgangspunkt i elcykler batterier. Det seneste er batteripakker, der skjules i cykelstellet. Litium-ion-batterierne produceres af Viridus Manufacturing A/S i Aarhus, der ejes af Promovec A/S og Greenway i Kina som et joint venture (82 ansatte), www.promovec.com

RS batteri ApS i Hobro (2020) laver litium-batteribaserede kabinescootere og udvikler selv celleholdere og BMS (Batterimanagement systemer) (3 ansatte), www.rsbaatteri.dk

Viridus A/S og **Viridus Manufacturing A/S** i Aarhus N (2018) ejet af Promovec (se denne) producerer batterier, www.viridus.com

VisBlue A/S (2014) laver store batterier, flow-batterier, der lader op med overskydende strøm, når priserne er lave (15 ansatte).

Xolta A/S i Skovlunde udvikler og sælger batteristyringssystemer og er opført som "ikke-specialiseret engroshandel" i CVR-registeret (60 ansatte).

Zepia Energy ApS i Ålborg designer og bygger litumbatterier med battericeller. Litiumcellerne kommer fra tre litiumfabrikker i Fjernøsten (2 ansatte), www.zepiaenergy.dk

Endelig er der i branchekategorien også Innocell ApS i Svendborg (2016), der udvikler og sælger patenterede superkapacitorer³⁷ (5 ansatte), www.innocell.dk

³⁷ Superkapacitorer er et supplement til batterier. Superkapacitoren er hurtig at oplade og hurtig at aflade, og den er derfor ideel til kortvarig strømstøtte, men ikke længerevarende lagring af strøm.



Virksomheder med producentansvar for batterier

Som vist nedenfor er det en mindre del af de danske virksomheder, der har produktion af batterier og batterisystemer som hovedområde. Langt hovedparten af virksomhederne (90 %) er handelsvirksomheder med enten engrosvirksomhed eller detailhandel. 13 % er industrivirksomheder, og knap 9 % er servicevirksomheder.³⁸ 40 % har mindre end 10 ansatte, og 13 % har mere end 100 ansatte.

For virksomhederne med producentansvar for batterier har Teknologisk Instituts analyser af

virksomhedernes baggrund vist, at hver fjerde virksomhed har et udenlandsk moderselskab, typisk fra Tyskland, Sverige eller Norge. Knap halvdelen af virksomhederne er veletablerede eller modne virksomheder. De mindre modne virksomheder er scale-up virksomheder (14 %), startups (5 %) og nogle helt nystartede virksomheder, som stadig validerer forretningside eller koncept (1 %).

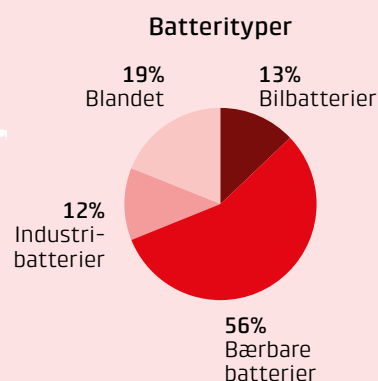
Teknologisk Institut har i august–september 2024 sendt spørgeskemaer til 845 virksomheder med producentansvar og med en fungerende e-mailadresse på hjemmeside eller i CVR-registret. I alt 226 virksomheder har svaret på

³⁸ Bemærk – nogle virksomheder er repræsenteret i flere grupper.

Figur 16. Kort over danske virksomheder med producentansvar for batterier

Kortet viser placeringen af de 1.155 identificerede danske virksomheder, som pr. 1. 8. 2024 er omfattet af producentansvar for batterier i Danmark.

Se kortet online på teknologisk.dk/batterier



skemaet, hvilket giver en svarprocent på 27 %, hvilket er tilfredsstillende i et e-survey.³⁹

Danske virksomheder med producentansvar for batterier ligger geografisk relativt jævnt fordelt (Figur 16) og har forskellige typer af aktiviteter i relation til batterier, og nogen har flere forskellige aktiviteter (Figur 17): Langt hovedparten sælger produkter, der anvender batterier (79 %), eller også sælger de batterier (44 %). Samlet udgør de to grupper 90 % af virksomhederne.⁴⁰ De batterier, der sælges eller

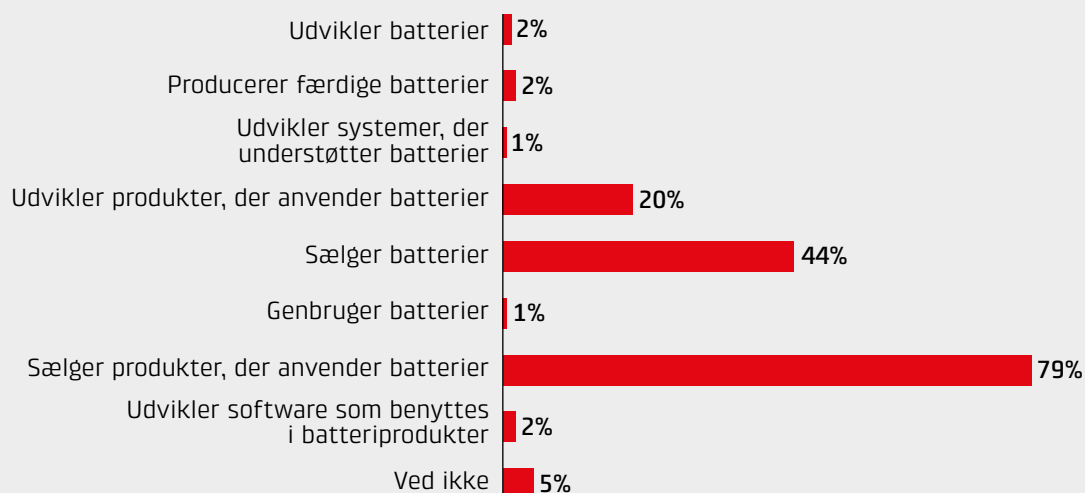
er en del af produkter, er typisk ikke udviklet af danske virksomheder, idet kun få virksomheder er engageret i udvikling af batterier og produktion af batterier. Et af redskaberne i en cirkulær økonomi er "re-manufacturing", hvor virksomheder tager batterier tilbage og genbruger dem i nye produkter. Blandt de interviewede er det blot et par stykker (1 %), som svarer, at de kan genbruge batterier.

Når det gælder innovation, er generelt cirka syv ud af ti virksomheder innovative. Det vil

³⁹ Dataindsamlingen varede tre uger. En del spørgeskemaer er formentlig slugt af virksomheders SPAM-filtre og ikke genfundet, eller de er "forsvundet" i virksomheders generelle mailboks info@virksomhed.dk, hvorfra mails skal en længere tur for at finde rette vedkommende. Endelig genererer SurveyXact en afsendermail, som har fået flere til at tro, at der var tale om et phishing-forsøg. Det blev forsøgt imødegået med en direkte mail. Mailadresser er søgt kvalificeret med direkte søgninger på virksomhedernes hjemmesider, men mange især større internationale virksomheder og webshops har blot en kontaktformular og angiver ikke mail. Før dataanalysen er svarene vægtet, så de reflekterer virksomhedernes sammensætning, hvad angår batteritype, branche og virksomhedsstørrelse. Skemaet er primært besvaret af ejere (34 %), ledere i virksomhederne (56 %) og tekniske specialister (11%). Populationen, der er interviewet, er virksomheder med producentansvar. Vægtningen af virksomhedernes svar til populationen er relativt lille – typisk +/- 5 procent, hvilket angiver, at surveyen selv uden vægtningen er repræsentativ for populationen af kendte virksomheder med et producentansvar for batterier.

⁴⁰ Beregning af Teknologisk Institut.

Figur 17. Batterivirksomhedernes aktiviteter



Kilde: Teknologisk Institut. Survey med virksomheder med producentansvar for batterier, september 2024

Spørgsmål: Hvordan arbejder virksomheden med batterier? 229 svar. Svar er vægtet. Flere svar mulige, så tal summerer ikke til 100 procent. Bemærk, enkelte respondenter fik ikke mulighed for at sætte kryds ved "Sælger produkter, der anvender batterier". De er medtaget i gruppen, hvis de køber færdige produkter med batterier hos underleverandører i udlandet.

sige, at de inden for de sidste tre år har fundet på nyt, der har forbedret deres indtjening, når det gælder nye koncepter, processer, produkter eller services (Sørensen, Jakobsen, & Åkerman, 2022). Men når det gælder batterier, svarer blot 16 % af virksomhederne, at de har udviklet nyt i relation til batterier inden for de sidste tre år, som har forbedret virksomhedens indtjening.

Virksomhederne kan være innovative på andre områder, men innovationen er ikke udbredt hos virksomhederne, når det gælder batterier. Sandsynligvis fordi batterierne er produceret andetsteds, og virksomhedernes udviklingsfokus er på de produkter med batterier, de sælger, og ikke på batterierne som sådan.

For nogle virksomheder er batterier helt centrale for deres forretning. 7 % af virksomhederne har batterier og batterisystemer som virksomhedens væsentligste aktivitet og produktområde. 56 % har i nogen grad batterier og batterisystemer som et væsentligt område. 35 % har kun i mindre grad eller slet ikke batterier som virksomhedens væsentligste aktivitet eller produktområde.

Virksomheder med producentansvar sælger både som underleverandører til andre virksomheder (B2B: 34 %), til slutbrugere (B2C: 29 %) eller begge dele (35 %). Hovedparten (90 %) afsætter deres varer i Danmark, men 40 % har også eksport til EU og 12 % til lande uden for EU.

30 % af virksomhederne udvikler eller sælger batterier eller produkter med batterier, og har i nogen grad eller i høj grad batterier og batterisystemer som væsentligt forretningsområde.

Klar til udvidet producentansvar?

Virksomhederne blev spurgt, i hvilket omfang de er parate til at leve op til kravene i den nye EU-lovgivning. Tre temaer blev udvalgt til spørgeskemaet:

- **Beregning af CO₂-aftryk:** Beregningen skal omfatte et batteris CO₂-belastning i hele dets levetid fra råstoffer til produktion og genanvendelse. Kravene træder i kraft for genopladelige industribatterier med en kapacitet på mere end 2 kWh, EV-batterier og LMT-batterier fra midt 2025 og udvides frem til 2033. *I hvilket omfang er virksomheden forberedt på at leve op til krav i den nye EU-lovgivning om batterier og beregning af CO₂-aftryk?*
- **Batteripas:** Fra 2027 skal alle LMT-batterier, industribatterier med en kapacitet på mere end 2 kWh og EV-batterier, der sælges i EU, have et batteripas. Batteripasset skal informere om grundlæggende egenskaber for batteriet inklusive type og model. Desuden skal passet indeholde nøgletal om batteriets ydeevne og holdbarhed over batteriets livscyklus. *I hvilket omfang er virksomheden forberedt på at leve op til de nye krav i EU's batterilovgivning om batteripas?*
- **Genanvendte materialer:** Kravene begynder ved udgangen af 2025 og skærpes løbende. Fra 2031 er kravene til genanvendte materialer i industribatterier, EV-batterier, LMT-batterier og startbatterier 16 % for kobolt, 6 % for litium, 6 % for nikkel og 85 % for bly. I 2036 stiger grænseværdien til 26 % for kobolt, 12 % for litium, 15 % for nikkel og 85 % for bly. *I hvilket omfang er virksomheden forberedt på at leve op til de nye krav til genanvendt indhold i EU's batterilovgivning?*⁴¹

⁴¹ Før spørgsmålene til hver af de tre områder blev stillet, blev de kort forklaret: F.eks. EU's batteriforordning stiller i de kommende år nye krav til virksomheder, der udvikler, producerer og sælger batterier. Din virksomhed skal være klar med viden, procedurer, kompetencer og ressourcer til at imødekomme de nye krav. I de følgende spørgsmål spørger vi om tre nøglepunkter blandt de EU-krav, der er på vej: Det gælder krav om klimaberegninger (CO₂), krav om batteripas og krav til genanvendelse af materialer. I spørgeskemaet blev kravene til genanvendelse fra EU's oprindelige forslag i 2020 anvendt – de blev skærpet til de genanvendelsesprocenter, der her er listet.

Svarene om parathed til nye krav følger stort set det samme mønster fra miljøkrav til miljøkrav (se Figur 18): Et mindretal på 5 %, eller typisk færre af virksomhederne, svarer, at de er fuldt forberedte og kan imødekomme allerede i dag. 20–26 % svarer, at de er delvist forberedte og kan se, hvordan de kan opfylde kravene. De resterende virksomheder fordeler sig mellem dem, der er usikre på kravene og hvordan målene nås, samt dem, der er helt uforberedte. Disse udgør omkring halvdelen af virksomhederne. Når det gælder batteripasset og målene for genanvendelse, mener 30 % af de virksomheder, der har producentansvar for industribatterier, batterier til elkøretøjer eller bilbatterier (for minimumskrav vedrørende genanvendelse), at det er irrelevant for dem.

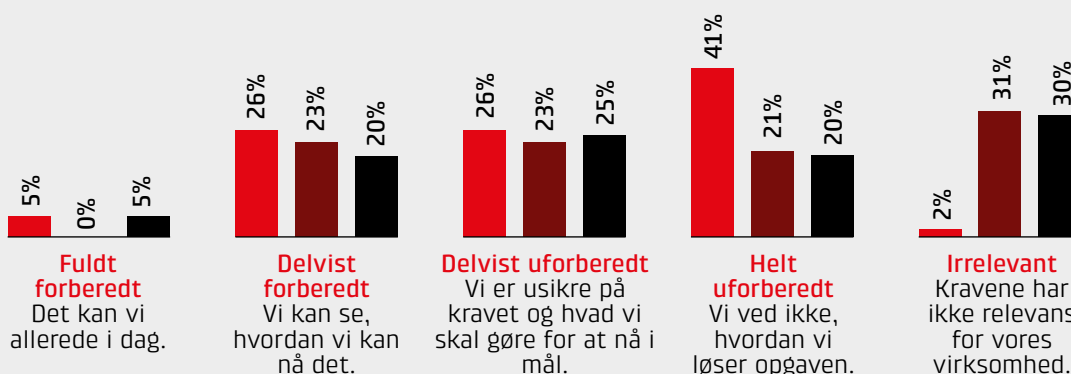
De virksomheder, som kun er delvist forberedte eller uforberedte, blev stillet opfølgende spørgsmål om, hvori udfordringerne består (se Figur 19 og Figur 20). Halvdelen af virksomhederne svarer, at de enten mangler kompetencer, ressourcer eller viden om batteriernes livscyklus.

Når det gælder opgørelser over CO₂-belastningen, fik virksomhederne kun mulighed for at vælge én udfordring, og de fleste pegede på, at deres underleverandører ikke er klar til at levere data – men flere kommenterede også, at de egentlig kunne have sat kryds ved mangel på information om batteriernes livscyklus, at de mangler kompetencer og ressourcer, og at de forventer høje udgifter til administration. Billedet er det samme for oplysninger til batteripasset, hvor de fleste ser udfordringer med at få oplysninger fra leverandøren, som i mange tilfælde ikke er dansk, og typisk kinesisk (se Figur 19).

Udfordringerne med krav til minimumsindhold af genanvendte materialer er lidt anderledes. Nogle usikkerheder knytter sig til leverancerne: Hvad nu, hvis man skifter leverandør? Er dokumentationen valid? Og hvad er kravene for forsyningssikkerheden og priserne på genanvendte materialer i batterierne? Andre knytter sig til forhold i virksomheden, såsom administrationsomkostninger, kompetencer og ressourcerne til indsamling og vurdering af data (se Figur 20).

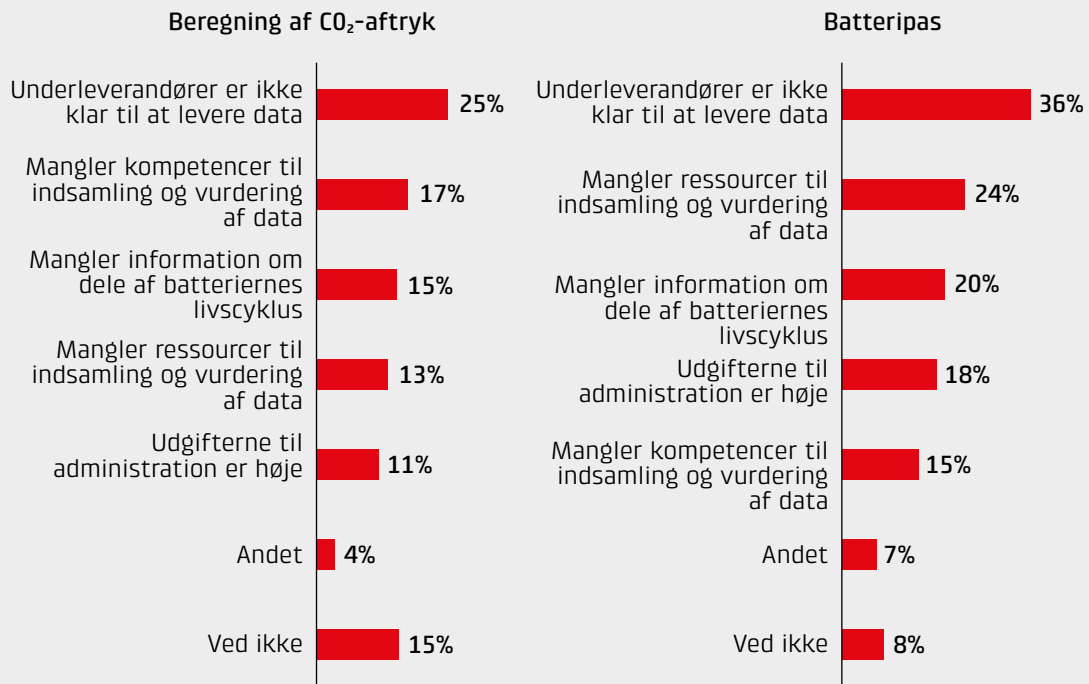
Figur 18. Er virksomheden klar til EU's nye batterikrav?

■ CO₂ ■ Batteripass ■ Genanvendelse



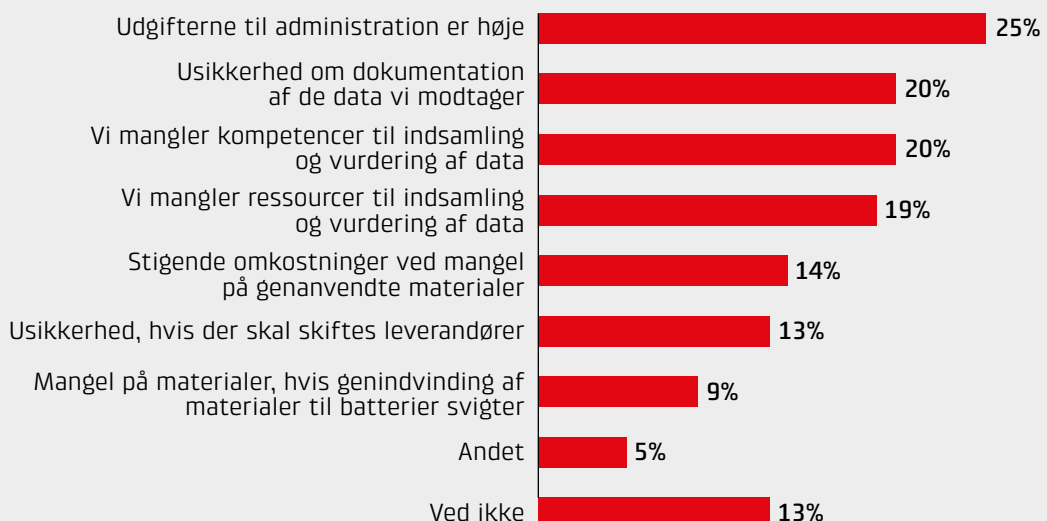
Kilde: Teknologisk Institut. Survey med virksomheder med producentansvar for batterier, september 2024. 229 svar. Svar er vægtet. **Tre spørgsmål:** I hvilket omfang er virksomheden forberedt på at leve op til krav i den nye EU-lovgivning (CO₂, batteripass og genanvendelse). **Bemærk:** Mht. regler for CO₂ og batteripass er kun virksomheder med industribatterier (der omfatter batterier til elkøretøjer) medtaget. Når det gælder genanvendelse, er virksomheder med bilbatterier også medtaget. Virksomheder, der kun har bærbare batterier, er ikke omfattet af reglerne.

Figur 19. Udfordringer omkring CO₂-opgørelser og batteripas



Kilde: Teknologisk Institut. Survey med virksomheder med producentansvar for batterier, september 2024. **Spørgsmål:** Hvilke udfordringer ser I, i forhold til at leve op til de nye regler om ...? Svar vægtet. Kun svar fra virksomheder, som ikke er helt klar til at opfylde kravene, og hvor lovgivningen er relevant for dem. Bemærk at for udfordringer omkring oplysninger om CO₂ var der kun én svarmulighed – og flere kommenterede under andet, at det gælder alle punkter. For udfordringer omkring batteripas var det muligt med flere svarmuligheder. 53 svar angående CO₂ og 62 svar angående batteripas.

Figur 20. Udfordringer om minimumskrav til genanvendt indhold



Kilde: Teknologisk Institut. Survey med virksomheder med producentansvar for batterier, september 2024. **Spørgsmål:** Hvilke udfordringer ser I, i forhold til at leve op til de nye regler om ...? 101 svar. Svar vægtet. Kun svar fra virksomheder med industri og bilbatterier, som ikke er helt klar til nye regler, og hvor lovgivningen er relevant for dem.

Udover udfordringer når det gælder CO₂, batteripas og minimumskrav til indhold genbrugte materialer, blev virksomhederne spurgt til usikkerheder på andre områder. Kommentarerne er f.eks. (forkortet):

- "Definitionerne på batterityperne er uklare"
- "I stedet for at alle virksomheder skal bruge tid og kræfter på dette, så ville en lovgivning med batteristandarder være lettere. Vi sælger få kilo batterier pr. år"
- "Vi forventer, at leverandører kommer med oplysningerne"
- "Vi har ikke hørt om reglerne før"
- "Vi importerer biler og gætter på mængden af batterier"
- "Det bør være producenten af batteriet"
- "Ikke en kerneforretning for os – bliver administrationen for voldsom, lukker vi den del af forretningen ned"
- "EU's nye due diligence regler træder i kraft 18. august 2025 – vi afventer retningslinjer".

Konsekvensen af de nye regler er, at hovedparten af virksomhederne frygter, at det bliver vanskeligere at drive forretning: 53 % forventer, at reglerne vil reducere indtjeningen pga. tungere administration. Blandt de åbne svar nævnes, at "virksomheden styrer uden om batterisalg, hvis administrationen er for tung", en anden, at "vi fravælger at markedsføre batterier som egne mærker". 34 % har ikke nogen holdning til konsekvenserne af reglerne for virksomhedens indtjening. Nogle få (3 %) forventer øget omsætning, f.eks. pga. bedre markedsposition, og 4 % frygter, at reglerne vil gøre det umuligt at drive forretningen.

Hvilke behov for teknologiudviklinger virksomhederne?

Der er mange muligheder for mere bæredygtige batterier. Virksomhederne selv peger på levetidsforbedringer, mere effektive batterier og brug af mere miljøvenlige materialer (se Figur 21). Udover de nævnte ønsker en enkelt virksomhed "standardisering, så ikke alle skal lave egne batterimoduler, og centralisering af indsamling, ombygning og genanvendelse".

Forbrug

Til at identificere mængden af batterier i Danmark anvendes de data, som virksomheder med producentansvar opgør for solgte mængder.⁴² Samlet set blev der solgt mindst⁴³ 62.096 tons batterier i Danmark i 2023. I Figur 22 vises de mængder, som markedsføres i Danmark og er registreret. Der kan i indsamlingen ikke skelnes mellem registrerede og ikke-registrerede batterier, og virksomheder med producentansvar kommer derfor til at betale for indsamlingen af både registrerede og ikke-registrerede batterier.

Den store stigning for industribatterier fra 2020 skyldes væksten i elbilerne. Hvis det f.eks. antages, at et gennemsnitligt batteri til en elbil vejer 500 kilo og ganges med antallet af solgte nyregistrerede biler i Danmark, så udgjorde elbilernes batterier 2013 2 % af industribatterierne og i 2023 80 %.⁴⁴ I statistikken indgår batterier til elbiler som "industribatterier". De har ofte en lige så lang levetid som bilerne, og eftersom elbilsalget først for

⁴² www.producentansvar.dk/statistik/batterier-bat/markedsfoerte-batterier

⁴³ Der er solgt flere batterier i Danmark, der blot ikke er registreret. Det kan f.eks. være kinesiske batteriproducenter, som sælger bærbare batterier online via kinesiske handelsplatforme som Temu, Shein og AliExpress uden at være registreret i Danmark med en ansvarlig repræsentant. På Temu kan man f.eks. købe genopladelige litium-batterier af mærket "18650 Rechargeable Batteries", uden at det er klart, hvem der har produktansvaret i Danmark. Batterierne er produceret af Wenglijuan, der på tro og love har attesteret til Temu, at Wenglijuan overholder alle regler. Det er vanskeligt at kontrollere for en forbruger.

⁴⁴ Beregning Teknologisk Institut

alvor tog fart efter 2020 (ifølge bilstatistik.dk og Vejdirektoratet), så går der endnu lidt tid, før de opbrugte batterier for alvor fylder i den mængde affald, der skal behandles.

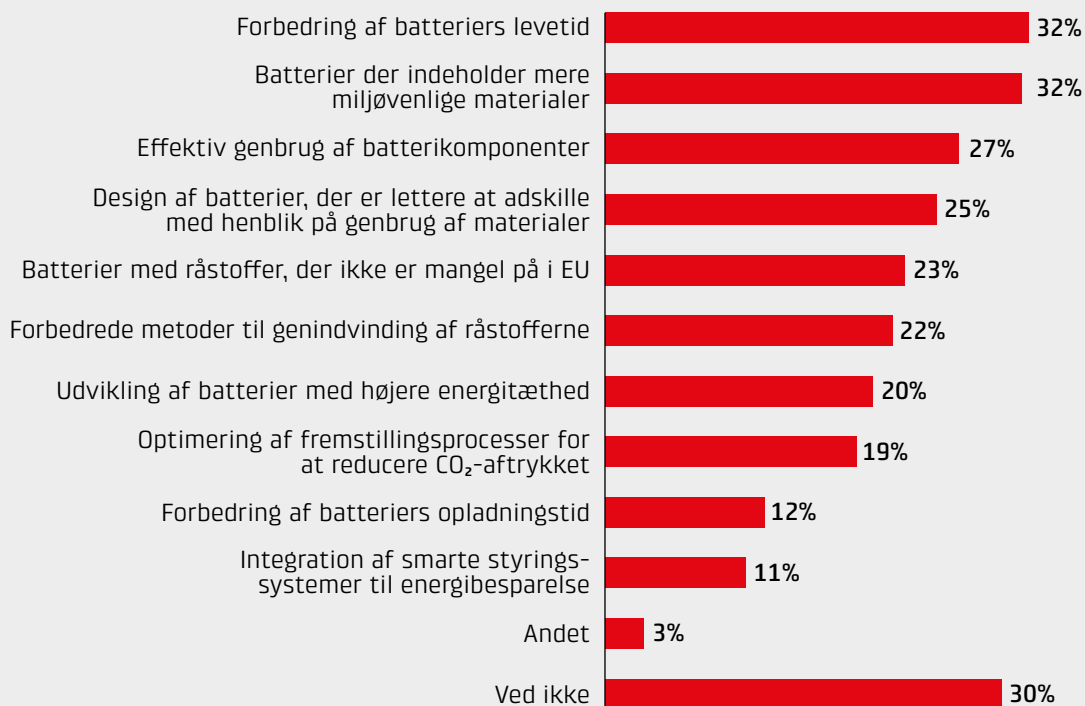
Indsamling

Det nye producentansvar betyder, at kommunerne ikke længere er ansvarlige for at indsamle og håndtere batterier. Det er den producentansvarliges ansvar. Hvis kommunerne fremover skal indsamle og håndtere batterierne, vil det være nødvendigt med direkte aftaler mellem kommuner og producenter og importører af batterier.

På producentansvar.dk⁴⁵ findes data i tons for, hvor mange batterier der er solgt og indsamlet i 2023. Indsamlingsprocenten er beregnet for 2023 som tons indsamlet materiale / tons materiale, der blev solgt. Resultatet, som ses i Figur 23, er 55 % for bærbare batterier, 55 % for bilbatterier og 13 % for industribatterier (der også inkluderer batterier til køretøjer - fra løbehjul til elbiler). Elbilsalget er vokset kraftigt, og da elbiler holder i mange år, må det forventes, at der, indtil væksten ebber ud, sælges flere biler med batterier, end der indsamles. Forsinkelsen mellem salg og indsamling kan ikke opgøres 1:1 det samme år, men giver dog et indtryk af, at de indsamlede materialer, når de er genanvendes, ikke kan dække materiale-

⁴⁵ www.producentansvar.dk/statistik/batterier-bat

Figur 21. Behov for teknologiudvikling



Kilde: Teknologisk Institut. Survey med virksomheder med producentansvar for batterier, september 2024.

Spørgsmål: Hvor ser du det største behov for udvikling af nye teknologier, der kan gøre batterier eller batterisystemer mere klima- og miljømæssigt bæredygtige? Svar vægtet. 229 besvarelser. Flere svarmuligheder.

forbruget ved nye produkter. Batterier, der er eksporteret ud af det danske marked i f.eks. brugte biler og produkter eller har fundet andre veje, indgår ikke i datagrundlaget. I data fra DPA indgår ikke, hvor stor en andel af de indsamlede batterier, der genanvendes, men ifølge Stena Recycling A/S (interview) genanvendes en høj andel af metallerne, og når det gælder den ufarlige del af brunstensbatterier, nyttiggøres de efter nedknusning til f.eks. vejfyld.

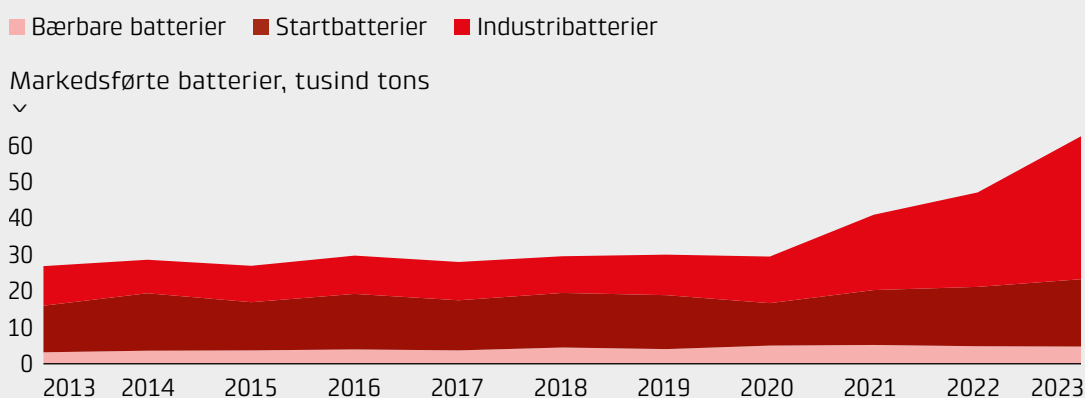
Mange forbrugere er ikke klar over mulighederne for aflevering af batterier. En undersøgelse foretaget af Megafon i januar 2022 på vegne af Elretur viste, at 44 % af de adspurgte, enten ikke kender til ordningerne i deres kommune, eller tror, at deres kommune ikke tilbyder en sådan ordning. Imidlertid har 97 ud af 98 kommuner en miljøkasse- eller poseordning (Elretur, 2022).

Der er forskel på indsamlingsgraden fra batteritype til batteritype: I 2013 undersøgte Bigum et al. husholdningsaffald fra 3.129 danske husholdninger for fejlsorterede batterier, og fandt, at det drejer sig om indbyggede batterier, alkaline-batterier, kulstof-zink-batterier og mindre batterier monteret i f.eks. i lyskilder, elektriske tandbørster, ure, lygter eller cykellygter (Bigum, Petersen, Christensen, & Scheutz, 2023).

Der kan med andre ord stadig være materialer at hente til den cirkulære økonomi ved en bedre kildesortering hos forbrugerne. Hvis alle batterier indsamles, kan det blive dyrere for producenter og importører, fordi prisen fastsættes efter omkostningerne til indsamlingen.⁴⁶ Omkostningerne afhænger af indsamlingsmetode og effektivitet. De økonomiske vismænd foreslog en returpantordning i 2013 (Skovgård,

⁴⁶De nye regler om producentansvar kan gøre indsamlingen dyrere end i dag for virksomheder med producentansvar. Ordningerne er endnu (i oktober 2024) ikke helt på plads, og hidtil er omkostningerne proportionalt fordelt i forhold til den mængde batterier, som producenter og importører placerer på det danske marked. Den aktuelle sats opdateres og offentliggøres årligt på Miljøstyrelsens hjemmeside. Opkrævningen af beløbene varetages i dag af told- og skattemyndighederne, hvorefter de indbetalte midler fordeles mellem kommunerne via DUT-midler. Producenter og importører betalte 25 mio. kroner for indsamling i 2022, og de estimerede omkostninger til indsamlingen fra kommunerne var på 26 mio. kr. En analyse fra NIRAS viser, at de aftalte betalingssatser fra producenter og importører til kommunerne på ca. 5,50 kr. pr. solgt kg kun lige løber rundt, fordi kun halvdelen af batterierne indsamles. Økonomisk set er der stor forskel på prisen for indsamlingen. NIRAS har beregnet, at omkostningerne ved aflevering af batterier på genbrugsstationer kostede kommunerne 1 kr. pr. kg, mens det løber op i 19 kr. pr. kg indsamlet batteri, når borgerne benytter miljøkasserne (Niras, 2024).

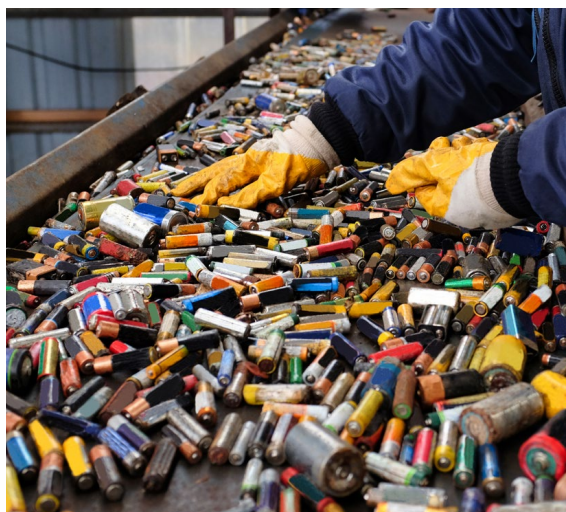
Figur 22. Mængder af batterier solgt i Danmark 2013-2023



Kilde: Data for Danmark om solgte mængder bærbare batterier, bilbatterier og industriebatterier, DPA, 2024: www.producentansvar.dk/statistik/batterier-bat/markedsfoerte-batterier

2013), og senest i 2027 vil EU-Kommissionen vurdere, om der kan etableres en returpantordning for batterier for at maksimere indsamlingen af udtjente batterier.⁴⁷

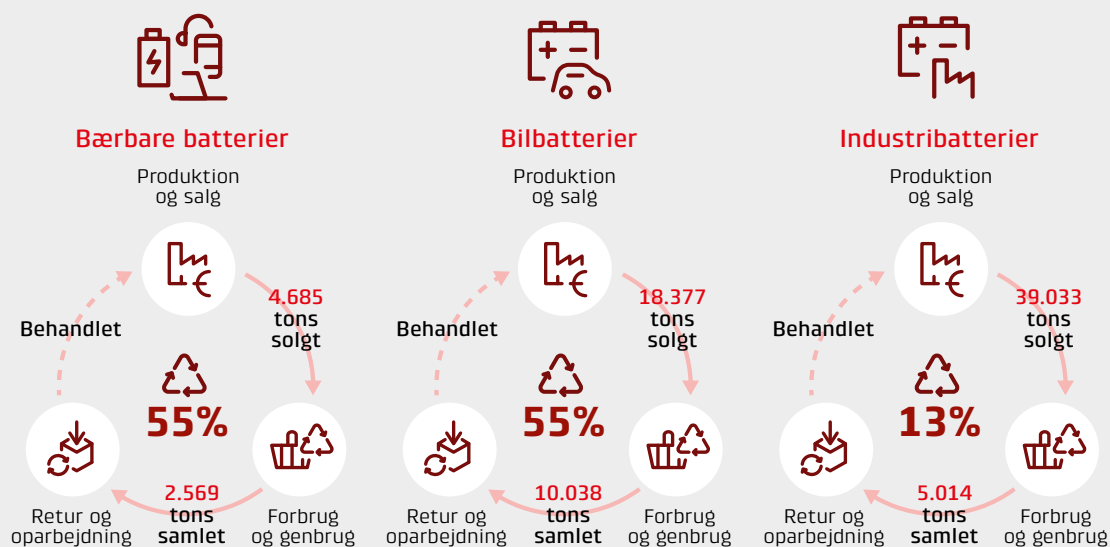
Indsamling af batterier håndteres i Danmark primært af kollektivordningen Batteriretur,⁴⁸ der er en del af Retur, som er Danmarks største kollektivordning og repræsenterer over 950 virksomheder fra forskellige brancher. Batteriretur tager over efter Elretur, som siden 2005 har håndteret producentansvaret for elektrisk og elektronisk udstyr (WEEE) og batterier.



⁴⁷ Pantordninger har været under overvejelse længe. Allerede i 1989 blev pantsystemer diskuteret i en rapport til Miljøstyrelsen, udarbejdet af bl.a. Teknologisk Institut (Christiansen, 1989), i forbindelse med vurderingen af et muligt behandlingsanlæg for batterier. I rapporten blev det også anbefalet at etablere et centralt behandlings- og genanvendelsesanlæg, hvortil alt affald skulle tilføres, enten nationalt eller internationalt. Udviklingen de sidste 35 år har bevæget sig i denne retning for batterierne.

⁴⁸ Andre ordninger som virksomheder med producentansvar kan melde sig til, er f.eks. ERP Denmark ApS, Recip A/S, RLG/Rene, ReturBat, Stena Recycling A/S.

Figur 23. Markedsførte batterier og indsamlede batterier til genanvendelse ifølge DPA, 2023

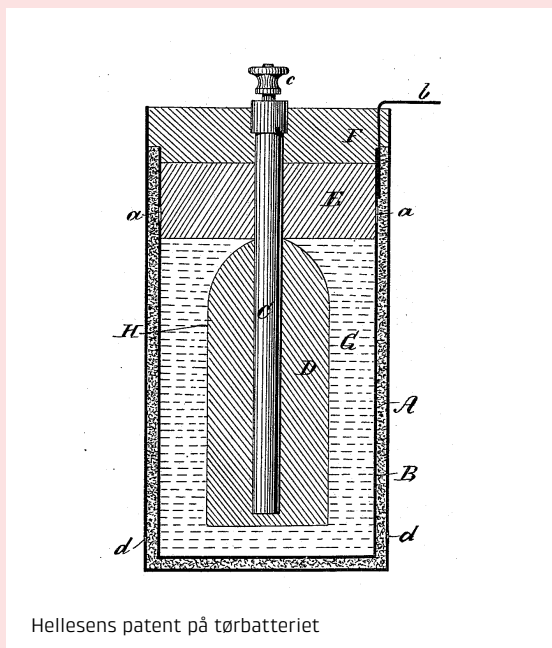


Procenterne viser indsamlet andel. **Kilde:** Beregning af Teknologisk Institut med data fra producentansvar.dk (DPA): Data for Danmark, 2023, DPA 07-10-2024. Tal opgjort i tons. Data anvendes af Miljøstyrelsen til indberetning til Eurostat. DPAs data afviger fra Miljøstyrelsens egne affaldsdata, hvilket tilskrives en forskel i, hvem der har pligt til at indberette data til hhv. Affaldsdatasystemet og Dansk Producentansvar. Det er ikke opgjort, hvor stor en del af materialet fra de indsamlede batterier, der indgår i produktion og salg af batterier.

Dansk batterihistorie

Hellesen – dansk batteripionér endte i Asien

Hellesens satte Danmark på verdenskortet. Grundlagt i 1887 af Wilhelm Hellesen, smør-grosserer og opfinder af tørbatteriet, blev virksomheden en international succes. Allerede i 1890'erne eksporterede Hellesens til 50 lande og havde licensproduktion i byer som Wien, London og Berlin – ofte med partnere som Siemens & Halske. I 1959 blev virksomheden opkøbt af Store Nord, og produktionen flyttede til Thisted i 1972. Her blev der udviklet alkaliske 9-volts batterier fra 1980. Men den danske batteriproduktion mistede pusten. I 1986 overtog Duracell Hellesens' salgsafdelinger og rettigheder til navnet og logoet. Thisted-fabrikken skiftede navn til GN Alkaline Batteries og blev en del af en joint venture med Sylva Industries i Hongkong i 1988. I 1992 solgte GN deres aktier til Gold Peak Industries i Hongkong, som overtog knowhow og produktion. Batterieventyret for Danmark sluttede i 2004, da fabrikken i Thisted lukkede, og alt produktionsudstyr blev sendt til Singapore (Thorndal, 2006).



Hellesens patent på tørbatteriet

Danionics – dansk batteriteknologi endte i Kina

Danionics blev grundlagt i 1993 i Odense for at udvikle litium-polymer-batterier til bærbare enheder som computere og mobiltelefoner. Efter en lovende start med aftaler og børsnotering blev virksomheden ramt af IT-boblens kollaps. Aktien styrteddykkede, og produktionen blev uforenelig med markedets skiftende krav. Trods nye aftaler med Apple lukkede Danionics i 2004. Produktionsudstyr blev sendt til Kina, og en af Danmarks mest lovende batteriteknologier gik tabt, sammen med både arbejdspladser og viden. (Rasmussen, 2009 og Flemming, 2013).

Innocell – fra dansk forskning til Valence Technology i USA

I 1987 blev Innocell skabt som et joint venture med fokus på litium-polymerbatterier, baseret på forskning fra Harwell University, University of Grenoble og Odense Universitet (SDU). Rettighederne blev delt globalt mellem partnerne. I 1992 købte Ultracell (senere Valence Technology) Innocell og flyttede aktiviteterne til San Jose, Californien. Dermed mistede Danmark både teknologi og nøglemedarbejdere. (Flemming, 2013).

Danske elbipionerer i forspring blev kørt agterud

Batteriproduktionen i verden trækkes af efterspørgslen på elbiler. I 1980'erne var Danmark et foregangsland for elbiler i flere forsøg: Hope Whisper (1981-86), der gik konkurs, Kewet (1991-98) og Ellerten (1985-93), der i sidste ende blev solgt til udlandet i Sverige, Norge og Tyskland (Villaume, 2022). Ingen af disse virksomheder fik hul på markedet for elbiler. Det blev i stedet amerikanske Tesla, som siden er overhalet af kinesiske BYD som førende producent.



Asien dominerer alle led af værdikæden fra råvarer til genanvendelse.

Konklusioner og perspektiver

Elektrificering er afgørende i forhold til den grønne omstilling. Derfor stiger den globale efterspørgsel efter batterier markant, primært drevet af væksten i elektriske køretøjer og behovet for energilagring.

Globale markeder udfordrer cirkulær økonomi i EU

Gennemgangen illustrerer den asiatiske, og især kinesiske, dominans i alle led af værdikæden fra råvarer til genanvendelse af batterierne. Virksomheder i EU er udfordret på adgang til de ressourcer og samarbejdsmuligheder, der er nødvendige for at skabe et sammenhængende og effektivt system for cirkulær økonomi inden for batterier. Kinas substitutionsstrategi og USA's Inflation Reduction Act⁴⁹ (IRA) skaber betydelige udfordringer for udviklingen af en cirkulær økonomi for batterier i Europa, og det hæmmer Europas konkurrenceevne, innovativt og bæredygtighed (Draghi, 2024).

Der er global konkurrence om de kritiske mineraler som litium, kobolt og nikkel, og Kina dominerer.⁵⁰ EU har vedtaget en ekstra told på 35 % på kinesiske elbiler, hvis der ikke findes andre løsninger. Desuden spiller Kina en stigende rolle i den internationale standardisering (især når det gælder batterier, materialer, AI),

og presset på standarder kan skabe en situation, hvor batterier produceret i forskellige regioner ikke nødvendigvis er kompatible, hvilket komplicerer genbrugsprocesser og genanvendelse i Europa (Ringhof, 2023).

USA stiller med IRA krav om, at en betydelig andel af de kritiske mineraler og batterikomponenter til EV-produktion (elektriske køretøjer) skal stamme fra USA eller frihandelsaftalepartnere for at kvalificere sig til skattefordele. Det tilskynder producenter til at flytte dele af deres forsyningskæde væk fra Europa og mod Nordamerika. Kravene i IRA om brug af amerikanske batterikomponenter kan også påvirke den globale standardisering af batterier.

Samlet set er EU's evne til at etablere en fuldt integreret og bæredygtig battericyklus udfordret, fordi EU i stigende grad er afhængig af aktører uden for EU for vigtige teknologier og materialer. Det svækker incitamentet til at investere i europæisk innovation og genanvendelsesteknologier, som så igen svækker investeringer og udvikling af en cirkulær økonomi. En svag konkurrenceevne på det globale marked medfører lavere investeringer i cirkulære økonomiinitiativer i Europa.

EU er på den ene side afhængig af import af råstoffer og på den anden side afhængig af

⁴⁹ home.treasury.gov/policy-issues/inflation-reduction-act

⁵⁰ www.dr.dk/nyheder/udland/eu-lande-har-sagt-god-ekstra-told-paa-kinesiske-elbiler-kan-blive-dyrere-danske



adgangen til kinesiske markeder. En af de løsninger Mario Draghi har peget på, er at styrke cirkulær økonomi i batteriindustrien. Dette indebærer blandt andet et øget europæisk fokus på genanvendelse og genbrug af batterier og deres komponenter. EU er allerede i gang med initiativer som beskrevet tidligere.

Udfordringen for danske virksomheder med producentansvar

EU's krav om udvidet producentansvar udfordrer virksomhederne. Teknologisk Instituts interviews med virksomheder med producentansvar i september 2024 viser, at halvdelen af de danske virksomheder, der har producentansvar for batterier, står uforberedte over for de nye krav. Der er desuden en udbredt bekymring for reduceret indtjening eller tab af konkurrenceevne som følge af de nye krav, f.eks. på grund af øget administration af reglerne.

De fleste danske virksomheder med producentansvar for batterier er importører, der sælger batterier eller produkter med batterier på det danske marked. Mange af produkterne og mange af batterierne stammer fra Kina.

De krav, der er til danske virksomheder med producentansvar om oplysningspligt om f.eks. CO₂-belastning, minimumskrav til genanvendte materialer og eco-design, skal derfor primært gennemføres gennem krav til udenlandske (primært kinesiske) leverandører eller importører i andre europæiske lande. Producentansvaret omfatter ansvar for indsamling til genanvendelse, og kun over halvdelen af de solgte batterier bliver indsamlet i dag. Der skal indsamles mere i fremtiden, og EU overvejer brug af pantsystemer for at accelerere indsamlingen af udtjente batterier. De indsamlede batterier vil primært blive behandlet i EU, men uden for Danmark. Men langt fra alle de indsamlede batterier når frem til genanvendelse jf. tal fra producentansvar.dk. Information, bedre data og fælles systemer, der kan håndtere data om batterierne, kan lette arbejdet for virksomhederne.

Der er perspektivrig forskning og knowhow omkring batterier i Danmark, men spørgsmålet er, om og hvordan forskningen kan omsættes til gevinster i det danske samfund i form af arbejdspladser. Springet fra en fjerdeplads i forskning (målt per capita) til en 19. plads i innovation (målt per capita) må kunne mindskes,

f.eks. ved mere attraktive vilkår og vækstmuligheder for virksomheder, der er opstartsvirksomheder eller på vej mod skalering. Det er i dag små og mindre virksomheder, som beskæftiger sig med batteriproduktion i Danmark. Samlet set med omkring 250-300 ansatte, hvoraf syv ud af ti er nye seed-, startup- eller scale-up-virksomheder.

Flere virksomheder er udsprunget af dansk forskning, og batterimiljøet i Danmark omfatter forskere fra Danmarks Tekniske Universitet, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Syddansk Universitet og specialister fra Teknologisk Institut. Danske rådgivervirksomheder bidrager med kvalificering ift. design, optimering og realisering af batteriprojekter (DaCEs, 2024). Den danske viden kan udnyttes til effektivt at anvende batterier til f.eks. at effektivisere, balancere og aflaste udnyttelsen af vedvarende energi, altså at kunne oplagre strømmen til brug, når det er mørkt og vindstille. Det sker f.eks., når solcelleparker oplader batterier, når kraftværkerne bygger batterianlæg, og der er muligheder for effek-

tivisering, for eksempel ved at udnytte kapaciteten til lagring af overskudsstrøm i elbiler – kaldet V2G Vehicle-to-Grid. Dansk Center for Energilagring peger på en række forhold, som står i vejen for at udnytte kapacitet (DaCEs, 2024), f.eks. afgifter, manglende marked samt variation i myndighedsbehandling, beredskabskrav og fortolkning af dokumentationskrav. Udfordringen er at få omsat dansk viden om materialer, teknologi og systemintegration ved at skabe rammer, så virksomhederne både kan vokse og forblive danske.

Danmark har ingen råstoffer, producerer hverken litium-ion-batterier eller elbiler, og har ikke anlæg til genanvendelse. Det danske bidrag til elektrificeringen og den cirkulære økonomi med hensyn til batterier kan derfor være at fokusere på følgende: sikre dansk viden om batteriteknologi, rådgive virksomheder med producentansvar om batterier og batteriløsnin-ger, styrke indsamlingen af udtjente batterier samt udvikle bedre teknologi til genbrug og udnyttelse af batterier.

Bibliografi

Battery 30+. (2022). Impact of a large-scale battery research initiative. Battery 30+. Retrieved from www.battery2030.eu/battery2030/about-us/impact-and-challenges

BBC Global China Unit. (2024, April 30). Tensions grow as China ramps up global mining for green tech. Retrieved from BBC.com: www.bbc.com/news/world-68896707

Benchmark Minerals. (2024, Januar 25). China's influence over Indonesian nickel. Retrieved from Benchmark Minerals: benchmarkminerals.com/article/infographic-chinas-influence-over-indonesian-nickel

Bettle, L. (2024, Februar). What the Inflation Reduction Act Means for OEMs and Auto Suppliers. Retrieved from www.era-environmental.com t.ly/EskSp

Bigum, M., Petersen, C., Christensen, T., & Scheutz, C. (2023). WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste. Waste Management 33(11). www.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.05.019

Blackridge. (2024, Juni). Top 10 Battery Manufacturers in Europe. Retrieved from Blackridge.com: www.blackridgeresearch.com

[com/blog/latest-list-of-largest-top-battery-manufacturers-manufacturing-companies-in-europe#current-investment-scenario-in-battery-factories-in-europe](https://www.ing.dk/blog/latest-list-of-largest-top-battery-manufacturers-manufacturing-companies-in-europe#current-investment-scenario-in-battery-factories-in-europe)

Bredstorf, M. (2015). Forsker: Læg fem kroner i pant på nye batterier. Ingeniøren. Retrieved from www.ing.dk/artikel/forsker-laeg-fem-kroner-i-pant-paa-nye-batterier

Carreon, A. R. (2023, Maj). The EV Battery Supply Chain Explained. Retrieved from RMI: www.rmi.org/the-ev-battery-supply-chain-explained

ChargetheFuture. (2019). Setting the standard for Europe's circular future. Retrieved from www.eurobat.org/wp-content/uploads/2022/03/Circular_Economy_v3.pdf

Christiansen, K. (1989). Oversigt over anlæg med oparbejdning af kviksoholdigt affald. Miljøministeriet - Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 16/1989. Retrieved from www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1989/87-7909-959-9/pdf/87-7909-959-9.pdf

Congressional-executive Commission on China. (2023, November 14). From Cobalt to Cars: How China Exploits Child and Forced Labor in the Congo. Retrieved from cecc.gov: www.cecc.gov/events/hearings/from-cobalt-to-cars-how-china-exploits-child-and-forced-labor-in-the-congo#:~:text=80%25%20of%20the%20DRC's%20cobalt,battery%20makers%20around%20the%20world

DaCEs. (2024). Strategisk Indsats for den danske batterisektor. DaCes. Retrieved from www.daces.dk/wp-content/uploads/2024/09/FINAL_Strategisk_Indsats_Sept2024_OnlineVersion.pdf

Dansk, I. (2023). Ny EU-lovgivning om batterier - kender du de nye krav? Retrieved from Miljø, energi og klima: www.danskindustri.dk/politik-og-analyser/di-mener/miljoenergi/nyheder-fra-miljo-og-klima/2023/11/ny-eu-lovgivning-om-batterier--kender-du-de-nye-krav

DanskIndustri. (2023). Dansk Industri. Retrieved from Ny EU-lovgivning om

batterier - kender du de nye krav?: www.danskindustri.dk/politik-og-analyser/di-mener/miljoenergi/nyheder-fra-miljo-og-klima/2023/11/ny-eu-lovgivning-om-batterier--kender-du-de-nye-krav

Demartini, M., Ferrari, M., Govidan, K., & Tonelli, F. (2023). The transition to electric vehicles and a net zero economy: A model based on circular economy, stakeholder theory, and system thinking approach. Journal of Cleaner Production. www.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137031

Draghi, M. (2024). The future of European Competitiveness. EU Commission. Retrieved from commission.europa.eu/topics/strengthening-european-competitiveness/eu-competitiveness-looking-ahead_en#paragraph_47059

EIT. (2021). Future experts need in the battery sector. EIT. Retrieved from www.eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2021/03/EIT-RawMaterials-Fraunhofer-Report-Battery-Expert-Needs-March-2021.pdf

Elretur. (2022). Halvdelen af danskerne kender ikke til batteri-ordninger. Retrieved from Elretur.dk: www.elretur.dk/halvdelen-af-danskerne-kender-ikke-til-batteri-ordninger

Energy-supply.dk. (2023, April 24). Danmarks største: Ewii anlægger kæmpebatterier. Retrieved from Energy-supply.dk: www.energy-supply.dk/article/view/1025635/danmarks_storste_ewii_anlaegger_kampebatterier

EU Commission. (2023). Annex to the Commission Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States C(2023) 6689 final. EU Commission.

EU Kommissionen. (12. July 2023). EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2023/1542 - om batterier og udtjente batterier, om ændring af direktiv 2008/98/EF og forordning (EU).

- EU Kommissionen. Retrieved from www.eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542
- Felicitas Frick, F. Z. (2023, December). New EU Batteries Regulation: what it means for manufacturers. Retrieved from Ramboll.com: www.ramboll.com/insights/resource-management-and-circular-economy/new-eu-batteries-regulation-what-it-means-for-manufacturers
- Flemming, F. (2013). Danionics A/S 1994-2005. Retrieved from Batteriselskab.dk: www.batteriselskab.dk/wp-content/uploads/2013/03/20130301-Frederik-Flemming.pdf
- Foss, R. E. (2023, September). Jagten på den forsvundne sikkerhed – EU omstiller sig til en ny verdensorden. Retrieved from Tænk tanken Europa: www.thinkeuropa.dk/brief/2023-09-jagten-paa-den-forsvundne-sikkerhed-eu-omstiller-sig-til-en-ny-verdensorden
- IEA. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. IEA. Retrieved from www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions
- IEA. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. IEA. Retrieved from iea.blob.core.windows.net/assets/961cfc6c-6a8c-42bb-a3ef-57f3657b7aca/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf
- IEA. (2022). Mineral requirements for clean energy transitions. IEA. Retrieved from iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf
- IEA. (2024). Batteries and Secure Energy Transitions. IEA. Retrieved from iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf
- Kang, L. (2024). Global EV battery market share in 2023: CATL 36.8%, BYD 15.8%. CNEVPOST. Retrieved from www.cnevpost.com/2024/02/07/global-ev-battery-market-share-in-2023
- Markets & Markets. (2023). Automotive Lead Acid Batteries Market. Markets & Markets. Retrieved from t.ly/Sb185
- McKinsey. (2023). Battery recycling takes the driver's seat. McKinsey & Company. Retrieved from www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-recycling-takes-the-drivers-seat
- Miljøministeriet, M. (2024). Batterier. Retrieved from Producentansvar: www.mst.dk/erhverv/groen-produktion-og-affald/affald-og-genanvendelse/producentansvar/batterier
- Mining Technology. (2024, June). The five largest nickel mines in operation in Indonesia. Retrieved from Mining Technology: www.mining-technology.com/marketdata/five-largest-nickel-mines-indonesia
- Niras. (2024). Omkostninger ved indsamling af bærebare batterier. KL. Retrieved from www.kl.dk/media/ffuk3vez/omkostninger-ved-indsamling-af-baerebare-batterier.pdf
- Oxford Institute for Energy Studies. (2023). China's rare earths dominance and policy responses. Oxford Institute for Energy Studies. Retrieved from www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/06/CE7-Chinas-rare-earths-dominance-and-policy-responses.pdf
- Porzio, J., & Scown, C. D. (2021). Life Cycle Assessment Considerations for Batteries and Battery Materials (Vol. 11). Berkely, California: Advanced Energy Materials. www.doi.org/10.1002/aenm.202100771
- Promovec. (2023). Annual Report 2023. Retrieved from www.promovec.com/_files/ugd/a714d7-d0cf48305b5344e88d0b15cf90f8f676.pdf
- Rasmussen, P. D. (2009). Sådan forsvandt det danske it-eventyr Danionics. Retrieved from Computerworld: www.computerworld.dk/art/52625/saadan-forsvandt-det-danske-it-eventyr-danionics

- Ricardo: Nikolas HILL, M. R. (2023). Environmental challenges through the life cycle of battery electric vehicles. Brussels: Policy Department for Structural and Cohesion Policies, European Parliament. Retrieved from [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733112/IPOL_STU\(2023\)733112_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733112/IPOL_STU(2023)733112_EN.pdf)
- Ringhof, J. (2023). The tech standards that shape the future: How Europeans should respond to China's rising influence. European Council on European Relations. Retrieved from ecfr.eu/article/the-tech-standards-that-shape-the-future-how-europeans-should-respond-to-chinas-rising-influence
- Skovgård, L. E. (2013, Februar 28). Vismænd: Indfør pant på batterier. Berlingske Tidende. Retrieved from www.berlingske.dk/oeonomi/vismaend-indfoer-pant-paa-batterier
- Sørensen, S. Y., Jakobsen, L. H., & Åkerman, R. (2022). Innovationsportræt af danske fremstillingsvirksomheder. Teknologisk Institut.
- The Battery Pass Consortium. (2023). Battery Carbon Footprint. The Battery Pass Consortium. Retrieved from www.thebatterypass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023_Battery_Passport_Carbon_Footprint_Rules.pdf
- Thorndal, J. (2006). Energi på dåse - et dansk industrieventyr, der endte i det fjerne. Industri og erhverv i Thy. Retrieved from t.ly/miqop
- Transport & Environment. (2024). An industrial blueprint for batteries in Europe: How Europe can successfully build a sustainable battery value chain. Retrieved from www.transportenvironment.org/uploads/files/An-industrial-blueprint-for-batteries-in-Europe-How-Europe-can-successfully-build-a-sustainable-battery-value-chain.pdf
- Troskie, B. (2023?). NEW EU Battery Law demands sustainable batteries. Retrieved from Cotes.com: www.cotes.com/blog/new-eu-battery-law-demands-sustainable-batteries
- Urban, V., & Rizos, P. (2024). Barriers and policy challenges in developing circularity approaches in the EU battery sector: An assessment. Resources, Conservation and Recycling. www.doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107800
- Villaume, A. (2022). 10 gyldne år med danske elbiler – derfor endte eventyret i barrieren. Retrieved from www.santanderconsumer.dk/magasinet/bil-og-mc/10-gyldne-aar-med-danske-elbiler--derfor-endte-eventyret-i-barrieren
- WG2: Raw Materials and Recycling. (2020). Batteries Europe ETIP. European Technology and Innovation Platform. Retrieved from energy.ec.europa.eu/system/files/2021-02/raw_materials_and_recycling_roadmap_3.pdf
- World Bank. (2021). Cobolt in the Democratic Republic of Congo - market analysis. World Bank. Retrieved from documents1.worldbank.org/curated/en/099500001312236438/pdf/P1723770a0f570093092050c1bddd6a29df.pdf
- World Economic Forum. (2019). A Vision for a Sustainable Batterie Value Chain in 2030. Retrieved from www.weforum.org
- Desuden tak til følgende for oplysende interview og korrespondance:
- Fagchef Malene Leth Kobbernagel, Batteriretur
 - Udviklingschef Jakob Kristensen, Stena Recycling A/S
 - Mailkorrespondance med Dansk Producentansvar

Teknologisk Institut rådgiver om fremtidens batterier

Hos Teknologisk Institut skaber vi partnerskaber til udviklingen af fremtiden batteriteknologi, og vi tilbyder ydelser indenfor produksikkerhed og compliance.

Vi dækker et bredt strategisk område indenfor batteriteknologi:

- Udvikling af styringssystemer (SoC, SoH, SoP, SoS)
- Optimeret valg og udnyttelse af batterikemier
- Undervisning indenfor batterisikkerhed
- Produkt-compliance og teknisk vurdering af store batterianlæg
- Mekanisk design optimeret til genbrug og genanvendelse
- Performance og sikkerhedstest af batterier fra 0-1500 V
- Udvikling af processer for genbrug og genanvendelse li-ion batteri.

Effektive og effektive batterisystemer

Vi rådgiver virksomheder til det rette valg af det batteri og sikrer den rigtige styring af produkter, der benytter batteriet som energikilde. Her er faktorer som pris, levetid, sikkerhed og performance centrale. Vi hjælper vores samarbejdspartnere

med at forstå deres applikation i batteriets kontekst og sikrer, at valget på batteriet matcher de krav, som applikationen sætter.

Styring til bedre udnyttelse af batteriet

For at udnytte batteriets fulde kapacitet er det nødvendigt at have præcise algoritmer til at sikre, at batteriet ikke bliver misbrugt i krævende applikationer. Med vores kombination af specialister indenfor styringssystemer, AI og vores testlaboratorier kan vi støtte virksomheders udvikling fra en fysisk battericelle til et højt udviklet BMS-system. På den måde kan fuld udnyttelse af batteriet sikres, uanset om det er til high performance, ultra-hurtig opladning eller lang levetid.

Ansvarlig batterigenanvendelse

Samtidig har vi et stærkt fokus på genanvendelse gennem vores arbejde med batterimaterialer. Vi udvikler metoder til effektiv og sikker genanvendelse af værdifulde batterikomponenter, hvilket inkludere



rer designprincipper til at facilitere genbrug, deaktivering, neddeling og oprensning af materialer i genopladelige batterier. Ved at forstå processen fra design til neddeling og oprensning kan vi rådgive på tværs af

processerne. Vi kan også sikre, at omkostningerne ikke øges i genbrugsprocesserne for både små og store designs. På den måde bidrager vi til, at genbrug af materialer kan gøres mere kommercielt lukrativ.



Anders Christian Solberg Jensen
Forretningsleder,
Teknologisk Institut
acje@teknologisk.dk
+45 72 20 12 64



Kristian Oluf Sylvester-Hvid
Faglig leder,
Teknologisk Institut
kosh@teknologisk.dk
+45 72 20 21 34



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Teknologisk Udsyn giver en oversigt over den seneste udvikling på et teknologifelt med betydning for Danmarks fremtid. Vi giver et indblik i aktørlandskaber og fremtidige tendenser, Danmarks aktuelle position samt anbefalinger til samfundets implementering.



teknologisk.dk